

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Commande Electrique

Thème

*PROTOCOLE DE COMMANDE
D'UN SYSTEME FRIGORIFIQUE VIA PIC 16F-877A*

Présenté Par :

- 1) Mlle BOUSMAHA HANANE
- 2) Mlle BILAK MERIEM ILHEM

Devant les jurys composés de :

Dr BENZAZZA BAGHDADI	MAA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. YOUNES MOHAMMED	Prof	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadreur
Dr BENCHERIF KADDOUR	MCA	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

Année universitaire 2018/2019



Remerciements

Nous remercions Dieu de nous avoir donné la force et la volonté pour accomplir ce mémoire

Nous exprimons nos profondes gratitudee à nos parents pour leurs encouragements, leur soutien et pour les sacrifices qu'ils ont enduré.

*Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre Encadreur **Prof. YOUNES MOHAMED** pour avoir d'abord proposé ce thème, pour suivi continuel tout le long de la réalisation de ce mémoire, et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.*

*Nous remercions aussi les membres de jury : **Mr BENA2ZZA BAGHDADI** et **Dr BENCHERIF KADDOUR** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

Département d'électrotechnique qui a contribué à notre formation.

Enfin nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis pour le soutien moral et matériel...

Dédicace

Louanges à Dieu clément et miséricordieux qui m'a donnée la force physique et morale pour réaliser mon rêve, un rêve que je souhaite se prolonger encore longtemps.

Je dédie ce modeste travail, qui est le fruit récolé après tant d'années d'efforts :

A mes très chers parents, qui m'on soutenu et encouragé tout le long de mes études, Eux qui m'on toujours apporté leur soutien moral et matériel depuis que j'ai connu le premier banc de l'école, jusqu'à la chaise de l'université, que Dieu les garde et les protège et qu'il, m'aide à rendre leur bien.

Et à mes très chères sœurs FATIMA, IMENE, KHOLOUD, HIBA, et je leur souhaite tout le bonheur et la réussite dans tous les domaines.

Je le dédie aussi le mari de ma sœur KACEM qui ma aidé beaucoup, et à mes oncles, mes tantes et leurs époux, je vous remercie pour votre soutien, à tous mes cousins et cousines.

A ma chère amie proche BOUSMAHA HANANE qui a partagée les bons et les mauvais moments durant nos études, ainsi qu'à toute sa famille et mes amies NARIMENE, YASMINE et SAKINA en leur souhaitant un avenir très brillant.

A tous ceux qui m'ont consacré leurs temps et leur attention, je dis encore et toujours MERCI

MERIEM

Dédicace

Rendons grâce à dieu tout puissant de nous avoir insufflé suffisamment d'aide et de courage nécessaire pour entreprendre ce modeste travail .avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à :

A ma mère : « Tu m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir .Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je t'offre se modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'a toujours entourée »

A mon père : « L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie »

A mes sœurs IKRAM et SOUMIA et mon frère MOHAMED d'être toujours à coté de moi sans oublié ma grand mère et ma tante et mes cousines, cousin

A ma chère amie MERIEM que j'aime et en souvenir de tous mes amies NARIMENE, YASMINE et SAKINA,qui mon soutenue dans ce travail et des moments agréables que nous avons passés ensemble

Et bien sur à tous ceux que j'aime et qui se reconnaîtrons, je dis encore et toujours merci.

HANANE



SOMMAIRE

Sommaire

Introduction Générale	01
------------------------------------	----

Chapitre I : Description d`un système frigorifique

I.1 Introduction	03
I.2 Historique du froid	03
I.3.Définition d`un circuit frigorifique	04
I.4 Les éléments d`un circuit frigorifique	05
I.4.1 Eléments de base	05
I.4.1.1 Compresseur	05
I.4.1.2 Condenseur	06
I.4.1.3 Détendeur	07
I.4.1.4 Evaporateur	07
I.4.2 Elément de protection et de régulations	08
I.4.3 Eléments de sécurité	08
I.4.4 Les éléments d`indications	11
I.5 Le fluide frigorigène	12
I.5.1choix d`un fluide frigorigène	12
I.5.2 propriété d`un fluide frigorigène	12
I.6 Cycle frigorifique	13
I.6.1 Définition de l`entropie	13
I.6.2Définition de l`enthalpie	13
I.7 La chambre froide	14
I.8 Les capteurs	15
I.8.1 type de Capteur	15
I.8.1.1 capteur actif	15
I.8.1.2capteur passif	15
I.9 Conclusion	15

Chapitre II : Description de l`élément de commande PIC16F877A

II.1Introduction	17
II.2Historique De PIC	17
II.3 Généralité du PIC	18
II.3.1Définition	18
II.3.2 Choix d`un microcontrôleur	18
II.3.3 Identifier un PIC	18

II.3.5 Les avantages du microcontrôleur	19
II.4 Généralité du PIC 16F877A	19
II.4.1 définition	19
II.4.2 La famille des PIC 16F877A	20
II.5 structure générale du PIC 16F877A	20
II.5.1 microprocesseur	20
II.5.2 Caractéristique de la CPU	20
II.5.3 Caractéristique des périphériques	21
II.6 Architecture de PIC 16F877A	21
II.6.1 l'alimentation V_{DD} et SS	22
II.6.2 L'oscillateur	22
II.6.3 Ports d'entrées/sortie	22
II.7 Les éléments de bas du PIC 16F877A	23
II.7.1 Cadencement du PIC (horloge)	23
II.7.2 L'ALU et l'Accumulateur W	24
II.7.3 Les mémoires de PIC.....	24
II.7.3.1 La mémoire FLASH.....	24
II.7.3.2 La RAM.....	24
II.7.3.3 La mémoire EEPROM.....	24
II.7.4 Timers	25
II.7.4.1 Le Timer0.....	25
II.7.4.2 Le Timer1	25
II.7.4.3 Le Timer2	26
II.7.5 Interruption	26
II.7.6 Chien de garde (WDT)	28
II.8 Convertisseur Analogique/Numérique (A/N)	28
II.9 Conclusion	28

Chapitre III : COMMANDE DE LA CHAMBRE FROIDE VIA PIC 16F877A

III.1 Introduction	30
III.2 Démarche de la commande	30
III.3 Déroulement de la commande	31
III.4 Connexion	35
III.5 Outils de Projet	35
III.5.1 Schéma de connexion des différents éléments du projet	36
III.5.2 Organigramme du programme établi	37

III.5.3 Simulation avec ISIS (Proteus).....	38
III.5.4 Les composantes du projet.....	38
III.5.5 Réalisation pratique sur la plaque d'essai.....	40
III.6 Conclusion.....	40
CONCLUSION GENERALE.....	42



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La question au fil des temps était comment conserver les aliments périssables avant leurs consommations. Pour conserver sa nourriture, l'homme utilisait le sel sec, sécher et même exposer sa nourriture à la fumé. En sachant que ces aliments se préservait mieux au froid de l'hiver que le reste des saisons, l'idée de reproduire la glace dans les autres saisons, a hantait l'homme. Passer par plusieurs méthodes de production de la glace. Le refroidissement réussi n'a apparu qu'au 1965. En effet, en cette année, Charles Tellier construit la première armoire conservatrice. Il a prouvé l'efficacité de son procédé en réussissant en 1976, de transporter de la viande jusqu'à Buenos Aires sur un navire frigorifique à partir de Rouen. Depuis, plusieurs améliorations ont aidé à la démocratisation de ce procédé.

Ce procédé nécessite une machination séquentielle sur ses différents éléments la constituant. Ainsi un schéma électrique utilisant les différentes bobines ou relais d'action et de capteurs à l'action ont été le support de ce procédé frigorifique. Mais dès l'apparition des microcontrôleurs, la commande des procédés, est devenue moins pesante et moins coûteuse. En effet, l'idée de faire fonctionner un procédé purement physique par des organes internes purement virtuels, a réduit le schéma classique de commande.

Dans ce contexte, notre projet était d'utiliser un microcontrôleur pour servir une chambre froide. Cette démarche existe déjà dans l'industrie et s'améliore de jour en jour. Pour nous, c'est un exercice pour s'initier à la commande programmée et apprendre à répondre à un cahier de charge. Ainsi dans le premier chapitre, nous avons fait une description détaillée sur la chambre froide et son principe de fonctionnement. Dans le deuxième chapitre a été consacré à l'élément principal de la commande (le Pic 16F877A). On a montré les propriétés essentielles relatives à notre commande. Dans le chapitre trois, on a programmé, simulé et réalisé la commande à travers une maquette comportant des petits moteurs, lampes relais simulant les différentes parties d'une chambre frigorifique.

A decorative red border with a double-line effect and rounded corners, enclosing the chapter title.

CHAPITRE I
DESCRIPTION D'UN SYSTEME
FRIGORIFIQUE

CHAPITRE I

DESCRIPTION

D'UN SYSTEME FRIGORIFIQUE

I.1 Introduction [1] [2]

Le froid artificiel est associé à la plupart de nos activités : alimentation, ambiance des logements et lieux de travail, déplacements, loisirs, santé...

La production de froid est une technique complexe, nécessitant beaucoup de savoir-faire et d'expérience et de conscience professionnelle de la part des installateurs et des mains tenanciers.

Dans ce chapitre nous allons présenter le système frigorifique, décrire les différents éléments de ce système et le diagramme utilisé dans le domaine de froid.

I.2 Historique du froid [2]

Produire du froid est un procédé relativement récent à l'échelle historique. Durant l'antiquité, Grecs et Romains conservaient le froid hivernal sous forme de neige ou de glace stockée dans des abris souterrains isolés à l'aide de paille ou de foin, ce qui permettait de rafraîchir les boissons et la nourriture même pendant l'été. C'est durant cette même période de l'histoire que l'on découvrit que l'on pouvait obtenir des températures plus basses en mélangeant de la glace pilée et du sel marin. Plus récemment, au XIX^{ème} siècle, la production de froid se développa très rapidement avec l'avancement des connaissances en électricité.

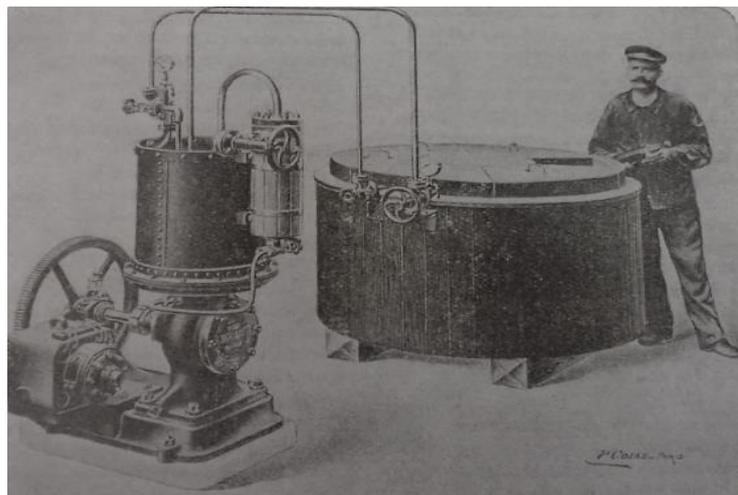


Figure I.1: cuve frigorifique [3]

- 1805 : La première machine frigorifique à compression d'éther est imaginée par l'Américain Evans ;

- 1835 : un autre Américain, Perkins, réalise à Londres le premier circuit frigorifique avec de l'éther comme fluide frigorifique. Cette machine, qui fabrique de la glace, n'a pas retenu l'attention des industriels. L'industrie du froid ne prend son essor que plusieurs dizaines d'années plus tard, notamment avec l'emploi des moteurs électriques.
- 1844 : Création de la machine frigorifique à l'air.
- 1859 : Apparition machine frigorifique à absorption.
- 1913 : Le premier réfrigérateur domestique fait son apparition.
- 1919 : La marque Frigidaire fait son apparition.
- 1928 : Découverte des molécules de CFC 12 Par Midgley & Henne de la division Frigidaire de General Motors.
- 1931 : La fabrication industrielle commence avec Electrolux.
- 1950 : Démocratisation des réfrigérateurs.
- 1964 : Les réfrigérateurs à 2 port font leurs apparitions.
- Années 70 : Les appareils s'accessoirisent : lumière, différents compartiments.
- Années 80 : Apparitions des premiers réfrigérateurs combinés et des appareils bimoteurs.
- Années 90 : De nouveaux gaz plus propres sont utilisés.

I.3. Définition d'un circuit frigorifique [4]

Un circuit frigorifique est un circuit thermodynamique destinée à assurer le froid d'un local ou d'un système à partir d'une source de chaleur externe dont la température est supérieure à celle du local ou du système à refroidir.

C'est donc un système de froid qui transfère des calories d'un milieu à haute niveau de température vers un milieu où la température doit être inférieure.

L'écoulement naturel de la chaleur s'effectuant toujours d'un corps froid vers un corps chaud, on peut définir également le circuit frigorifique comme un matériel permettant de réaliser l'écoulement de chaleur inverse du sens naturel, c'est-à-dire d'un milieu chaud vers un milieu froid. Une dépense d'énergie sera bien entendu inévitable pour réaliser ce transfert inverse. L'énergie nécessaire pour assurer le doit être inférieure à l'énergie calorifique utile pour que le système ait un quelconque intérêt.

Généralement le circuit frigorifique a pour éléments principaux :

- ✓ Le compresseur
- ✓ Le détendeur
- ✓ Le condenseur
- ✓ L'évaporateur

I.4 Les éléments d'un circuit frigorifique [5]

La figure I.1 représente les principaux éléments qu'on peut trouver dans une installation Frigorifique : éléments de base, éléments de protection et de régulation, éléments de sécurité ainsi qu'éléments d'indication.

