



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO



DOMAINE : SCIENCES DE L'INGENIEUR

MENTION : GENIE MECANIQUE ET INDUSTRIEL

PARCOURS : GENIE INDUSTRIEL

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du grade MASTER 2 et titre d'ingénieur en
Génie Industriel*

ETUDE, CONCEPTION D'UNE CENTRALE FRIGORIFIQUE ET MISE EN PLACE D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE

Soutenu par :

FENOMANANA Irina Iharantsoa

Sous la direction de Monsieur RANAIVOSON Andriambala, enseignant chercheur

Présenté le : 16 Janvier 2021

Promotion 2018



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO

DOMAINE : SCIENCES DE L'INGENIEUR
MENTION : GENIE MECANIQUE ET INDUSTRIEL
PARCOURS : GENIE INDUSTRIEL



Premier Partenaire des Professionnels

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du grade MASTER 2 et titre d'ingénieur en
Génie Industriel*

ETUDE, CONCEPTION D'UNE CENTRALE FRIGORIFIQUE ET MISE EN PLACE D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE

Soutenu par :

FENOMANANA Irina Iharantsoa

Sous la direction de Monsieur RANAIVOSON Andriambala, enseignant chercheur

Président du jury : Monsieur RANARIJAONA Jean Désiré, enseignant chercheur

Membre du jury : RAVELOJAONA Johnson, enseignant chercheur

RAKOTONDRAINIBE Fany , enseignant chercheur

RAKOTOMANANA Dina Arisoa , enseignant chercheur

Date : 16 Janvier 2021

Lieu : Bloc technique Ankatso

Promotion 2018

REMERCIEMENTS

Grace soit rendue au Seigneur pour son immense bénédiction sans Qui je ne serais arrivé à ce niveau et n'aurais accompli ce mémoire.

J'adresse mes sincères remerciements envers toutes les personnes suivantes :

- Monsieur **RAKOTOSAONA Rijalalaina**, Directeur de l'ESPA, qui a bien voulu nous permettre de présenter le mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Génie Industriel ;
- Monsieur **RAKOTONINDRIANA Tahiry**, Chef de la mention Génie Mécanique et Industriel qui nous a permis de réaliser et soutenir cet ouvrage ;
- Monsieur **RANAIVOSON ANDRIAMBALA Hariniaina**, enseignant chercheur, qui m'a accordé beaucoup de temps durant l'encadrement malgré ses nombreuses occupations ;
- Monsieur **RANARIJAONA Jean Désiré**, enseignant chercheur, qui a accepté de présider cette soutenance ;
- Monsieur **RAVELOJAONA Johnson, RAKOTONDRAINIBE Faniry ,RAKOTOMANANA Dina Arisoa** d'avoir accepté d'être parmi les membres du jury .

Je n'oublierai pas de remercier mes très chers parents qui m'ont aidé tant financièrement que moralement dans l'accomplissement du présent mémoire ; à toute ma famille, et mes amis qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION

PARTIE I : CONTEXTE GENERAL ET METHODOLOGIE

CHAPITRE I : NOTION SUR LA PRODUCTION DU FROID

CHAPITRE II : BILAN THERMIQUE ET LA SELECTION DES COMPOSANTS
FRIGORIFIQUES

CHAPITRE III : GENERALITES SUR LES AUTOMATES PROGRAMMABLES
INDUSTRIELS

PARTIE II : APPLICATIONS – RESULTATS

CHAPITRE IV : CONCEPTION DE L'ENTREPOT FRIGORIFIQUE

CHAPITRE V : INSTALLATION D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE
INDUSTRIEL

CONCLUSION

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

Notation	Signification	Unité
API	Automate Programmable Industriel	
C_1	Capacité thermique massique des denrées entre T_1 et T_2	[kJ/kg K]
C_2	Capacité thermique massique des denrées entre T_2 et T_3	[kJ/kg K]
CF	Chambre froide	
d_i	Diamètre intérieur de la tuyauterie	[m]
d_t	Durée moyenne d'ouverture de la porte	[mn/t]
e	Épaisseur de la paroi isolante	[m]
f_J	Flux journalier de marchandises	[t/d]
GWP	Global Warming Potential	
h_P	Hauteur de la porte	[m]
h_{ae}	Enthalpie de l'air de l'autre côté de la porte en dehors de la chambre froide	[kJ/kg]
h_{aa}	Enthalpie de l'air dans la chambre froide	[kJ/kg]
h_g	Hauteur maximale de gerbage	[m]
h_1	Enthalpie en début de compression adiabatique	[kJ/kg]
h_4	Enthalpie à l'entrée de l'évaporateur	[kJ/kg]
HR	Humidité relative	[%]
IL	Langage booléen,	
K	Coefficient de conductivité thermique à travers les parois	[W/m ² K]
$l_{éq}$	Longueur équivalente des singularités	[m]
l_P	Largeur de la porte	[m]
L	Chaleur latente de congélation de la denrée introduite	[J/kg]
$l_{géo}$	Longueur géométrique de la tuyauterie	[m]
LD	Langage ladder	

m	Masse des denrées introduites chaque jour	[kg]
m_{ae}	Débit massique de l'air extérieur admis	[kg/s]
n	Taux journalier de renouvellement d'air	
ODP	Ozone Depletion Potential	
P_{int}	Puissance frigorifique intermédiaire de l'évaporateur	[W]
P_{prev}	Puissance prévisionnelle de l'évaporateur	[W]
P_{eff}	Puissance frigorifique effective de l'évaporateur	[W]
P	Puissance	[W]
P	Pression	[bar]
Q_{vent}	Charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur	[W]
Q_{deg}	Charges thermiques dues aux résistances de dégivrage	[W]
Q_{de}	Charge due à la denrée entrante	[W]
Q_{tr}	Charge thermique par transmission à travers les parois	[W]
Q_{ec}	Charge thermique due à l'éclairage	[W]
Q_{pe}	Charges thermiques dues aux personnes	[W]
q_p	Quantité de chaleur dégagée par une personne en activité	[W]
Q_m	Charge thermique due au matériel roulant	[W]
Q_{op}	Charge thermique par ouverture des portes	[W]
Q_{re}	Charge thermique par renouvellement d'air	[W]
ROM	Read Only Memory	
RAM	Random Access Memory	
S	Surface de la chambre froide	[m ²]
ST	Langage littéral structuré	
T_{amb}	Température ambiante	[°C]
T_{ext}	Température à l'extérieur de la chambre	[°C]

T_{ouv}	Temps d'ouverture des portes	[mn/h]
T_2	Température de congélation de la denrée introduite	[°C]
T_1	Température initiale de la denrée introduite	[°C]
T_3	Température d'entreposage des denrées en	[°C]
T_{vap}	Durée de fonctionnement des ventilateurs	[h/j]
$t_{dég}$	Durée journalière de dégivrage	[h/j]
T.O.R	Tout ou Rien	
V_{ae}	Débit volumique d'air extérieur	[kg/m ³]
V_{int}	Volume intérieur de la chambre froide	[m ³]
V_1	Volume massique au début du compresseur.	[m ³]
V_2	Volume massique à la fin du compresseur.	[m ³]
w	Vitesse du fluide dans la tuyauterie de liquide	[m/s]
$\frac{1}{h_i}$	Résistance thermique superficielle interne	[m ² .K/W]
$\frac{1}{h_e}$	Résistance thermique superficielle externe	[m ² . K/W]
ΔT	Différence entre la température intérieure et extérieure	[°C]
Δh	Différence d'enthalpie entre l'air extérieur et l'air intérieur	[kJ/kg]
$\Delta \theta$	Différence de température de la chambre froide et de l'évaporation	[°C]
ΔP_r	Perte de charge repartie dans la tuyauterie liquide	[Pa]
ΔP_{asc}	Perte de charge sur la tuyauterie ascendante	[Pa]
ΔP_s	Perte de charge singulière due aux coudes	[Pa]
ΔP	Chute de pression assurée par le détendeur	[bar]
ρ_{aa}	Masse volumique de l'air dans la chambre froide	[kg/m ³]
ρ_{ae}	Masse volumique de l'air dans la chambre froide	[kg/m ³]
ρ	Masse volumique du fluide dans la tuyauterie de liquide	[kg/m ³]

η_o	Coefficient occupation du sol par les denrées	[%]
τ_{inst}	Durée de fonctionnement de l'installation	[h/j]

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du fluide R404A	16
Tableau 2 : Résistances thermiques spécifiques des parois	21
Tableau 3 : Durée moyenne du transit.....	23
Tableau 4 : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne.....	24
Tableau 5 : Vitesse d'écoulement admissible du fluide frigorigène	28
Tableau 6 : Calcul de la résistance thermique constituant le sol de resserre	36
Tableau 7 : Surface de chaque chambre	36
Tableau 8 : Dimensions intérieures des chambres froides	37
Tableau 9 : Charges thermiques par transmission à travers chaque paroi.....	38
Tableau 10 : Charges thermiques par transmission à travers les parois de chaque chambre ...	39
Tableau 11 : Charges thermiques dues au renouvellement d'air	39
Tableau 12 : Charges thermiques par l'ouverture des portes	40
Tableau 13 : Données de calcul des charges thermiques dues aux denrées entrantes	40
Tableau 14 : Charges thermiques dues aux denrées entrantes	40
Tableau 15 : Charges thermiques dû à l'éclairage	41
Tableau 16 : Charges thermiques dues aux personnes à l'intérieur des chambres	41
Tableau 17 : Charges thermiques dues aux matériels roulants	41
Tableau 18: Charges thermiques totale	42
Tableau 19 : Puissances frigorifiques intermédiaires.....	42
Tableau 20 : Puissances frigorifiques prévisionnelles	42
Tableau 21 : Caractéristiques des évaporateurs sélectionnés.....	43
Tableau 22 : Charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur	43
Tableau 23 : Charges thermiques due aux résistances de dégivrage.....	44
Tableau 24 : Données nécessaires au calcul de la puissance frigorifique effective	44
Tableau 25 : Puissance frigorifique prévisionnelle des évaporateurs	44
Tableau 26 : Les Paramètres pour la sélection du compresseur.....	45
Tableau 27 : Caractéristiques du compresseur sélectionné	45
Tableau 28 : Paramètres pour la sélection du condenseur.....	46
Tableau 29 : Caractéristiques du condenseur sélectionné	47
Tableau 30 : Exemple de paramètres pour le traçage d'un diagramme enthalpique.....	48
Tableau 31 : Point de transformation d'un diagramme enthalpique	48
Tableau 32 : Tuyauterie d'aspiration (de la ligne d'aspiration au collecteur d'aspiration)	50
Tableau 33 : Tuyauterie d'aspiration (du collecteur d'aspiration au compresseur)	50
Tableau 34 : Tuyauterie de refoulement (du compresseur au collecteur de refoulement)	50
Tableau 35 : Tuyauterie de refoulement (du collecteur de refoulement à la ligne de refoulement)	50
Tableau 36 : Tuyauterie de liquide.....	51
Tableau 37 : Pertes de charges reparties	51
Tableau 38 : Pertes de charges sur la tuyauterie ascendante des trois chambres	52
Tableau 39 : Pertes de charges singulières	52
Tableau 40 : Pressions en amont du détendeur de chaque chambre	53
Tableau 41 : Chutes de pressions assurées par les détendeurs	53
Tableau 42 : Données (chutes de pressions assurées par les détendeurs)	53
Tableau 43 : Capacités nominales des détendeurs	54
Tableau 44 : Caractéristiques des détendeurs sélectionnés	54

Tableau 45 : Cinq voyants renseignant sur le mode de fonctionnement de l'automate	64
Tableau 46 : Cinq voyants renseignant sur le mode de fonctionnement de visualisation.....	65
Tableau 47 : Caracteristiques de l'automate.....	66
Tableau 48 : Adressage des entrées sorties TOR	67
Tableau 49 : Adressage des mémoires internes.....	68
Tableau 50 : Bloc temporisé.....	68

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Installation motrice	4
Figure 2 : Installation frigorifique	5
Figure 3 : Transfert thermique par conduction à travers un mur homogène	6
Figure 4 : Transfert thermique par rayonnement	7
Figure 5 : Parois multicouches	8
Figure 6 : Présentation du diagramme	9
Figure 7 : Cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique	11
Figure 8 : Compresseur	13
Figure 9 : Condenseur refroidi à l'eau	14
Figure 10 : Détendeur thermostatique	14
Figure 11 : Evaporateur	15
Figure 12 : Bouteille liquide	17
Figure 13 : Filtre deshydrateur	17
Figure 14 : Voyant liquide	18
Figure 15 : Electrovanne	18
Figure 16 : Type compact	30
Figure 17 : Type modulaire	31
Figure 18 : Structure interne	32
Figure 19 : Disposition des trois chambres	35
Figure 20 : Numérotation des parois de chaque chambre	37
Figure 21 : Diagramme de Mollier	49
Figure 22 : Schéma fluidique	56
Figure 23 : Circuit de commande	59
Figure 24 : Circuit de puissance	61
Figure 25 : Automate TSX 37 22	62
Figure 26 : Bac de l'automate et le bac d'extension	62
Figure 27 : Bloc de visualisation	64
Figure 28 : Modules d'entrée sortie au demi-format et au format standard	65
Figure 29 : Raccordement du module et des capteurs	67
Figure 30 : Numérotation des modules	67
Figure 31 : Graftet du fonctionnement des compresseurs	70
Figure 32 : Programme en langage Ladder	73

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le froid artificiel est associé à la plupart de nos activités : alimentation, ambiance des logements et lieux de travail, déplacement, loisirs, santé. Mais c'est dans le domaine alimentaire que le froid occupe une place prépondérante, car il permet de limiter les gaspillages et prolonger la durée de conservation des produits. Cela nous conduit à l'étude de conception d'une centrale frigorifique au sein d'une société commerciale. La compétition économique, que nous connaissons et vivons, impose à l'industrie une production en qualité et en quantité, afin de répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel. Il s'agit donc de fournir les quantités nécessaires au bon moment, d'accroître la productivité et la fiabilité de l'outil. Or, une rupture de froid involontaire causée par une machine ou par d'autres raisons, pendant un certain temps, peut entraîner des pertes à la société commerciale. Afin de diminuer les probabilités d'existence des pannes ou d'intervenir rapidement en cas de pannes, une installation d'un automate programmable paraît être une bonne solution.

Pour mener à bien cette étude, le plan de ce travail de mémoire se divise en deux parties dont : la première abordera contexte générale et méthodologie ayant trois chapitres : d'abord, notion sur la production du froid, puis, le bilan thermique et la sélection des composants frigorifiques, et les généralités sur les automates programmables industriels. Ensuite, la deuxième partie concernant les applications et les résultats est constituée par deux chapitres tels que la conception d'une centrale frigorifique et l'installation d'un automate programmable industriel.

PARTIE I

CONTEXTE

GENERAL et

METHODOLOGIE

Chapitre I : Notion sur la production du froid

I.1 Thermodynamique appliquée au froid

I.1.1 Le premier principe de la thermodynamique

Le premier principe de la thermodynamique n'est rien d'autre que l'application du principe de la conservation d'énergie.

Enoncé

Ce principe définit la variation de l'énergie interne (ΔU) d'un système entre deux systèmes d'équilibre 1 et 2 comme étant égale à la somme algébrique du travail (W) fourni ou reçu par le système et la quantité de chaleur (Q) échangée par le système [1].

$$\Delta U_{1-2} = W_{1-2} + JQ \quad (1)$$

Pour un système fermé ou cycle, $W + JQ = 0$

Au cours d'une transformation isobare d'un état 1 à un état 2, $W = -p(V_2 - V_1)$

On a : $U_2 - U_1 = W + J. Q$

Alors, $JQ = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1)$

$U + PV$ est une fonction d'état et on appelle enthalpie l'expression notée $h = U + pV$

$$\text{Donc, } JQ = h_2 - h_1 \quad (2)$$

Toute transformation peut être mesurée par la variation de son enthalpie de l'état 1 à l'état 2.

I.1.2 Le Second principe

I.1.2.1 Insuffisance du premier principe

Importance du sens de l'évolution

Dans l'expérience de Joule, le travail du poids est transformé en chaleur, mais le chemin inverse est impossible : on ne peut pas remonter la masse en refroidissant un liquide.

Donc, le premier principe n'exclut pas ces transformations inverses, mais il n'explique pas leur sens privilégié.

Le deuxième principe va répondre aux insuffisances du premier principe par la définition du sens privilégié suivant lequel les transformations peuvent se dérouler.

Importance des sources de chaleur

D'après l'énoncé du principe de Carnot, le moteur à vapeur doit et ne peut fonctionner qu'entre deux réservoirs de chaleur dont les niveaux sont déterminés par leurs températures.

Donc, le deuxième principe doit aussi faire intervenir la température.

I.1.2.2 Énoncé du second principe

On postule l'existence d'une fonction d'état S extensive appelée entropie, définie pour un système macroscopique fermé. Si au cours d'une transformation quelconque, le système reçoit la quantité de chaleur dQ , la variation d'entropie vérifie :

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (3)$$

Avec, T : la température sur la surface fermée qui délimite le système.

I.1.3 Application des deux principes

I.1.3.1 Installation thermique motrice

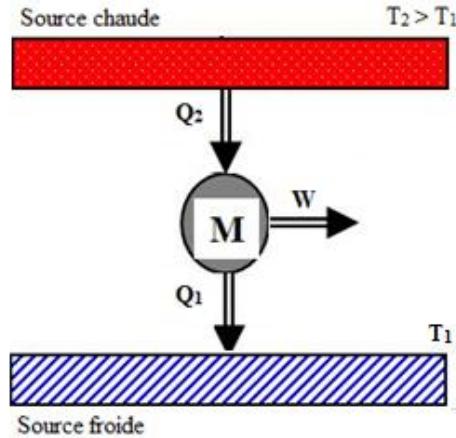


Figure 1 : Installation motrice

- Q_1 : Chaleur dégagée
- Q_2 : Chaleur reçue
- T_1 : Température de la source froide
- T_2 : Température de la source chaude
- W : Travail fourni

Avec $T_2 > T_1$

- D'après le premier principe : $-Q_1 + Q_2 + W = \Delta U_{1-2} = 0$

- D'après le second principe,

Pour un cycle réversible, on a : $\Delta S = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$

- Notion de rendement

Le coefficient de performance (COP) d'une machine frigorifique est donné par [1] :

$$\eta = \frac{W_{\text{fourni}}}{Q_{\text{prélevée}}} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} < 1 \quad (4)$$

I.1.3.2 Installation frigorifique

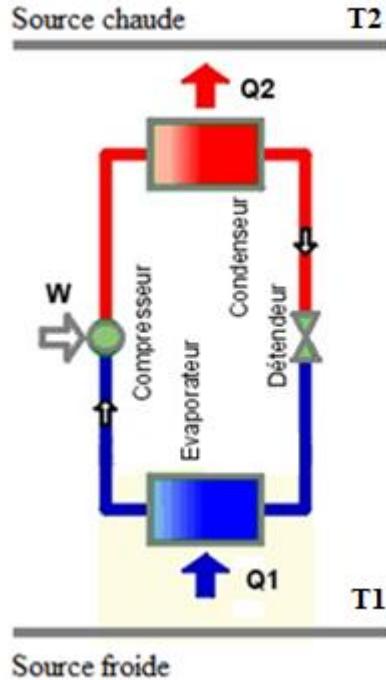


Figure 2 : Installation frigorifique

- Q_1 : Chaleur reçue à l'évaporateur
- Q_2 : Chaleur dégagée au condenseur
- T_1 : Température de la source froide
- T_2 : Température de la source chaude
- W : Travail reçu par le compresseur

Avec $T_2 > T_1$

- D'après le 1^{er} principe : $Q_1 - Q_2 + W = \Delta U_{1-2} = 0$
Lors de l'évaporation, $\Delta H = Q_1$
- D'après le second principe :

$$\text{Pour un cycle réversible, on a : } \Delta s = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$$

- Le coefficient de performance (COP) d'une machine frigorifique est donné par :

$$\eta = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1} > 1 \quad (5)$$

La valeur de ce coefficient de performance COP est habituellement comprise entre 2,8 à 5,2 [1].

I.2 Transfert thermique

I.2.1 Conduction

Ce mode de transfert exige la présence d'un milieu thermique, entre la source chaude et la source froide. Le milieu peut être solide, liquide ou gaz. La chaleur se transmet à travers le conducteur thermique par suite d'interactions moléculaires.

La loi de Fourier, appliquée à une paroi conductrice homogène limitée par des faces planes et parallèles s'exprime ainsi :

$$\varphi = - \frac{\lambda dT}{dx} \quad [W/m^2] \quad (6)$$

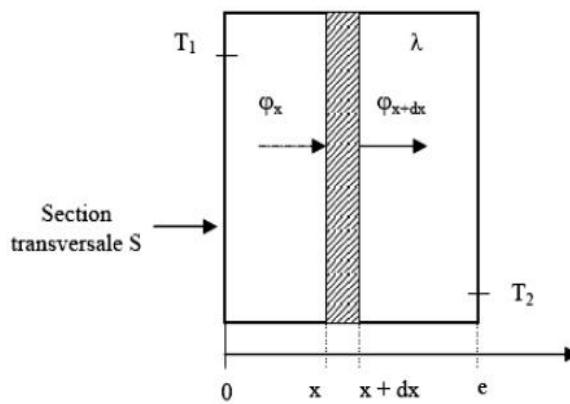


Figure 3 : Transfert thermique par conduction à travers un mur homogène

$$\text{Le flux thermique est exprimé par : } \varphi = \frac{\lambda}{e} (T_1 - T_2) \quad (7)$$

La densité de chaleur traversant la surface S pendant l'instant t :

$$Q = \frac{\lambda \cdot S \cdot t (T_1 - T_2)}{e} \quad (8)$$

Avec T_1 et T_2 : Température des deux faces [$^{\circ}\text{C}$]

S : Surface du mur [m^2]

λ : Conductivité thermique du conducteur plan [$\text{W}/\text{m} \cdot {^{\circ}\text{C}}$]

e : Epaisseur du conducteur plan [m]

I.2.2 Convection

C'est le mode de transfert de chaleur qui s'effectue entre un corps solide et les molécules dans un fluide (liquide ou gaz). La convection a lieu chaque fois qu'un fluide est en contact avec un solide à une température différente.

En fonction du mode de production de mouvement du fluide, on distingue deux catégories de convection :

- ♦ Convection naturelle : le fluide est en mouvement par les différences de masse volumique résulte de la variation de la masse volumique du fluide avec la température
- ♦ Convection forcée : c'est une circulation artificielle d'un fluide.

Considérons qu'un fluide circule au long d'une paroi :

D'après La loi de Newton, le flux thermique est exprimé par

$$\varphi = \alpha (T_p - T_f) \quad [\text{W/m}^2] \quad (9)$$

La densité de chaleur transmise par une surface de paroi S , pendant le temps « t » s'écrit :

$$Q = \alpha (T_p - T_f) \cdot S \cdot t \quad [\text{W}] \quad (10)$$

Avec α : coefficient de convection thermique $[\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$

T_p : Température de la paroi $[^\circ\text{C}]$

T_f : Température du fluide $[^\circ\text{C}]$

S : Aire de la surface soumise à la convection $[\text{m}^2]$

I.2.3 Rayonnement

Les corps chauffés émettent un rayonnement électromagnétique. Ce phénomène est appelé rayonnement thermique. Il peut se propager dans le vide alors que la conduction nécessite un support matériel.

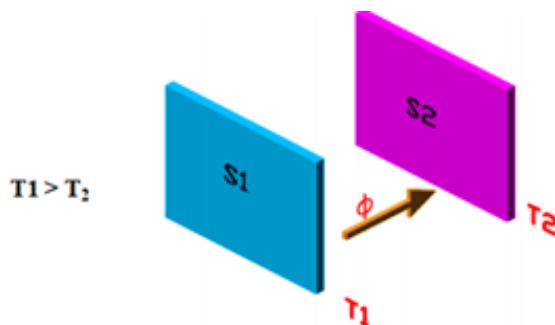


Figure 4 : Transfert thermique par rayonnement

Le flux thermique entre S_1 (T_1) et S_2 (T_2) est exprimé par :

$$\varphi = \sigma(T_1^4 - T_2^4) \quad [W/m^2] \quad (11)$$

La densité de chaleur émise par un plan de surface S de S_1 vers S_2 , pendant un temps t est de :

$$Q = S \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad [W] \quad (12)$$

S : Surface du corps [m^2]

ε : Émissivité

σ : Constante de Stefan-Boltzmann, qui vaut à $5,669 \cdot 10^{-8} \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K}^4)$

I.2.4 Transfert thermique simultané

La conduction, la convection et le rayonnement interviennent simultanément. Dans ce cas, le flux thermique s'écrira :

$$\varphi = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} \quad [W/m^2] \quad (13)$$

Avec

- T_1 et T_2 : Température [$^{\circ}\text{C}$]
- $\sum e_i / \lambda_i$: Somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi [$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$].