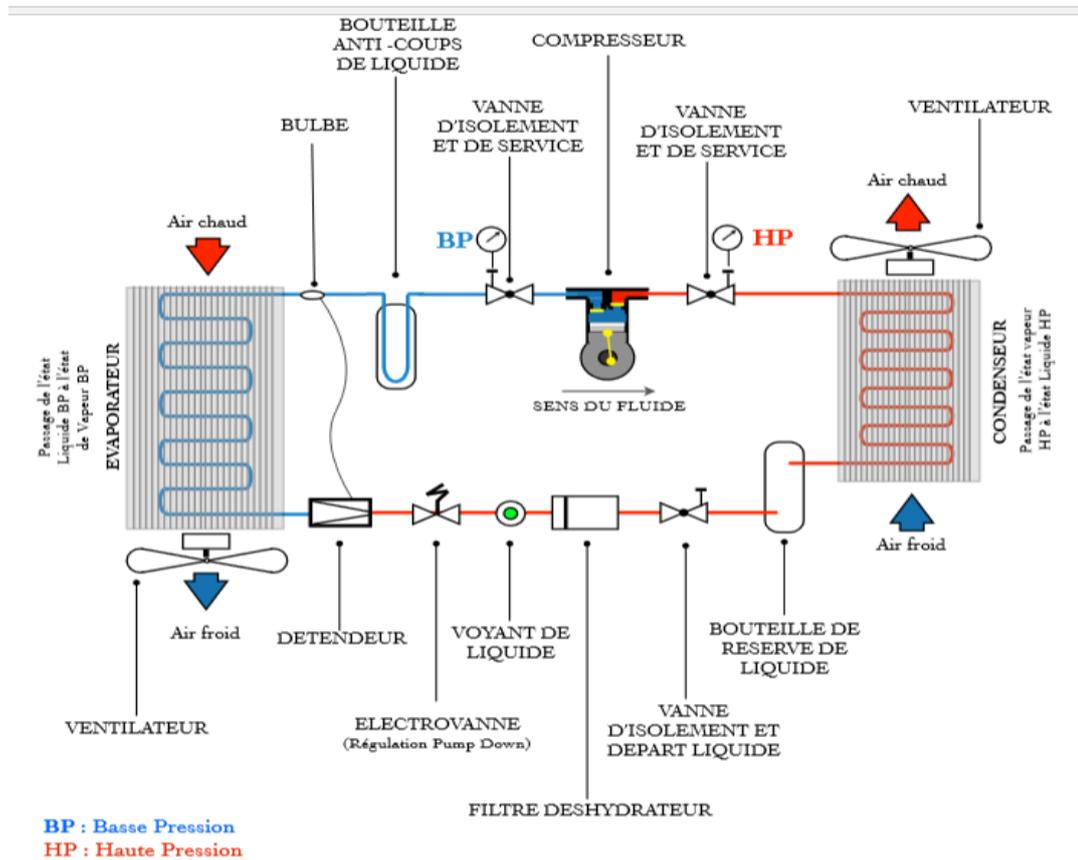


Figure I.2: Eléments composant une installation frigorifique ordinaire. [6]

I.4.1 Eléments de base :

Les éléments de base d'une installation frigorifique sont : Compresseur, condenseur, détendeur et évaporateur.

I.4.1.1 Compresseur : [4]

Le compresseur représente le cœur du circuit frigorifique. Il fait circuler le frigorigène dans le circuit de réfrigération et élève la pression de la vapeur de réfrigérant. Cette élévation de pression permet au frigorigène de se condenser (dans le condenseur) à une température plus élevée. La vapeur de réfrigérant circule dans le compresseur toujours dans le même sens :

Elle entre sous basse pression par la conduite d'aspiration puis elle est refoulée à une pression plus élevée. L'astuce consiste à comprimer le gaz jusqu'à ce que sa température devienne plus élevée que celle du milieu extérieur.

Le compresseur amène le gaz frigorigène en provenance de l'évaporateur à une pression suffisante pour qu'il puisse se liquéfier.

✚ Les différents types des compresseurs : [7]

Il existe trois grandes familles de compresseurs frigorifiques :

- Les compresseurs *hermétiques*.
- Les compresseurs *semi-hermétiques*.
- Les compresseurs *ouverts*.

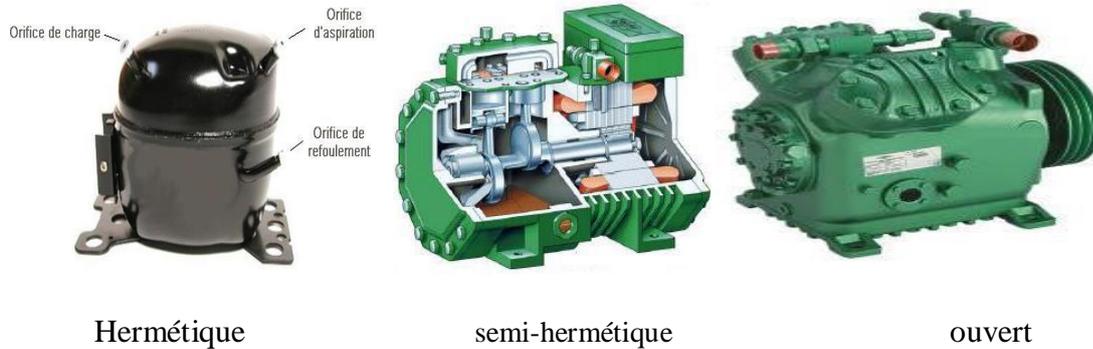


Figure I.3 : Les Familles des Compresseurs [8]

I.4.1.2 Condenseur :[1]

Le condenseur est un échangeur thermique, sa fonction est 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 refroidie haute pression, il est caractérisé par trois zones de fonctionnement :

- Refroidissement de la vapeur surchauffée qui permet un dégagement d'une chaleur sensible ;
- Condensation en un liquide 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.

Cette quantité de chaleur peut être retirée au condenseur par l'air ambiant grâce aux ailettes de refroidissement ou bien, dans les groupes plus importants, par de l'eau circulant dans une double tubulure.



Figure I.4:Le condenseur [3]

I.4.1.3 Détendeur : [7]

Le rôle du détendeur est de faire chuter la pression du fluide frigorigène dans le circuit et par conséquent la température et de régler le débit de circulation, 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. S'il en est ainsi, le détendeur assure le maintien dans l'évaporateur et dans le condenseur des pressions et températures les plus avantageuses pour l'installation considérée et pour les conditions extérieures données.

Les détendeurs les plus utilisés sont :

Le détendeur capillaire, le détendeur thermostatique, le détendeur thermostatique à égalisation de pression externe, le détendeur à commande électronique.



Figure I.5:Le détendeur [9]

I.4.1.4 Evaporateur :[3]

C'est un échangeur thermique entre le milieu à refroidir et le fluide frigorigène.

Le mélange liquide /vapeur détendu se vaporise totalement dans l'évaporateur par ébullition à la température correspondant à la tension de vapeur saturante du fluide, cette pression étant maintenue constante pendant toute l'ébullition par aspiration par le compresseur des vapeurs produites.



Figure I.6:L'évaporateur [10]

I.4.2 Élément de protection et de régulations :

➤ **Filtre assécher (Déshydrateur) :**[11]

L'humidité étant un des problèmes importants que peut rencontrer le frigoriste, il doit insérer dans le circuit frigorifique un déshydrateur dont le rôle principal est de retenir le maximum d'humidité ayant pur entrer dans le circuit frigorifique afin que celle-ci reste en dessous de la valeur maximale admissible dans le reste de l'installation frigorifique.

On les appelle filtres déshydrateurs car ils contiennent pratiquement tous un filtre efficace qui retient les impuretés, la plupart fixent aussi les acides, les boues et les cires.



Figure I.7: déshydrateur [12]

I.4.3 Éléments de sécurité [13]

Ces appareils peuvent être classés ainsi :

- Pressostat de régulation
- Pressostat de sécurité

a) Pressostat de régulation, (pressostat basse pression) :

➤ **Rôle :**

Permet un fonctionnement de l'installation avec une régulation de type « pump down ».

- Le thermostat actionne l'électrovanne de la conduite liquide.
- Le pressostat BP arrête ou met en fonctionnement le compresseur.

Le pressostat raccordé au côté basse pression du système répond à toutes les variations de pression par mise en service ou à l'arrêt du compresseur. Les points de coupure et d'enclenchement sont déterminés par les pressions correspondant aux températures minimale et maximale désirées dans le coté basse pression du système.

Les pressostats de basse pression peuvent être utilisés également en sécurité pour éviter des entrées d'air intempestives, donc son rôle est :

- Éviter une basse pression inférieure à la pression atmosphérique.
- Arrête le fonctionnement du compresseur.

b) Pressostats de sécurité (Pressostat haute pression) :

➤ **Rôle :**

Ils évitent une haute pression trop élevée dans l'installation. Ils arrêtent le compresseur pour une élévation de la pression de refoulement au-dessus de la normale, et le remet en marche lorsque cette pression est redescendue à une valeur déterminée. Leur usage est recommandé sur tous les circuits où cette pression anormale risquerait d'être préjudiciable au compresseur ou au moteur. Pour les installations équipées d'un condenseur à eau la remise en service (après

stoppage par HP) ne peut se faire qu'après action sur un bouton de réarmement placé sur le pressostat.



Figure I.8: pressostat [12]

➤ **Réservoir de liquide :**

Les réservoirs (ou bouteilles) reçoivent le fluide liquéfié venant du condenseur, ils ont des dimensions qui leur permettent de contenir la majeure partie de la charge en fluide de l'installation. Ils sont montés en position verticale ou horizontale et sont toujours pourvus d'un robinet de départ de liquide avec un tube plongeur, assurant l'alimentation en liquide, même lorsque le niveau de celui-ci dans la bouteille est très bas.



Figure I.9: Réservoir de liquide [12]

➤ **Bouteille anti-coups de liquide :**

Également appelée bouteille d'aspiration, elle est placée entre l'évaporateur et le compresseur (à proximité du compresseur) et son rôle est d'éviter l'aspiration éventuelle de FF liquide par le compresseur : prévention des coups de liquide.



Figure I.10 : bouteille anti-coups [3]

➤ **Electrovanne :**

C'est une vanne commandée électriquement qui a pour rôle de fermer ou d'ouvrir le circuit fluide par exemple pour alimenter un évaporateur dans un circuit à évaporateur multiple ou pour réguler un compresseur en POMP-DOWN.



Figure I.11:Electrovanne [12]

➤ **Thermostat :**

Il commande l'interrupteur de la mise en marche ou de l'arrêt du compresseur, c'est en fonction de la température de consigne qu'il réagit, il commande ainsi l'ouverture et la fermeture de l'électrovanne qui relie le circuit fluide à l'évaporateur lors de dégivrage. Le thermostat a encore le rôle de réguler la température d'huile.



Figure I.12 : Thermostat [12]

➤ **Résistance de dégivrage :**

Les résistances électriques sont placées au niveau de la section d'échange de l'évaporateur. La mise en route de la séquence de dégivrage est généralement pilotée par une horloge et son arrêt commandé par le thermostat d'évaporateur.



Figure I.13:Résistance de dégivrage [12]

I.4.4 Les éléments d'indications : [7]

➤ **Manomètre :**

Ils sont installés à demeure coté admission et coté refoulement du compresseur. Leur échelle est graduée en pression et en température d'ébullition, correspondantes au fluide réfrigérant utilisé.

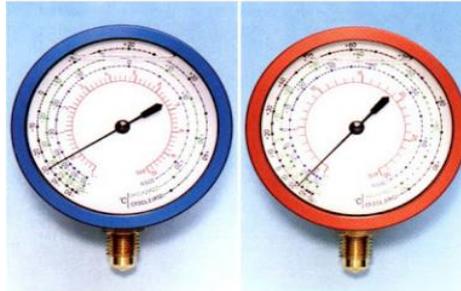


Figure I.14:Manomètre [12]

➤ **Thermomètre :**

Il est utilisé pour indiquer la température au niveau des évaporateurs et à l'intérieure des chambres froides.



Figure I.15: Thermomètre [12]

➤ **Voyant liquide :**

Il doit se situer immédiatement avant le détendeur. Il comporte un verre épais à travers lequel, on peut observer le débit du réfrigérant. La présence de bulles de vapeur apparaissant au sein du liquide est anormale. Il peut y avoir : une obstruction entre la sortie du condenseur et le regard, le filtre assécheur peut être encrassée, les valves obturées ou le serpentin peut être endommagé.



Figure I.16:voyant liquide [12]

I.5 Le fluide frigorigène : [14]

Les fluides frigorigènes sont des substances ou des mélanges de substances, utilisés dans les circuits de systèmes frigorifique tels que : des chambres froides, des réfrigérateurs, des vitrines réfrigérées.

Les fluides frigorigènes ont la particularité d'avoir sous la pression atmosphérique, une température d'évaporation très faible. Cette propriété thermodynamique permet de produire du froid et du chaud.

Le fluide frigorigène est carburant d'une installation frigorifique dans laquelle, circulant il est évaporé, comprimé, liquéfié et détendu. Il assure le transfert de la chaleur en recevant, en dessous de la température ambiante, la chaleur par évaporation et en le cédant à nouveau, au-dessous de la température ambiante, par liquéfaction.

Le fluide frigorigène permet les échanges de chaleur dans un système frigorifique par ses changements d'état que sont l'évaporation et la condensation.

I.5.1 choix d'un fluide frigorigène [4]

Le choix d'un fluide frigorigène repose sur les critères suivants :

- Les conditions d'utilisation (applications) du fluide frigorigène.
- Le critère économique et la disponibilité du fluide frigorigène.
- Le critère de réglementation (normes, recommandations, impacts environnementaux...)

Chaque fluide frigorigène, qu'il soit une substance pure ou un mélange peut être identifié par une désignation numérique : un numéro qui suit le symbole R (utilisé pour réfrigérant) ; Ex : R12 (chlorodifluorométhane), R717 (ammoniac) ...

Le fluide frigorigène utilisé dans notre étude est le R22 ou fréon 22, il est utilisé dans divers domaines, comme le refroidissement d'eau, la climatisation, mais souvent dans le froid Industriel.

I.5.2 propriété d'un fluide frigorigène [15]

❖ **Avantage**

- Gaz ininflammable.
- Gaz parfait.
- Gaz non dangereux en cas d'une fuite.
- Gaz n'a pas d'odeur et couleur, non toxique.
- Il absorbe la chaleur et son point d'ébullition est bas.
- Il a une grande capacité de transformation physique.
- Etre d'un coût peu élevé et d'un approvisionnement facile.

❖ **Inconvénient**

- Destruction de la couche d'ozone.
- Influence sur la santé humaine.

I.6 Cycle frigorifique

I.6.1 Définition de l'entropie [13]

L'entropie est une variable thermodynamique importante. On la représente par la lettre S . L'entropie spécifique, s , ou l'entropie pour un kilogramme de matière, est mesurée en kJ/kgK . (On rencontre parfois l'expression entropie massique.)

I.6.2 Définition de l'enthalpie [13]

On désigne sous l'expression d'enthalpie spécifique, h , l'enthalpie contenue dans 1kg de matière. On rencontre parfois l'expression enthalpie massique. La valeur de l'enthalpie spécifique dépend de la substance, de la pression qu'elle subit, de sa température et de sa phase. Les tableaux thermodynamiques pour la vapeur indiquent l'enthalpie spécifique. On mesure l'enthalpie spécifique en kJ/kg .

✚ Chaleur [16]

On a longtemps cru que la chaleur était un fluide qui s'écoulait spontanément d'un corps chaud à un corps froid. On utilisait une unité de mesure particulière : la calorie. De nos jours, nous comprenons mieux la nature de la chaleur qui n'est qu'une autre forme d'énergie. La chaleur est la mesure d'un changement d'énergie interne d'un système thermodynamique, lorsqu'aucun travail n'est effectué.

✚ La température [16]

La température est la quantité physique qui caractérise la quantité de chaleur contenue dans un corps. Lorsque deux parties d'un système thermodynamique sont en contact thermique, la chaleur s'écoulera d'une partie à l'autre. On dit que la chaleur est transférée spontanément de la partie la plus chaude, à la plus froide. Cet écoulement se poursuivra jusqu'à l'atteinte d'un équilibre. Les parties en contact seront alors à la même température.