Prenons le cas des murs réels différents où l'on ne connaît que les températures T_{f1} et T_{f2} des fluides en contact avec les deux faces du mur de surface latérale S , comme nous le montre la figure ci-après,

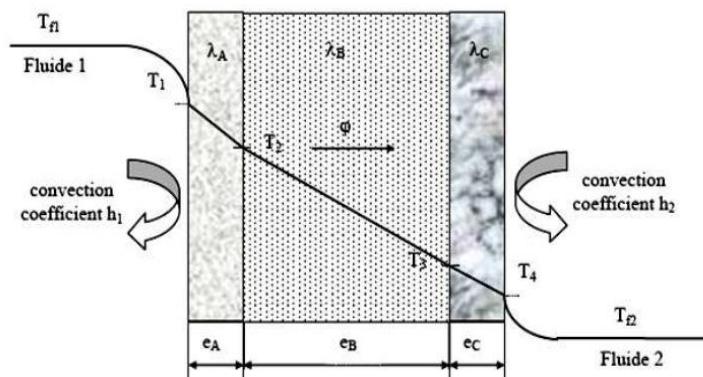


Figure 5 : Parois multicouches

Dans ce cas, le flux thermique s'écrira :

$$\varphi = \frac{(T_{f1} - T_{f2}) \cdot S}{\frac{1}{h_1} + \frac{e_A}{\lambda_A} + \frac{e_B}{\lambda_B} + \frac{e_c}{\lambda_c} + \frac{1}{h_2}} \quad [W/m^2] \quad (14)$$

1.3 Diagramme enthalpique

1.3.1 Présentation du diagramme

Le diagramme enthalpique ou le diagramme de Mollier permet de tracer le cycle frigorifique et de suivre le changement d'état et les paramètres physiques du fluide (la pression, de la température, de l'enthalpie, de l'entropie, du volume massique) au cours de chaque transformation [A] .

Chaque fluide a son diagramme correspondant à ses propriétés physiques.

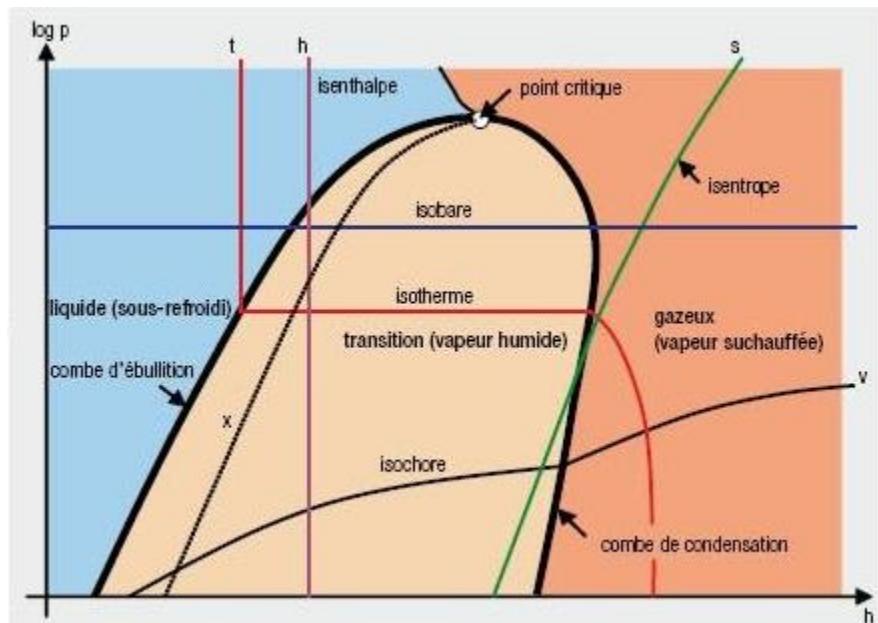


Figure 6 : Présentation du diagramme

Ce diagramme porte en abscisses, l'enthalpie h en kJ/kg (contenu en énergie du fluide) et en ordonnées, la pression absolue P sur une échelle logarithmique en bars (10^3 Pa).

Les courbes de saturations se rejoignent en un point, point critique, et divisent le diagramme en trois parties :

- ♦ Zone de liquide sous-refroidi
- ♦ Zone de mélange liquide et vapeur
- ♦ Zone de vapeur surchauffée

I.3.2 Paramètres composant le diagramme

La pression : l'échelle des pressions évolue parallèlement à l'axe des enthalpies. Une transformation qui s'effectue à pression constante est une transformation ISOBARE. L'unité est en **bar**.

L'enthalpie : L'enthalpie représente l'énergie totale emmagasinée par un kilogramme de fluide frigorigène pour une pression et une température donnée. Une transformation qui s'effectue à enthalpie constante est une transformation ISENTHALPE. L'unité est en **kJ / kg**.

La Température : Dans la zone de mélange liquide + vapeur, la température et la pression sont liées. Une transformation qui s'effectue à température constante est une transformation ISOTHERME. L'unité est en **°C**.

Le volume massique : Le volume massique représente le volume occupé par un kilogramme de fluide frigorigène.

Une transformation qui s'effectue à volume massique constant est une transformation ISOCHORE. L'unité est en **m³ / kg**.

L'entropie : représente l'énergie interne emmagasinée par un kilogramme de fluide frigorigène et par Kelvin. Une transformation qui s'effectue à entropie constante est une transformation ISENTROPE. L'unité est en **kJ/kg.K**.

Titre : Le titre représente le pourcentage de vapeur par rapport au liquide. Si le titre reste constant, on parle de ISOTITRE. L'unité est en **%**.

Ce diagramme sert aussi à faire les calculs de base pour choisir et dimensionner les éléments de la machine frigorifique [A] .

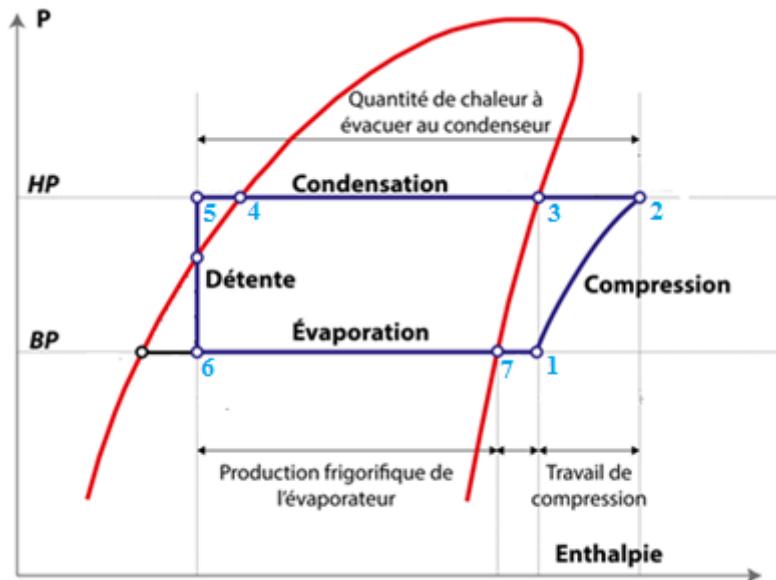


Figure 7 : Cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique

I.3.3 Le circuit frigorifique

1-2 : Compression

Le gaz est comprimé, l'augmentation de la pression s'accompagne d'une augmentation de température

2-3 : Zone de la désurchauffe

Comme les vapeurs surchauffées sortant du compresseur sont en contact avec le milieu extérieur, ils subissent une désurchauffe.

3-4 : Condensation

La condensation s'effectue jusqu'à la disparition de la dernière bulle de vapeur.

4-5 : Sous-refroidissement

Le fluide liquide peut se refroidir de quelques degrés.

Le sous- refroidissement assure l'alimentation du détendeur en 100% liquide. La valeur du sous- refroidissement est généralement comprise entre 3 et 7°C.

5-6 : Détente

La différence de pression entre le condenseur et l'évaporateur nécessite l'insertion d'un dispositif "abaisseur de pression" dans le circuit. C'est le rôle du détendeur. Le fluide frigorigène se vaporise partiellement dans le détendeur pour abaisser sa température.

6-7 : Evaporation

Le fluide frigorigène liquide entre en ébullition et s'évapore en absorbant la chaleur du fluide extérieur

7-1 : Surchauffe

Le gaz formé est encore légèrement réchauffé par le fluide extérieur, c'est ce qu'on appelle la phase de surchauffe.

La valeur de la surchauffe généralement admise pour assurer un remplissage correct de l'évaporateur et la protection du compresseur (vapeurs surchauffées) est comprise entre 4 et 8°C.

I.4 Les équipements de l'installation

I.4.1 Les éléments principaux fluidiques

I.4.1.1 Compresseur

Son rôle est d'aspirer le frigorigène gazeux formé dans l'évaporateur sous basse pression (BP) , le comprimer à une pression plus élevée (HP) et le refouler vers le condenseur.

Il existe deux grandes catégories de compresseur en fonction de la façon dont le fluide frigorigène est comprimé [4] .

Compresseurs volumétriques

Dans lesquels la compression des vapeurs est obtenue par la réduction du volume intérieur d'une chambre de compression. On distingue :

- **Les compresseurs à pistons** : La compression des vapeurs est obtenue par le déplacement d'un ou de plusieurs pistons dans une capacité donnée.
- **Les compresseurs rotatifs** aussi appelés **compresseurs à palettes** dans lesquels la compression des vapeurs est obtenue par déplacement d'un corps cylindrique creux d'une masse excentrée agissant sur une palette mobile

- ♦ **Les compresseurs à spirales** aussi appelés **compresseurs scroll** dans lesquels la compression des vapeurs est obtenue par la rotation d'une spirale mobile dans une spirale fixe
- ♦ **Les compresseurs à vis** parmi lesquels il faut distinguer les compresseurs mono vis (mono rotor) et les compresseurs double vis (bi rotors).

Compresseurs centrifuges

La compression du fluide est due aux effets de la force de centrifuge.



Figure 8 : Compresseur

I.4.1.2 Condenseur

C'est un échangeur de chaleur qui a pour fonction d'évacuer à l'extérieur les calories prélevées par l'évaporateur et celles fournies par le compresseur tout en transformant les vapeurs surchauffées à haute pression en liquide sous-refroidi à haute pression [4].

Il est caractérisé par trois zones de fonctionnement :

- ♦ Refroidissement de la vapeur surchauffée qui permet un dégagement d'une chaleur sensible
- ♦ Condensation à une température constante, libération d'une chaleur dite latente
- ♦ Sous refroidissement du liquide par le dégagement d'une chaleur sensible, jusqu'à ce que la température soit égale ou un peu supérieure à celle du milieu de refroidissement.

On peut répartir les condenseurs en trois types, selon la nature du fluide secondaire :

- ♦ Condenseurs à air
- ♦ Condenseurs à eau
- ♦ Condenseurs évaporatifs



Figure 9 : Condenseur refroidi à l'eau

I.4.1.3 Détendeur

Le rôle du détendeur est de faire chuter la pression du fluide frigorigène dans le circuit et par conséquent la température ; cela permet au liquide de se vaporiser partiellement [4] .

Il sert aussi à régler le débit de circulation, car la quantité de fluide admise à l'évaporateur en un temps donné doit être exactement égale à la quantité qui peut se vaporiser et qui correspond à la chaleur absorbée.

Les détendeurs les plus utilisés sont :

- ♦ Le détendeur capillaire
- ♦ Le détendeur thermostatique
- ♦ Le détendeur thermostatique à égalisation de pression externe
- ♦ Le détendeur thermostatique à égalisation de pression interne
- ♦ Le détendeur à commande électronique



Figure 10 : Détendeur thermostatique

I.4.1.4 Évaporateur

Dans toute machine frigorifique, l'évaporateur est un échangeur de chaleur qui sert à prélever la chaleur du milieu à refroidir pour que le fluide puisse s'évaporer [4].

On retrouve deux types d'évaporateurs selon la nature du fluide à refroidir :

- ♦ Évaporateurs refroidisseurs d'air :

Ils sont à convection naturelle ou à convection forcée.

- Évaporateurs à circulation d'air naturelle
- Évaporateurs ventilés
- ♦ Évaporateurs refroidisseurs de liquide



Figure 11 : Evaporateur

I.4.2 Fluide R404A

I.4.2.1 Définition

Un fluide frigorigène est un fluide qui permet la mise en œuvre d'un cycle frigorifique. Il peut être pur ou être un mélange de fluides purs présents en phase liquide, gazeuse ou les deux à la fois en fonction de la température et de la pression de celui- ici [E].

Les fluides frigorigènes sont utilisés dans les systèmes de production de froid (climatisation, congélateur, réfrigérateur, etc.)

I.4.2.2 Critères de choix d'un fluide frigorigène

- Thermodynamiques : température critique, échauffement durant la compression, production frigorifique, efficacité des échanges thermiques entre fluide et paroi interne d'un échangeur ;
- De sécurité : toxicité, inflammabilité, action sur les denrées périssables, sur le milieu à refroidir, récupération.
- Physicochimiques : stabilité chimique, action sur les métaux, action sur les caoutchoucs, matières plastiques et élastomères, action sur les huiles de graissage de compresseurs, comportement en présence d'eau, aptitude aux fuites, détection et location des fuites ;
- Économiques : prix, disponibilité et approvisionnement [1] .

I.4.2.3 Caractéristiques du fluide R 404 A

Tableau 1 : Caractéristiques du fluide R404A

Nature	Hydrofluorocarbone
Mélange	Zéotrope
Composition	52% (R143a) - 44% (R125) - 4% (R134a)
Glissement	0,9°C à 0,3 bar
Couleur	Incolore
Odeur	Ethérée légèrement
Température critique	+ 72 ° C
Température d'ébullition	- 45,8 °C
Pression critique	37,4 Bar
ODP	0
GWP	3922

[E]

I.4.3 Appareils annexes

I.4.3.1 Collecteur

Le collecteur est un dispositif c'est-à-dire tuyauterie qui capte et rassemble le fluide.

Il existe deux sortes de collecteurs : le collecteur d'aspiration et le collecteur de refoulement [2].

I.4.3.2 Bouteille liquide

Elle sert à stocker le fluide frigorigène liquide lors de la mise en arrêt de l'appareil ou lors des opérations de maintenance sur le circuit basse pression grâce à sa vanne de service.

Elle est placée à la sortie du condenseur et assure l'alimentation du détendeur en liquide de façon permanente à l'aide de son tube plongeur. Elle permet également de compenser les variations de demande en liquide au détendeur [2].

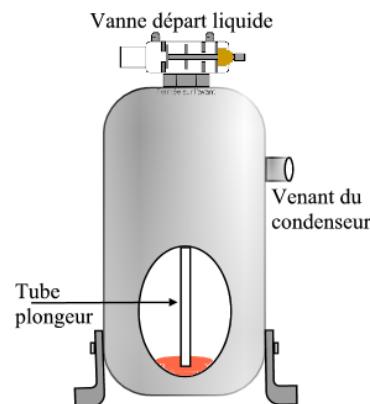


Figure 12 : Bouteille liquide

I.4.3.3 Le filtre déshydrateur

Il est monté sur la ligne liquide après le réservoir liquide.

Il sert à piéger les impuretés et éliminer l'humidité contenue dans le circuit frigorifique.

Il assure une fonction secondaire de filtre et quelque fois une fonction supplémentaire anti-acide. Il est monté sur la ligne liquide après le réservoir liquide [2].



Figure 13 : Filtre deshydrateur

I.4.3.4 Voyant liquide

Il sert à indiquer l'état physique du fluide et de vérifier l'efficacité du déshydrateur en indiquant la présence d'humidité s'il y en a. Il change de couleur en fonction de la teneur en humidité du circuit. Quand celui est de couleur verte, le circuit est parfaitement déshydraté, quand il vire jaune il y a risque d'humidité.

Il sert également à contrôler la présence éventuelle de bulles donc de fluide frigorigène à l'état vapeur, qui est un indice d'anomalie. Il est monté après le filtre déshydrateur sur les tuyauteries liquides [2].



Figure 14 : Voyant liquide

I.4.3.5 Électrovanne

Elle réalise l'isolement des circuits fluidiques par commande électrique.

Dans un circuit frigorifique, elle a pour rôle d'éviter la migration du fluide frigorigène liquide vers l'évaporateur à l'arrêt du compresseur [2].



Figure 15 : Electrovanne

I.4.3.6 Distributeur de liquide

Il permet la répartition régulière du fluide frigorigène dans chacune des sections de l'évaporateur.

I.4.3.7 Clapet d'anti-retour

Il permet le passage du fluide frigorigène dans un seul sens. Il est constitué par un obturateur appuyé sur son siège par un léger ressort. Le clapet ne s'ouvre que lorsqu'il y a une différence de pression entre l'amont et l'aval.

I.4.3.8 Régulateur de pression d'évaporation

Il est utilisé pour maintenir une pression d'évaporation constante, et par conséquent une température constante à la surface de l'évaporateur.

On l'utilise dans une installation de plusieurs évaporateurs ayant ses propres températures.

I.4.3.9 Séparateur d'huile

Il a pour rôle de séparer l'huile des vapeurs surchauffées refoulées par le compresseur et la ramener au carter du compresseur. Il est placé après le compresseur.

L'efficacité de la séparation est due à la simultanéité de plusieurs actions :

- ♦ Réduction importante de la vitesse des vapeurs surchauffées huilées par augmentation du diamètre du conduit.
- ♦ Changement de direction (chicanes).
- ♦ Filtration par treillis métallique et décantation dépôt de l'huile par gravité.
- ♦ L'enveloppe métallique réchauffée par les vapeurs surchauffées facilite le dégazage de l'huile décantée [2] .

I.4.3.10 Égalisation de la pression des carters

Dans une centrale frigorifique, les carters des compresseurs sont reliés par un système de tuyauterie permettant l'égalisation des pressions. En effet, ils doivent tous être à la même pression, qu'ils soient en marche ou à l'arrêt.

De la même manière, l'égalisation des pressions garantit le maintien des niveaux d'huile dans le système [D] .

Chapitre II : Bilan thermique d'une chambre froide et sélection des composants frigorifiques

II.1 Chambre froide

II.1.1 Définition

Une chambre froide est une pièce équipée d'installation frigorifique, utilisée pour stocker des denrées périssables.

Une chambre froide peut être à température négative ou température positive selon la durée de la conservation des denrées.

La conservation en chambre froide freine les phénomènes vitaux des tissus vivants, tels que ceux des fruits et légumes et des tissus morts (viandes, poissons) en ralentissant les métabolismes biochimiques. Elle va ralentir considérablement l'évolution microbienne et les conséquences de celle-ci (putréfaction, toxines).

II.1.2 Bilan thermique d'une chambre froide

Le dimensionnement des éléments d'une chambre froide consiste à effectuer le calcul des puissances frigorifiques à fournir par les évaporateurs. Ces puissances s'obtiennent par un bilan thermique sur la chambre.

Les charges thermiques d'une chambre froide se répartissent en deux composantes :

- Les charges thermiques externes.
- Les charges thermiques internes

II.1.2.1 Charges thermiques externes

Elles s'effectuent en sommant les charges dues aux apports de chaleur par transmission à travers les parois Q_{tr} , les charges thermiques par renouvellement d'air Q_{re} , les charges thermiques par ouverture des portes Q_{op} .

II.1.2.1.1 Charge thermique par transmission à travers les parois "Qtr"

Le calcul de cette charge s'effectue paroi par paroi, à savoir les quatre parois verticales, puis le plafond et le sol. Les charges thermiques par transmission sont données par la relation suivante :

$$Q_{tr} = K \times S \times \Delta T \quad [W] \quad (15)$$

Le coefficient global de transmission thermique s'exprime comme suit :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{\epsilon_n}{\lambda_n} + \frac{1}{h_e}} \quad [W/m^2.K] \quad (16)$$

Avec, les résistances thermiques interne et externe $\frac{1}{h_i}$ et $\frac{1}{h_e}$ des parois d'une chambre froide varient selon le tableau ci-après :

Tableau 2 : Résistances thermiques spécifiques des parois

Côté externe de la paroi	$\frac{1}{h_e}$ [m ² .K/W]	Côté interne de la paroi	$\frac{1}{h_i}$ [m ² .K/W]
Cas où il est en contact avec l'air extérieur	0,03	Cas d'une chambre froide en ventilation mécanique	0,06
Cas où il est en contact avec un autre local	0,12	Cas d'une chambre froide en ventilation naturelle	0,12

Source : Calcul des chambres froides PYC édition

II.1.2.1.2 Charge thermique par renouvellement d'air "Q_{re}"

Il est prévu un renouvellement de l'air ambiant dans certaines chambres froides. Le renouvellement consiste au remplacement d'une partie de l'air de la chambre froide par de l'air extérieur.

La quantité d'air neuve admise doit être refroidie de la température extérieure à la température de la chambre froide et constituée donc une charge thermique [3].

La charge thermique par renouvellement d'air a pour valeur :

$$Q_{re} = m_{ae} \cdot \Delta h \quad [W] \quad (17)$$

- Le débit massique de l'air extérieur admis peut s'obtenir par la relation

$$m_{ae} = \frac{V_{ae} \cdot \rho_{aa}}{86400} \quad [\text{kg/s}] \quad (18)$$

Avec $V_{ae} = n \cdot V_{int}$ $[\text{m}^3]$ $n = \frac{70}{\sqrt{V}}$ (19) (20)

$$\rho_{aa} = \frac{\rho_0}{1 + \frac{T_{amb}}{273,15}} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \text{tel que } \rho_0 = 1,293 \text{ [kg/m}^3] \quad (21)$$

- $\Delta h = h_{ae} - h_{aa}$ (22) tel que h_{ae} et h_{aa} sont déterminés à l'aide du diagramme de psychrométrique (voir annexe 1).

II.1.2.1.3 Charge thermique par ouverture des portes " Q_{op} "

Pour les petites chambres froides, le calcul du renouvellement d'air est suffisant. Par contre, pour les chambres froides de grand volume comportant plusieurs portes, il faut calculer.

La charge thermique par ouverture des portes s'obtient par la relation suivante [3] :

$$Q_{op} = 8 + (0,067 \cdot \Delta T) \cdot T_{ouv} \cdot \rho_{aa} \cdot l_p \cdot h_p \cdot C_{min} \cdot \Delta h \cdot \left(h_p \cdot \left(1 - \frac{\rho_{ae}}{\rho_{aa}} \right) \right)^{\frac{1}{2}} \quad [\text{W}] \quad (23)$$

Avec, $T_{ouv} = d_t \cdot \frac{f_j}{24}$ $[\text{mn/h}]$ (24)

$$\text{et } \rho_{ae} = \frac{\rho_0}{1 + \frac{T_{ext}}{273,15}} \quad [\text{kg/m}^3] \quad (25)$$

Coefficient de minoration C_{min}

$C_{min} = 1$ dans le cas d'une porte sans rideau et $C_{min} = 0.25$ en présence d'un rideau

Dans notre étude, on prend $C_{min} = 1$

Flux journalier f_j

C'est la quantité des denrées calculée à partir des mouvements sur la base de la quantité totale.

Ici dans notre étude, le flux journalier f_j est de 20% de leur contenance totale C.

Durée moyenne du transit

Tableau 3 : Durée moyenne du transit

Type de porte	Type de marchandise	d_t [mn/t]
Porte à ouverture manuelle	Cas de la viande animale sur pendoir	15
	Cas de marchandises palettisées	6
Porte automatique commandée	Cas de la viande animale sur pendoir	1
	Cas de marchandises palettisées	0.8

Source : Calcul des chambres froides PYC édition

II.1.2.2 Charges thermiques internes

Ce sont les apports de chaleur à l'intérieur même de la chambre froide.