- **Définition de cycle de Carnot [17]**

Le cycle de Carnot est un cycle thermodynamique théorique pour un moteur ditherme, constitué de quatre processus réversibles :

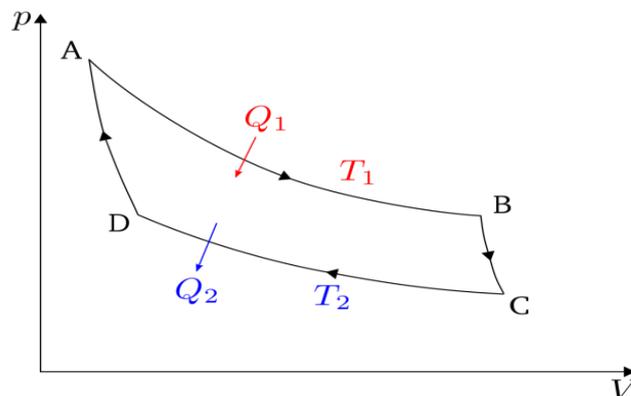


Figure I.17: diagramme de cycle de Carnot [18]

- AB est une transformation isotherme (température Kelvin T_1).

Le gaz subit une détente isotherme réversible de A à B.

Le système reçoit de l'extérieur la chaleur

- BC est une détente adiabatique réversible. Le gaz se détend réversiblement sans échange de chaleur avec l'extérieur.

Un système adiabatique est un système thermiquement isolé.

- CD est une transformation isotherme, il s'agit cette fois d'une compression réversible du gaz.

• DA est une compression adiabatique réversible. Il n'y a pas d'échange de chaleur avec l'extérieur.

-

I.7 La chambre froide. [19]



Figure I.18: chambre froide [20]

❖ Définition :

La chambre froide est un nouveau concept qui touche les restaurateurs et commerçants en agroalimentaire. Cette chambre est une innovation qui produit de la basse température gardant au frais les aliments. Cependant, il existe deux types de chambres : chambre froide positive et chambre froide négative.

La chambre froide positive expulse des degrés supérieurs à zéro, quant la chambre froide négative, cette dernière dégage une température bien plus froide car elle est inférieure à zéro. Le choix se fera à partir de genre d'aliment à refroidir.

I.8 Les capteurs [6] [21]

Les capteurs sont des éléments sensibles à des grandeurs physiques (énergie, température, pression ... etc.) qu'ils transforment en une grandeur normée, généralement électrique (En général une tension). Ils sont les premiers éléments intégrés à chaîne d'acquisition permettant à la grandeur mesurée d'être conditionnée afin que la mesure (ou signal de sortie) donne une estimation optimisée du mesurande.

Il est de mesurer à noter qu'il est possible de réaliser des capteurs permettant de mesurer des grandeurs dérivées de la grandeur physique à laquelle ils sont sensibles (altitude, vitesse, contrainte mécanique, position...).

I.8.1 Type de capteur [21]

Il y a deux types de capteur: actif, et passif

I.8.1.1 Les capteurs Actifs :

Généralement, un capteur actif est un système de mesure qui nécessite une source d'énergie embarquée, la plupart du temps assurée par une batterie, et ce pour la réalisation de la phase de traitement au cours de laquelle le signal est filtré (nettoyé), amplifié et converti dans un format compatible et exploitable. Dans ce cas, le capteur doit non seulement mesurer des propriétés physiques mais doit également effectuer des tâches additionnelles au travers de circuits de traitement et de communication intégrés. Ce type de capteur est surtout utilisé pour assurer des mesures continues en temps réel.

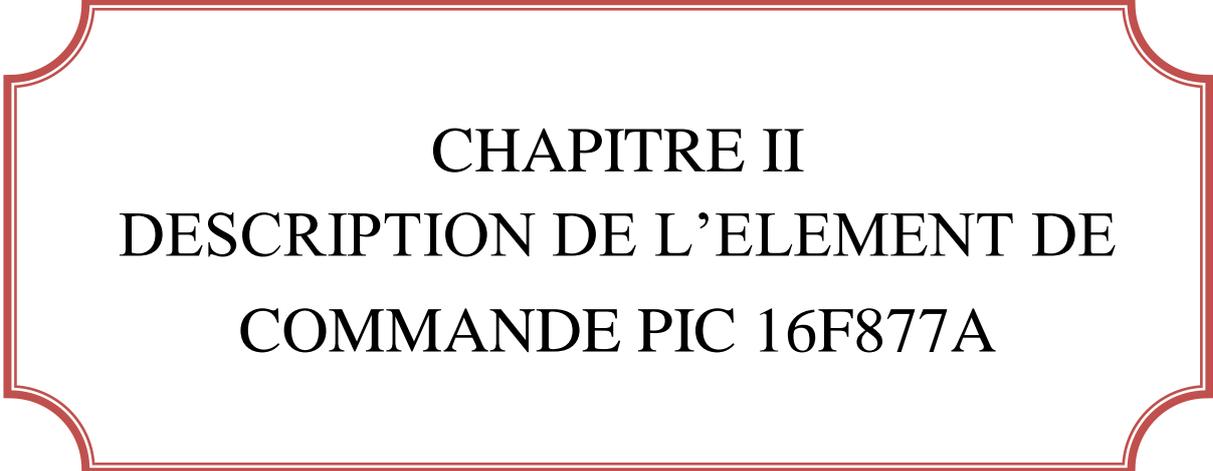
I.8.1.2 Les capteurs passifs :

Les capteurs passifs sont des dispositifs qui ne possèdent pas de source d'énergie embarquée et présentent l'avantage d'être facilement intégrables. Ce type de capteur est utilisé dans des applications spécifiques (surveillance environnementale, des instruments de suivis spatial et aéronautique, des applications liées à la santé) qui nécessitent des unités de mesure miniatures, passives, de grande précision et fiables. L'objectif est d'assurer des mesures à distance des grandeurs physiques.

I.9 Conclusion :

Afin de refroidir et de conserver les aliments, nous avons traité le système de refroidissement et nous avons discuté tous les détails (les principaux éléments composant une installation frigorifique ainsi que les éléments de protection et de régulation, de sécurité, et d'indication, puis on a défini le fluide frigorigène, et on a terminé avec les capteurs utilisés dans l'installation frigorifique), C'est ce que nous avons abordé dans ce chapitre.

Mais pour obtenir un bon fonctionnement et sécuriser notre source de froid, il faut choisir une commande performante que nous allons l'aborder dans les chapitres qui suivent.

A decorative red border with rounded corners and a double-line effect surrounds the text.

CHAPITRE II
DESCRIPTION DE L'ELEMENT DE
COMMANDE PIC 16F877A

CHAPITRE II

DESCRIPTION DE L'ÉLÉMENT DE COMMANDE PIC 16F877A

II.1 Introduction [22]

Depuis de la création du composant NE555, le développement dans le domaine numérique a beaucoup évolué. Soutenu par les encouragements des états et les industrialisés, le domaine s'évolue vers le nanoélectronique où seulement certains pays qui ont monopolisé cette technique et qui ne commercialisent que leurs produits.

Parmi les produits réussis, le microcontrôleur, est un système embarqué rassemblant tout le nécessaire pour conduire une commande d'un système caractérisé par des tâches séquentielles, conditionnelles même à base de calcul sur des formules mathématiques.

L'utilisation des microcontrôleurs fait appel tout d'abord à leurs caractéristiques qui diffèrent d'un à l'autre, de leurs fréquences et en fin de leur programmation qui est commune. En effet, des langages sont développés afin d'apporter les actions souhaitées ainsi leurs séquences qu'elles soient selon un ordre défini ou à caractère interrompu. Un langage assembleur était le premier créé et utilisé. Ce langage nécessite beaucoup de travail et surtout beaucoup de temps. Avec l'augmentation de l'utilisation des microcontrôleurs, des langages sont développés afin de faciliter la programmation. Heureusement, avec la montée en puissance des microcontrôleurs, on voit apparaître. Les plus utilisés de nos jours sont les compilateurs en langage C qui ignorent les caractéristiques des registres et accumulateurs, c'est le compilateur qui transformera le programme en langage assembleur pour être exécuté, ainsi un gain considérable en temps et en difficultés.

Dans ce chapitre nous allons étudier le microcontrôleur d'une façon générale. Il existe plusieurs familles de microcontrôleur mais nous nous consacrerons à l'étude du PIC16F877A qui à la famille microchip.

II.2 Historique De PIC [23][24]

Le microcontrôleur a été produit en 1971, c'est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'ordinateur (processeur, mémoires), unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une plus faible consommation électrique, une vitesse de fonctionnement plus faible et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs (produit en 1972 par Marcian Hoff) polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels.

Par rapport à des systèmes électroniques à base de microprocesseur et autres composants séparés, les microcontrôleurs permettent de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût des produits. Ils ont ainsi permis de démocratiser l'utilisation de l'informatique dans un grand nombre de produits et de procédés. Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, les jouets, la téléphonie mobile.

II.3 Généralité du pic

II.3.1 Définition : [25]

Un PIC est un microcontrôleur, c'est-à-dire circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires, une unité périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une vitesse de fonctionnement plus faible et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels.

Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les systèmes embarqués, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager, les jouets, la téléphonie mobile, etc.

II.3.2 Choix d'un microcontrôleur [26]

Il existe plusieurs microcontrôleurs fabriqués par INTEL, MOTOROLA, HITACHI, NEC TEXAS instrument etc....

Le choix d'un microcontrôleur dépend de plusieurs critères de sélection dont le développeur doit tenir compte comme :

- Nombre d'entrées/sorties.
- Liaison d'entrées/sorties.
- Conversion analogique numérique et numérique analogique.
- Entrées/sorties rapides, sorties spéciales (M.L.I, horodaté etc..).
- Mémoire RAM, ROM, EPROM interne ou externe, sa taille.
- Vitesse de l'horloge, temps d'exécution d'une multiplication, d'une division.
- Bus de données 8bits /16bits.
- Les logiciels de programmation (assembleur, c, micro c etc....).
- Les émulateurs pour la mise au point des applications.
- Les évolutions prévisibles du composant, son prix, les sources.

II.3.3 Identifier un PIC : [27]

Pour identifier un PIC, on utilise simplement son appellation du type : wwlxxyyy-zz

- WW: Représente la catégorie du composant (12, 14, 16, 17, 18),
- L: Tolérance plus importante de la plage de tension.
- XX: Type de mémoire de programme

C: EPROM ou EEPROM.

CR: PROM.

F: FLASH.

- YYY: Identification.
- ZZ: Vitesse maximum tolérable.

II.3.4 Les différentes familles des PIC :

Il y en a trois grandes familles de PICS:

- La famille Base Line, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- La famille Mid-Range, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie la 16F84 et 6F876).
- La famille High-End, qui utilise des mots de 16 bits.

Toutes les PICS Mid-Range ont un jeu de 35 instructions, stockent chaque instruction dans un seul mot de programme, et exécutent chaque instruction (sauf les sauts) en un cycle. On atteint donc des très grandes vitesses, et les instructions sont de plus très rapidement assimilées.

II.3.5 Les avantages du microcontrôleur : [28]

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables à plusieurs points forts et bien réels. Il suffit pour s'en persuader, d'examiner la spectaculaire évolution de l'offre des fabricants de circuits intégrés en ce domaine depuis quelques années. Nous allons voir que nombre d'entre eux découle du simple sens.

- Tout d'abord, un microcontrôleur intégré dans un seul et même boîtier ce qui, avant nécessitait une dizaine d'éléments séparés. Il résulte donc une diminution évidente de l'encombrement en matériel et du circuit imprimé.
- Cette intégration a aussi comme conséquence immédiate de simplifier le tracé du circuit imprimé puisqu'il n'est plus nécessaire de véhiculer des bus d'adresses et de données d'un composant à un autre.
- L'augmentation de la fiabilité du système puisque, le nombre des composants diminuant, le nombre des connexions composants/supports ou composants/circuits imprimés diminue.
- Réalisation des applications non réalisables avec d'autres composants.

II.4 Généralité du PIC 16F877A

II.4.1 Définition : [29]

Le PIC 16F877A est un microcontrôleur appartenant à la famille microchip.

La désignation du microcontrôleur 16F877A est décrite comme suit :

- ✓ Le numéro 16 signifie qu'il fait partie de la famille "MID-RANGE". C'est un microcontrôleur de la famille 8 bits. Cela veut dire que l'ALU (Arithmetic and Logic Unit ou Unit Arithmétique et Logique en français) traite naturellement des mots de 8 bits maximum.
- ✓ La lettre F indique que la mémoire programme de ce PIC est de type "Flash". Chaque ligne de mémoire est un mot de 14 bits.
- ✓ Les trois derniers chiffres permettent d'identifier précisément le PIC, ici c'est un PIC de type 877.

✓ La lettre A indique la fréquence d'horloge de 20 MHz.

Le microcontrôleur PIC 16F877 est devenu un microcontrôleur très populaire dans l'électronique loisir. Sa simplicité, son prix, et l'accessibilité des outils de programmation peuvent expliquer sa popularité.

II.4.2 La famille des PIC 16F877A : [30]

- **Base-Line** : ils utilisent des mots d'instruction de 12 bits.
- **Mid-Range** : ils utilisent des mots d'instruction de 14 bits.
- **High-End** : ils utilisent des mots d'instruction de 16 bits.

II.5 Structure générale de PIC16F877A

II.5.1 Microprocesseur : [31]

Un microprocesseur exécute séquentiellement les instructions stockées dans la mémoire programme. Il est capable d'opérer sur des mots binaires dont la taille, en bits, est celle du bus des données (parfois le double pour certains Microcontrôleurs). Il est généralement constitué des éléments suivants :

- Un ou plusieurs registres **accumulateurs** contenant temporairement les opérandes ainsi que les résultats des opérations,
- Des **registres auxiliaires** permettant de relayer les accumulateurs,
- Des **registres d'index** pour le mode d'adressage indirect,
- Un **compteur programme** pointant l'adresse de la prochaine instruction à exécuter, sa taille est celle du bus des adresses,
- Une unité arithmétique et logique (**ALU**) permettant d'effectuer des opérations entre l'accumulateur et un opérande,
- Un **registre code condition** indiquant certaines particularités en ce qui concerne le résultat de la dernière opération (retenu, zéro, interruption...).

Il existe 2 catégories de microprocesseur : les CISC et les RISC.

II.5.2 Caractéristiques de la CPU : [32]

- CPU à architecture RISC (8 bits)
- Une mémoire vive de 368 Octets.
- Une mémoire morte EEPROM pour la sauvegarde des données de 256 Octets.
- Une Mémoire programme Flash de 8 Kmots de 14 bits.
- 14 sources interruptions.
- Horloge de type RC ou quartz (jusqu'à 20 MHz)
- 05 ports d'entrée sortie
- Fonctionnement en mode Sleep pour réduction de la consommation,
- Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ou 5V.
- Possibilité aux applications utilisateur d'accéder à la mémoire programme.