II.1.2.2.1 Charge thermique due aux denrées entrantes " Q_{de} "

Les denrées introduites dans les chambres froides se trouvent à une température plus élevée que la température d'entreposage donc il y a un dégagement de quantité de chaleur effectué par les denrées.

La charge due aux produits entrants est donnée par la formule suivante [3] :

$$Q_{de} = \frac{m \cdot C_1 \cdot (T_1 - T_2) + m \cdot L + m \cdot C_2 \cdot (T_2 - T_3)}{86400} \quad [W] \quad (26)$$

m : masse de denrées introduites chaque jour en [kg]

C_1 : Capacité thermique massique avant congélation des denrées en [J/kg. K]

C_2 : Capacité thermique massique après congélation des denrées en [J/kg. K]

L : Chaleur latente de congélation de la denrée introduite en [J/kg]

T_1 : Température initiale de la denrée introduite en [$^{\circ}$ C]

T_2 : Température de congélation de la denrée introduite en [$^{\circ}$ C]

T_3 : Température d'entreposage des denrées en [$^{\circ}$ C]

86400 : Nombre de secondes dans une journée

Source : Calcul des chambres froides PYC édition

II.1.2.2.2 Charge thermique due à l'éclairage " Q_{ec} "

Les luminaires prévus doivent pouvoir résister au froid et à l'humidité et être insensibles aux effets de la poussière.

La charge thermique due à l'éclairage se calcule d'après la formule suivante [3] :

$$Q_{ec} = \frac{n \cdot P \cdot t}{24} \quad [W] \quad (27)$$

Q_{ec} : Charge thermique due à l'éclairage [W]

n : Nombre de luminaires

P : Puissance de chaque lumière en [W]

t : Durée de fonctionnement des luminaires [h/j]

24 : Nombre d'heures dans une journée

II.1.2.2.3 Charge thermique due aux personnes " Q_{pe} "

L'homme dégage de chaleur dans une chambre froide par sa présence, mais surtout par son activité, en fonction de la température de la chambre ; alors ceci est une source de charge thermique dont il faut tenir compte.

Pour cela, la charge thermique due aux personnes se calcule d'après la formule suivante :

$$Q_{pe} = \frac{n \cdot q_p \cdot t}{24} \quad [W] \quad (28)$$

n : Nombre de personnes opérant dans la chambre froide

q_p : Quantité de chaleur dégagée par une personne en activité [W]

t : Durée de présence de chaque personne dans la chambre froide [h/j] [3]

Tableau 4 : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne

Température de la chambre froide [°C]	Quantité de chaleur dégagée par personne [W]
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

Source : Calcul des chambres froides PYC édition

II.1.2.2.4 Charge thermique due au matériel roulant "Qm"

Le matériel roulant est le plus souvent constitué de chariots élévateurs et transpalettes [3].

$$Q_m = \frac{n \cdot P \cdot t}{24} \quad [W] \quad (29)$$

n : Nombre de matériels roulant opérant dans la chambre froide

P : Puissance de chaque machine [W]

t : Durée de fonctionnement de chaque matériel dans la chambre froide [h/j]

II.1.2.3 Puissance frigorifique intermédiaire de l'évaporateur "P_{int}"

Elle est calculée à partir de la formule suivante :

$$P_{int} = \frac{Q_{tot} \cdot 24}{t_{inst}} \quad [kW] \quad (30)$$

Avec, $Q_{tot} = Q_{tr} + Q_{re} + Q_{op} + Q_{de} + Q_{ec} + Q_{pe} + Q_m$ [W] (31)

La charge frigorifique intermédiaire Q_{tot} est la somme des charges thermiques calculées précédemment et le temps de fonctionnement de l'installation t_{inst} est de 14 [h/j] donc on le calcule à partir de cette valeur [3].

II.1.2.4 Puissance frigorifique prévisionnelle "P_{prev}"

Avant la sélection de l'évaporateur nécessaire de la chambre froide, la valeur de cette puissance s'obtient en ajoutant 20% la puissance frigorifique intermédiaire P_{int} puisqu'il faut encore prévoir des charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur et aux résistances de dégivrage.

Par conséquent, la valeur de la puissance frigorifique prévisionnelle de l'évaporateur est exprimée par :

$$P_{prev} = 1,2 \cdot P_{int} \quad [kW] \quad (32)$$

Après le choix de l'évaporateur et le calcul des charges dues aux moteurs de ceux-ci et aux résistances électriques de dégivrage, la puissance frigorifique calculée peut être comparée à la puissance frigorifique prévisionnelle [3].

II.1.2.5 Choix de l'évaporateur

Le choix de l'évaporateur se fait à partir de la puissance frigorifique prévisionnelle calculée auparavant. Ainsi, le composant sélectionné permet de déterminer les caractéristiques nécessaires pour la puissance frigorifique effective.

On utilisera la formule suivante pour calculer la température d'évaporation du fluide :

$$T_{\text{évaporation}} = T_{\text{amb}} - \Delta\theta \quad [\text{°C}] \quad (33)$$

Avec, $\Delta\theta = \frac{175}{HR-55}$

II.1.2.6 Charge thermique due aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur "Q_{vent}"

La charge thermique due aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs s'écrit :

$$Q_{\text{vent}} = \frac{n \cdot P \cdot t_{\text{vap}}}{24} \quad [\text{W}] \quad (34)$$

n : Nombre de moteurs de ventilateurs

P : Puissance du ventilateur considérée [W]

t_{vap} : Durée de fonctionnement des ventilateurs [h/j] [3]

II.1.2.7 Charge thermique due aux résistances de dégivrage "Q_{deg}"

Il existe différents systèmes de dégivrage d'un évaporateur, mais dans notre devoir il s'agit de résistances électriques.

La charge thermique due aux résistances de dégivrage s'écrit :

$$Q_{\text{deg}} = \frac{n \cdot P \cdot t_{\text{deg}}}{t_{\text{inst}}} \quad [\text{W}] \quad (35)$$

n : Nombres de résistances électriques

P : Puissance calorifique de chaque résistance d'un type donné [W]

t_{deg}: Durée journalière de dégivrage [h/j]

t_{inst}: Durée de marche de l'installation frigorifique [h/j] [3]

La puissance frigorifique effective de l'évaporateur s'obtient en ajoutant à la puissance frigorifique intermédiaire de celui-ci, les puissances dues aux charges thermiques des moteurs des ventilateurs et des résistances de dégivrage.

$$P_{eff} = P_{int} + Q_{vent} + Q_{deg} \quad [kW] \quad (36)$$

Après le calcul de cette puissance effective, on la compare à la puissance prévisionnelle. Si $P_{eff} < P_{prev}$, il faut prendre la valeur de P_{prev} [3].

II.2 Sélection des composants de l'installation

II.2.1 Choix des compresseurs

Le Bitzer fabrique des différents types de machines. Il est reconnu dans le monde entier à cause de la puissance et la robustesse de ses produits. Ainsi, les compresseurs pour cette installation seront sélectionnés à partir de leur catalogue à l'aide d'un logiciel Bitzer SOFTWARE 5.0 qui permet de déterminer son modèle et ses caractéristiques en fonction de la puissance et les autres paramètres indispensables.

Les compresseurs à sélectionner sont du type semi-hermétique à compression (par piston).

II.2.2 Choix des condenseurs

Les condenseurs seront aussi sélectionnés par le logiciel Bitzer SOFTWARE 5.0

Il s'agit des condenseurs refroidis à l'eau.

La puissance du condenseur est donnée par la formule :

$$P_{condenseur} = W_{absorbée} + Q_{évaporateur} \quad [kW] \quad (37)$$

II.2.3 Dimensionnement de tuyauteries

II.2.3.1 Vitesse du fluide frigorigène

La vitesse du fluide frigorigène se détermine par la formule suivante :

$$w = \frac{4 \cdot P_{prev}}{\pi \cdot (h_1 - h_4) \cdot \rho \cdot d_i^2} \quad [m/s] \quad (38)$$

La vitesse d'écoulement du fluide frigorigène doit respecter les limites dans les normes du tableau ci-après, et cette vitesse est même en fonction du diamètre de la tuyauterie correspondante.

Tableau 5 : Vitesse d'écoulement admissible du fluide frigorigène

Désignation de la tuyauterie	Vitesse recommandée [m/s]
Tuyauterie d'aspiration	6 à 12
Tuyauterie de refoulement	6 à 15
Tuyauterie liquide	0,3 à 1,2

Source : Calcul des chambres froides PYC édition

II.2.3.2 Caractéristiques des conduites de fluide

- Conduite d'aspiration : C'est la conduite reliant la sortie de l'évaporateur et l'entrée du robinet en amont du compresseur.
- Conduite de refoulement : Elle constitue la sortie du robinet en aval du compresseur jusqu'à l'entrée du condenseur.
- Conduite liquide : la tuyauterie de liquide est composée de deux parties :
 - L'une au niveau de la sortie du condenseur à l'entrée de la bouteille de liquide
 - L'autre au niveau de la sortie de cette bouteille à l'entrée du détendeur.

II.2.4 Choix du détendeur thermostatique

II.2.4.1 Capacité nominale du détendeur

Pour pouvoir sélectionner le modèle du détendeur, il faut déterminer sa capacité nominale par la formule :

$$Q_n = K_{\Delta P} \cdot K_t \cdot P_{prev} \quad [\text{kW}] \quad (39)$$

K_t étant un facteur de correction pour différentes températures d'évaporation et d'entrée du liquide dans le détendeur.

$K_{\Delta P}$ sera déterminé en fonction de la chute de pression entre l'amont et l'aval du détendeur.

Il faut donc calculer la valeur des pertes des charges en premier lieu [3].

II.2.4.2 Perte de charge repartie dans la longueur de la tuyauterie liquide

On utilise la formule suivante :

$$\Delta P_r = \lambda \times \frac{(l_{geo} + l_{eq})}{di} \times \frac{\rho}{2} \times w^2 \quad [\text{Pa}] \quad (40)$$

On prend généralement une valeur de λ égale à 0,3 [3].

II.2.4.3 Perte de charge sur la tuyauterie ascendante

La différence de niveau h entre le détendeur et la tubulaire de sortie de liquide ne dépasse pas la hauteur de la chambre froide. La perte de charge ascendante est donnée par :

$$\Delta P_{asc} = h \cdot \rho \cdot g \quad [Pa] \quad (41)$$

Avec $g = 9.81 \text{ [m/s}^2]$ [3]

II.2.4.4 Perte de charge singulière

$$\Delta P_s = \sum \xi \frac{\rho}{2} w^2 \quad [Pa] \quad (42)$$

Avec, ξ : coefficient de perte de charge singulière d'élément de tuyauterie. [3]

II.2.4.5 Perte de charge dans les appareillages annexes

La perte de charge dans les appareillages annexes (filtre déshydrateur, électrovanne) est estimée à 0,2 [bar].

II.2.4.6 Pression en amont du détendeur

La pression P amont en amont du détendeur est égale à la pression de la condensation à la sortie du détendeur diminuée de la perte de charge totale de tuyauterie de liquide, donc :

$$P_{amont} = P_c - \Delta P_{tot} \quad [bar] \quad (43)$$

[3]

II.2.4.7 Pression en aval du détendeur

Le détendeur que l'on veut choisir est un détendeur à égalisation de pression externe.

Supposons que la perte de charge au niveau du distributeur liquide et de ses tubes de distribution soit 0,5 [bar].

Donc, la pression en aval du détendeur sera :

$$P_{aval} = P_{évaporation} + 0,5 \quad [bar] \quad (44)$$

II.2.4.8 Chute de pression assurée par le détendeur

Elle se calcule par :

$$\Delta P = P_{amont} - P_{aval} \quad [bar] \quad (45)$$

Chapitre III : Généralités sur les Automates Programmables Industriels

Dans ce chapitre, nous allons aborder les API. L'étude des API est nécessaire puisque c'est un composant essentiel dans ce mémoire.

III.1 Définition

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique spécialisée dans la conduite et l'automatisme d'une machine industrielle, programmable par un automatien (et non un informaticien) à l'aide d'un langage adapté. Il réalise donc des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de préactionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques [7].

III.2 Architecture d'un Automate programmable

III.2.1 Aspect externe

On peut distinguer deux types d'API au point de vue de l'architecture externe :
Le type compact et le type modulaire [7].

III.2.1.1 Type compact

Le type compact intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il peut réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.



Figure 16 : Type compact

Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

III.2.1.2 Type modulaire

Pour le type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées/sorties résident dans des unités séparées (modules).



Figure 17 : Type modulaire

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

III.2.2 Aspect interne

La structure interne d'un Automate programmable industriel se repose sur trois éléments principaux :

- ♦ La Mémoire
- ♦ Le Processeur
- ♦ Le système d'Entrée/Sortie

Ces éléments sont reliés entre eux par des bus (ensemble câblé autorisant le passage de l'information entre les secteurs de l'API). L'alimentation est le quatrième élément indispensable au fonctionnement de l'automate. Cependant elle est une branche externe indépendante de la chaîne de traitement de l'information. Ces quatre éléments réunis forment un ensemble compact qui est l'automate.

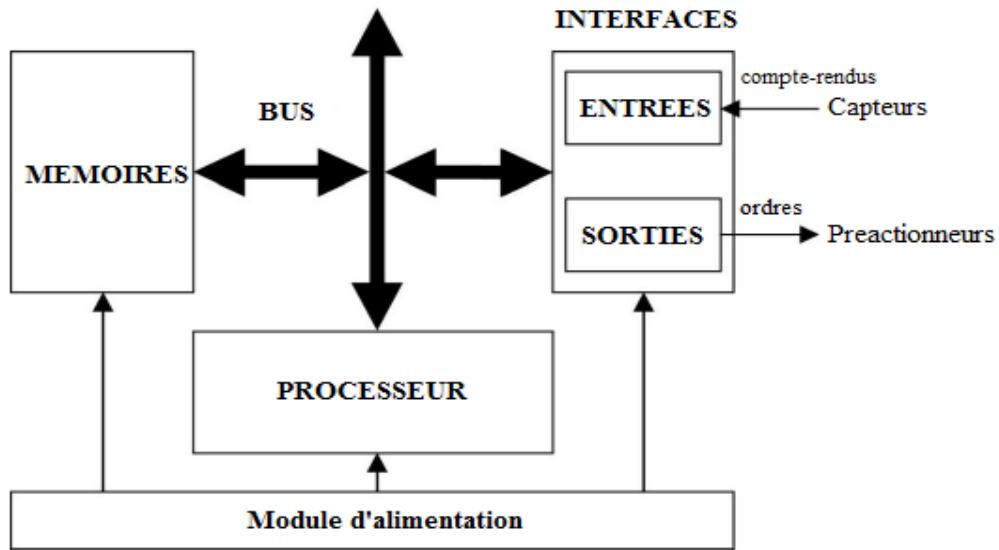


Figure 18 : Structure interne

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système, puis, commande les préactionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

Le développement de cette structure interne permet la visualisation générale d'un système automatisé.

III .2.2.1 Microprocesseur

Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques (ET, OU, XOR, NOR...), les fonctions de temporisations, de comptage, de calcul à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interfaces d'entrée/sortie) par des liaisons parallèles appelées « bus » qui véhiculent les informations sous forme binaire.

III .2.2.2 Mémoire

La zone mémoire va permettre de recevoir les informations issues des capteurs d'entrées, de recevoir les informations générées par le processeur et destinées à la commande des sorties (valeur des compteurs, des temporisations ...etc.) et de recevoir et conserver le programme du processus.

Deux familles de mémoires sont utilisées dans les automates programmables :

- ♦ Une mémoire « programme » du type ROM (Read Only Memory) dans laquelle sont stockées les instructions du programme à exécuter.
- ♦ Une mémoire de « données » dans laquelle sont stockés les résultats intermédiaires de calcul et les états divers. Cette mémoire est du type RAM (Random Access Memory) et doit être maintenue sous tension ou sauvegardée par une batterie pour qu'elle conserve son contenu.

III .2.2.3 Interface Entrées-Sorties

Les systèmes d'Entrée/Sortie assurent l'intégration directe de l'automate dans son environnement industriel en réalisant la liaison entre le processeur et processus. Elles se présentent sous forme de cartes électroniques ou de modules enfichables et peuvent être du type analogique ou T.O.R.

III .2.2.4 Alimentation

Tous les automates sont équipés d'une alimentation soit :

- ♦ 240V ou 110V, 50/60Hz en courant alternatif,
- ♦ 24V ou 48V en courant continu.

III.3 Caractéristiques générales

L'automate programmable est caractérisé par :

- ♦ Le nombre d'entrées/sorties.
- ♦ Modulaire ou compacte.
- ♦ Langage
- ♦ La capacité de la mémoire.
- ♦ La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques, booléens).
- ♦ La tension d'alimentation.
- ♦ La vitesse de traitement : le temps de scrutation qui sépare deux lancements successifs de la même portion du programme d'application [7].

III.4 Critères de choix d'un automate

Les critères de choix essentiels d'un API sont :

- ♦ Le nombre d'entrées/sorties nécessaires
- ♦ Le type des entrées/sorties nécessaires
- ♦ La capacité de traitement du processeur (vitesse, données, taille de la mémoire, les opérations que peut traiter les opérateurs...)
- ♦ La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économie
- ♦ La fonction de communication : l'automate doit pouvoir communiquer avec d'autres systèmes de commande (API, Supervision...)
- ♦ Une programmation qui offre un langage destiné à l'automaticien [7].

III.5 Avantages

- ♦ Augmenter la sécurité (on peut toujours superviser le fonctionnement de l'installation)
- ♦ Améliorer les conditions de travail (effectuer des tâches pénibles, dangereuses et répétitives).
- ♦ Augmenter la productivité (réduire le temps de travail nécessaire à la production), donc augmenter les cadences de travail
- ♦ Flexibilité de l'installation (modification du programme facile, et les API peuvent s'adapter aux divers besoins)
- ♦ API est favorable aux traitements évalués, calculs numériques, régulation, etc.
- ♦ La possibilité d'agir deux paramètres matériels et programme en cas de maintenance
- ♦ Simplification de câblage
- ♦ Dépannage facile

III.6 Principe de fonctionnement d'un automate

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et commande les préactionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

Généralement, les automates programmables industriels ont un fonctionnement cyclique. Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques ET / OU les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul... Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées « BUS » qui véhiculent les informations sous forme binaire. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle [7].

Partie II

Applications

et

Résultats

Chapitre IV : Conception d'une centrale négative

IV.1 Calcul et dimensionnement des chambres froides

IV.1.1 Présentation des chambres froides

Il s'agit de conserver des denrées alimentaires. On dispose 3 sortes de denrées y compris des viandes de porc, de bœuf et de charcuterie. Pour se faire, on va donc les installer dans trois chambres froides ayant comme contenu respectif 12,5 [T], 12,5 [T] et 5 [T].

Donc, on va repartir ces denrées dans chacune des chambres froides.

Tout cela a pour but de fournir et livrer de façon journalière dans des grandes surfaces qui se situent à Antananarivo. Ainsi, on pourra garder un flux constant dans chaque chambre.

Notons :

- CF1 : Chambre froide négative pour la conservation de 12,5 [T] de viandes de porc à -18 [°C] et HR = 80 %.
- CF2 : Chambre froide négative pour conserver 12,5 [T] de viandes de bœuf à -18 [°C] et HR = 77 %.
- CF3 : Chambre froide négative destinée à la conservation de 5 [T] de charcuteries à -12 [°C] et HR = 80 %.

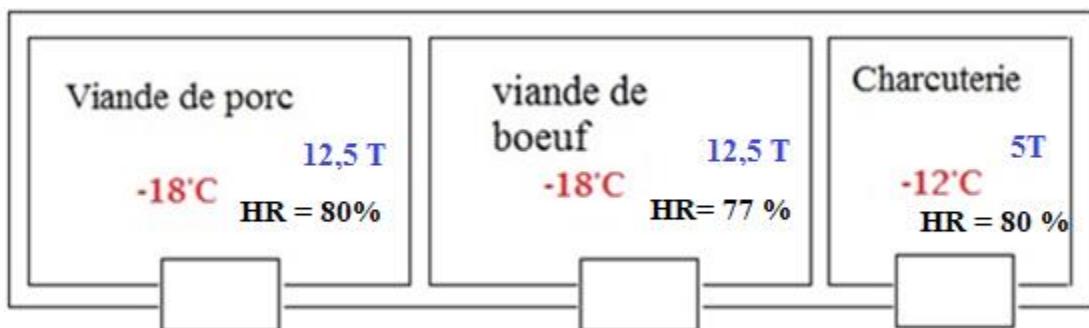


Figure 19 : Disposition des trois chambres

Concernant l'installation, elle consiste à regrouper dans une même salle de machine plusieurs moto-compresseurs raccordés par un même collecteur d'aspiration et un même collecteur de refoulement. L'installation est donc constituée par des compresseurs montés en parallèle. C'est la centrale frigorifique.

IV.1.2 Dimensionnement des trois chambres

IV.1.2.1 Epaisseur

Les murs et plafonds de toutes ces chambres froides seront constitués de paroi type sandwich composée d'une âme en mousse rigide de polyuréthane d'épaisseur $e=100[\text{mm}]$.

Les sols sont constitués de prédalle en béton sur terre-plein, d'une barrière d'étanchéité, d'une couche de mousse rigide de polyuréthane, d'une dalle de compression, d'une chape et d'un pavage.

Tableau 6 : Calcul de la résistance thermique constituant le sol de resserre

	Épaisseur e (m)	Conductivité thermique [W/m.K]	Résistance thermique [m ² .K/W]
Prédalle en béton sur terre-plein	0,15	1,279	0,1173
Barrière d'étanchéité	0,0150	0,16	0,0938
Polystyrène	0,10	0,030	3,333
Dalle de compression	0,10	1,279	0,0782
Chape	0,05	1,924	0,026
Un pavage.	0,015	1,05	0,0143
		Total (e/λ)	3,6626

Source : Calcul des chambres froides PYC édition

IV.1.2.2 Calcul de largeur et de profondeur

$$C = S \times h_g \times d \times \eta_0 \quad [T] \quad (46)$$

$$\text{Alors, } S = \frac{C}{h_g \times d \times \eta_0} \quad [\text{m}^2]$$

Avec $h_g=1,9[\text{m}]$

$\eta_0 = 0,75$ (voir annexe 2)

Tableau 7 : Surface de chaque chambre

CF	C [T]	h _g [m]	d [kg/m ³]	η ₀	S [m ²]
CF1	12,5	1,9	350	0,75	25,06
CF2	12,5	1,9	300	0,75	29,24
CF3	5	1,9	350	0,75	10,03

Tableau 8 : Dimensions intérieures des chambres froides

CF	Largeur [m]	Profondeur [m]	Hauteur [m]
CF1	6,3	4	2,8
CF2	7,3	4	2,8
CF3	2,5	4	2,8

IV.1.3 Bilan thermique des trois chambres

IV.1.3.1 Charges thermiques externes

IV.1.3.1.1 Charges thermiques par transmission à travers les parois « Q_{tr} »

La charge thermique par transmission à travers chaque paroi est donnée par la formule (15) :

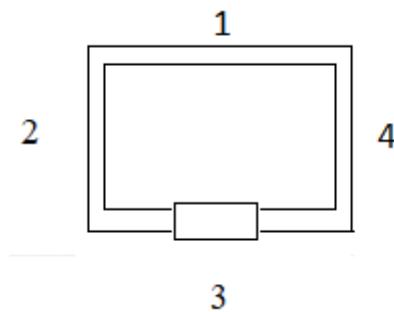


Figure 20 : Numérotation des parois de chaque chambre

Calcul de coefficient de transmission thermique K de chaque paroi

- Comme la paroi N°4 de la CF 1, la paroi N° 2 et N° 4 de la CF2 ainsi que la paroi N°2 de la CF 3 sont en contact avec un autre local.

Donc, ses résistances thermiques superficielles : $\frac{1}{h_e} = 0,12 \text{ [m}^2.\text{K/W]}$

Alors que pour les autres parois $\frac{1}{h_e} = 0,03 \text{ [m}^2.\text{K/W]}$

Pour la mousse rigide de polyuréthane de masse volumique 40 [kg/m³] on a :

$$\lambda = 0,02 \text{ [W/m}^2.\text{K]} \quad \text{et } e = 0,1 \text{ [m]}$$

$$\text{Donc, } \frac{e_{\text{isolant}}}{\lambda_{\text{isolant}}} = 5 \text{ [m}^2. \text{ }^{\circ}\text{C/W]}$$

D'où, D'après la formule (16) :

$K = 0,196 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K}]$ pour ceux qui sont en contact avec l'air extérieur

$K = 0,193 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K}]$ pour ceux qui sont en contact avec un autre local

- ♦ Pour le sol $\frac{1}{h_e} = 0$ car il est réalisé sur terre-plein.

$$\text{Alors, } K_{\text{sol}} = \frac{1}{0,06+3,6626} = 0,269 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K}]$$

Par conséquent, les charges thermiques de chaque paroi sont montrées par le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Charges thermiques par transmission à travers chaque paroi

CF	Parois	K [W/m ² .K]	S [m ²]	T _{ext} [°C]	ΔT [°C]	Q _i [W]
CF1 -18 °C	1	0,196	17,64	28	46	159,04
	2	0,196	11,2	28	46	100,98
	3	0,196	17,64	28	46	159,04
	4	0,193	11,2	-18	0	0
	Plafond	0,196	25,06	28	46	225,94
	Sol	0,2686	25,06	15	33	222,13

CF2 -18 °C	1	0,196	20,44	28	46	184,29
	2	0,193	11,2	-18	0	0
	3	0,196	20,44	28	46	184,29
	4	0,193	11,2	-12	6	12,97
	Plafond	0,196	29,24	28	46	263,63
	Sol	0,2686	29,24	15	33	259,18

CF3 -12 °C	1	0,196	7	28	40	54,88
	2	0,193	11,2	-18	-6	-12,97
	3	0,196	7	28	40	54,88
	4	0,196	11,2	28	40	87,81
	Plafond	0,196	10,03	28	40	78,64
	Sol	0,2686	10,03	15	27	72,74

Pour une chambre froide, on a :

Q_{tr} = la somme de Q_i [W]

Tableau 10 : Charges thermiques par transmission à travers les parois de chaque chambre

CF	Q_{tr} [W]
CF1	867,13
CF2	904,35
CF3	335,98

IV.1.3.1.2 Charge thermique par renouvellement d'air " Q_{re} "

Une certaine quantité d'air neuf est quotidiennement admise dans la chambre froide.

Le refroidissement de celui-ci à la température ambiante de la chambre froide constitue une charge thermique déterminée par la formule (17) .

En appliquant les formules (17) , (18), (19) , (20) , (21), (22) , on obtient les résultats suivants :

Tableau 11 : Charges thermiques dues au renouvellement d'air

CF	V_{int} [m ³]	n	V_{ae} [m ³]	ρ_{aa} [kg /m ³]	h_{ae} [kJ/kg]	h_{aa} [kJ/kg]	Δh [kJ/kg]	Q_{re} [W]
CF1	70,56	8,33	588	1,384	77	-17	94	886
CF2	81,76	7,74	632,949	1,384	77	-18	95	963
CF3	28	13,23	370,405	1,352	77	-9	86	499

IV.1.3.1.3 Charge thermique par ouverture des portes " Q_{op} "

Hypothèse

- Les portes sont à ouverture manuelle et sans rideau

Soit l_p : Largeur de la porte ($l_p = 1[m]$)
 h_p : Hauteur de la porte ($h_p = 2 [m]$)

- Pour toutes les chambres froides, f_j est estimé à 20 % de la contenance C

En utilisant les formules (23), (24), (25), on obtient les résultats suivants :

Tableau 12 : Charges thermiques par l'ouverture des portes

CF	dt [mn /t]	T _{ouv} [mn/h]	Δh [kJ/kg]	h _p [m]	ρ _{ae} [kg/m ³]	ρ _{aa} [kg/m ³]	ΔT [°C]	Q _{op} [W]
CF1	6	0,625	94	2	1,173	1,384	46	996,237
CF2	6	0,625	95	2	1,173	1,384	46	1006,835
CF3	6	0,25	86	2	1,173	1,352	40	320,113

IV.1.3.2 Charges thermiques internes

IV.1.3.2.1 Charges thermiques dues aux denrées entrantes "Q_{de}"

La charge due aux denrées entrantes est donnée par la formule (26) :

Tableau 13 : Données de calcul des charges thermiques dues aux denrées entrantes

CF	m [kg]	C ₁ [J/kg.K]	C ₂ [J/kg.K]	T ₁ [°C]	T ₂ [°C]	T ₃ [°C]	L [kJ/kg.K]
CF1	2500	2,3	1,38	22	-1,5	-18	146
CF2	2500	3,52	1,8	22	-1,5	-18	255
CF3	1000	3,73	2,34	22	-3,3	-12	218

Tableau 14 : Charges thermiques dues aux denrées entrantes

CF	Q _{de} [W]
CF1	6447
CF2	10631
CF3	3851

IV.1.3.2.2 Charge thermique due à l'éclairage "Q_{ec}"

La charge thermique due à l'éclairage peut être calculée à partir de la formule :

$$Q_{ec} = \alpha \cdot S \quad [W] \quad (47)$$

Puis on calcule le nombre de lampes suivant la puissance de chaque luminaire par la formule (27)

$$n = \frac{Q_{ec} \cdot 24}{P \cdot t}$$

Supposons que les luminaires fonctionnent 8 heures par jour.

Tableau 15 : Charges thermiques dû à l'éclairage

CF	α [W/m ²]	S[m ²]	Q _{ec} [W]	P [W]	n
CF1	6	25,06	150,36	80	6
CF2	6	29,24	175,44	80	7
CF3	6	10,03	60,18	80	2

IV.1.3.2.3 Charges thermiques dues aux personnes "Q_{pe}"

Chaque personne entrant dans la chambre froide constitue une charge thermique qui est donnée par la formule (28) .

Supposons que deux personnes opérant dans la chambre froide et travaillent 8 heures par jour.

Tableau 16 : Charges thermiques dues aux personnes à l'intérieur des chambres

CF	n	q _p [W]	Q _{pe} [W]
CF1	2	390	260
CF2	2	390	260
CF3	2	360	240

IV.1.3.2.4 Charges thermiques dues aux matériels roulants

La charge due aux matériels roulants est donnée par la formule (29) :

Supposons que deux matériels roulants opérant dans chaque chambre et fonctionnent 8 heures par jour.

Tableau 17 : Charges thermiques dues aux matériels roulants

CF	n	P [W]	Q _m [W]
CF1	2	250	166,67
CF2	2	250	166,67
CF3	2	250	166,67

IV.1.3.3 Puissance frigorifique intermédiaire de l'évaporateur " P_{int} "

D'après la formule (31), la charge thermique totale de chaque chambre froide s'obtient en faisant la somme de toutes les charges thermiques :

Tableau 18: Charges thermiques totale

CF	Q_{tot} [W]
CF1	9773
CF2	14108
CF3	5473

t_{inst} : Durée journalière de fonctionnement de l'installation $t_{inst} = 14$ [h/j]

D'après formule (30) , on obtient les puissances frigorifiques intermédiaires

Tableau 19 : Puissances frigorifiques intermédiaires

CF	P_{int} [kW]
CF1	16,754
CF2	24,185
CF3	9,382

IV.1.3.4 Puissance frigorifique prévisionnelle " P_{prev} "

D'après la formule (32) :

On obtient les puissances frigorifiques prévisionnelles des évaporateurs de chaque chambre :

Tableau 20 : Puissances frigorifiques prévisionnelles

CF	P_{prev} [kW]
CF1	20,105
CF2	29,022
CF3	11,258

IV.1.3.5 Choix des évaporateurs

À partir de la puissance frigorifique prévisionnelle, on a sélectionné les évaporateurs ci-dessous dans le catalogue de l'INTARCON.

Tableau 21 : Caractéristiques des évaporateurs sélectionnés

CARACTÉRISTIQUES		CF1	CF2	CF3
Marque		INTARCON		
Modèle		MKD-NF-3 350	UKH-NF-2 450	BKH-NF-1 245
Puissance frigorifique [W]		21 300	31 800	13 200
Ventilateur	Nombre	3	4	2
	P [W]	247	605	480
	Débit d'air [m ³ /h]	14 500	27 000	9 000
	Diamètre [mm]	500	500	450
	I max [A]	2,1	5,4	1,9
Résistance de dégivrage [W]	Nombre de résistances	18	15	9
	P [W]	1 000	1 250	800

IV.1.3.6 Charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur " Q_{vent} "

D'après la formule (34), on obtient les résultats ci-après :

- ♦ t_{vap} : Durée de fonctionnement des ventilateurs $t_{vap} = 14$ [h/j]

Tableau 22 : Charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur

CF	n	P[W]	t_{vap} [h/j]	Q_{vent} [W]
CF1	3	247	14	432,250
CF2	4	605	14	1411,667
CF3	2	480	14	560

IV.1.3.7 Charges thermiques dues aux résistances de dégivrage " Q_{deg} "

D'après la formule (35), on obtient les résultats ci-après :

[W]

$$t_{deg} = 4 \times 20 = 80 \text{ [mn/j]} = 1,33 \text{ [h/j]} \quad (\text{voir annexe 3})$$

t_{inst} : Durée de marche de l'installation frigorifique $t_{inst} = 14 \text{ [h/j]}$

Tableau 23 : Charges thermiques due aux résistances de dégivrage

CF	n	P [W]	t _{deg} [h]	Q _{deg} [W]
CF1	18	1000	1,333	1713,857
CF2	15	1250	1,333	1785,267
CF3	9	800	1,333	685,543

IV.1.3.8 Puissance frigorifique effective de l'évaporateur " P_{eff} "

D'après la formule (36), on obtient les résultats ci-après :

Tableau 24 : Données nécessaires au calcul de la puissance frigorifique effective

CF	P _{int} [kW]	Q _{vent} [kW]	Q _{deg} [kW]	P _{eff} [kW]
CF1	16,754	0,432	1,714	18,9
CF2	24,185	1,412	1,785	27,382
CF3	9,382	0,560	0,686	10,628

Comme $P_{eff} < P_{prev}$, alors, on prend pour les futures installations P_{prev} qui sont

Tableau 25 : Puissance frigorifique prévisionnelle des évaporateurs

CF	P _{prev} [kW]
CF1	20,105
CF2	29,022
CF3	11,258
P totale	60,385

IV.2 Sélection des composants frigorifiques

IV.2.1 Choix des compresseurs

Le système avec des compresseurs montés en parallèle a plusieurs avantages :

- ♦ Adaptation de la consommation d'énergie à la demande réelle : on peut varier la puissance du système simplement par exemple par la mise en marche ou à l'arrêt d'un ou de plusieurs compresseurs.
- ♦ Fiabilité : un incident sur un compresseur n'arrête pas la production du froid

On utilisera trois compresseurs montés en parallèle dans cette étude. La puissance frigorifique à prévoir sera alors 20,13 [kW] afin d'avoir trois compresseurs de même caractéristique. Il suffit d'introduire les paramètres suivants dans le logiciel Bitzer 5.0

En appliquant la formule (33) avec $HR = 80\%$, la température d'évaporation est de $-25\text{ [}^{\circ}\text{C]}$

Tableau 26 : Les Paramètres pour la sélection du compresseur

PARAMÈTRES	Centrale négative
Fluide frigorigène	R404A
Température de référence	Point de rosée
Température d'évaporation	-25 [°C]
Température de condensation	35 [°C]
Sous-refroidissement de liquide	5 [K]
Surchauffe à l'aspiration	10 [K]
Surchauffe utilisable	5 [K]
Régulateur puissance	100 [%]
Puissance frigorifique à prévoir	20,13 [kW]

Tableau 27 : Caractéristiques du compresseur sélectionné

CARACTÉRISTIQUES	Centrale négative
Marque	BITZER
Modèle de compresseur	4H-15.2Y-40P
Puissance frigorifique	22,4 [kW]
Puissance évaporateur	22,4 [kW]
Puissance absorbée	11,84 [kW]

Intensité (400V)	20,1 [A]
Plage des tensions	380-420 [V]
Puissance de condensation	32,7 [kW]
Coefficient de performance	1,89
Débit masse	689 [kg/h]
Mode de travail	Standard
Température maximale de refoulement	70,7 [°C]
Volume déplacé (1450 t/mn 50Hz)	73,6 [m ³ /h]
Nombre de cylindres × percement × courses	4 x 70 [mm] x 55 [mm]
Poids	183 [kg]
Pression max. (BP/HP)	19/28 [bar]
Raccord conduit d'aspiration	42 [mm] - 1 5/8"
Huile	BSE32
Raccord conduit de refoulement	28 [mm] - 1 1/8"
Charge en huile	4,00 [dm ³]

La centrale négative sera constituée par trois compresseurs de même puissance frigorifique et de même caractéristique dont leurs puissances sont de 22,4 [kW].

IV.2.2 Choix du condenseur

Le modèle et les caractéristiques du condenseur sont aussi sélectionnés à partir du logiciel Bitzer 5.0 en introduisant les paramètres ci-dessous :

D'après la formule (37), $P_{condenseur} = 3 \times (11,84 + 22,4) = 102,72$ [kW]

Tableau 28 : Paramètres pour la sélection du condenseur

PARAMÈTRES	Centrale négative
Série	Standard
Fluide frigorigène	R404A
Fluide caloporteur	Eau
Puissance de condensation	102,72 [kW]
Température de condensation	35 [°C]
Température d'entrée d'eau	25 [°C]
Sous-refroidissement de liquide	5 [K]
Encrassement	0,00004 [m ² K/W]

Tableau 29 : Caractéristiques du condenseur sélectionné

CARACTÉRISTIQUES	Centrale négative
Marque	BITZER
Type de condenseur	K1053H
Nombre de passes	2
Puissance de condensation	102,8 [kW]
Capacité maxi permise	205 [kW]
Température de condensation	35 [°C]
Température de sortie d'eau	31 [°C]
Débit volumétrique	14,86 [m ³ /h]
Débit volumétrique min.	4,54 [m ³ /h]
Débit volumétrique max.	22,7 [m ³ /h]
Débit	1,64 [m/s]
Perte de charge	0,19 [bar]
Poids	87 [kg]
Largeur totale	1634 [mm]
Hauteur totale	311 [mm]
Diamètre du tube protecteur	216 [mm]
Entrée fluide frigorigène	42 mm - 1 5/8"
Sortie fluide frigorigène	35 mm - 1 3/8"
Entrée de fluide caloporteur (2 passes)	2"
Sortie de fluide caloporteur (2 passes)	2"
Entrée de fluide caloporteur (4 passes)	1 1/4"
Sortie de fluide caloporteur (4 passes)	1 1/4"
Contenance réservoir fluide frigorigène	40 [dm ³]
Charge maximale en fluide frigorigène 90% à 20°C	38,4 [kg]

IV.2.3 Dimensionnement des tuyauteries

IV.2.3.1 Diagramme enthalpique

Le diagramme enthalpique se détermine à l'aide du logiciel Solkane 6.0 en insérant les paramètres ci-dessous :

Tableau 30 : Exemple de paramètres pour le traçage d'un diagramme enthalpique

PARAMÈTRES		
Évaporateur	Température	-25 [°C]
	Surchauffe	5 [K]
	Puissance frigorifique	60,4 [kW]
Liquéfacteur	Température	35[°C]
	Sous refroidissement	5 [K]
Conduite d'aspiration de gaz	Surchauffe	10 [K]

Le cycle frigorifique comprend (figure 21) :

- 1-2 : Compression
- 2-3 : Désurchauffe
- 3-4 : Condensation
- 4-5 : Sous refroidissement
- 5-6 : Détente
- 6-7 : Vaporisation
- 7-1 : Surchauffe de la vapeur

Tableau 31 : Point de transformation d'un diagramme enthalpique

Point	p bar	t C	v l/kg	h kJ/kg	s kJ/kgK	x
1	2,47	-10,00	84,51	365,33	1,6733	
2s	16,05	56,80	13,77	406,23	1,6733	
2	16,05	68,48	14,81	419,65	1,7133	
3	16,05	68,48	14,81	419,64	1,7133	
3'	16,05	35,00	11,43	379,22	1,5886	
3"4'm	16,05	34,82	6,22	315,14	1,3803	
4'	16,05	34,64	1,01	251,05	1,1720	
4	16,05	29,64	0,98	243,28	1,1464	
5	2,47	-25,37	33,03	243,28	1,1832	0,416
56"m	2,47	-25,18	55,60	297,87	1,4031	
6"	2,47	-25,00	78,18	352,47	1,6230	
6	2,47	-20,00	80,33	356,74	1,6400	

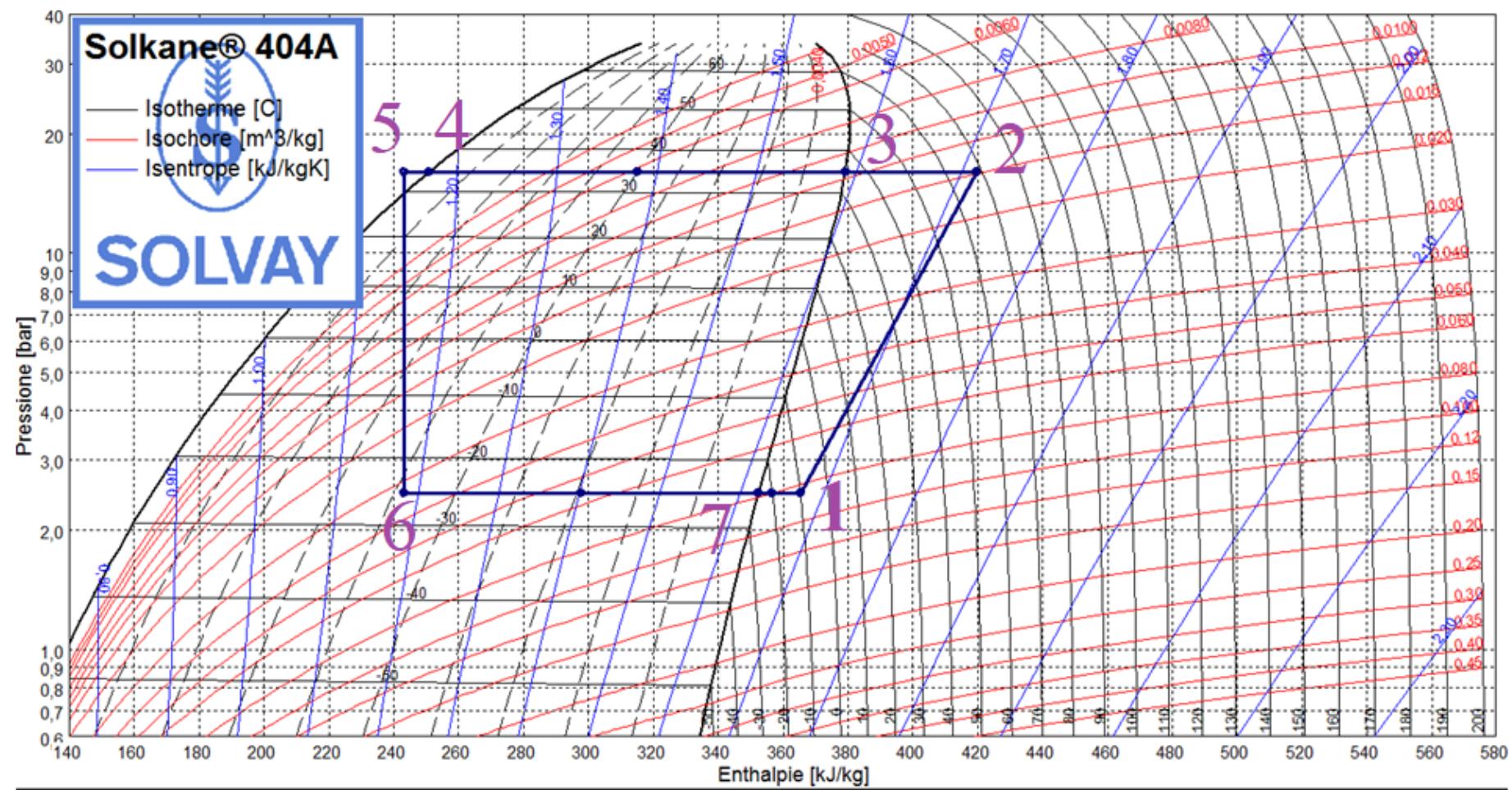


Figure 21 : Diagramme de Mollier

IV.2.3.2 Calcul des vitesses du fluide et diamètre des tuyauteries

D'après la formule (38), on obtient les résultats ci-après :

Tuyauterie d'aspiration

Pour la tuyauterie d'aspiration $\rho \text{ [kg/m}^3\text{]} = \frac{1}{V_1}$ avec V_1 : le volume massique au début du compresseur.

Tableau 32 : Tuyauterie d'aspiration (de la ligne d'aspiration au collecteur d'aspiration)

CF	P_0 [kw]	h_1 [kJ/kg]	h_4 [kJ/kg]	d_i [m]	ρ [kg/m ³]	W [m/s]
CF1/CF2/CF3	60,39	365,33	243,28	0,070	11,83	10,87

Cette vitesse étant dans les normes selon le tableau 5, elle est acceptable.

Tableau 33 : Tuyauterie d'aspiration (du collecteur d'aspiration au compresseur)

CF	$P_0/3$ [kw]	h_1 [kJ/kg]	h_4 [kJ/kg]	d_i [m]	ρ [kg/m ³]	W [m/s]
CF1/CF2/CF3	20,13	365,33	243,28	0,042	11,83	10,07

Cette valeur suit les normes dans le tableau 5 alors c'est acceptable.

Tuyauterie de refoulement

Pour la tuyauterie de refoulement $\rho \text{ [kg/m}^3\text{]} = \frac{1}{V_2}$ avec V_2 : volume massique à la fin du compresseur.

Tableau 34 : Tuyauterie de refoulement (du compresseur au collecteur de refoulement)

CF	P_0 [kw]	h_1 [kJ/kg]	h_4 [kJ/kg]	d_i [m]	ρ [kg/m ³]	W [m/s]
CF1/CF2/CF3	20,13	365,33	243,28	0,018	67,52	9,6

Cette vitesse étant dans les normes selon le tableau 5, elle est acceptable.

Tableau 35 : Tuyauterie de refoulement (du collecteur de refoulement à la ligne de refoulement)

CF	$P_0/3$ [kw]	h_1 [kJ/kg]	h_4 [kJ/kg]	d_i [m]	ρ [kg/m ³]	W [m/s]
CF1/CF2/CF3	60,39	365,33	243,28	0,035	67,52	7,62

Cette valeur suit les normes dans le tableau 5 alors c'est acceptable.

Tuyauterie de liquide

La masse volumique pour la tuyauterie de liquide est déterminée à partir de la table saturation R404A (voir annexe 4)

Tableau 36 : Tuyauterie de liquide

CF	P_0 [kW]	h_1 [kJ/kg]	h_4 [kJ/kg]	d_i [m]	ρ [kg/m ³]	W [m/s]
CF1/CF2/CF3	60,39	365,33	243,28	0,028	1017,4	0,79

Cette vitesse d'écoulement est acceptable selon le tableau 5.

IV.2.4 Choix des détendeurs thermostatiques

IV.2.4.1 Perte de charge repartie dans la longueur de la tuyauterie liquide

D'après la formule (40), on obtient les résultats ci-après :

Données

- $d_i = 0,028$ [m]
- $\rho = 1017,4$ [kg/m³]
- $w = 0,79$ [m/s]
- Comme la tuyauterie comporte peu de singularités, $l_{eq} = 30\% l_{geo}$,

Tableau 37 : Pertes de charges reparties

CF	l_{geo} [m]	l_{eq} [m]	ΔP_{pr} [Pa]
CF1	9,7	2,91	4289,3771
CF2	16,17	4,851	9510,5084
CF3	23,48	7,044	10382,946

IV.2.4.2 Perte de charge sur la tuyauterie ascendante

D'après la formule (41) on obtient les résultats ci-après :

Données

- On considère $h = 2,2$ [m] pour les trois chambres tel que h est la différence de niveau entre le détendeur et la tubulure de sortie du réservoir liquide.
- $g = 9,8$ [m/s²]

Tableau 38 : Pertes de charges sur la tuyauterie ascendante des trois chambres

CF	h [m]	ΔP_{asc} [Pa]
CF1	2,2	21935,144
CF2	2,2	21935,144
CF3	2,2	21935,144

IV.2.4.3 Perte de charge singulière

D'après la formule (42) , on obtient les résultats ci-après :

Données

- ♦ Pour un coude de diamètre 0,028 [m], Le coefficient de perte de charge singulière ξ d'élément de tuyauterie sera 0,172 (voir annexe 6) .
- ♦ Pour les bifurcations, ses coefficients seront 1,4 (voir annexe 6).