II.5.3 Caractéristiques des périphériques :

- Timer0 : Timer/Compteur 8 bits avec un pré diviseur 8 bits
- Timer1 : Timer/Compteur 16 bits avec un pré division de 1, 2, 4, ou 8 ; il peut être Incrémenté en mode veille (Sleep), via une horloge externe,
- Timer2 : Timer 8 bits avec deux diviseurs (pré et post diviseur)
- Deux modules « Capture, Compare et PWM » :
 - Module capture 16 bits avec une résolution max. 12,5 ns,
 - Module PWM avec une résolution max. 10 bits.
- Convertisseur A-N multi-canal (8 voies) avec une conversion sur 10 bits[32]
- Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART/SCI).
- Une interface de communication série synchrone (SSP/SPI et I2C).
- Une tension d'alimentation entre 2 et 5.5V[31][33]

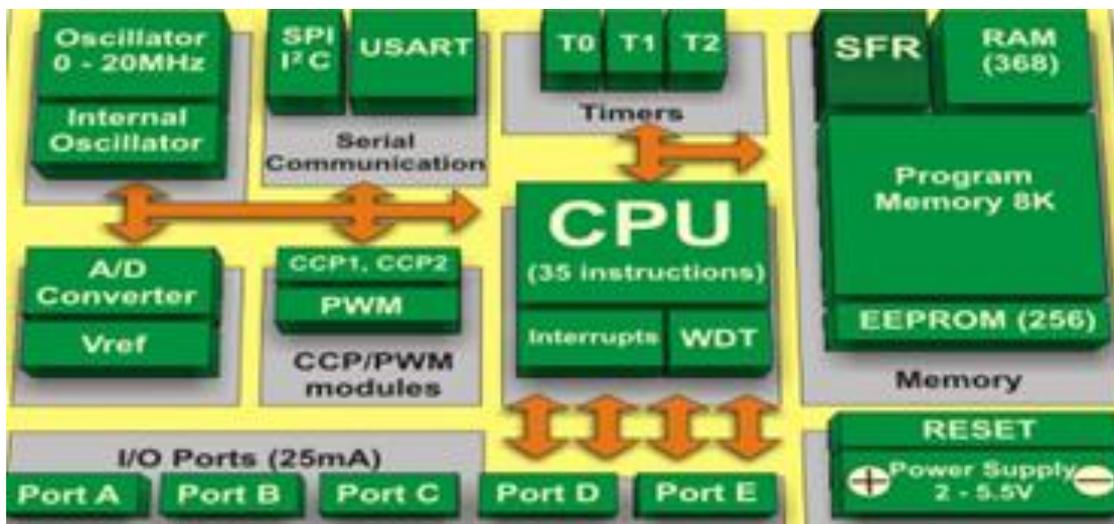


Figure II.1: Architecture interne du PIC 16F877A [34]

II.6 Architecture de PIC16F877A [35]

Le PIC16F877 est un circuit intégré de 40 broches : Le boîtier ci-contre décrit l'architecture externe du 16F877 qui comprend 40 pins dont :

- 33 pins d'entrées/sorties multiplexées avec d'autres fonctions.
- 4 pins pour l'alimentation: VDD et V_{SS}
- 2 pins pour l'oscillateur: OSC0 ET OSC1
- 1 pin pour le RESET: MCLR

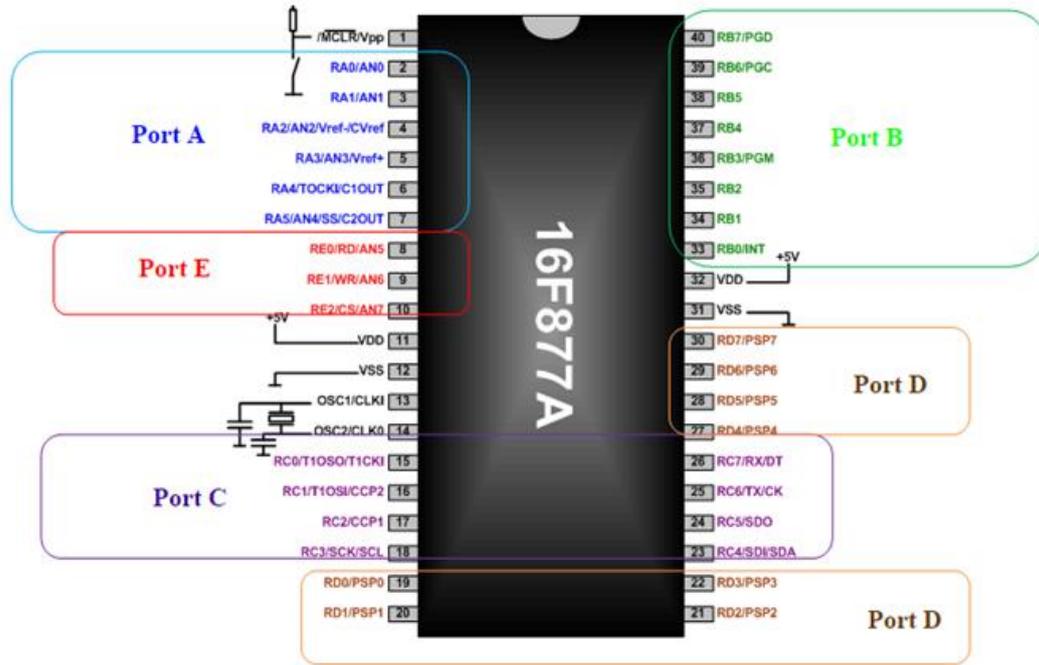


Figure II.2: Les 40 broches de PIC 16F877A [36]

II.6.1 L'alimentation V_{DD} et V_{SS} : [30]

L'alimentation du circuit est assurée par les pattes V_{DD} et V_{SS} . Elles permettent à l'ensemble des composants électroniques du PIC de fonctionner. Pour cela on relie V_{SS} (Patte 12) à la masse (0 Volt) et V_{DD} (patte 11) à la borne positive de l'alimentation qui doit délivrer une tension continue comprise entre 3 et 6 Volts.

II.6.2 L'oscillateur : [37]

Des broches permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du PIC. On peut utiliser 3 types d'oscillateurs : Un quartz ou résonateur céramique, Un oscillateur externe, Un réseau RC.

II.6.3 Ports d'entrées/sortie : [32]

Le PIC 16F877 dispose de 5 ports :

- Port A : 6 pins I/O numérotées de RA0 à RA5.
- Port B : 8 pins I/O numérotées de RB0 à RB7.
- Port C : 8 pins I/O numérotées de RC0 à RC7.
- Port D : 8 pins I/O numérotées de RD0 à RD7.
- Port E : 3 pins I/O numérotées de RE0 à RE2.

➤ Port A

Les broches port A, excepté RA4, sont multiplexées, avec les entrées du convertisseur Analogique numérique (AN0. AN4).

La broche RA4 est multiplexé avec l'entrée d'horloge externe du timer0 (RA4/T0CKI). [32]

Registre TRISA : TRISA=1 : les lignes du PORTA sont configurées en ENTREES, et le driver de sortie est placé en haute impédance. **TRISA=0** : les lignes du port sont configurées en SORTIES.[33]

➤ **Port B**

Hors de sa fonction principale autant que ports d'entrées/sorties, on note le pin RB0 qui en configuration d'entrée est de type « trigger de Schmitt » quand elle est utilisée en mode interruption « INT » ; la lecture simple de RB0 se fait d'une façon tout à fait classique, en entrée de type TTL. Encore il y a (RB3-RB6-RB7) qui peut servir dans la programmation en cas d'absence de programmeur commercial. [38]

Registre TRISB :

Le bit 0 du **PORT B** peut également être utilisé comme entrée d'interruption externe. Le choix du front de déclenchement se fait en configurant le bit 6 du registre **OPTION**.[39]

➤ **Port C**

Le port C est partagé avec liaisons, les timers 1 et 2 et les modules CCP.[38][39]

-Registre TRISC :

La configuration de direction se fait à l'aide du registre **TRISC**, positionner un bit de **TRISC** à 1 configure la broche correspondante de **PORTC** en entrée et inversement. Au départ toutes les broches sont configurées en entrée.[39][35]

➤ **Port D**

En plus de leur utilisation comme PORTS E/S; les ports D et E, permettent au Microcontrôleur de travailler en mode PSP (Parallèle Slave Port) c'est-à-dire, qu'il peut être interfacé avec un autre microprocesseur. Dans ce cas le PORTD représente le bus de données et le PORTE les signaux de contrôle (RD\, WR\ et CS\).

Le PORTE peut être aussi, configuré en mode analogique pour former avec le PORTA les 8entrées du convertisseur analogique numérique. [32]

-Registre TRISD :

Le **PORTD** peut être utilisé dans un mode particulier appelé " parallèle slave port " pour cela il faut placer le bit 4 (PSPMODE) de **TRISE** à 1. Dans ce cas les 3 bits de **PORTE** deviennent les entrées de control de ce port (RE, WE et CS)[39][35]

➤ **Port E**

Par défaut, le PORTE est configuré comme port analogique, et donc, comme pour le Port A. [32]

-Registre TRISE :

Les 3 bits de **PORTE** peuvent être utilisés soit comme E/S numérique soit comme entrées analogiques du CAN. La configuration se fait à l'aide du registre de configuration ADCON1. [30]

II.7 Les éléments de bas du PIC 16F877A

II.7.1 Cadencement du PIC (horloge):[32]

Le PIC 16F877A peut fonctionner en 4 modes d'oscillateur.

- LP : Low Power Crystal : quartz à faible puissance.
- XT : Crystal/Resonator : quartz/résonateur en céramique.
- HS : High Speed crystal/resonator : quartz à HF en céramique HF.
- RC : Circuit RC (oscillateur externe).

Dans le cas du 16F877A, on peut utiliser un quartz allant jusqu'à 20MHz relié avec deux condensateurs de découplage, du fait de la fréquence importante du quartz utilisé. Quel que soit l'oscillateur utilisé, l'horloge système dite aussi horloge instruction est divisé à l'entrée du PIC par 4. Avec un quartz de 20 MHz, on obtient une horloge instruction de 5 MHz, soit alors la durée écoulée pour exécuter une instruction est de 0,2µs.

II.7.2 L'ALU et l'Accumulateur W :[40]

L'ALU est une Unité Arithmétique et Logique à 8 Bits qui réalise les opérations arithmétiques et logique de base. L'accumulateur W est un registre de travail 8 bits, toutes les opérations à deux opérandes passent par ce registre. On peut avoir : Une instruction sur un seul opérande qui est en général un registre situé dans la RAM, Une instruction sur 2 opérandes. Dans ce cas, l'un des deux opérandes est toujours l'accumulateur W, l'autre peut être soit un registre soit une constante. Pour les instructions dont un des opérandes est un registre, le résultat peut être récupéré soit dans l'accumulateur, soit dans le registre lui-même. Relativement à cette complication appelé programmation en assembleur, une interface a été crée pour palier cette complication. De nos jours, c'est langage C qu'est utilisé.

II.7.3 Les mémoires de PIC :

Les mémoires sont de trois types différents :

II.7.3.1 La mémoire FLASH :[26]

Mémoire morte FLASH C'est la mémoire programme proprement dite. Chaque case mémoire unitaire fait 14 Bits. La mémoire FLASH est un type de mémoire stable, réinscriptible à volonté. C'est ce nouveau type de mémoire qui a fait le succès de microprocesseur PIC. Dans le cas du 16F877A, cette mémoire FLASH fait 8 K. Lorsque l'on programme en assembleur, on écrit le programme directement dans cette mémoire

II.7.3.2 La RAM :[41]

Les mémoires RAM (Random Access Memory) statiques, ou SRAM, sont constituées de cellules accessibles, en mode normal, en lecture et en écriture. Elles sont utilisées dans certains circuits programmables complexes pour conserver la configuration (qui définit la fonction réalisée) du circuit. Ces mémoires sont volatiles.

II.7.3.3 La mémoire EEPROM :[39]

EEPROM est une mémoire de stockage de données. Sur le PIC 16F877, il y a 256 octets d'EEPROM disponibles. Ces données restent stockées dans cette sorte de mémoire même à l'absence de l'électricité. L'opération de l'écriture et stockage prend une certaine durée. Pour

cette raison, une instruction d'interruption est réservée pour permettre de ne pas perdre de temps inutilement. [39]

II.7.4 Timers : notre PIC possède 3 timers sont :

II.7.4.1 Le Timer0 (8bits) :

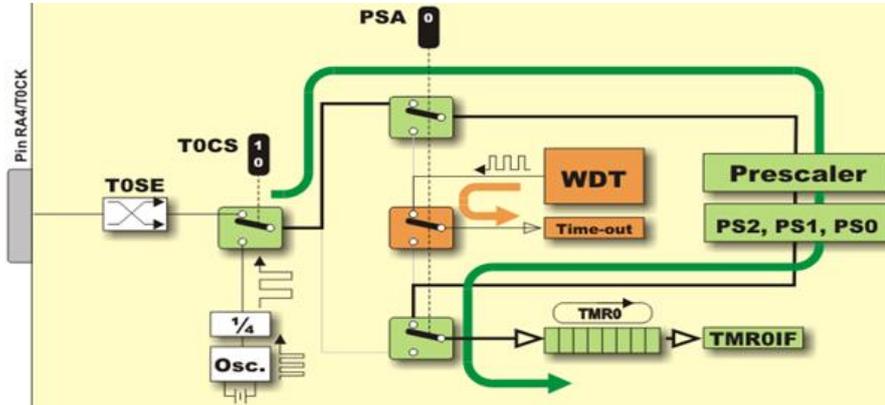


Figure II.3: Fonctionnement de timer0[31]

Registre OPTION :

OPTION_REG	R/W (1)	Features						
RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	Bit name
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	

C'est un compteur de 8bits comptant les impulsion à son entrée parvenant du signal horloge après avoir passé par un diviseur de fréquence programmable (Prescaler) dont le rapport DIV est fixés par les bits PS0, PS1 et PS2 du registre OPTION_REG[25][35].

II.7.4.2 Le Timer1 (16 bits) : [39][36]

C'est compteur de 16 bits subdivisé en deux compteurs de 8 bits TMR1H et TMR1L, respectivement comprenant les 8 bits de haut poids et les 8 bits de basse poids de tel sorte les trois modes sont utilisable dans le programme.

Il peut être incrémenté soit par l'horloge interne par des impulsions sur la broche T1CKI/RC0 ou par un oscillateur (RC ou quartz) connecté sur les broches T1OSO/RC0 et T1OSI/RC1.