Tableau 39 : Pertes de charges singulières

CF	Nombre de coude à 90°	Nombre de bifurcation	ΔP_s [Pa]
CF1	3	1	592,988
CF2	5	2	1132,744
CF3	6	2	1185,977

IV.2.4.4 Perte de charge dans les appareillages annexes

La perte de charge dans les appareillages annexes (filtre déshydrateur, électrovanne) est estimée à 0,2 [bar].

IV.2.4.5 Pression en amont du détendeur

D'après la formule (43) , on obtient les résultats ci-après :

Pour les 3 chambres CF1, CF2 et CF3, la pression absolue à la sortie du condenseur P_c a pour valeur 16,05 [bar].

Tableau 40 : Pressions en amont du détendeur de chaque chambre

CF	P_c [bar]	ΔP_{tot} [bar]	P_{amont} [bar]
CF1	16,05	0,47	15,58
CF2	16,05	0,53	15,52
CF3	16,05	0,54	15,51

IV.2.4.6 Pression en aval du détendeur

La pression à la sortie du détendeur des trois chambres est 2,47 [bar] et on considère que la perte de charge du distributeur liquide et de ses tubes de distribution soit 0,5 [bar]

Donc, $P_{aval} = 2,97$ [bar] .

IV.2.4.7 Chute de pression assurée par le détendeur

D'après la formule (45) , on obtient les résultats ci-après :

Les détendeurs à sélectionner devront donc être capables d'assurer les chutes de pression suivantes.

Tableau 41 : Chutes de pressions assurées par les détendeurs

CF	P_{amont} [bar]	P_{aval} [bar]	ΔP [bar]
CF1	15,58	2,97	12,61
CF2	15,52	2,97	12,55
CF3	15,51	2,97	12,54

IV.2.4.8 Capacité nominale du détendeur

D'après la formule (39) on obtient les résultats ci-après :

Données

Tableau 42 : Données (chutes de pressions assurées par les détendeurs)

CF	ΔP [bar]
CF1	12,61
CF2	12,55
CF3	12,54

- Pour une température de condensation 35°C, la température du liquide à l'entrée du détendeur sera $T_{\text{détendeur}} = T_{\text{condensation}} - \text{sous refroidissement}$.

$$T_{\text{détendeur}} = 35 - 5 = 30 \text{ °C}$$

En se reportant dans le tableau facteurs de correction, et par l'interpolation on obtient les facteurs de corrections $K_{\Delta P}$ et K_t (voir annexe 8).

Tableau 43 : Capacités nominales des détendeurs

CF	$K_{\Delta P}$	K_t	P_0 [kW]	Q_n [kW]
CF1	0,906	1,50	20,105	27,322
CF2	0,908	1,50	29,022	39,527
CF3	0,908	1,28	11,258	13,084

Tableau 44 : Caractéristiques des détendeurs sélectionnés

CF	Désignation	Capacités nominales [kW]	Modèle	N° de l'orifice
CF1	Détendeur thermostatique à égalisation externe	32.7	TES 12 DANFOSS	03
CF2	Détendeur thermostatique à égalisation externe	40	TES 20 DANFOSS	01
CF3	Détendeur thermostatique à égalisation externe	15.9	TES 12 DANFOSS	02

IV.3 Schéma fluidique

IV.3.1 Ligne d'huile

En effet, les huiles sont renvoyées dans le carter par le séparateur d'huile puis elles sont dirigées vers le réservoir d'huile. Avant qu'elles soient distribuées aux compresseurs, le filtre à huile vérifie son contenu. Notons qu'un clapet se situe sur le haut du réservoir et met en communication le fluide sur la conduite d'aspiration, c'est le clapet taré.

IV.3.2 Ligne fluidique

Les vapeurs refoulés par les trois compresseurs se joignent dans une conduite commune et se dirigent vers le condenseur. Le réservoir liquide reçoit le liquide venant du condenseur et alimente la tuyauterie liquide comportant un filtre déshydrateur et un voyant liquide afin de pouvoir contrôler son état.

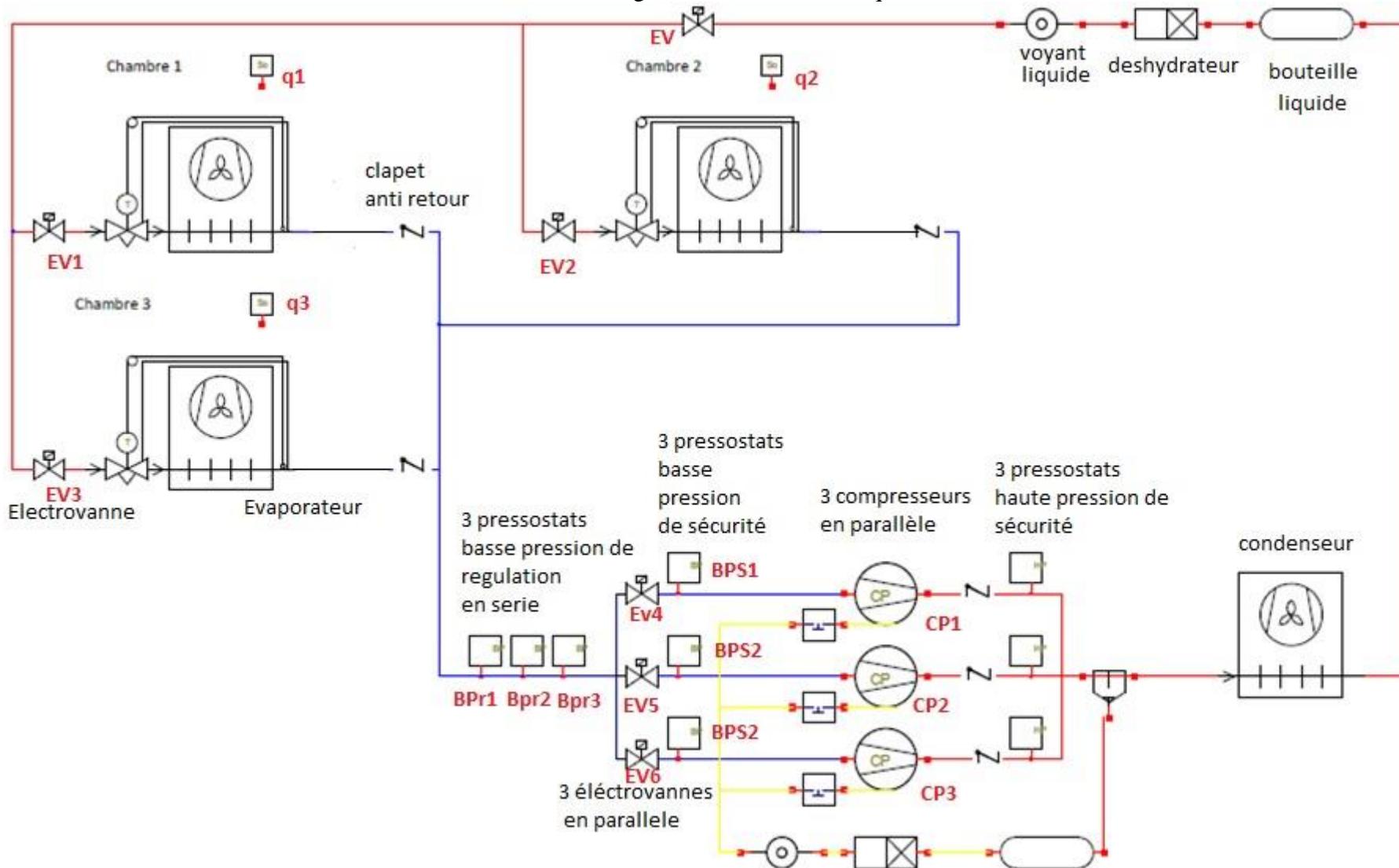
Les trois postes de froid sont alimentés par une tuyauterie liquide. Puis, une tuyauterie d'aspiration est liée à la sortie des évaporateurs. Chaque poste est indépendant et se comporte comme s'il est équipé de son propre groupe frigorifique.

Comme la température de vaporisation de chaque poste est distincte, alors il est indispensable d'insérer un régulateur de pression d'évaporation pour maintenir la température d'évaporation et l'humidité relative requise.

Après la fermeture de l'électrovanne au niveau de l'évaporateur, le régulateur se ferme pour maintenir la pression d'évaporation dans l'évaporateur. Pourtant, cela pourrait entraîner un arrêt d'un compresseur et après l'ouverture du régulateur le compresseur pourrait redémarrer. Donc, pour éviter le court cycle, il faut impérativement vider l'évaporateur de son fluide frigorigène en utilisant une électrovanne en by-pass sur le régulateur.

Les trois compresseurs fonctionnent suivant la demande en froid.

Figure 22 : Schéma fluidique



IV.4 Schéma électrique

Le principe pour le mode d'installation frigorifique est réalisé par des liaisons entre les appareils récepteurs et le détecteur qui sont représentées sous forme d'un schéma électrique.

En général, un schéma électrique comporte un circuit de commande et un circuit de puissance.

IV.4.1 Circuit de commande

Légende du circuit de commande représentée sur la figure 23

KA : relais d'automaticité

KM1, KM2, KM3 : Contacteurs des ventilateurs d'évaporateurs

KM4, KM5, KM6: Contacteurs des compresseurs

KM7, KM8, KM9 : Contacteurs des résistances de dégivrage

Fonctionnement

Pour faire fonctionner l'installation, il faudra appuyer sur le bouton-poussoir **S0** et l'électrovanne principale assure la circulation du fluide.

Au début, les trois compresseurs fonctionnent instantanément, mais de temps à autre la demande de production du froid diminuera, ce qui permet aux certains groupes de s'arrêter jusqu'à ce que la demande en froid augmente.

Quand la température recommandée dans chaque chambre est supérieure à la température de consigne , le thermostat de chaque chambre q1 ou q2 ou q3 agit respectivement sur les contacteurs des électrovannes EV1 ou EV2 ou EV3 et des ventilateurs des évaporateurs KM1 ou KM2 ou KM3 .

La pression dans la ligne d'aspiration augmente .

Si la pression dans la ligne d'aspiration :

est inférieure à 0,5 bar ,le compresseur 1 sera le seul qui marche

est compris entre 0,5 bar et 1bar , les compresseurs 1 et 2 fonctionnent

est supérieur à 1bar , tous les compresseurs fonctionnent

Alors, les compresseurs fonctionnent selon la pression dans la ligne d'aspiration. En effet, les pressostats basse pression de régulation BPr1, BPr2, BPr3 de régulation alimentent respectivement les contacteurs EV4, EV5, EV6 et met en marche les compresseurs 1,2, et 3.

Le principe de production du froid dans chaque chambre est le même : quand la température recommandée dans la chambre est atteinte, le thermostat de régulation **q** agit sur l'électrovanne **EV** et le ventilateur d'évaporateur.

Concernant l'arrêt des compresseurs, les pressostats BPr1, BPr2, BPr3 de régulation désalimentent les contacteurs EV4, EV5, EV6 et les pressostats basse pression de sécurité BP_{s1}, BP_{s2}, BP_{s3} arretent les compresseurs 1,2,3.

La commande du dégivrage se fait par interrupteur horaire à contact inverseur. L'alimentation des résistances électriques de dégivrage ne doit se faire qu'à l'issue du tirage au vide, le fait de vider l'évaporateur avant de dégivrer permet d'avoir un dégivrage plus rapide. Voilà pourquoi on temporise l'enclenchement de la résistance dégivrage à l'aide du contacteur **KA11**.

Un thermostat de fin de dégivrage **qd** permet d'arrêter le dégivrage et de remettre le froid en service. Pour éviter l'entrainement d'air chaud dans la chambre froide et assurer la prise en glace de l'eau, la remise en service des ventilateurs de l'évaporateur se fait avec un certain retard par rapport au group grâce au contacteur **KA11**.

IV.4.2 Circuit de puissance

La centrale négative comprend :

- ♦ Sept sectionneurs à fusible : Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6,
- ♦ Six contacteurs : KM1, KM2, KM3, KM4, KM5, KM6 dont :
 - KM4, KM5 et KM6 : bobines du contacteur des compresseurs
 - KM1, KM2, KM3 : bobines du contacteur des ventilateurs
- ♦ F1, F2, F3, F4, F5, F6 : Relais thermiques de protection des moteurs de groupes et de ventilateur des évaporateurs.
- ♦ F7, F8, F9 : sectionneurs à fusible pour la protection de la résistance de dégivrage
- ♦ N / L1, L2, L3 : Alimentation triphasée avec neutre.

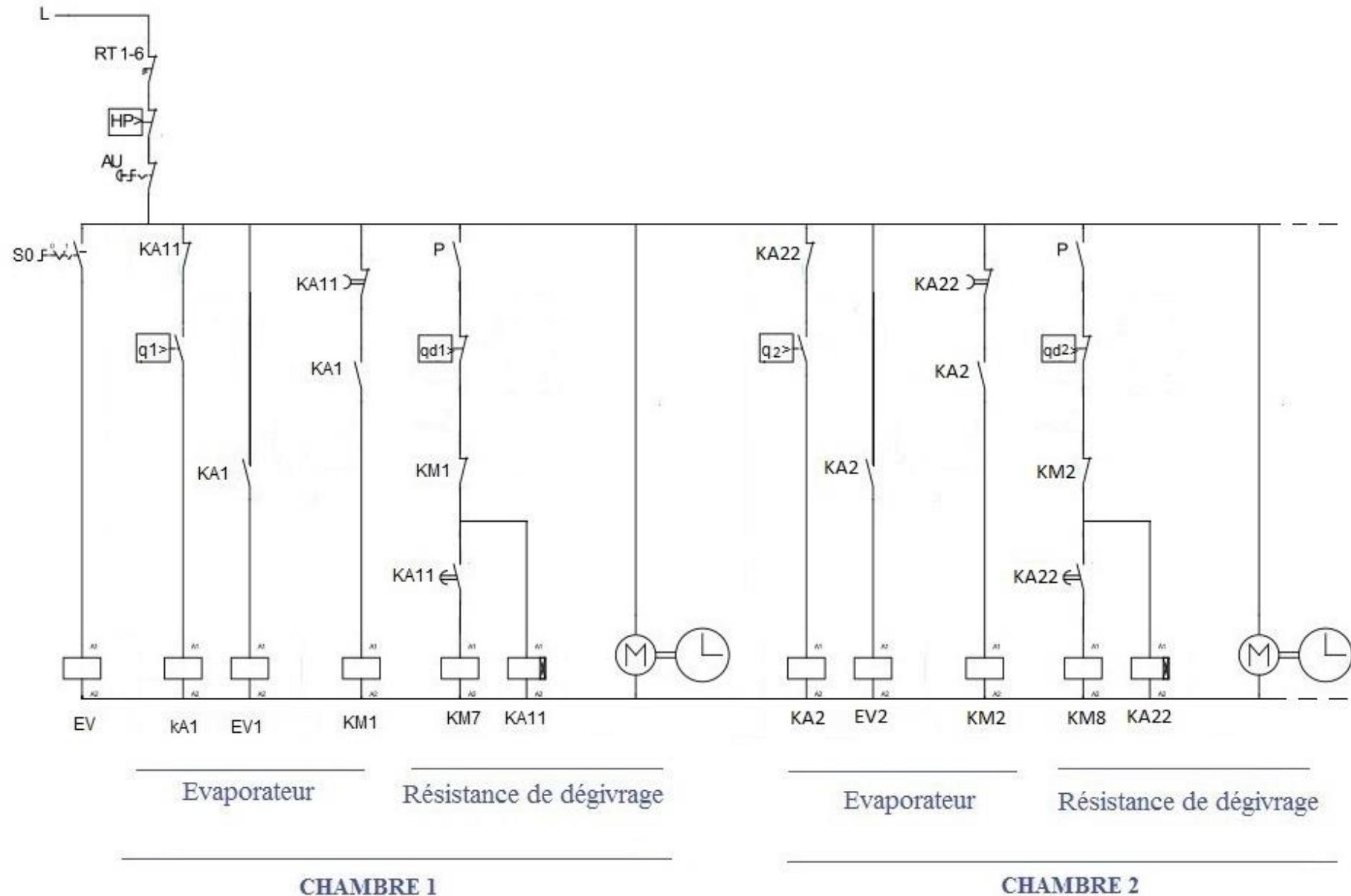
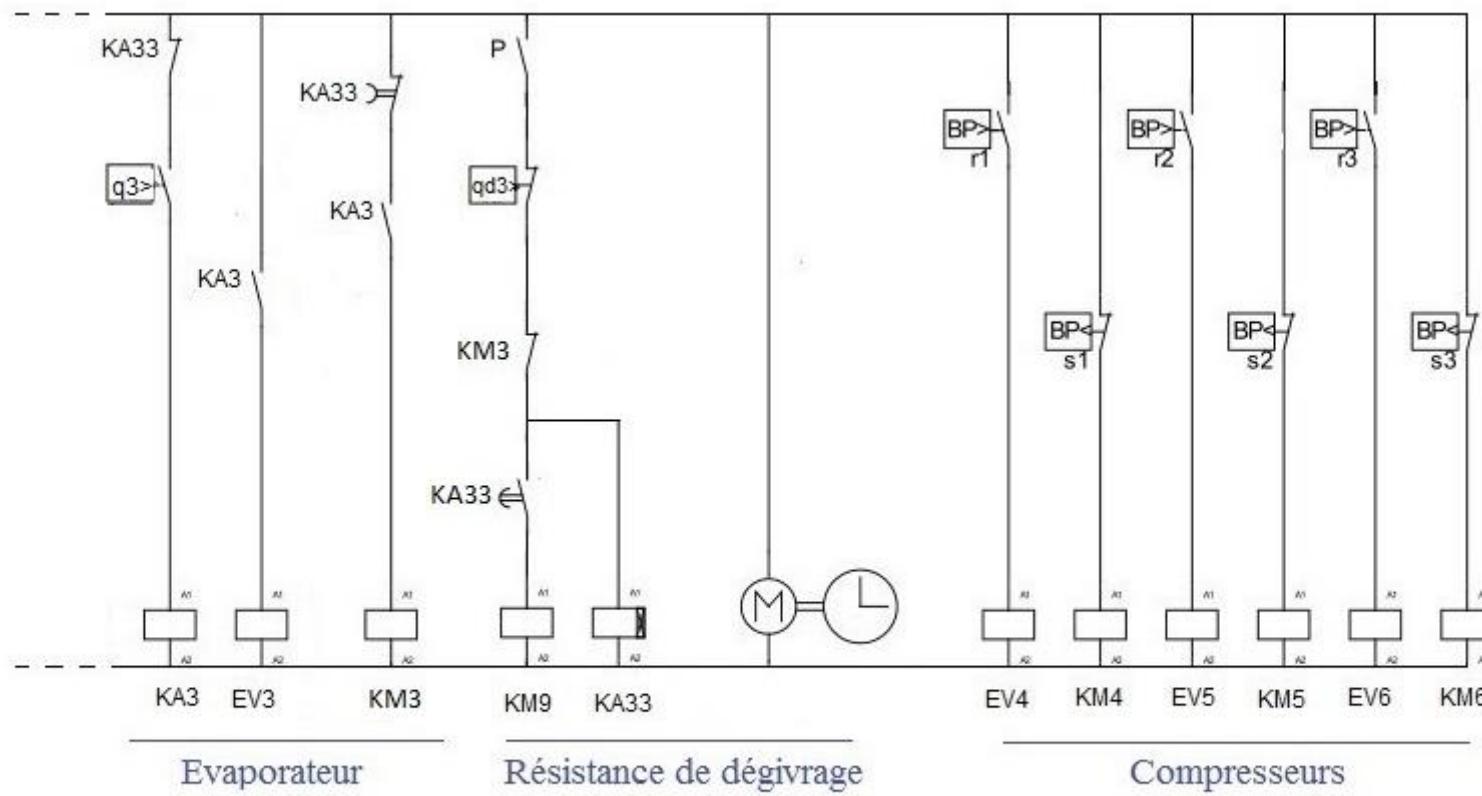


Figure 23 : Circuit de commande



CHAMBRE 3

Suite de la figure 23 : Circuit de commande

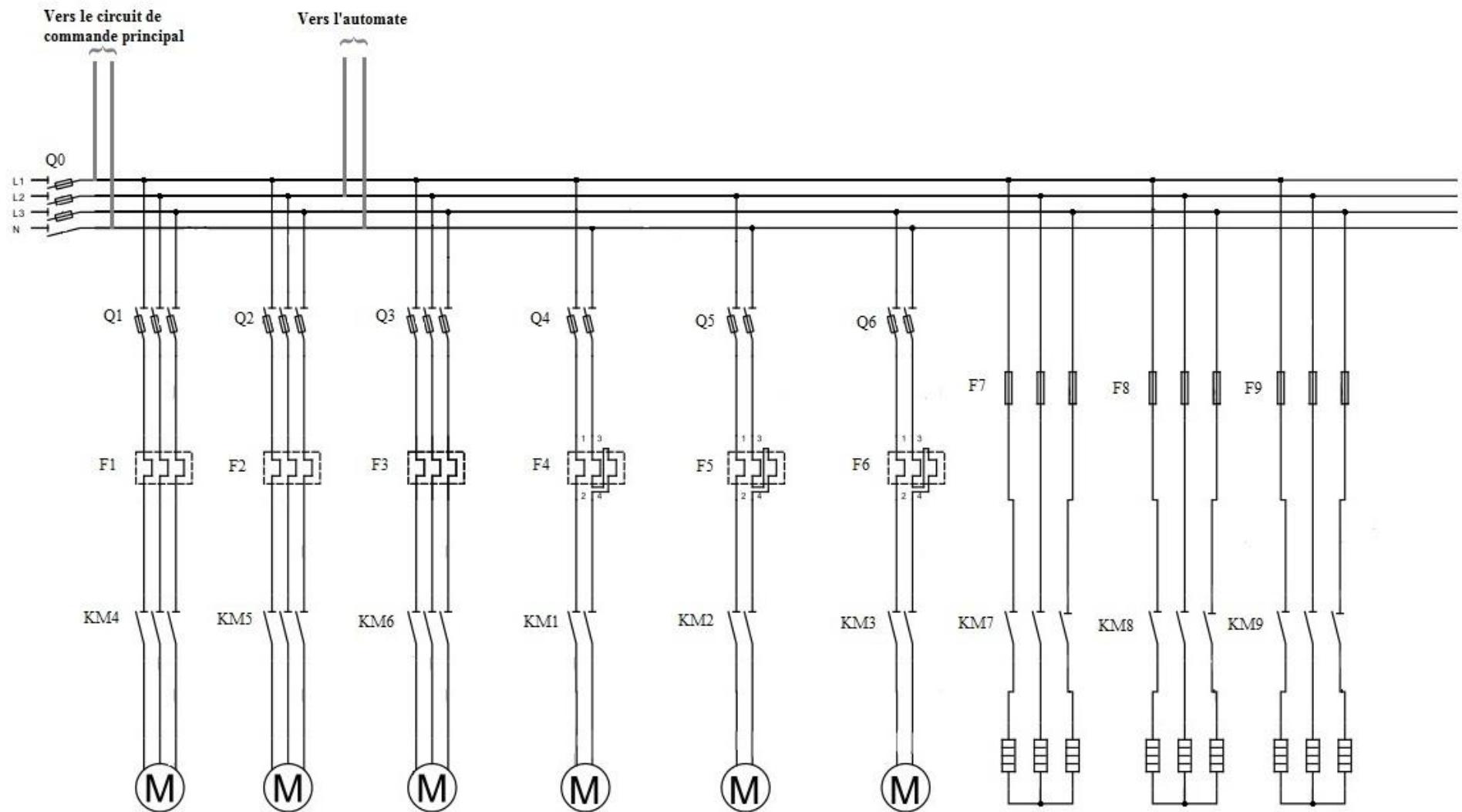


Figure 24 : Circuit de puissance

Chapitre V : Installation d'un automate programmable industriel

Grace au développement technologique, les chaînes de production automatisé sont maintenant gérées par des systèmes programmables. Ces systèmes sont à base de microprocesseurs qui devient très répandue dans l'industrie et notamment l'utilisation des API qui offre plusieurs avantages.

Dans ce mémoire, on s'intéresse à des API de type télémécanique marques Schneider Electric modèle TSX micro TSX 37 22 vu son flexibilité, sa performance et son efficacité au niveau de l'installation.

V.1 Présentation du TSX 37 22

V.1.1 Description de l'automate



Figure 25 : Automate TSX 37 22

Les bases automates TSX 37-22 se composent d'un bac qui intègre l'alimentation 24 VCC ou 100-240 VCA, le processeur, la mémoire associée, la sauvegarde et trois emplacements pour les modules.



Figure 26: Bac de l'automate et le bac d'extension

L'utilisation du mini-bac d'extension TSX RKZ 02 permet de rajouter deux emplacements supplémentaires à l'automate. L'ensemble permet de disposer de cinq emplacements qui peuvent être équipés chacun d'un module au format standard ou de deux modules au demi-

Les automates TSX 37 22 et le mini bac d'extension TSX RKZ 02 comprennent :

- 1** un bac de base à trois emplacements disponibles
- 2** un emplacement réservé à un module au format standard
- 3** un bloc de visualisation centralisée.
- 4** une prise terminale repérée TER (protocole Uni Telway, Modbus RTU maître esclave ou mode caractères)
- 5** une prise de dialogue opérateur repérée AUX.
- 6** une trappe d'accès aux bornes d'alimentation.
- 7** un emplacement pour une carte PCMCIA d'extension mémoire.
- 8** un emplacement pour une carte PCMCIA de communication.
- 9** des connecteurs type SUB-D pour les fonctions analogiques et comptage intégrées.
- 10** un mini bac d'extension de 2 emplacements disponibles
- 11** un voyant de présence de tension 24 V
- 12** des bornes d'alimentation protégées par un cache amovible, pour le raccordement d'une alimentation auxiliaire 24 V dans le cas des automates alimentés en 100 /240 V
- 13** une borne de masse
- 14** des connecteurs de raccordement à l'automate de base
- 15** un bouton de réinitialisation

V.1.2 Bloc de visualisation

Le bloc de visualisation propose de manière centraliser , un ensemble de services nécessaires à la mise en oeuvre , à l'exploitation , au diagnostic et à la maintenance de l'automate , de tous ces modules positionnés dans le bac de base ou dans le mini-bac d'extension [11] .

- ♦ Visualisation de l'état automate
- ♦ Visualisation de l'état des entrées /sorties locales ou distantes
- ♦ Test du câblage des entrées/sorties TOR, en l'absence de programme application
- ♦ Diagnostic des entrées /sorties TOR et des modules
- ♦ Visualisation de données internes au programme



Figure 27 : Bloc de visualisation

1 Sur la droite, cinq voyants d'état qui renseignent sur le mode de fonctionnement de l'automate (RUN, TER, I/O,ERR,BAT).

Tableau 45 : Cinq voyants renseignant sur le mode de fonctionnement de l'automate

Voyant	Etat
RUN	Ce voyant vert est allumé pour signaler que l'automate est en fonctionnement et clignote pour indiquer qu'il est en stop. Ce voyant est éteint lorsqu'il n'y a pas d'application valide dans l'automate ou lorsque celui-ci est en défaut.
TER	Ce voyant jaune est allumé pour signaler que des informations sont échangées par la liaison terminale. Le trafic par la prise terminal peut donner l'impression que ce voyant clignote
I/O	Ce voyant rouge est allumé pour signaler un défaut relatif aux entrées /sorties. Défaut d'alimentation ou disjonction d'au moins d'une voie, module absent non conforme à la configuration ou hors service.
ERR	Ce voyant rouge est allumé pour signaler un défaut CPU de l'automate. Ce voyant clignote lorsqu'il n'y a pas d'application valide dans l'automate ou lors d'un défaut bloquant du programme application.
BAT	Ce voyant rouge est allumé pour signaler la défectuosité ou l'absence de la pile. Cette pile qui assure la sauvegarde de la mémoire RAM nécessite d'être changée suivant décrire dans l'installation du matériel.

2

En partie supérieure, cinq voyants d'état qui renseignent sur le mode de fonctionnement de visualisation en cours.

Tableau 46 : Cinq voyants renseignant sur le mode de fonctionnement de visualisation

Voyant	Etat
BASE	Mode de visualisation des entrées/sorties de la base
EXT	Mode de visualisation du mini bac d'extension
R I/O	Mode de visualisation des entrées/sorties du bus AS-i
WRD	Mode de visualisation des objets du langage
DIAG	Mode diagnostic

Six blocs de 16 leds qui renseignent sur les modules continus dans l'automate ou dans son extension /état des entrées /sorties TOR, voies ou modules en défaut.

V.1.3 Modules

Ils se présentent sous deux formats :

- Format standard
- Demi-format

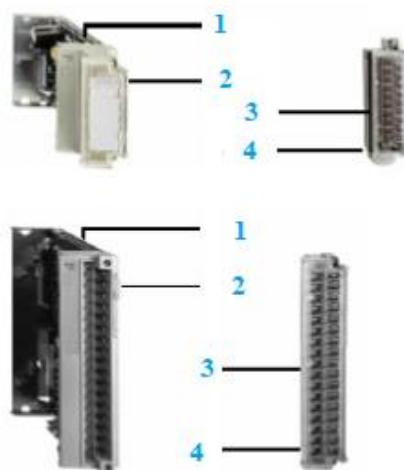


Figure 28 : Modules d'entrée sortie au demi-format et au format standard

1 Corps métallique rigide

2 Système de verrouillage pour fixation du module dans son emplacement

3 Bornier à vis débrochable pour le raccordement aux capteurs et préactionneurs

4 Volet d'accès aux vis du bornier servant également de support à l'étiquette de repérage

Dans ce devoir, on choisira 3 modules de type TOR sous la référence TSX DMZ 28 DR.

Ce module TSX DMZ 28DR comporte 28 Entrées/Sorties réparties comme suit :

- 16 entrées 24VCC, logique positive type 1, ou logique négative
- 12 sorties à relais.

Ce module est équipé d'un bornier de raccordement à vis de 35 bornes, débrochable.

Les entrées peuvent être :

- ♦ Soit à logique positive (position sink), dans ce cas, le commun des capteurs est relié au + de l'alimentation.
- ♦ Soit à logique négative (source), dans ce cas, le commun des capteurs est relié au - de l'alimentation.

Mais par défaut, la configuration matérielle est sink (logique positive) [11].

V.2 Caractéristiques de l'automate

Tableau 47 : Caractéristiques de l'automate

Principales caractéristiques des automates TSX 37 21 / 22		
Fonctions	Nombre d'E/S TOR	192
	Base + extension	256
	Base + extension + distantes (TSX07)	332
	Base + extension + distantes (bus AS-i)	472
	à distance (4 TSX 07)	96
	à distance bus AS-i (124E + 124S)	248
Nombre maximum modules	28 ou 32 entrées/sorties TOR	5
	64 entrées/sorties TOR (haute densité)	3
	déport d'entrées/sorties (TSX 07 ou AS-i)	1
Analogique intégrée (2)		9 (8E/1S)
Nb. de modules analogiques		4
Comptage intégré 500 Hz sur Entrées TOR		2 voies
Comptage intégré 10 kHz sur Entrées TOR (2)		2 voies
Nb. de modules de comptage 40 kHz et/ou 500 kHz (3)		4 (7 voies max.)
Coupleur de communication au format PCMCIA		1
Mémoire	RAM interne sauvegardable	20 kmots
	Programme (100% booléen)	4,5 k inst
	Données	2 kmots par def (4)
	Constantes	128 mots par def(4)
	Flash Eprom intégrée	15 kmots
	Extension mémoire RAM ou FLASH EPROM	32 ou 64 kmots (5)
Temps d'exécution par k inst	RAM (100% booléen)	0,15 ms
	RAM (65% booléen)	3,5 ms
Structure application	Tache maître (cyclique ou périodique 1 à 255 ms)	1
	Tache rapide (périodique 1 à 255 ms)	1
	Traitements sur événements	1 à 16
Blocs fonctions prédéfinis	Temporiseurs (Timer)	64
	Compteurs	32

(1) Avec 3 modules 64 E/S à connectique HE10
 (2) Uniquement sur automates TSX 37 22
 (3) Modules de comptage uniquement dans la base
 (4) Peut être étendue au détriment de la taille du programme application
 (5) 32 kmots RAM : **TSX MRP 032 P / 232P** EPROM : **TSX MFP 032 P / 232P**
 64 kmots RAM : **TSX MRP 064 P / 264P** EPROM : **TSX MFP 064 P / 264P**

V.3 Raccordement de bases automate et des modules

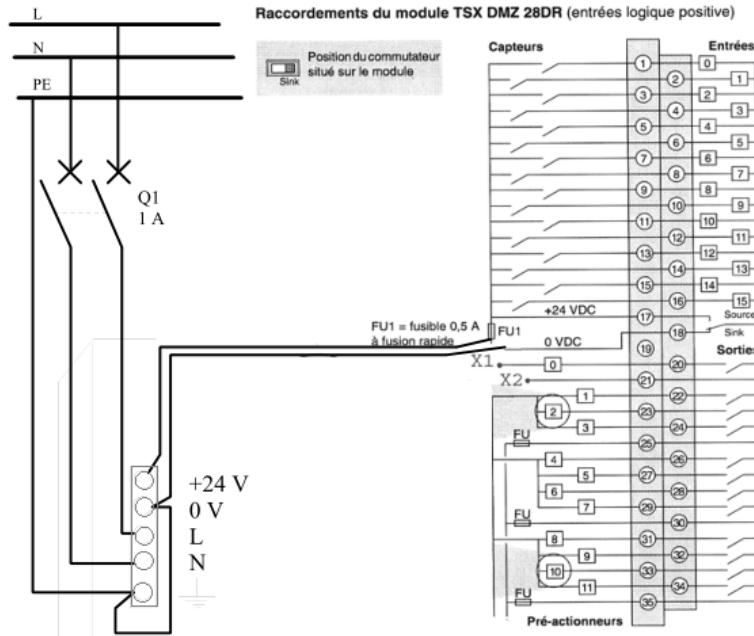


Figure 29 : Raccordement du module et des capteurs

V.4 Adressage des variables entrées/sorties de l'automate TSX 37 22

V.4.1 Adressage des entrées sorties TOR

L'adressage des entrées/sorties permet l'identification des bornes d'entrées/sorties des capteurs et préactionneurs à l'automate TSX 37 22 [14].

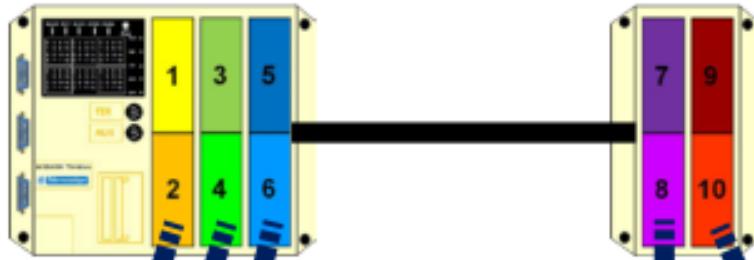


Figure 30 : Numérotation des modules

Tableau 48 : Adressage des entrées sorties TOR

%	I ou Q	Position	.	Voie
Symbol	I : entrée Q : sortie	X= 1 à 10 (avec l'extension)	Point	i

V.4.2 Mémoire interne

Tableau 49 : Adressage des mémoires internes

Variable	Description	Valeur
%Mx	Mémoire booléen occupée à un bit	1 ou 0

V.4.3 Temporisateur

Tableau 50 : Bloc temporisé

Variable	Description
% TMx	Temporisation

Le temporisateur dispose trois modes de fonctionnement :

TON : Ce mode permet de gérer des retards à l'enclenchement .Ce retard est programmable et peut être modifiable ou non par terminal .

TOF : Ce mode permet de gérer des retards au déclenchement . Ce retard est programmable et peut être modifiable ou non par terminal

TP : Ce mode permet d'élaborer une impulsion de durée précise. Cette durée est programmable et peut être modifiable ou non par terminal [14] .

V.5 Présentation du logiciel PL7 pro

Le logiciel PL7 pro est le logiciel de programmation des automates TSX micro fonctionnant sous Windows.

PL7 peut se lancer sur un ordinateur personnel basé, dont la configuration minimum :

- Un processeur de 1 GHz Pentium-based
- 256 MB de RAM
- Au moins 500 Mo d'espace libre sur le disque dur
- Système d'exploitation codé sur 32 bits : Windows 2000, Windows XP, Windows 7

Les langages de programmation permettent de communiquer à un automate toutes les informations nécessaires à la conduite et la surveillance d'un processus.

Chaque logiciel de programmation possède son langage de programmation.

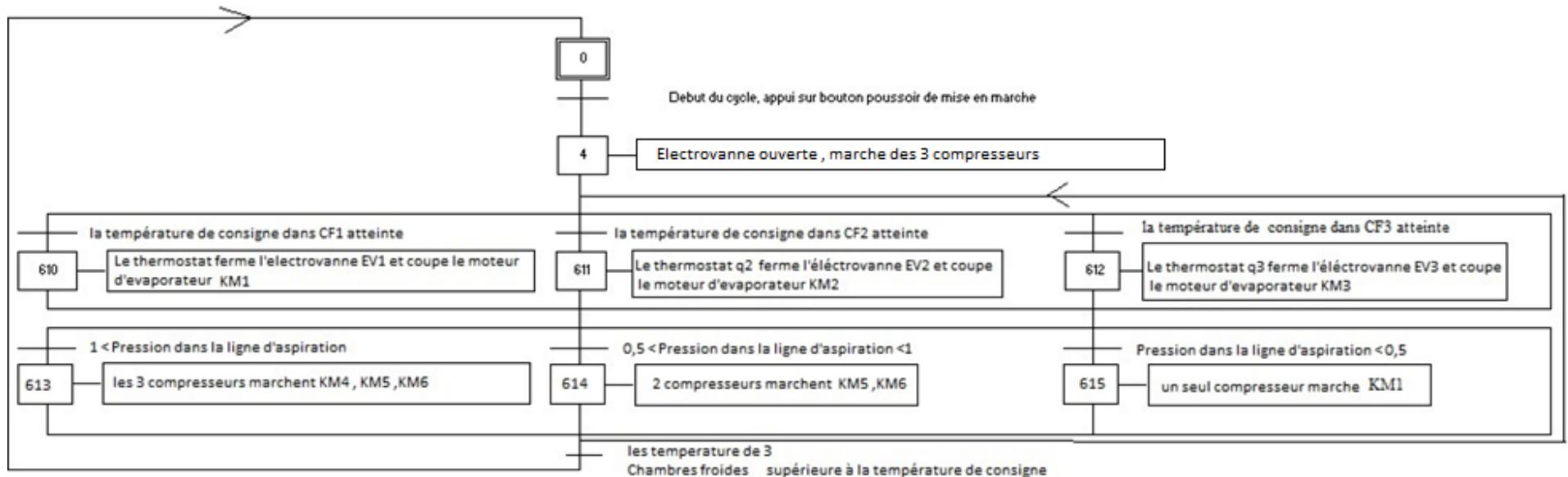
Le logiciel PL7 Micro propose :

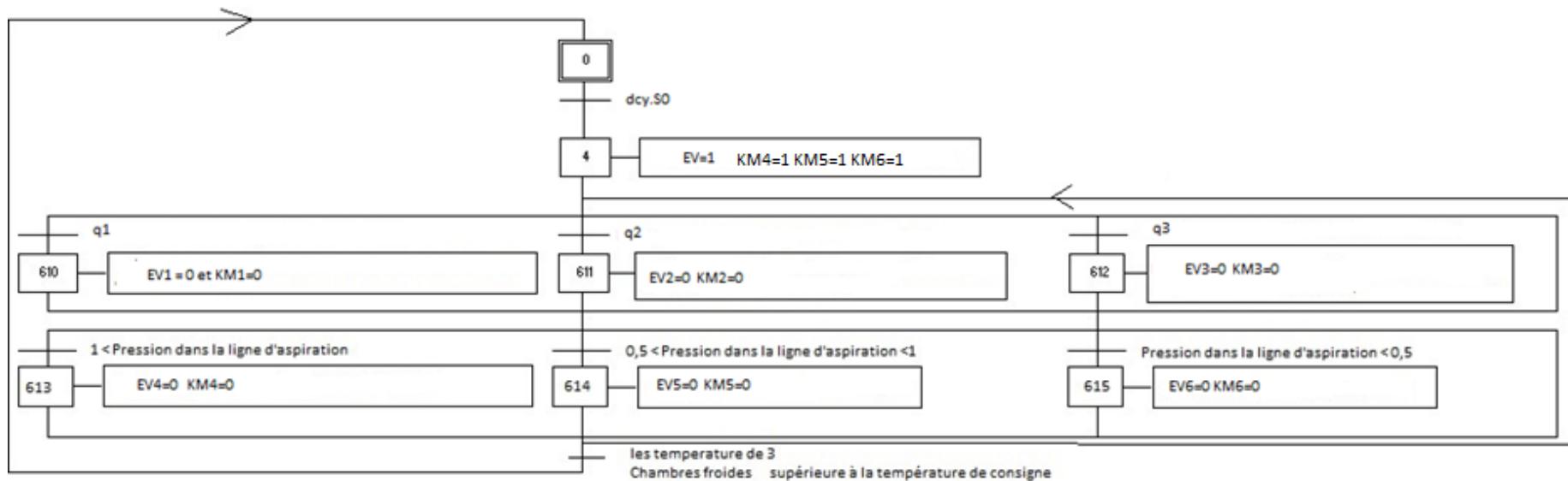
- ♦ Un langage Ladder ou le langage à contacts (LD) transcription de schémas à relais, est adapté au traitement combinatoire. Il offre les symboles graphiques de base : contacts, bobines, blocs. L'écriture de calculs numériques est possible à l'intérieur blocs opérations.
- ♦ Un langage booléen, le langage liste d'instructions (IL) est un langage "machine" qui permet l'écriture de traitements logiques et numériques.
- ♦ Un langage littéral structuré (ST) qui est un langage de type "informatique" permettant l'écriture structurée de traitements logiques et numériques.
- ♦ Un langage Grafcet qui permet de représenter graphiquement et de façon structurée le fonctionnement d'un automatisme séquentiel.

Ces langages mettent en œuvre des blocs fonctions prédéfinis (Temporisations, compteurs,), pouvant être complétés par des fonctions métiers (analogique, communication, comptage...) et des fonctions spécifiques (gestion du temps, chaîne de caractères...).

Dans ce devoir on utilisera le langage Ladder ou langage le langage à contacts.

V.6 Grafcet du système





Suite figure 31 : Grafcet du fonctionnement des compresseurs

V.7 Programme en Ladder avec l'automate TSX 37 22

Chaque chambre froide possède un même programme pour leur fonctionnement.

Alors, l'énoncé d'un seuil programme suffit pour les expliquer.

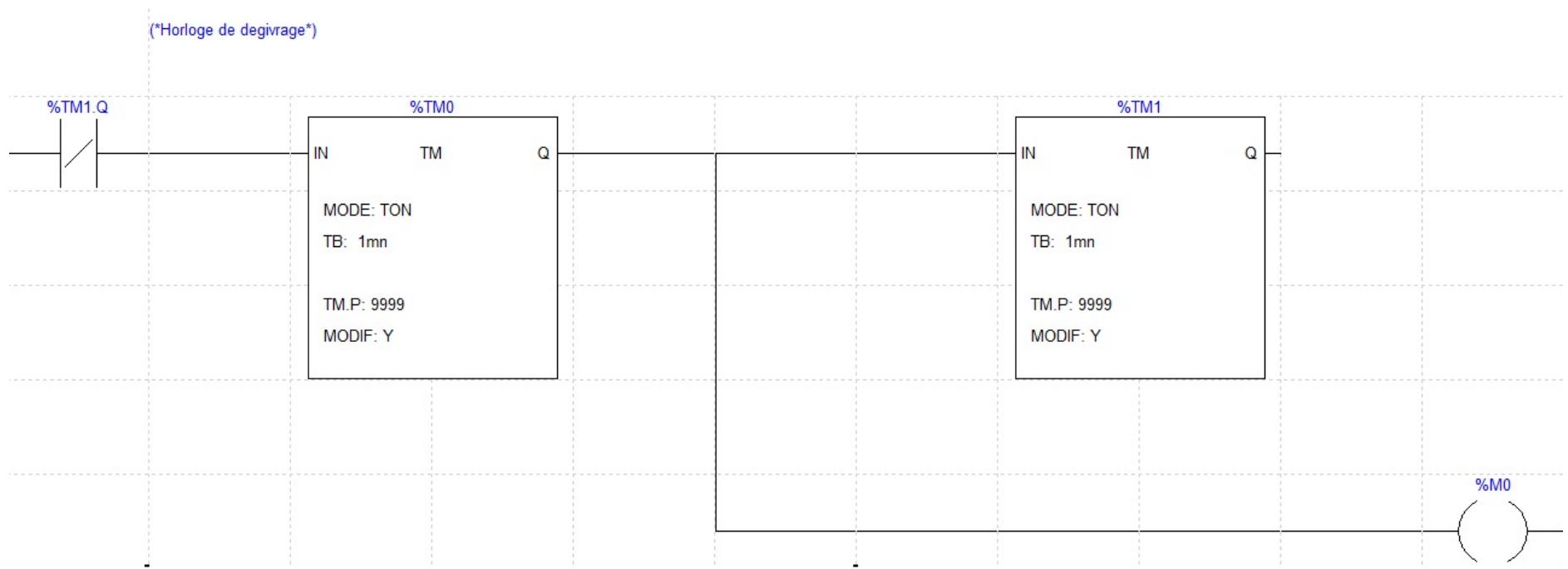
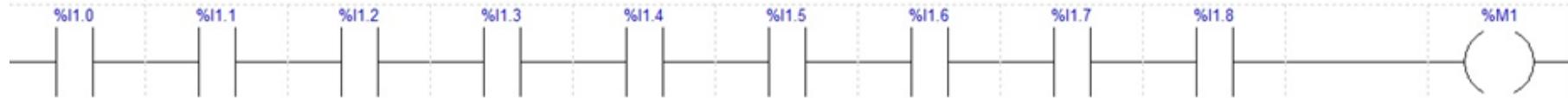


Figure 32 : Programme en langage Ladder

(*RELAIS DE SECURITES*)