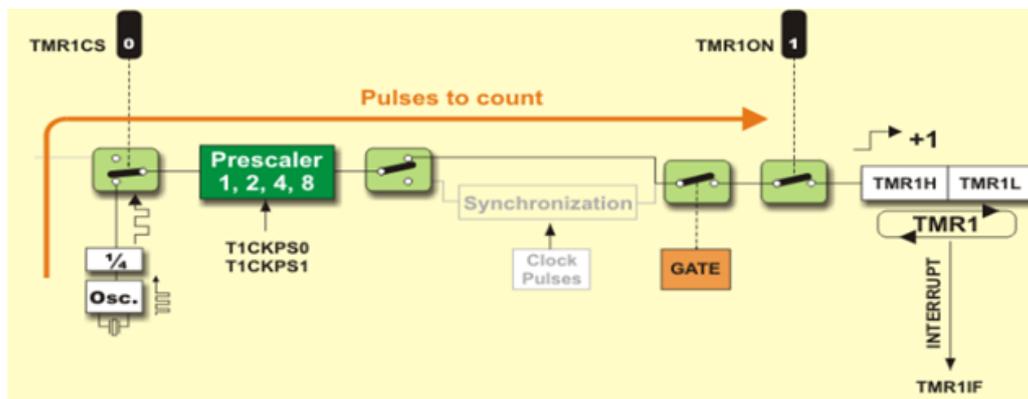
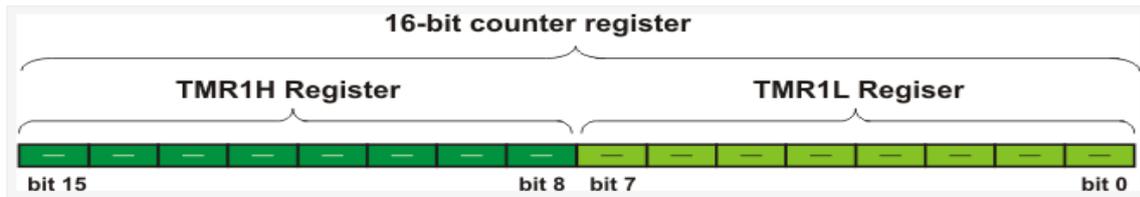


Figure II.4: Fonctionnement de timer1 [33]



Le registre T1CON : Sélection du pré diviseur placé avant le TIMER. Au reset : T1CON = 00000000 ; T1CKPS1 T1CKPS0 : Bits Sélection du pré diviseur placé avant le TIMER. [31]

II.7.4.3Le Timer2 (8bits) :[36]

Est un compteur de 8 bits tout comme le TMR0 et TMR1L, mené d'un diviseur de fréquence mais il se distingue par l'option suivante : pour le TMR0 et TMR1, le comptage se initialise après un débordement quant au le TMR2 il se initialise à une valeur préalablement choisi, une valeur stockée dans le registre PIR2.

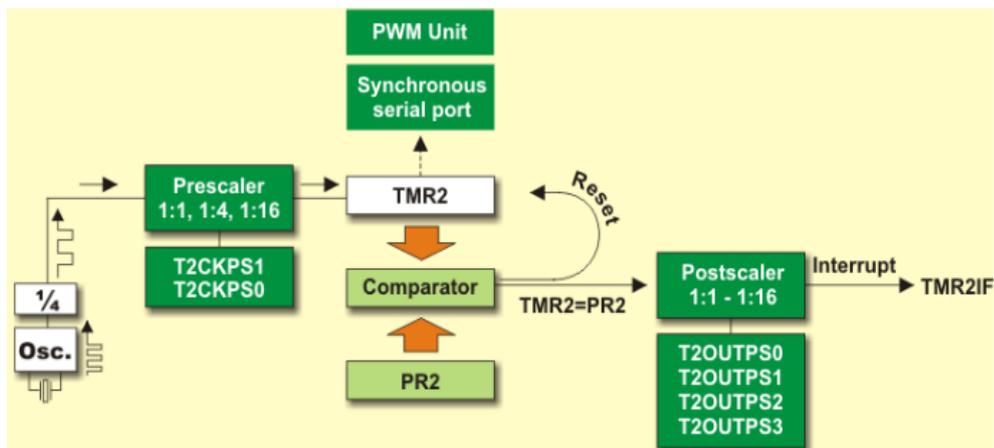
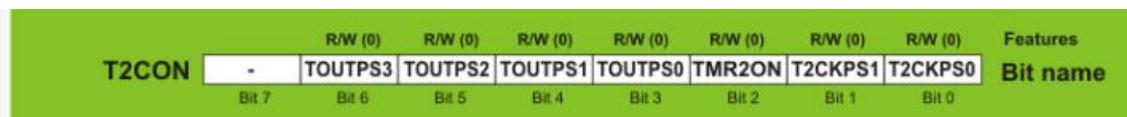


Figure II.5: Fonctionnement de timer2 [35]

Registre T2CON :

Ce registre active et programme le comptage



TOUTPS : Programmation du Post diviseur 2..**TMR2ON :** mise en service du Timer 2..**T2CKPS :** Programmation du pré diviseur 1. [31]

II.7.5Interruption : [39][42]

Une interruption comme le nom l'indique, elle interrompt le déroulement d'exécution du programme pour aller vers un programme situant dans le programme dit d'interruption. Ce programme est enregistré hors le programme principal. A la fin que soit exécuter, le pointeur reviens vers l'instruction où il a été interrompu.Toute interruption, est lui associé deux bits dans les registres de configuration, le premier bit concerne la distinction tandis que le deuxième est

appelé drapeau, se dernier est lié exclusivement à la condition de la manifestation de l'interruption. Concernant le μ PIC16F877A, les interruptions sont classées en deux catégories, les interruptions primaires et les interruptions périphériques.

- Toutes les interruptions sont activées ou désactivé par le bit INTCON.GIE
- Toutes les interruptions périphériques sont activé ou désactiver par le bit INTCON.PEIE.

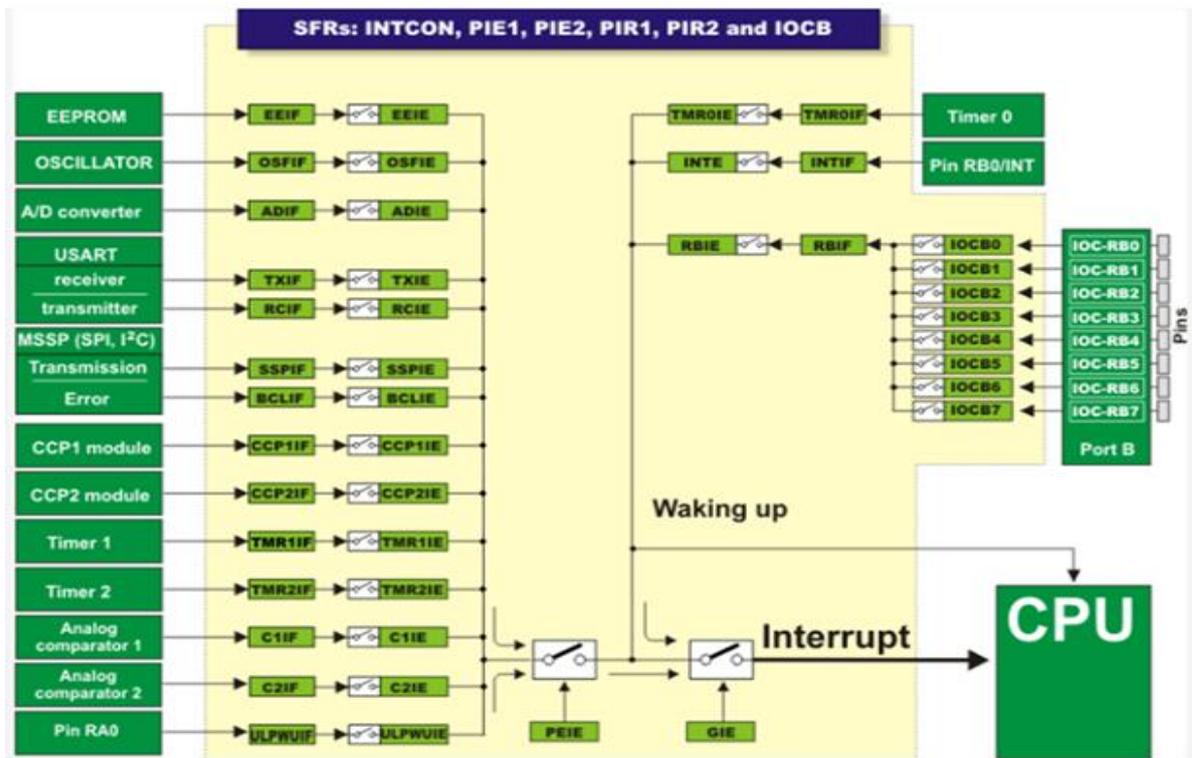


Figure II.6:plan d'interruption [37]

Registre INTCON :[42][44]

INTCON est un registre général de configuration d'interruption. Il contient des bits de configuration d'interruption et les drapeaux correspondant.

BIT 7	BIT 0						
GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

Au reset : INTCON = 0000000X

- Bit 7 : GIE** (1= Autorise /0 = Désactive toutes les interruptions non masquées)
- Bit 6 : PEIE** (1= Autorise /0 =Désactive les interruptions causées par le périphériques)
- Bit 5 : TOIE** (1= Autorise /0 = Désactive les interruptions du Timer TMR0)
- Bit 4 : INTE** (1= Autorise /0 = Désactive les interruptions sur la broche : PB0/IRQ (pin6))
- Bit 3 : RBIE** (1=Autorise /0 = Désactive les interruptions par changement d'état de PB4 à PB7)
- Bit 2 : TOIF** (1= Le Timer a débordé/0 = Le Timer n'a pas débordé)

Bit 1 : INTF (1 = Une interruption sur la broche PB0/IRQ (pin 6) est survenue /0 = Pas d'interruption sur la broche PB0/IRQ (pin 6))

Bit 0 : RBIF (Ce flag doit être remis à zéro par programme).[42][31]

II.7.6 Chien de garde (WDT) : [43]

Un chien de garde est un circuit électronique ou un programme utilisé en électronique numérique pour s'assurer qu'un automate ou un ordinateur ne reste pas bloqué sur une étape de traitement qu'il effectue. C'est une fonction destinée à redémarrer le système, si une instruction définie n'est pas exécutée dans un délai imparti

II.8 Convertisseur Analogique/Numérique (A/N)

Le CAN est un périphérique intégré destiné à traduire une tension (Volts) en un mot numérique de 10 bits (1024 niveaux), les bits des portes A et E sont désignés par cette fonction et peuvent aussi fonctionner comme tout les bits des portes B, C et D. la fonction des ports A et E sont désignés par la configuration. Cette mesure de la variable physique est utilisée par le programme.

Le registre destiné à recevoir la conversion est de 16 bits, seulement 10 Bits sont à considérer. Soit les dix premier ou les dix derniers, cela est désigné respectivement par l'état du bit ADCON1.ADFM (0, 1).

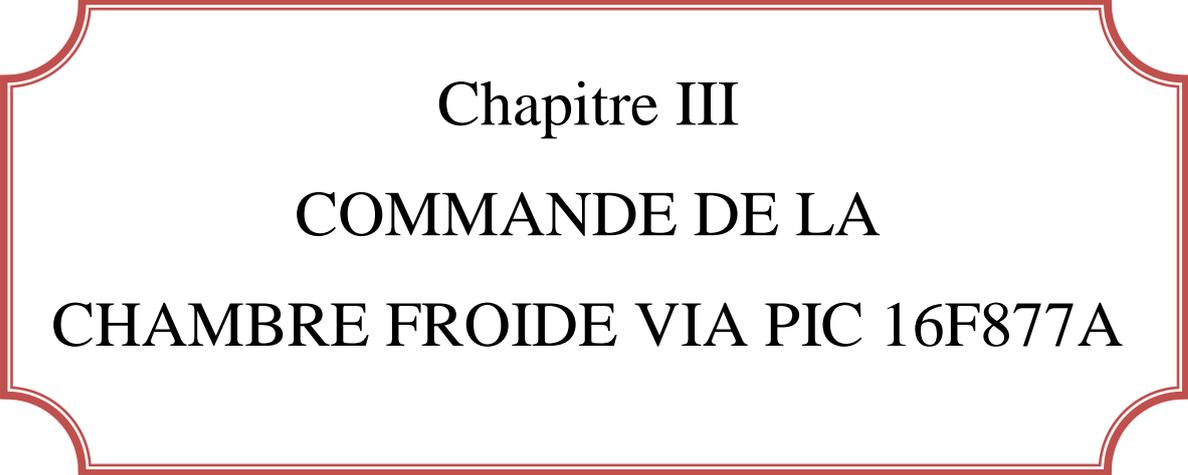
ADFM	ADCS2	--	--	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
------	-------	----	----	-------	-------	-------	-------

Des capteurs comme ceux de la température, leurs agitations thermiques sont limitées entre deux valeurs, inférieur à 5 V et supérieur à 0 V. Afin de mieux utiliser le microcontrôleur, un registre de configuration (ADCON1) est désigné à en tenir compte. Exemple, pour la combinaison 1000 pour les bits b0, b1, b2, b3 du registre de configuration ADCON1, nous introduisons la tension min au Pin2 et la tension max au Pin3 du port A et E, les autres pins sont configurés en analogique. [43][32]

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donnée une description détaillée du microcontrôleur 16F877A. La facilité de le programmer en langage C et ses options tel que l'interruption, la transformation analogique numérique et le nombre important de pin à configurer donne une meilleur possibilité de réussir notre commande à base de cet élément.

Dans le chapitre suivant, nous allons mettre en évidence une planification de commande du système frigorifique. Une réalisation de cette commande sur un système simulant le système réel afin de montrer la réussite de notre programme de commande. Pour cela des logiciels vont être utilisé tel que : ISIS PROTEUS, MIKROPIC PRO et MINI PRO.

A decorative red border with a double-line effect and rounded corners, enclosing the text.

Chapitre III
COMMANDE DE LA
CHAMBRE FROIDE VIA PIC 16F877A

CHAPITRE III

COMMANDE DE LA CHAMBRE FROIDE VIA 16F877A

III.1 Introduction

La machine (source de froid) a été expliquée en détails dans le chapitre I, caractérisé par : plusieurs capteurs dont la mesure devra être saisie et traitées et par un fonctionnement séquentiel de ses différents éléments. La conclusion tirée a été : il faut lui associer un système automatique pour gérer son fonctionnement.

Dans le chapitre II, nous avons représenté un microcontrôleur comme étant un outil performant de gestion des systèmes avec ses étonnantes options tel que : (1) la virtualité des organes internes (schéma électrique parlant) et leurs nombre important qui peut se multiplier par le nombre de PIC associé en esclave avec le PIC principale. (2) L'importance de ce nombre d'organes internes et virtuels, nous mène à une importante économie en achat de ses organes (relai normal relai thermique et autres.....) et du câblage qui se complique quand le nombre de ces organes internes deviennent important. (3) la durée d'exécution de l'instruction qui peut atteindre 0,2 μ s pour un quartez de 20MHz. (4) convertisseur analogique numérique (sont 8 pour le pic 16F877A) et l'option d'interruption qui s'élève à 5 pour le même PIC.

Dans ce chapitre, nous allons se servir du PIC 16F877A pour gérer la machine. Nous allons montrer en détails le déroulement de cette commande. Les sorties motrices tel que le compresseur, le condenseur, l'évaporateur sont simulé à des moteurs à courant continu de petites puissances, la résistance de chauffage est simulé en une lampe et l'électrovanne à un relai. Cette démarche n'a pour but, qu'à établir un programme en langage C gérant le système frigorifique.

III.2 Démarche de la commande

La gestion d'une commande d'un système passe en premier temps de clarifier en puissance les différents éléments du système et leurs modes d'alimentations. En effet, notre commande va actionner des relais de trois phases et/ou des relais monophasé de puissance correspondant à chaque élément du système frigorifique. Ce système, se constitue en ses parties essentielles.

- 1- Compresseur alimenté en triphasé
- 2- Condenseur
- 3- Evaporateur
- 4- Electrovanne
- 5- Resistance chauffante

Les relais de commande ainsi spécifiés, demande un courant plus important à ce que peut offrir un microcontrôleur, alors des Mosfets ont pris place entre la petite puissance et la grande

puissance comme interface. Le choix des mosfet est justifié par le fait, qu'il n'offre aucun courant sur la gâchette pour fermer le circuit de puissance, juste application du champ électrique de 5V d'alimentation pour assurer la conduction.

Le cœur du ce circuit de commande est un microcontrôleur pic 16f877A. Ce choix est justifié par la facilité de programmation et par la grande économie de se épargner de l'achat et câblage de vrais organes internes. Dans le pic, tous les organes sont virtuels et du nombre qui peut se multiplier en ajoutant d'autres pic en esclave.

Ce pic est doté de 3 ports numériques (B C D) de 8 bits et un port A qui peut être analogique ou numérique selon la configuration.

Ce pic s'alimente par 5 V et 0V sur les pins 9 et 10 ; aussi il fonctionne avec le signal carré à partir d'un oscillateur ou quartz sur les pins 11 et 12. Le MCR (rest) sur le pin 1.

Nous avons utilisé un TMP36 pour mesurer de température agissant sur le pin A0 et un mécanisme de mesure de pression sur le pin A1.

Le mode de fonctionnement de la chambre froide nécessite des interventions sous conditions tel que :

- 1- mise en marche et arrêt de l'électrovanne
- 2- mise en marche et arrêt du compresseur
- 3- mise en marche et arrêt de l'évaporateur
- 4- mise en marche et arrêt du condenseur
- 5- mise en marche du chauffage (présenté par cette lampe)

Pour ces interventions, on a configuré les pins B4,B5,B6,B7 du port B comme entrées d'interruption, chaque pin est connecté au potentiel 5 V via une résistance d'une part puis d'autre part il est connecté à la masse à travers l'action sur le bouton poussoir. Les pins B0,B1,B2,B3 du port B et B0,B1,B7 du port C sont configurés en sorties de commande.

Un LCD 2/16 est configuré afin de mettre au courant de ce qui se passe dans le système, il est raccordé au pin du PORT D du pin 2 au pin 7.

III.3 Déroulement de la commande

Actionnons le BP1 (marche Arrêt du système), ce bouton introduit une interruption sur le pin Portb.b0, cette interruption fait inverser l'état du système, s'il était en marche (portc.b0=1 ; portc.b1=0) alors il s'arrête et vice versa. A ce moment là, on suppose que la température n'a pas encore atteint le niveau haut de la consigne (réglée au préalable), alors elle l'atteint après une durée liée au contenant de la chambre. Cette variable de température est relevée d'une façon continue à partir d'un TMP36 offrant l'information au microcontrôleur à travers son entrée de conversion analogique numérique A0. Une fois la limite de la température est atteinte, l'électrovanne s'ouvre sous l'action du pin Portb.b1 qui agit sur la gâchette du Mosfet alimentant cette électrovanne. Par la suite, l'évaporateur commence à tourner actionné par le pin portb.b2. La pression augmente du fait que le gaz entre dans cette partie et ne continue pas son parcours en circuit fermé. Un BP2 s'actionne sous l'effet du seuil de la basse pression atteinte.

Ce BP2 est relié au pin d'interruption portb.b4 où l'instruction relative à cette interruption, est de donner un « 1 logique » au portb.b3. Ce pin est relié à la gâchette du Mosfet alimentant le compresseur. Ainsi ce dernier commence à compresser le gaz dans la partie Hp. Par conséquent, la pression augmente dans cette partie jusqu'au seuil de la haute pression, à cette valeur de pression, le gaz actionne le Bp3, ce bouton, actionne l'interruption à travers le pin portb.b5. Cette interruption faisant marcher le condenseur en basculant le pin portc.b4 à « 1 logique ». Désormais, la fonction frigorifier a commencé.

Si la température atteint la consigne, (information accédée à partir de la mesure effectuée en continue par le TMP36 est offert au Pic à travers A0, le Pic ferme l'électrovanne, provoquant la baisse de la pression, cette chute de pression devenant au dessous de P_{MIN} , actionne le BP2 faisant arrêter le compresseur. Par la suite la pression du gaz, chute du côté condenseur, actionnant le BP3, ce dernier arrête le condenseur. Après un moment préalablement défini, l'évaporateur s'arrête.

Pendant le fonctionnement, si du givre s'accumule à l'entrée de la chambre, les ailettes s'écartent entre relativement entre elles actionnant le bouton BP5, ce dernier est relié au pin d'interruption portb.b6 dont l'instruction est : (1) de basculer à zéro le pin du portb.b2 pour stopper l'évaporateur ; (2) de donner au pin portc.b4 le « 1 logique » où se dernier est connecté à un relai adapté à la puissance des PIC, interrupteur de l'alimentations de la résistance chauffante ; (3) attendre une durée de 10 s pour mettre à zéro le portc.b4, ainsi la phase de dégivage est achevé ; (4) aucune action sur quoi que se soit pendant 10 s, cette phase est nommée Séchage où les gouttelettes d'eau partent vers l'extérieur de la chambre à travers un conduit spécialement installé pour cette fonction ; (5) donner au portb.b1 « 1 logique » pour démarrer l'évaporateur.

❖ Programmation des capteurs

Il s'agit dans ce travail de créer une installation de commande d'une chambre froide, celle-ci, se base sur la conversion analogique numérique de deux grandeurs physiques (température et pression).

• Capteur de température

La conversion analogique numérique de la température est récupérée à partir du capteur TMP36 Le capteur TMP36, est un capteur de température de basse température et de précision qui se présente sous la forme d'un petit transistor il peut mesurer des températures allant de -50°C à $+150^{\circ}\text{C}$ et que la tension de sortie est totalement indépendante de l'alimentation du TMP36. Il est très pratique et utile pour les projets électroniques

Ce capteur est caractérisé par le graphe ci-dessous, où on peut distinguer les deux valeurs extrêmes de tension (0,15 V 1,7 V) correspondant respectivement aux températures (-25°C 125°C).

Deux méthodes sont possibles afin de relever la valeur de la température :

- 1- Configurer le Registre ADICON1 en 1011 pour les bits b3 b2 b1 b0 ; introduire les potentiels 0,2 V et 1,8 V respectivement aux pins portA.b3 et portA.b2 du port A.

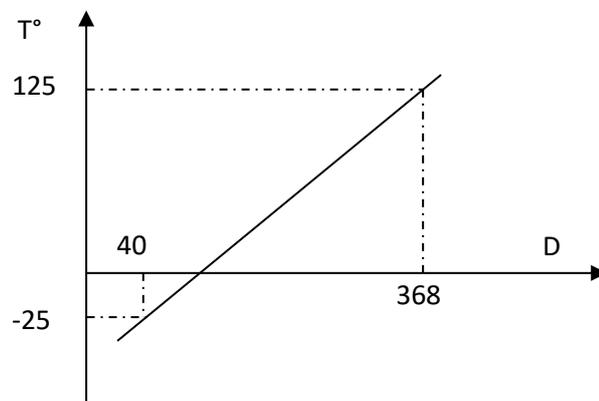
De cette façon, le capteur pression subira le même protocole.

bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '0'bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

Figure III.1: Table de configuration des ports analogiques convertisseurs A/N [28].

2- Alimenter le capteur avec (0V, 5V) et procéder à un calcul de transformation tel que :



$$\begin{aligned} 5V &\rightarrow 1023 \\ 1,7V (125^\circ C) &\rightarrow \text{soit } 368 \end{aligned}$$

De même :

$$\begin{aligned} 5V &\rightarrow 1023 \\ 0,15V (-25^\circ C) &\rightarrow \text{soit } 40 \end{aligned}$$

A partir des deux points ainsi obtenues on détermine la fonction $T=f(D)$

Tel que :

T : température en degrés

D : température en binaire

$$T[^\circ C] = 0,52 D - 55 \quad (1)$$

Pour la simulation, on a opéré différemment, on a excité le potentiomètre par la tension (1,7 Volt comme potentiel élevé et 0,15 Volt comme potentiel bas. Cette opération nous permet d'avoir une large plage de manipulation.

• Capteur de pression

Concernant la mesure de pression, le cas est relatif à la raideur du ressort à boudin. Cette conversion analogique numérique de la pression est réalisée par une installation d'une action sur un piston 1, emprisonnant de l'air 2 sur un autre piston mobile 3. Ce dernier faisant pression sur un ressort à boudin 4. La tige 5 du piston 2, se glisse à l'intérieur d'un support 6 bloquant le ressort à boudin. L'extrémité de cette tige 5, est fixée sur une courroie 7 enroulant au tour de deux axes 8 et 9. Cette courroie 7 à pour rôle de transformer la translation de la tige 5 en rotation des deux axes 8 et 9. L'axe 9, entraîne la rotation de l'axe d'un potentiomètre 10. De cette façon, on transforme la variation de la longueur du tube (gaz) en variation de la tension aux bornes du potentiomètre.

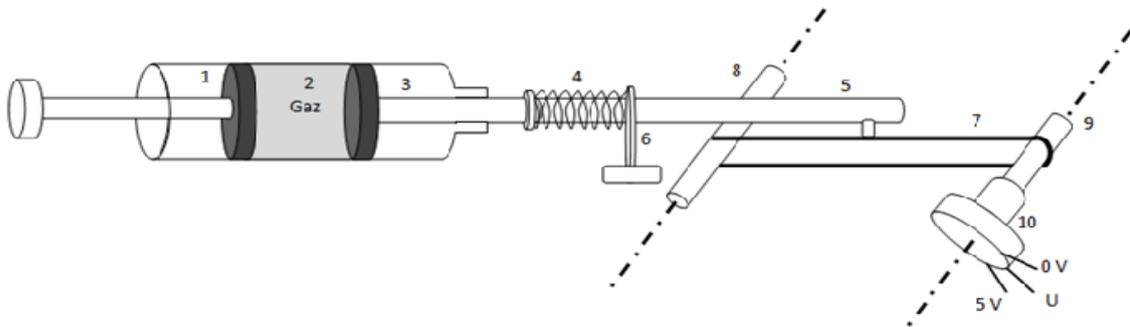


Figure III.2: mécanisme de transformation de la grandeur physique pression en tension électrique.

1 : Piston ; 2 : gaz ; 3 piston ; 4 ressort à boudin ; 5 tige du piston 2 ; 7 : courroie ; 8 & 9 : axes de rotation ; 10 : potentiomètre.

Afin de calibrer, cette transformation, on travaille à température constante.

Position initiale à $P=1 \text{ Atm}$, la tension relevée est U_0 .

Soit alors le couple PU demeure constant tend que la température est constante.

Pour notre cas d'application : $P_0=1\text{Atm}$ équivaut à $U_0=2,35 \text{ Volts}$ pour $T=23^\circ\text{C}$ (soit $296 \text{ }^\circ\text{K}$).

Soit alors, le produit est 2,35.

Afin de contrôler cette grandeur physique, on l'introduit dans le programme sous cette forme :

$$P = \frac{2,35}{U} \quad (2)$$

Cette formule quantifiée ouvre la possibilité de prendre en compte le paramètre température. Soit

Alors :

$$\frac{P U}{T} = cte = 0,008 \quad (3)$$

D'où on peut déterminer la pression en fonction de U et T :

$$P = \frac{0,008 T}{U} \quad (4)$$

Tel que : U [Volts] ; T [$^\circ\text{K}$] ; P [Atm]

III.4 Connexion

Sur le tableau ci-dessous, on montre les connexions entre éléments du circuit est les différents pins du microcontrôleur. Chaque pin connecté, est spécifiée en configuration et la fonction qu'il remplit.

PIC 16F877A		
PORT	Mode	Fonction
Port A		
Porta.b0	Entrée Analogique	C.A.N pour la température
Porta.b1		C.A.N pour la pression
Port B		
Portb.b1	Sortie	Gâchette Mosfet Marche Arrêt électrovanne
Portb.b2		Gâchette Mosfet Marche Arrêt moteur évaporateur
Portb.b3		Gâchette Mosfet Marche Arrêt compresseur
Portb.b0	Entrée D'interruption	Botton poussoir de marche et Arrêt du système
Portb.b4		Botton poussoir de marche compresseur
Portb.b5		Botton poussoir de marche condenseur
Portb.b6		Botton poussoir à dégeler
Port C		
Portc.b0	Sortie	Marche du système
Portc.b1		Arrêt du système
Portc.b4		Gâchette Mosfet Marche Arrêt condenseur
Port D		
Portc.b1	Sortie	Relais Marche Arrêt Resistance de chauffage
Portd.b2	Sortie	Affichage de l'état de fonctionnement dans le LCD
Portd.b3		
Portd.b4		
Portd.b5		
Portd.b6		
Portd.b7		

Tableau II.4: Tableau de connexion et fonction de chaque port du PIC

III.5 Outils de Projet

Afin de concrétiser cette commande, nous avons du utiliser un Pic 16f877A comme l'unité de commande, le logiciel mikropic pro servant à écrire le programme de commande, le logiciel ISIS PROTEUS pour vérifier la fonctionnalité désirée. En fin, le programmeur MiniPro pour transférer l'exécutable du programme établi vers le microcontrôleur.

III.5.1 Schéma de connexion des différents éléments du projet

Le schéma utilisé dans le logiciel ISIS, ne respecte pas le circuit réel du PIC, pour cette raison, nous avons trouvé utile de reproduire le schéma dessiné par ISIS en une figure répondant à la vraie disposition des ports du microcontrôleur.