(*RELAIS INTERNE DU FROID ET DEGIVRAGE*)



relais interne du
froid

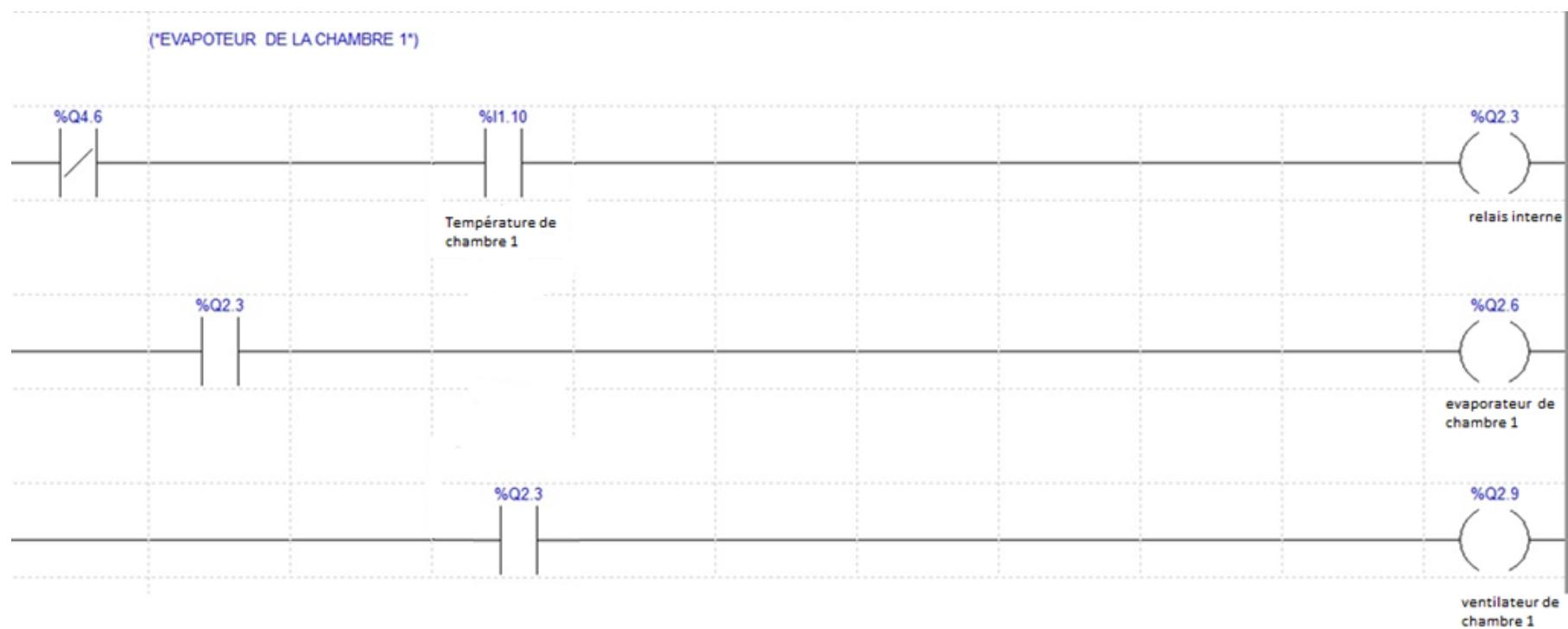


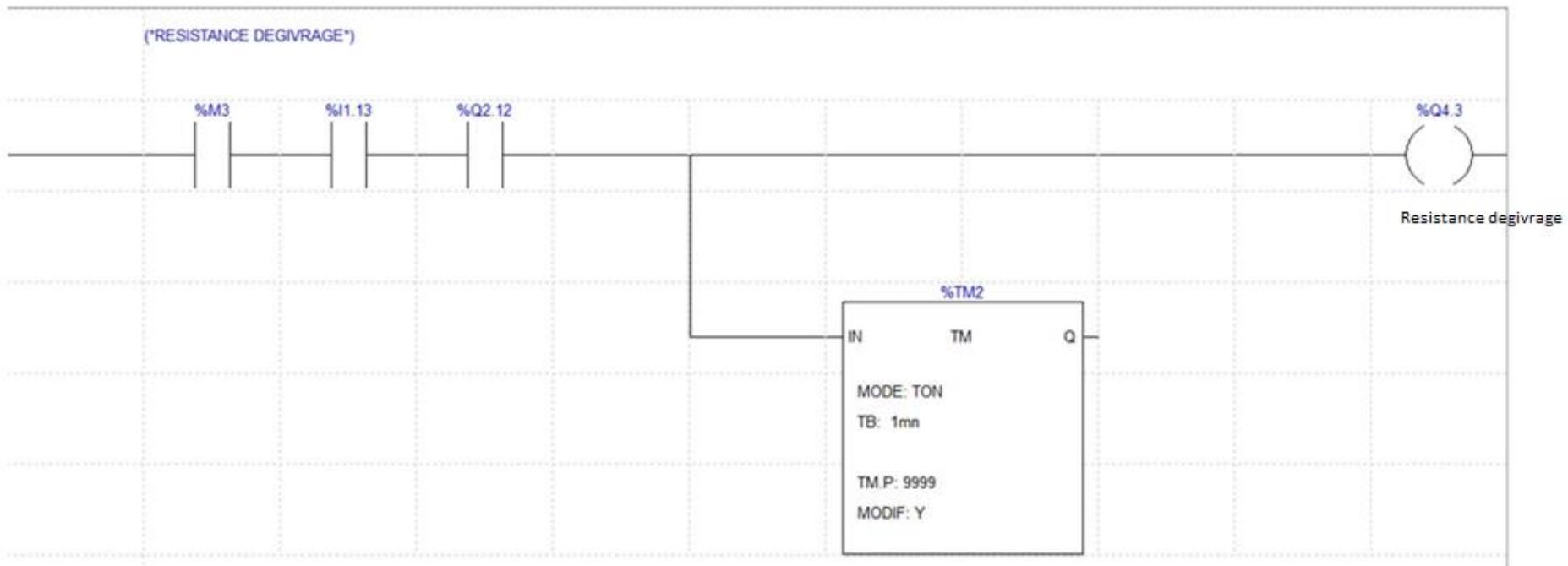
relais interne de
degivrage

(*ELECTROVANNE PRINCIPALE*)

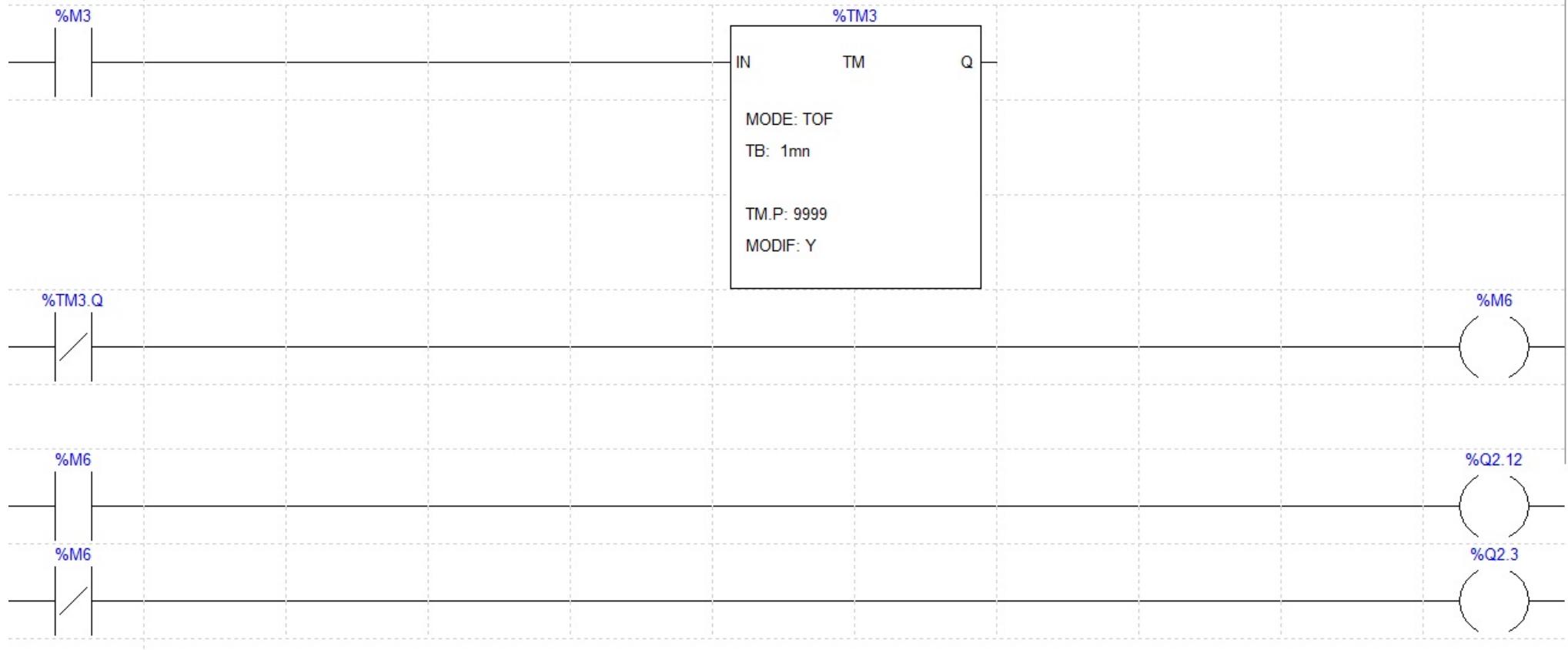


(*EVAPOTEUR DE LA CHAMBRE 1*)





(*RETARD DE VENTILATION ET FROID STATIQUE*)



CONCLUSION

CONCLUSION

La technologie du froid sert à conserver une bonne qualité des produits périssables, entre autres les denrées alimentaires. Grâce à la chaîne de froid, la qualité nutritive des produits est préservée depuis la production jusqu'à la consommation.

Le travail présenté dans ce mémoire nous a montré comment concevoir une centrale frigorifique négative et de réaliser l'installation à l'aide d'un API TSX micro Schneider. L'utilisation de trois compresseurs en parallèle évite l'arrêt immédiat de l'installation en cas de pannes et l'installation de l'automate nous permet de superviser le fonctionnement de l'installation à travers le bloc de visualisation.

L'élaboration du circuit de commande nous a permis de raccorder les capteurs sur l'automate et de programmer l'installation en langage ladder avec le logiciel PL7 pro.

Enfin, nous espérons que notre travail sera une meilleure solution à la problématique posée et servira comme une base de départ pour notre vie professionnelle et être bénéfique aux promotions futures.

BIBLIOGRAPHIE

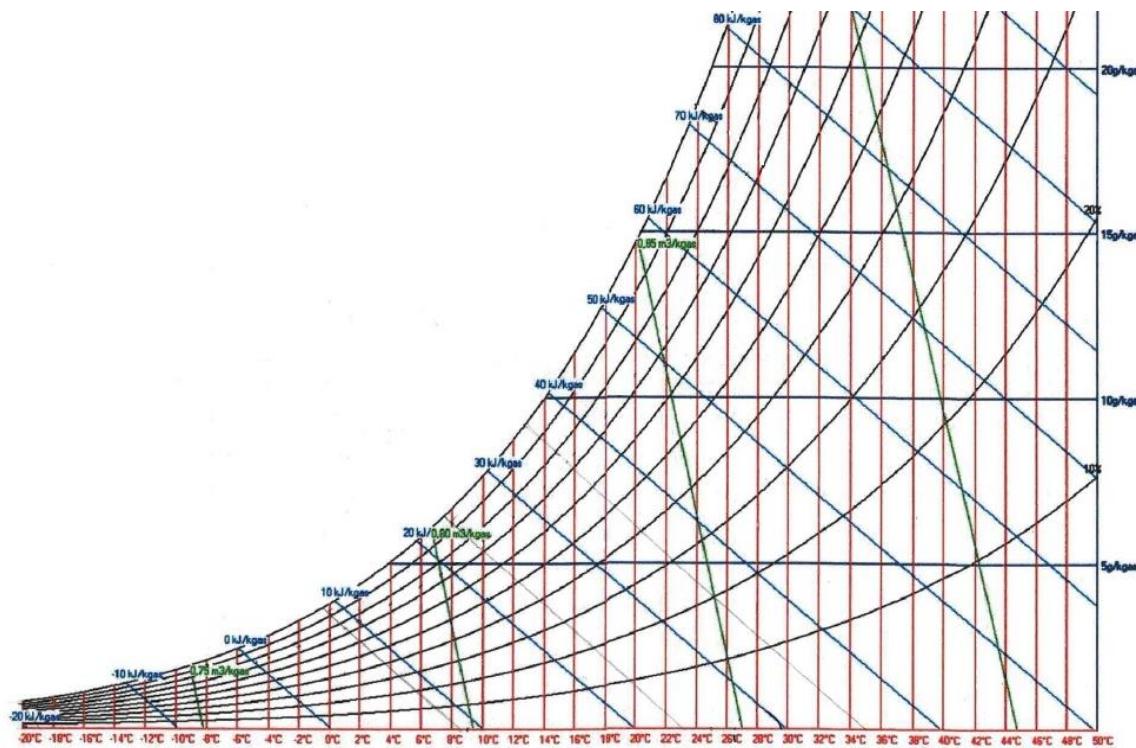
- [1] RANAIVOSON Andriambala Hariniaina, « Cours de technologie du froid », ESPA 2009,157 pages
- [2] CFmnLog, « Technique du froid », Edition Juillet 2007, 286 pages
- [3] H.J BREIDERT, « Calcul des chambres froides»,PYC édition,1995,135 pages
- [4] Pierre Rapin, Patrick Jacquard, Jean demons « Technologie des installations frigorifiques », 10 eme Edition , 638 pages
- [5] Francis Meunier, Paul Rivet, Marie-France Terrier « Froid industriel » , 2eme édition , 508 pages
- [6] RARIKOSON Michael Mpitoriteny, « Optimisation de fonctionnement des machines frigorifiques par installation d'un automate programmable », Mémoire de fin d'études à l'ESPA, promotion 2017, Génie Mécanique et Industriel
- [7] Alain GONZAGA, « Les automates programmable industriels »
- [8] ELKORNO NAMA, « Utilisation de l'automate programmable »
- [9] Schneider, « Automates programmables Logiciels de programmation »
- [10] Automates tsx micro, « Manuel de mise en œuvre Tome 1 », 356 pages
- [11] Automates tsx micro, « Manuel de mise en œuvre Tome 2 », 422 pages
- [12] Automates tsx micro, « Manuel de mise en œuvre Tome 3 », 214 pages
- [13] ENSIL, « Notice simplifiée d'utilisation du logiciel PL7-Pro »

WEBOGRAPHIE

- [A] <https://www.abclim.net/diagramme-mollier.html>
- [B] <https://www.ecoenergietech.fr/spip.php?article75>
- [C] www.didafrio.com/Cours1.html
- [D] <https://www.abclim.net/centrale-frigorifique.html>
- [E] <https://www.abclim.net/caracteristiques-r404a.html>
- [F] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Automate_programmable_industriel

ANNEXES

Annexe 1 : Diagramme psychrométrique



Annexe 2 : Coefficients d'occupation du sol d'une chambre froide en fonction du type d'entreposage des marchandises

Type d'entreposage	η_0
Entreposage de marchandises réfrigérées palettisées à faible rotation	0.65...0.70
Entreposage de marchandises réfrigérées palettisées à faible rapide	0.45...0.50
Entreposage de marchandises congelées palettisées à faible rotation	0.75...0.80
Entreposage de marchandises congelées palettisées à faible rapide	0.50...0.60

Annexe 3 : Nombre et durée des périodes de dégivrage à prévoir

Type de chambre ou de meuble frigorifique		Nombre et durée des périodes de dégivrage[min/j]
Groupe I	Chambre froide de produits congelés Chambre froide sans chauffage Meuble îlot Armoire frigorifique Présentoir frigorifique à viande en air recyclé sans chauffage Présentoir frigorifique à pâtisserie à ventilation naturelle	2x60 [min/j]
Groupe II	Resserre à viande Séchoir à saucissons Chambre de saumurage Chambre de maturation	4x20 [min/j]
Groupe III	Chambre froide à produits laitiers Chambre froide à fruits et légumes	3x20 [min/j]

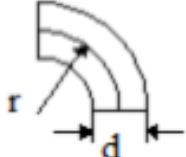
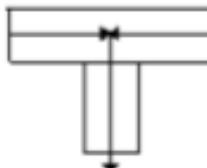
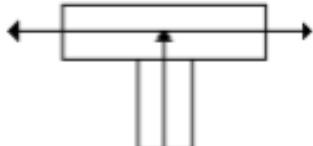
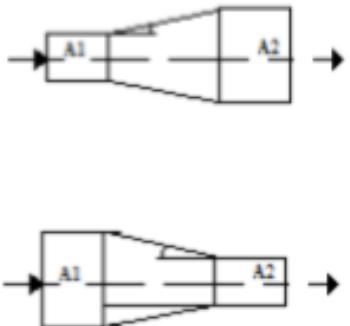
Annexe 4 : Table saturation R404A

T en [°C]	Phase liquide					Phase vapeur				Chaleur latente de vaporisation en [kJ/kg]
	P bulle en [bar]	Masse volumique en [kg/m ³]	Enthalpie en [kJ/kg]	Entropie en [kJ/kg.K°]	P rosées en [bar]	Masse volumique en [kg/m ³]	Enthalpie en [kJ/kg]	Entropie en [kJ/kg.K°]		
-50,0	0,8567	1,3188	137,8	0,751	0,8176	4,429	339,1	1,656	201,3	
-45,0	1,0871	1,3032	143,5	0,777	1,0398	5,541	342,4	1,651	198,8	
-40,0	1,3642	1,2874	149,3	0,802	1,3076	6,866	345,6	1,646	196,3	
-35,0	1,694	1,2713	155,3	0,827	1,6274	8,431	348,8	1,642	193,6	
-30,0	2,0833	1,2549	161,3	0,851	2,0059	10,269	352,0	1,638	190,8	
-25,0	2,5391	1,2381	167,4	0,876	2,4504	12,413	355,2	1,635	187,8	
-20,0	3,0686	1,221	173,6	0,901	2,9684	14,902	358,3	1,632	184,7	
-15,0	3,6797	1,2035	180,0	0,926	3,5677	17,78	361,4	1,630	181,4	
-10,0	4,3804	1,1855	186,5	0,950	4,2566	21,094	364,4	1,628	177,9	
-5,0	5,1789	1,1671	193,2	0,975	5,0438	24,899	367,3	1,626	174,2	
0,0	6,0841	1,1481	200,0	1,000	5,938	29,258	370,2	1,624	170,2	
5,0	7,1048	1,1285	207,0	1,025	6,9486	34,243	372,9	1,623	165,9	
10,0	8,2505	1,1081	214,2	1,050	8,0852	39,938	375,5	1,621	161,3	
15,0	9,5307	1,087	221,6	1,076	9,3574	46,443	378,0	1,619	156,4	
20,0	10,9554	1,065	229,2	1,101	10,7755	53,88	380,3	1,618	151,1	
25,0	12,5348	1,0418	237,1	1,127	12,3498	62,397	382,4	1,615	145,3	
30,0	14,2798	1,0174	245,3	1,154	14,0911	72,18	384,2	1,613	139,0	
35,0	16,2012	0,9974	253,8	1,181	16,0102	83,469	385,8	1,610	132,0	
40,0	18,3104	0,9635	262,7	1,209	18,1185	96,58	387,0	1,606	124,3	
45,0	20,6193	0,9332	272,1	1,238	20,4276	111,952	387,9	1,602	115,7	
50,0	23,1401	0,8996	282,2	1,268	22,9493	130,221	388,1	1,596	106,0	

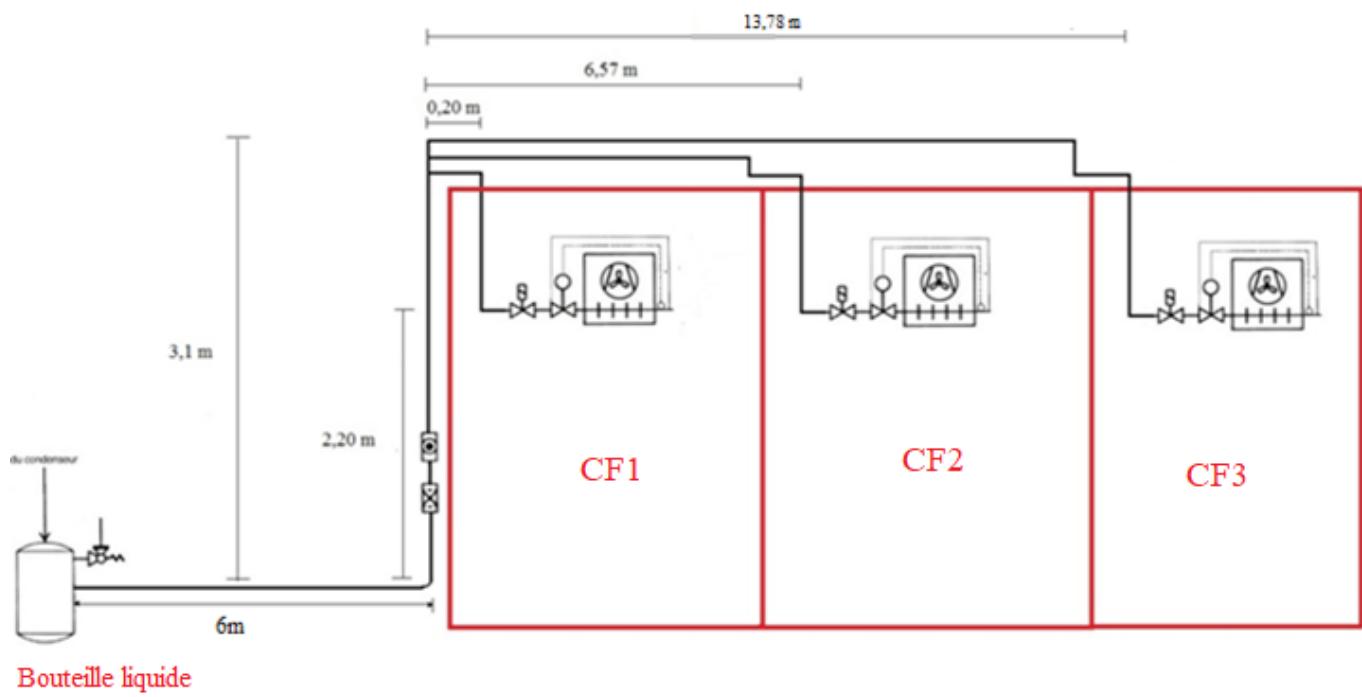
Annexe 5 : Eléments de calcul du rapport r/d

d	a	r	z
6	15	9	9
8	21	12	12
10	25	15	15
12	25	17	17
15	33	20,5	20,5
16	35	23	23
18	40	25	25
22	47	30	30
28	58	39	39
35	76	52,5	52,5
42	92	63	63
54	115	81	81
64	129	96	96
70	138	105	105
76	147	114	114
80	153	120	120
89	169,5	133,5	133,5
104	197	156	156
108	203	162	162

Annexe 6 : Coefficient de perte de charge singulière

Elément concerné	Représentation schématique	Coefficient ξ	
		r/d	r/d
Coude à 90°		0,5 0,75 1,0 1,5 2,0 3,0 4,0	1,0 0,5 0,25 0,15 0,1 0,1 0,1
Confluence			1,4
Bifurcation			1,4
Elargissement Rétrécissement		A 5° 7,5° 10° 15° 22,5° 30° 45° 90°	ξ_1 0,15 0,20 0,25 0,4 0,6 0,8 0,9 1,0
Lyre de dilatation		R_23d R_28d	0,4 0

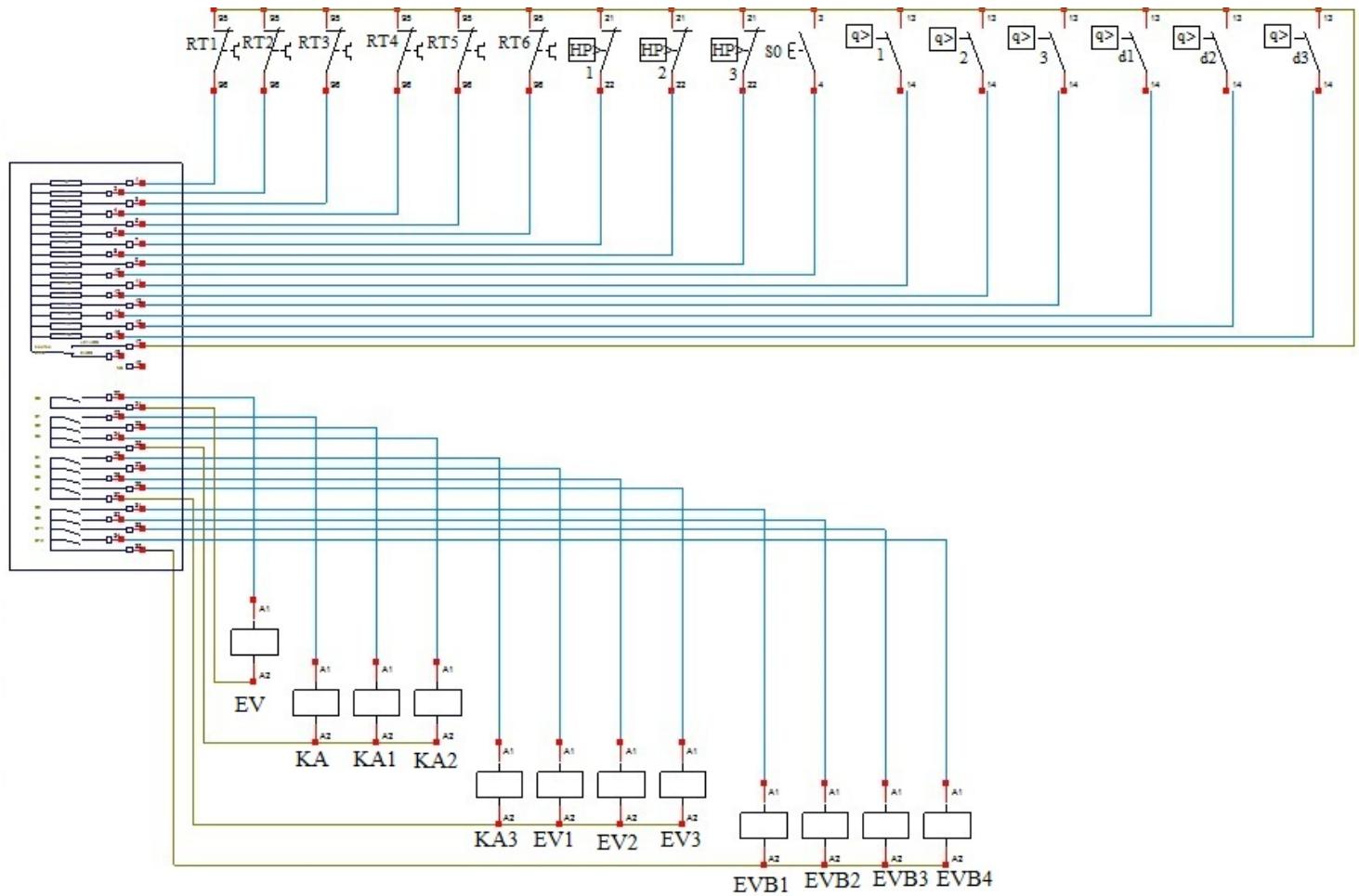
Annexe 7 : Représentation de la Tuyauterie liquide (Bouteille liquide au détendeur)



Annexe 8 : Facteurs de correction $K_{\Delta P}$ et K_t

Température du liquide à l'entrée du détendeur en °C	Facteur de correction K_t															
	Température d'évaporation en °C															
	+ 30	+ 25	+ 20	+ 15	+ 10	+ 5	0	- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30	- 35	- 40	- 45
+ 60	1,56	1,59	1,64	1,69	1,74	1,81	1,88	1,96	2,06	2,43	2,95	3,56	4,37	5,38	6,71	8,47
+ 55	1,32	1,35	1,38	1,42	1,46	1,50	1,55	1,61	1,68	1,96	2,36	2,83	3,43	4,16	5,12	6,34
+ 50	1,16	1,18	1,20	1,23	1,12	1,30	1,34	1,38	1,43	1,67	1,99	2,37	2,85	3,43	4,18	5,14
+ 45	1,04	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15	1,18	1,22	1,26	1,46	1,74	2,05	2,46	2,95	3,57	4,35
+ 40	0,94	0,96	0,97	0,99	1,02	1,04	1,07	1,09	1,13	1,30	1,55	1,82	2,17	2,59	3,13	3,80
+ 35	0,87	0,88	0,90	0,91	0,93	0,95	0,97	1,00	1,02	1,18	1,40	1,64	1,96	2,33	2,80	3,38
+ 30	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	1,08	1,28	1,50	1,78	2,11	2,53	3,05
+ 25		0,76	0,77	0,79	0,80	0,82	0,83	0,85	0,87	1,00	1,18	1,39	1,64	1,94	2,32	2,79
+ 20			0,73	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,94	1,10	1,29	1,52	1,80	2,15	2,58
+ 15				0,70	0,71	0,72	0,73	0,75	0,76	0,88	1,03	1,21	1,42	1,68	2,00	2,40
+ 10					0,67	0,68	0,69	0,71	0,72	0,83	0,97	1,13	1,34	1,58	1,88	2,25
+ 5						0,65	0,66	0,67	0,68	0,78	0,92	1,07	1,26	1,49	1,77	2,11
0							0,63	0,64	0,65	0,75	0,88	1,02	1,20	1,41	1,67	2,00
- 5								0,61	0,62	0,71	0,83	0,97	1,14	1,34	1,59	1,90
- 10									0,60	0,68	0,80	0,93	1,09	1,28	1,52	1,81
Facteur de correction $K_{\Delta p}$																
Δp (bar)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	8	9
$K_{\Delta p}$	4,55	3,21	2,62	2,27	2,03	1,86	1,72	1,61	1,52	1,44	1,37	1,31	1,26	1,21	1,14	1,07
Δp (bar)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$K_{\Delta p}$	1,02	0,97	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,67	0,66	0,64

Annexe 9 : Raccordement des capteurs sur le module 1 TSX DMZ 28 DR



Annexe 10 : Affectation des entrées sorties TOR

Variables

Paramètres E/S Adr. 1: TSX DMZ 28DR Zone de saisie

	Repère	Type	Symbol	
zI1.0	EBOOL	Rt1	relais thermique du compresseur 1	
zI1.1	EBOOL	Rt2	relais thermique du compresseur 2	
zI1.2	EBOOL	Rt3	relais thermique du compresseur 3	
zI1.3	EBOOL	Rt4	relais thermique du ventilateur 1	
zI1.4	EBOOL	Rt5	relais thermique du ventilateur 2	
zI1.5	EBOOL	Rt6	relais thermique du ventilateur 3	
zI1.6	EBOOL	Bps1	pressostat haute pression de sécurité au niveau du compresseur 1	
zI1.7	EBOOL	Bps2	pressostat haute pression de sécurité au niveau du compresseur 2	
zI1.8	EBOOL	Bps3	pressostat haute pression de sécurité au niveau du compresseur 3	
zI1.9	EBOOL	S0	Commutateur marche/arrêt	
zI1.10	EBOOL	Q1	thermostat de régulation de la chambre 1	
zI1.11	EBOOL	Q2	thermostat de régulation de la chambre 2	
zI1.12	EBOOL	Q3	thermostat de régulation de la chambre 3	
zI1.13	EBOOL	Qd1	thermostat de fin de dégivrage de la chambre 1	
zI1.14	EBOOL	Qd2	thermostat de fin de dégivrage de la chambre 2	
zI1.15	EBOOL	Qd3	thermostat de fin de dégivrage de la chambre 3	

Variables

Paramètres E/S Adr. 2: TSX DMZ 28DR Zone de saisie

	Repère	Type	Symbol	
zQ2.1	EBOOL	Ev	Bobine de contacteur de l'électrovanne principale	
zQ2.2	EBOOL	Ka	relais d'automatique	
zQ2.3	EBOOL	Ka1	relais d'automatique 1	
zQ2.4	EBOOL	Ka2	relais d'automatique 2	
zQ2.5	EBOOL	Ka3	relais d'automatique 3	
zQ2.6	EBOOL	Ev1	contacteur de l'électrovanne de la chambre 1	
zQ2.7	EBOOL	Ev2	contacteur de l'électrovanne de la chambre 2	
zQ2.8	EBOOL	Ev3	contacteur de l'électrovanne de la chambre 3	
zQ2.9	EBOOL	Evb1	contacteur de l'électrovanne en bypass de la chambre 1	
zQ2.10	EBOOL	Evb2	contacteur de l'électrovanne en bypass de la chambre 2	
zQ2.11	EBOOL	Evb3	contacteur de l'électrovanne en bypass de la chambre 3	
zQ2.12	EBOOL	Km1	contacteur du compresseur 1	

Suite de l'annexe 10 : Affectation des entrées sorties TOR

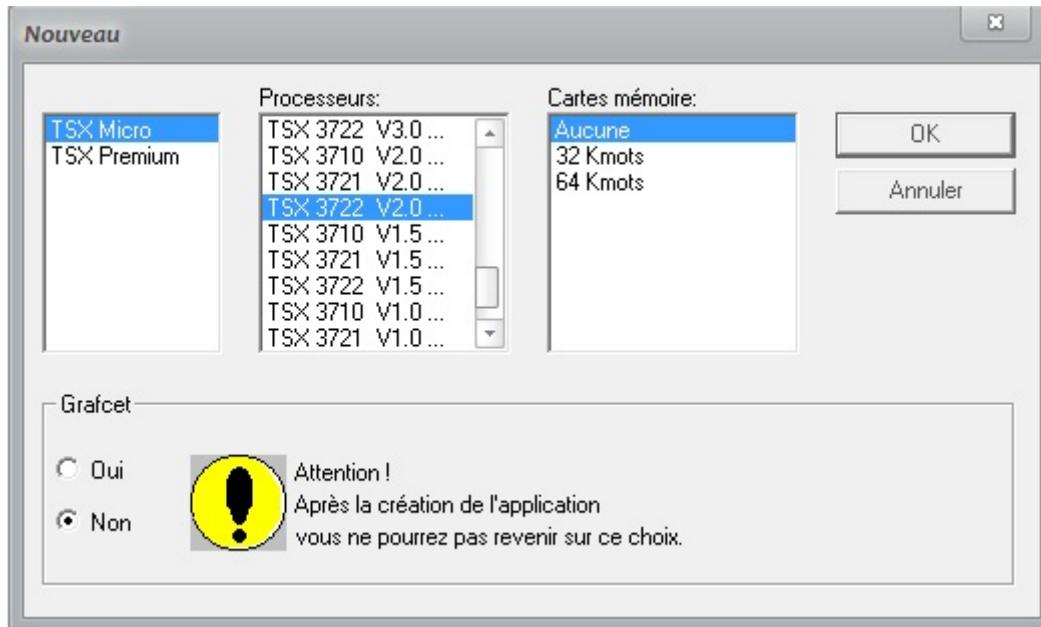
Variables			
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres	E/S	Adr. 3 : TSX DMZ 28DR	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
	Repère	Type	Symbol
	%I3.1	EBOOL	Bpr1
	%I3.2	EBOOL	Bpr2
	%I3.3	EBOOL	Bpr3
	%I3.4	EBOOL	Bps01
	%I3.5	EBOOL	Bps02
	%I3.6	EBOOL	Bps03

Variables			
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres	E/S	Adr. 4 : TSX DMZ 28DR	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
	Repère	Type	Symbol
	%Q4.1	EBOOL	Km2
	%Q4.2	EBOOL	Km3
	%Q4.3	EBOOL	Km7
	%Q4.4	EBOOL	Km8
	%Q4.5	EBOOL	Km9
	%Q4.6	EBOOL	Ka11
	%Q4.7	EBOOL	Ka22
	%Q4.8	EBOOL	Ka33
	%Q4.9	EBOOL	Ev4
	%Q4.10	EBOOL	Ev5
	%Q4.11	EBOOL	Ev6
	%Q4.12	EBOOL	Km4
	%Q4.13	EBOOL	Bobine de contacteur du compresseur 1

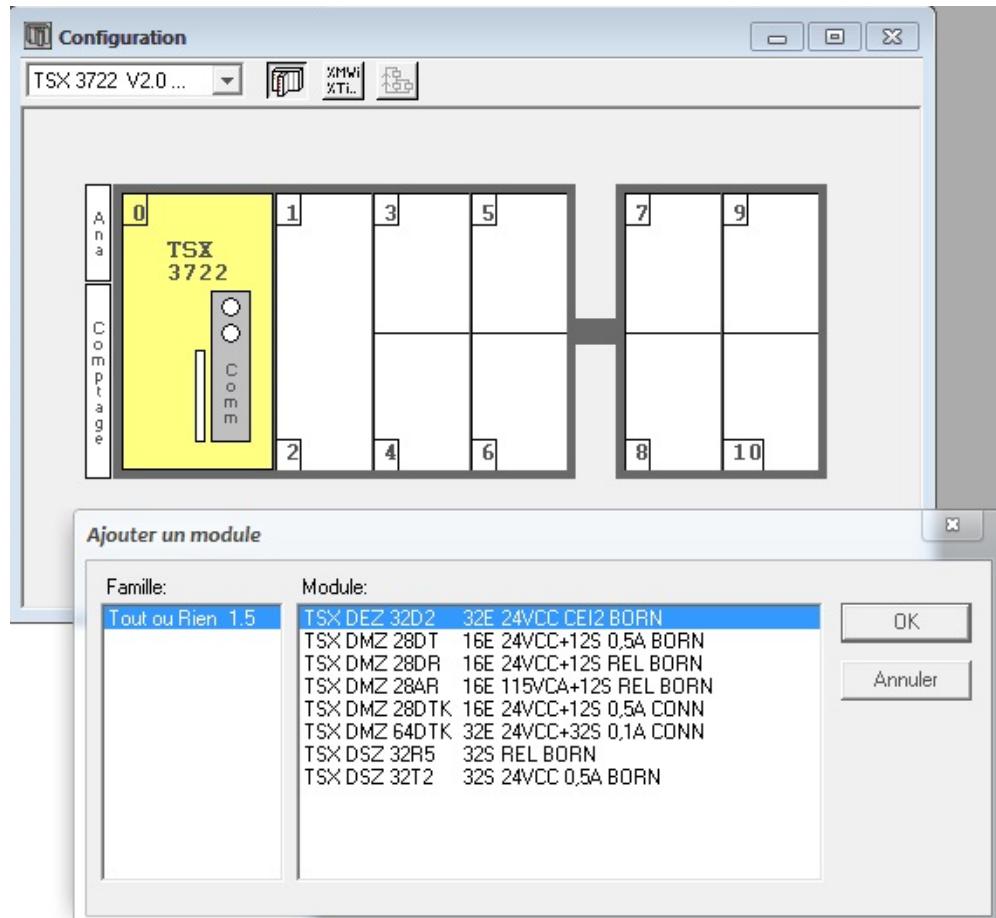
Variables			
<input checked="" type="checkbox"/> Paramètres	E/S	Adr. 6 : TSX DMZ 28DR	<input type="checkbox"/> Zone de saisie
	Repère	Type	Symbol
	%Q6.1	EBOOL	Km5
	%Q6.2	EBOOL	Km6
	%Q6.3	EBOOL	Ka'1
	%Q6.4	EBOOL	Ka'2
	%Q6.5	EBOOL	Ka'3
	%Q6.6	EBOOL	relais temporisé de l'enclenchement de la résistance de dégivrage de CF1

Annexe 11 : Lancement du logiciel PL7 Pro

Ouverture du logiciel >>Nouveau >> Choix de l'automate à utiliser

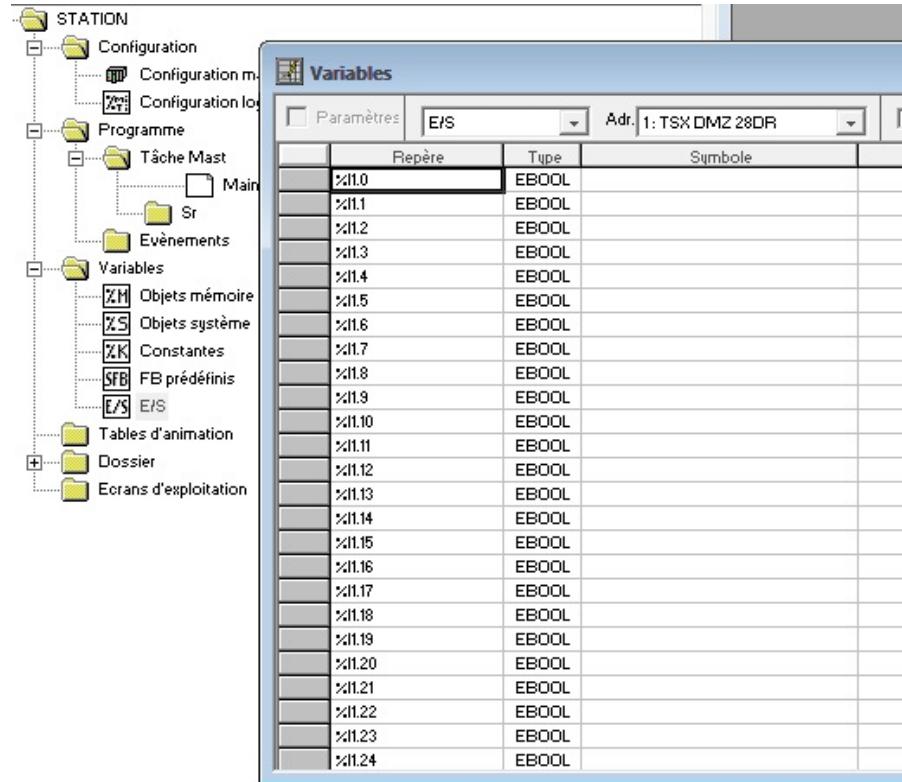


Configuration >> Configuration matérielle >> Cliquer sur les emplacements des modules >>Ajouter le module TSX DMZ 28 DR sur les 3 emplacements



Suite de l'annexe 11 : Lancement du logiciel PL7 Pro

-Variables >> Affecter les entrées sorties



Programme >> Tache Mast >> Main>> Langage ladder LD >> On commence à établir le programme avec le langage Ladder

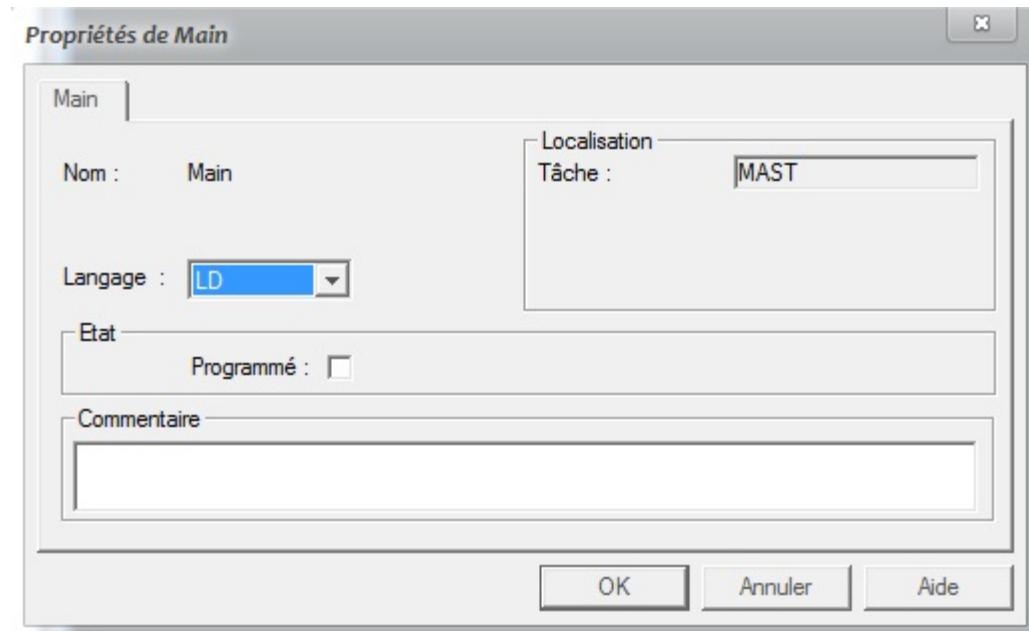


TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	iii
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION.....	ix
PARTIE I	1
 Chapitre I : Notion sur la production du froid	2
I.1 Thermodynamique appliquée au froid	2
I.1.1 Le premier principe de la thermodynamique	2
I.1.2 Le Second principe	3
I.1.3 Application des deux principes	4
I.2 Transfert thermique	6
I.2.1 Conduction	6
I.2.2 Convection	6
I.2.3 Rayonnement	7
I.2.4 Transfert thermique simultané	8
I.3 Diagramme enthalpique	9
I.3.1 Présentation du diagramme.....	9
I.3.2 Paramètres composant le diagramme.....	10
I.3.3 Le circuit frigorifique.....	11
I.4 Les équipements de l'installation	12
I.4.1 Les éléments principaux fluidiques	12
I.4.2 Fluide R404A.....	15
I.4.3 Appareils annexes	16
 Chapitre II : Bilan thermique d'une chambre froide et sélection des composants frigorifiques	20
II.1 Chambre froide.....	20
II.1.1 Définition	20
II.1.2 Bilan thermique d'une chambre froide	20
II.1.2.1 Charges thermiques externes.....	20
II.1.2.2 Charges thermiques internes	23
II.1.2.3 Puissance frigorifique intermédiaire de l'évaporateur "Pint"	25
II.1.2.4 Puissance frigorifique prévisionnelle " P_{prev} "	25
II.1.2.5 Choix de l'évaporateur.....	26
II.1.2.6 Charge thermique due aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur "Qvent"	26

II.1.2.7	Charge thermique due aux résistances de dégivrage "Qdeg"	26
II.2	Sélection des composants de l'installation.....	27
II.2.1	Choix des compresseurs.....	27
II.2.2	Choix des condenseurs.....	27
II.2.3	Dimensionnement de tuyauteries	27
II.2.4	Choix du détendeur thermostatique	28
Chapitre III : Généralités sur les Automates Programmables Industriels	.....	30
III.1	Définition	30
III.2	Architecture d'un Automate programmable	30
III.2.1	Aspect externe.....	30
III.2.2	Aspect interne	31
III.3	Caractéristiques générales	33
III.4	Critères de choix d'un automate.....	34
III.5	Avantages	34
III.6	Principe de fonctionnement d'un automate.....	34
Partie II	.....	19
Chapitre IV : Conception d'une centrale négative	.....	35
IV.1	Calcul et dimensionnement des chambres froides	35
IV.1.1	Présentation des chambres froides	35
IV.1.2	Dimensionnement des trois chambres	36
IV.1.3	Bilan thermique des trois chambres	37
IV.2	Sélection des composants frigorifiques.....	45
IV.2.1	Choix des compresseurs.....	45
IV.2.2	Choix du condenseur.....	46
IV.2.3	Dimensionnement des tuyauteries	47
IV.2.4	Choix des détendeurs thermostatiques.....	51
IV.3	Schéma fluidique	54
IV.3.1	Ligne d'huile	54
IV.3.2	Ligne fluidique	55
IV.4	Schéma électrique	57
IV.4.1	Circuit de commande	57
IV.4.2	Circuit de puissance	58
Chapitre V : Installation d'un automate programmable industriel	.....	62
V.1	Présentation du TSX 37 22.....	62
V.1.1	Description de l'automate.....	62

V.1.2	Bloc de visualisation	63
V.1.3	Modules.....	65
V.2	Caractéristiques de l'automate	66
V.3	Raccordement de bases automate et des modules	67
V.4	Adressage des variables entrées/sorties de l'automate TSX 37 22	67
V.4.1	Adressage des entrées sorties TOR.....	67
V.4.2	Mémoire interne.....	68
V.4.3	Temporisateur	68
V.5	Présentation du logiciel PL7 pro	68
V.6	Grafcet du système	70
	Suite figure 31 : Grafcet du fonctionnement des compresseurs.....	71
V.7	Programme en Ladder avec l'automate TSX 37 22.....	72
CONCLUSION	.....	77
BIBLIOGRAPHIE	.....	x
WEBOGRAPHIE	.....	x
ANNEXES	.....	xi

Auteur : FENOMANANA Irina Iharantsoa
Adresse : Lot II G3C Ambatomaro ANTANANARIVO 101
Contact : 0341666341
E-mail : socopajou@yahoo.fr



Titre : « **ETUDE, CONCEPTION D'UNE CENTRALE FRIGORIFIQUE ET MISE EN PLACE D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE** »
Nombre de pages : 78
Nombre de figures : 32
Nombre de tableaux : 50

RESUME

Ce présent mémoire est axé sur la conception d'une centrale frigorifique située à Antananarivo qui consiste à dimensionner les chambres froides, bien sélectionner les composants frigorifiques, établir les schémas fluidiques et électriques de l'installation.

On a pu démontrer que l'utilisation d'un automate programmable industriel améliore le rendement de l'installation en réduisant la survenue d'une panne. Aussi, pour dépanner facilement en cas de maintenance et minimiser le cout de l'installation. Espérons que cet ouvrage inspire diverses industries à utiliser un automate au lieu des anciennes installations.

Mots clés : centrale, froid, automate programmable, rendement

ABSTRACT

The brief focuses on the design of a refrigeration system located in Antananarivo, which consists of sizing the cold rooms, carefully selecting the refrigerating components, and establishing the fluidic and electrical diagrams of the installation. It has been shown that the use of an industrial programmable logic controller improves the efficiency of the installation by reducing the occurrence of a failure. Hopefully this book inspires various industries to use a Programmable Logic Controller instead of old installations.

Key words: central, cold, Programmable logic controller, performance

Directeur du mémoire : Monsieur RANAIVOSON ANDRIAMBALA Hariniaina