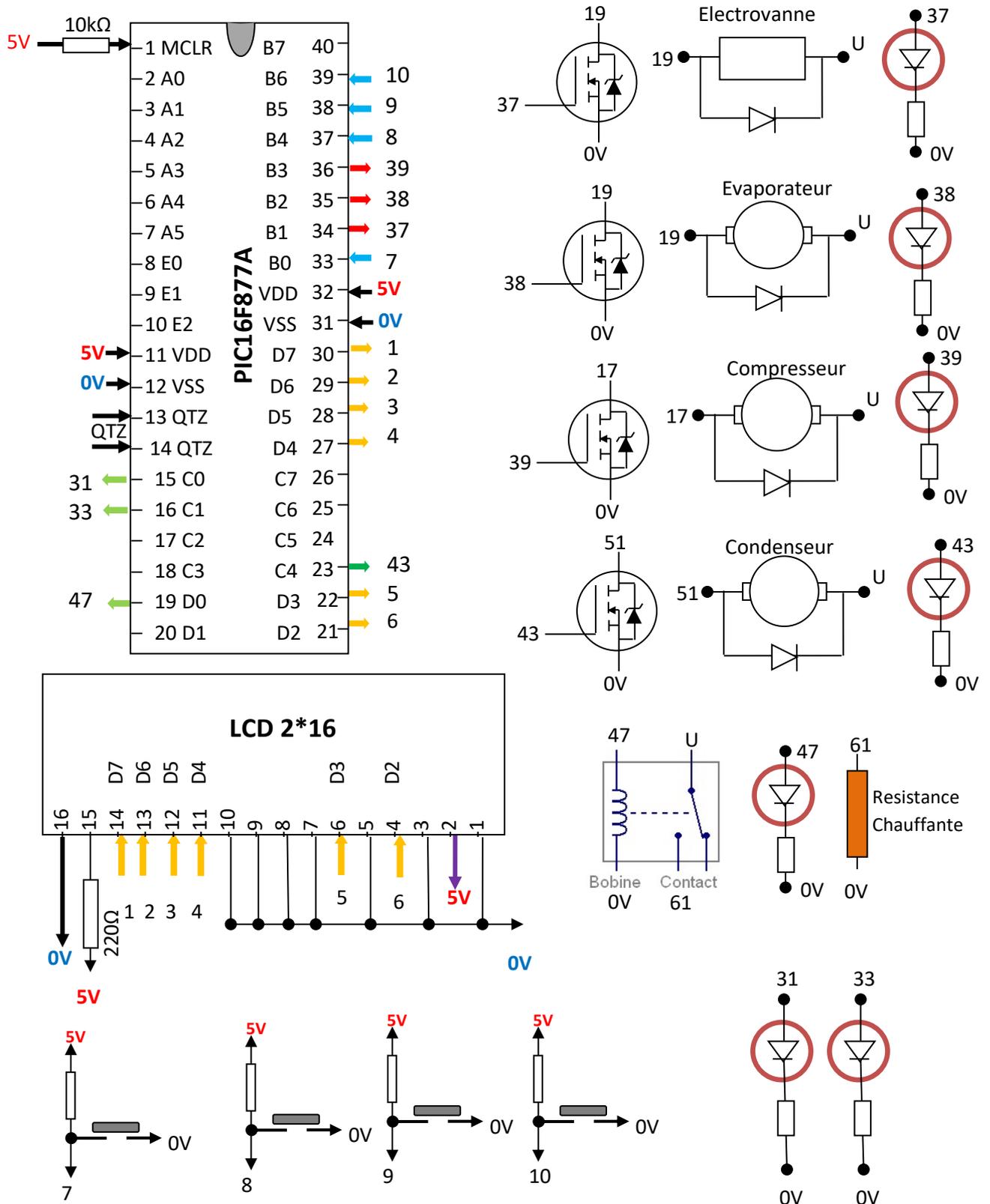


Figure II.3: Schéma de connexion des différents éléments du projet

II.5.2 Organigramme du programme établi

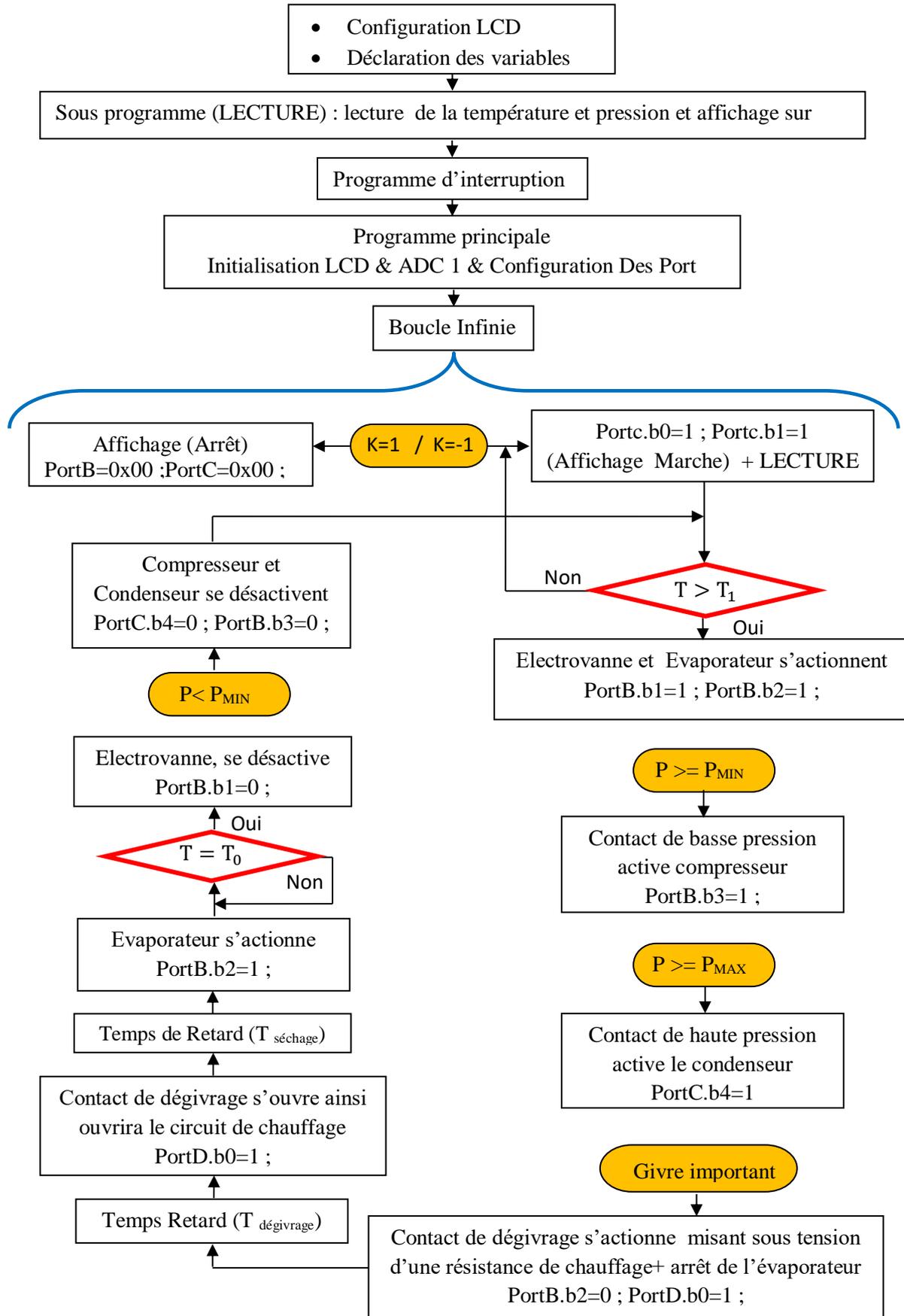


Figure II.4: organigramme de commande d'une chambre froide

II.5.3 Simulation avec ISIS (Proteus):

Isis est un éditeur de schéma qui intègre un simulateur analogique, logique ou mixte. Est un logiciel destiné aux électroniciens où l'étude des circuits est bien réussie. L'intégration des Pic à rendus ce logiciel plus important et plus populaire.

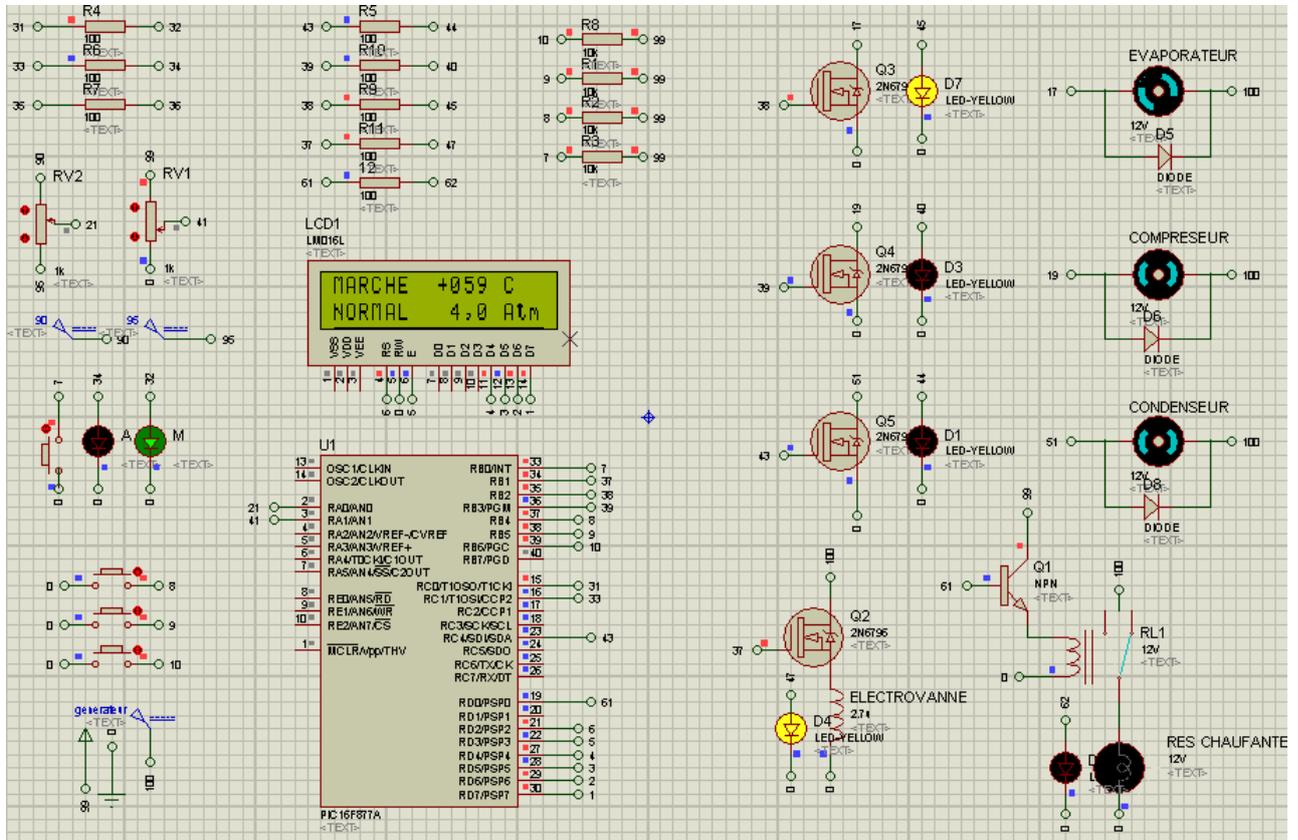


Figure III.5: Plan du projet par le programme (Proteus) Isis

III.5.4 Les composantes du projet

- Microcontrôleur PIC16F877a : est un microcontrôleur dans Le hall technologique.



- LCD: moyen d'affichage



- Oscillateurs à quartz : F=12MHz



III.5.5 Réalisation pratique sur la plaque d'essai :

Réaliser un projet en génie électrique, cette connaissance consiste en un bloc de contrôle basé sur PIC16F877A et le Bloc d'alimentation et led pour le test.

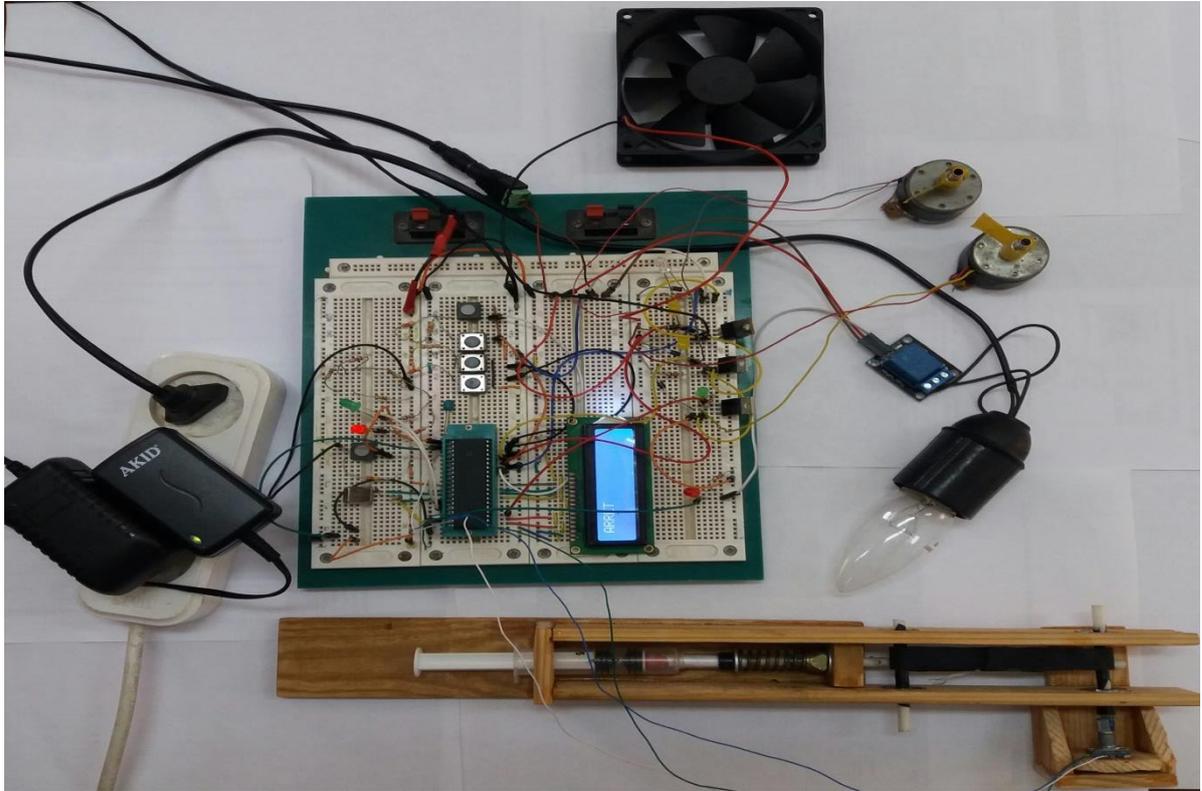
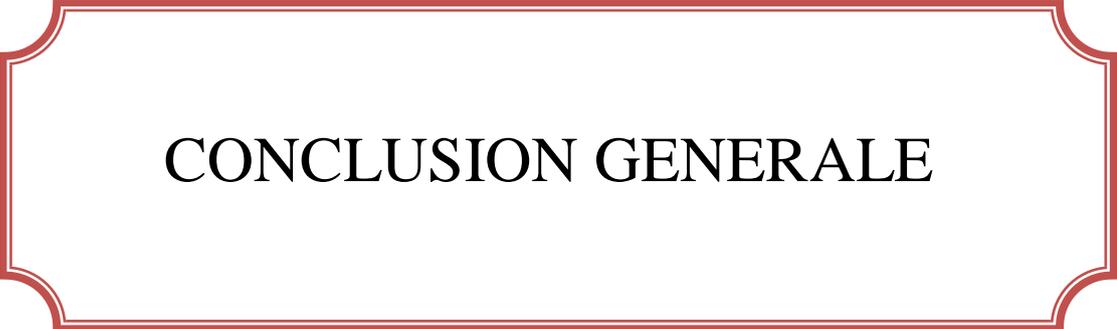


Figure III.6: Installation du circuit électrique sur la carte d'essai

III.6 Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons mis en œuvre un programme en langage C qui a pour tâche de commander le système frigorifique d'une chambre froide. Nous avons simulé les différents moteurs de la chambre en moteurs à courant continu, la résistance chauffante en lampe incandescence et l'électrovanne en relai. Le recours à des logiciels tel que MIKROC PRO, ISIS PROTEUS, MINIPRO PROGRAMMER ont été utile. La réussite de la commande revient à la large plage de manipulation sur les instructions offertes par le langage C.



CONCLUSION GENERALE

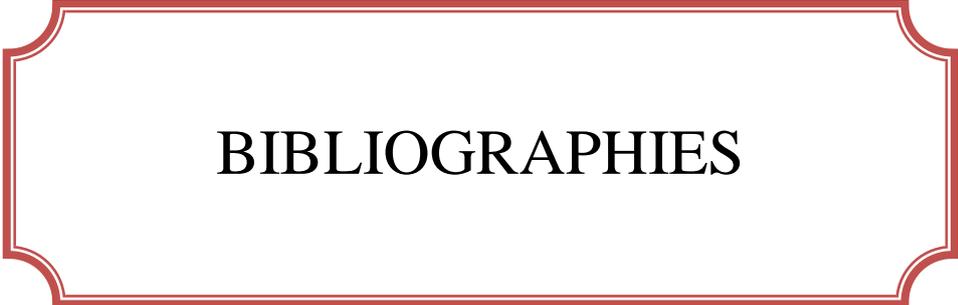
CONCLUSION GENERALE

Le procédé frigorifique, nécessite une suite d'actions séquentielle sur ses différents éléments le constituant. Ainsi un schéma électrique utilisant les différentes organes internes, ont été le support de ce procédé frigorifique. Mais à l'apparition des microcontrôleurs, la commande des procédés, est devenu moins pesante et moins couteuse.

Dans ce contexte, notre projet était d'utiliser un microcontrôleur pour servir une chambre froide. Ainsi dans le premier chapitre, nous avons fait une étude descriptive détaillée sur la chambre froide, la documentation était riche et la compréhension de la machination du système de refroidissement était claire, on a conclu à partir de cette étude, que la procédure est faisable par des moyens qu'on peut procurer sur le marché. On avait deux méthodes à mettre en œuvre pour réaliser cette commande à savoir : la logique câblée et la logique programmée. La première est couteuse et nécessite une armoire plus importante. Quant au la deuxième méthode (logique programmée), ne nécessite qu'un microcontrôleur dont le besoin d'organes internes physiques ne deviennent plus nécessaire, donc moins couteuse.

Dans le deuxième chapitre, il était primordial de donner une description de l'élément principal tel que le microcontrôleur, la documentation sur cet élément était plus importante et les options offert par cet élément sont nombreuse tant tôt pour la basse fréquence tant tôt pour la haute fréquence. Il n'était pas possible d'exposer toutes les options, alors on a juste choisie les options qui nous intéressent dans notre démarche de commande telle que les interruptions et CAN.

Dans le troisième chapitre, et celle qu'est la plus importante, il s'agit de concrétiser cette commande. Evidement, nous n'avions pas besoin du circuit frigorifique, car l'influence de ce dernier sur notre commande n'est que purement physique tels que température et pression. Le principal était, d'écrire un programme en langage C qui répond aux attentes de la procédure frigorifique. On a conclu qu'un seul pic 16F877A qui ne coute que 700 DA, peut remplacer un schéma électrique contenant une centaine d'organes internes avec son dur câblage physique. Comme un travail futur lié à notre travail, c'est de programmer une protection de matériel et de personne en cas d'anomalie de différents éléments du système.



BIBLIOGRAPHIES

BIBLIOGRAPHIES

- [1] : Mr. Abdelghani et Mr. yahyaoui Fayçal, mémoire Master EM « Etude et automatisation d'un compresseur Bitzer d'une installation frigorifique de la margarinerie GO-GB la Belle Bijaya. Edition 2017/2018.
- [2] : Boukerdime Sara, mémoire Master GM « Evaluation des performances d'une machine frigorifique hybride a absorption / éjection ». Edition 2016/2017,
- [3] : Pierre Rapin, Patrick Jacquard, Jean Desmons, Livre « Technologie des installations frigorifiques 9^{ème} édition ». Technologie Et Ingénieur Dunod 2015.
- [4] : Djadi Kamilia, Toudert Saousene, Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master en mécanique énergétique « Caractérisation et conception d'un système de réfrigération », Le 25/06/2015.
- [7] : Mameri Zoheir, Benlebad Benamar, mémoire d'ingénieur en EM, Thème « étude de l'installation frigorifique à ammoniac du complexe Danone Djurdjura Algérie SPA » 2011/2012.
- [13] : Boukerdime Sarra, mémoire d'ingénieur en GM « Analyse du fonctionnement d'une machine frigorifique » 2016/2017.
- [15] : Christophe Coquelet, Thèses pour obtenir le grade de docteur de l'école des Mines de paris « Etude des fluides frigorigènes : mesures et modélisations – pastel » Le 24/10/2003.
- [16] : Robert Therville, Livre « L`A.B.C du Froid 2^{ème} édition ». Édition PYC 2013
- [17] : R. Ouahes B. Devallez, Livre « chimie Générale ». Collection : Sciences Et Techniques 1997
- [21] : Mohamed Mehdi Jatlaoui, Thèse en vue de l'obtention du DOCTORAT de L'Université De TOULOUSE « Capteurs Passifs à transduction Electromagnétique Pour la Mesure Sans Fil de La Pression » Le 20 Avril 2009.
- [26] : Rizoug Abdelaziz Mallache Abdelmalek « contrôle d'une antenne parabolique via un microcontrôleur » Master 2 CUBBAT 2016
- [29] : Archouche Adel, Boussid Sihem, Mémoire De Fin D'étude En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en « Informatique Industrielle » « Etude et réalisation d'une commande automatique de l'éclairage publique à base de microcontrôleur PIC 16F877A » Le 2010/2011
- [33] : Christian Tavernir , « les microcontrôleurs Pic, description et mise en œuvre », DUNOD
- [38] : Les microcontrôleurs Pic, recueil d'application, Christian Tavernir 3^{ème} édition DUNOD 2005.

[39] :Christian Tavernir « Application des microcontrôleurs PIC de Pic10 aux Pic18 », 4^{ème} édition DUNOD 2011.

WEBOGRAPHIES

- [5] :[http://www .Le circuit frigorifique – le guide its.com](http://www.Le-circuit-frigorifique-le-guide-its.com)
- [6] :[http://www.v2-le-circuit-frigorifique \(1\).com](http://www.v2-le-circuit-frigorifique(1).com)
- [8] :[http:// www.compresseur de circuit frigorifique .com](http://www.compresseur-de-circuit-frigorifique.com)
- [9] : [http:// www .détendeur-thermostatique-danfoss-a-visser](http://www.détendeur-thermostatique-danfoss-a-visser)
- [10] : [http:// www.evaporateur .com](http://www.evaporateur.com)
- [12] : [http:// www.e-genieclimatique.com](http://www.e-genieclimatique.com)
- [14]: [http://www. Les fluides frigorigènes.com](http://www.Les-fluides-frigorigènes.com)
- [18]: [http://www.cycle de carnot.com](http://www.cycle-de-carnot.com)
- [19]: [http:// www. Web - marketing- strategy. Com astuces-cuisine/chamber froide- information- supplémentaires. Html](http://www.Web-marketing-strategy.Com-astuces-cuisine/chamber-froide-information-supplémentaires.Html)
- [20]: [http://: www.chambre froide.com](http://www.chambre-froide.com)
- [22] :<https://fr.scribd.com/doc/36434413/Programmation-en-C-du-Microcontrôleur-PIC16F877>
- [23] :http://www.academia.edu/5163800/Chapitre3._microcontrôleur
- [24] :<http://www.univ-eloued.dz/images/memoir/file/M.T-074-01.pdf>
- [25] :[http://www.technologuepro.com/TP-miniprojet-electronique/miniprojet-2- MICROCONTROLEURS-PIC-MICROSHIP.pdf](http://www.technologuepro.com/TP-miniprojet-electronique/miniprojet-2-MICROCONTROLEURS-PIC-MICROSHIP.pdf)
- [27] : <https://fr.scribd.com/doc/33655013/Thermometre-a-Base-du-PIC16F877>
- [28] : Site web : www.microship.com
- [30] :<https://fr.slideshare.net/abdellatifmoubarik/cours-pics16-f877>
- [31] :<http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip2/IMG/doc/Microcontrôleur.doc>
- [32] : <https://fr.scribd.com/doc/33655013/Thermometre-a-Base-du-PIC16F877>
- [34] :<https://fr.scribd.com/doc/36434413/Programmation-en-C-du-Microcontrôleur-PIC16F877>
- [35] :[http://www.technologuepro.com/TP-miniprojet-electronique/miniprojet-2- MICROCONTROLEURS-PIC-MICROSHIP.pdf](http://www.technologuepro.com/TP-miniprojet-electronique/miniprojet-2-MICROCONTROLEURS-PIC-MICROSHIP.pdf)
- [36] :http://www.academia.edu/5163800/Chapitre3._microcontrôleur
- [37] :[http://dSPACE.univ-biskra.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/4999/1/memoire% 20finale.pdf](http://dSPACE.univ-biskra.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/4999/1/memoire%20finale.pdf)
- [40] : <http://oumnad.123.fr/Microcontrôleurs/PIC16F877.pdf>
- [41] :http://www.bhautomation.fr/Download/Automaticiens/Projets_automatisme_2007_S_MO UADH.pdf
- [42] : [http://dSPACE.univ-setif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/986/1/houssem% 20memoire.pdf](http://dSPACE.univ-setif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/986/1/houssem%20memoire.pdf)

[43] : <http://www.univ-eloued.dz/images/memoir/file/M.T-074-01.pdf>

[44] : <http://microautomate.com/pic/interrupts/#sthash.5GXh6Okk.dpuf>



LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Chapitre I :Description d`un système frigorifique

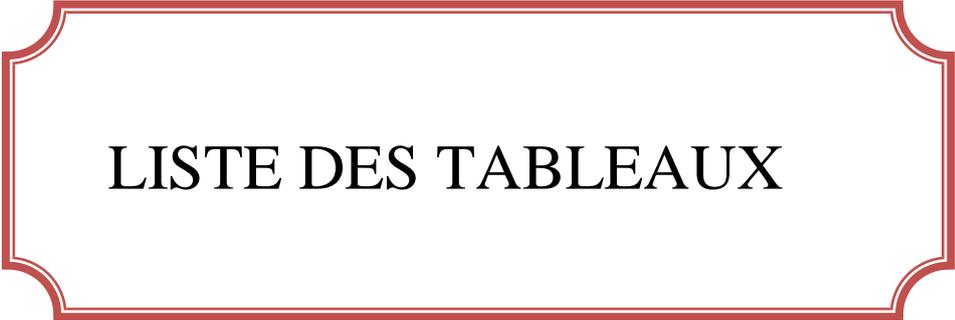
Figure I.1: cuve frigorifique.....	3
Figure I.2: Eléments composant une installation frigorifique ordinaire.....	5
Figure I.3 : Les Familles des Compresseurs.....	6
Figure I.4:Le condenseur.....	6
Figure I.5:Le détendeur.....	7
Figure I.6:L`évaporateur.....	7
Figure I.7: déshydrateur.....	8
Figure I.8: pressostat.....	9
Figure I.9: Réservoir de liquide.....	9
Figure I.10 : bouteille anti-coups.....	9
Figure I.11:Electrovanne.....	10
Figure I.12: Thermostat.....	10
Figure I.13:Résistance de dégivrage.....	10
Figure I.14:Manomètre.....	11
Figure I.15: Thermomètre.....	11
Figure I.16:voyant liquide.....	11
Figure I.17:diagramme de cycle de Carnot.....	13
Figure I.18: chambre froide.....	14

Chapitre II : Description de l`élément de commande PIC16F877A

Figure II.1: Architecture interne du PIC 16F877A.....	21
Figure II.2: Les 40 broches de PIC 16F877A.....	22
Figure II.3: Fonctionnement de timer0.....	25
Figure II.4: Fonctionnement de timer1.....	25
Figure II.5:Fonctionnement de timer2.....	26
Figure II.6:Plan d`interruption.....	27

Chapitre III : COMMANDE DE LA CHAMBRE FROIDE VIA PIC 16F877A

Figure III.1:Table de configuration des ports analogiques convertisseursA/N.....	33
Figure III.2: mécanisme de transformation de la grandeur physique pression en tension électrique.....	34
Figure III.3:schéma de connexion des différents éléments du projet.....	36
Figure III.4 : organigramme de commande d`une chambre froide.....	36
Figure III.5: Plan du projet par le programme (Proteus) Isis.....	38
Figure III.6: Installation du circuit électrique sur la carte d'essai.....	40



LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre III : COMMANDE DE LA CHAMBRE FROIDE VIA PIC 16F877A

Tableau III.1: Tableau de connexion et fonction de chaque port du PIC.....35

Résumé

La nécessité d'un environnement froid que se soit pour conserver la nourriture, les médicaments ou la climatisation pour les personnes, a fait appel à la commande du système produisant ce froid. En effet, produire du froid, réclame une commande de sa gestion et sa sécurité de fonctionnement. Dans notre projet, il s'agit de connaître son fonctionnement puis établir un protocole de sa commande via un microcontrôleur PIC-16F877A.

Ainsi dans le premier chapitre nous avons donné une description détaillée d'un système frigorifique. Dans le deuxième chapitre, nous avons donné une description fonctionnelle du microcontrôleur. Finalement, dans le 3^{ème} chapitre, nous avons établi un programme en langage C en se aidant avec le logiciel Mikropic pro, puis on a passé à l'utilisation de ce programme pour vérification. Les résultats de la vérification ont été conformes aux souhaits préalablement rédigés.

Mot clé : froid, microcontrôleur, système frigorifique, langage C, logiciel mikropic pro,

Abstract

The necessity of a cold environment that is to conserve the food, the medicines or the air conditioning for the people, request the control of the system producing this cold. Indeed, to produce cold, demands a control of its management and its security of operation. In our project, it is a question of knowing its operation then to establish a protocol of its order via a microcontroller PIC-16F877A.

Thus in the first chapter we gave a detailed description of a refrigerating system. In the second chapter, we gave a functional description of the microcontroller. Finally, in the 3rd chapter, we established a program in C language by using the Mikropic pro software, and then we switched to the use of program for verification. The results of the audit were in accordance with the previously drafted wishes.

Keyword: cold, microcontroller, refrigerating system, language C, software Mikropic pro

المخلص

ضرورة وجود بيئة باردة للحفاظ على الغذاء أو الأدوية أو تكييف الهواء للناس، ودعا للسيطرة على النظام الذي ينتج هذا البرد. في الواقع، لإنتاج البرد، يتطلب السيطرة على إدارتها وأمن عملها. في مشروعنا، يتعلق الأمر بمعرفة تشغيله ثم إنشاء بروتوكول من أجله عبر متحكم Pic16F877A.

وهكذا في الفصل الأول قدمنا وصفاً تفصيلياً لنظام التبريد. في الفصل الثاني، قدمنا وصفاً وظيفياً للمتحكم. أخيراً في الفصل الثالث، أنشأنا برنامجاً باللغة C باستخدام برنامج Mikropicpro، ثم تحولنا إلى استخدام البرنامج كانت نتائج التدقيق متوافقة مع رغبات تمت صياغتها سابقاً

كلمة مفتاحية: البرد، متحكم، نظام التبريد، لغة C، مبرمج Mikropicpro