

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUNDETIARET

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Génie Electrique
Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

THÈME

Réalisation d'un réseau MODBUS : Application industrielle

Préparé par : ALLOUBA MOKHTARIA.

BENHALIMA ABDIA.

Devant le Jury:

Nom et prénoms	Grade	Qualité
Mr. M.Becheikh	MCA	Président
Mr. Y.Belhadji	MCA	Examineur
Mr.R.Othmani	MAA	Examineur
Mr.A.Ghellab	MCB	Encadreur

PROMOTION : 2021/2022

REMERCIEMENT :

JE TIENS À REMERCIER EN PREMIER LIEU, DIEU TOUT PUISSANT POUR LA VOLONTÉ LA SANTÉ ET LE COURAGE QU'IL M'A DONNÉ POUR POURSUIVRE MA RECHERCHE ; JE REMERCIE MR .A .GHALAB POUR SON GRAND SOUTIEN TOUT AU LONG DE LA PRÉPARATION DE MA THÈSE. JE TIENS À LUI EXPRIMER MA VIVE RECONNAISSANCE POUR SA CONFIANCE, SA DISPONIBILITÉ, SON DYNAMISME ET SON ENTHOUSIASME ;JE REMERCIE VIVEMENT LES MEMBRES DE JURY DE M'AVOIR FAIT HONNEUR D'ACCEPTER DE JUGER MON TRAVAIL. JE VEUX, À CETTE OCCASION AVEC LE PLUS GRAND HONNEUR, REMERCIER SINCÈREMENT MES ENSEIGNANTS DE L'UNIVERSITÉ IBN KHALDOUNTIARET QUI M'ONT DONNÉ L'AIDE ET LE TEMPS DONT J'AVAIS BESOIN À TOUS LES RESPONSABLES DE NOTRE SPÉCIALITÉ ET ENFIN, NOUS REMERCIONS LES AMIS ET LES ÉTUDIANTS DE DÉPARTEMENT POUR LEUR SOUTIEN EN (EN PARTICULIER LES ÉTUDIANTS DE LA PROMOTION 2021-2022) ET À TOUS CE QUI ONT CONTRIBUÉ DE PRÈS OU DE LOIN POUR LA RÉALISATION DE CE MODESTE TRAVAIL.

Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail, à tous ceux qui je porte dans mon coeur et à tous ceux qui sont chers à mes yeux...

A mes chères parents qui m'ont fourni au quotidien un soutien et pour leur éducation et sacrifices, que Dieu les protège et me les garde.

A mes chères sœurs et mon frère pour leur encouragement tout au long de mes études.

Je remercie ma binôme ABDIA et toute sa famille BENHALIMA ,

A mes collègues de promotion de master électronique système embarqué,

A tous ceux qui ont su m'apporter aide et soutien aux moments propices, merci à vous tous.

MOKHTARJA

Dédicaces :

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant est enfin achevé ce travail, lequel je dédie à toutes les personnes qui me sont chères :
A vous mes très chers parents, et ma chère grand-mère je vous dis merci pour vos aides et encouragements depuis mon existence. Que dieu vous protège et vous accorde le bonheur, la santé et une longue vie.*

A mes chères sœurs et mon frère pour leur encouragement tout au long de mes études.

Je remercie ma binôme MOKHTARIA et toute sa famille ALLOUBA. A mes collègues de promotion de master électronique système embarqué. A toute personne que je n'ai pas cité et qui ma aidé de près ou de loin, je vous remercie

ABDIA

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 13

Chapitre-I>Description générale du processus industriel

I.1 Introduction 16

I.2. Processus industriel..... 17

I.3 Fabrication des fromages 18

I.3.1 L'emprésurage 18

I.3.2 Chauffage et refroidissement 19

I.3.3 Le moulage et L'égouttage 19

I.3.4 Le salage 19

I.3.5 L'affinage..... 20

I.4 Les étapes de fabrication des biscuits 20

I.4.1 Pétrissage 20

I.4.2 Calibrage (dosage) 21

I.4.3 Façonnage 21

I.4.4 Cuisson..... 21

I.4.5 Finition..... 21

I.4.6 Emballage 22

I.5 Les actionneurs et les capteurs..... 22

I.5.1 Capteurs de température LM35 22

I.5.1.1 L'architecture du capteur LM35 23

I.5.1.2 Les caractéristiques de capteur LM 35..... 23

I.5.1.3 Avantage de capture Lm35 23

I.5.2 Capteur d'humidité Le HIH-4000 24

I.5.3 La relation entre la température ambiante et humidité..... 26

I.5.4 Actionneur de refroidissement 27

I.5.5 Actionneur de chauffage 27

I.5.6 L'humidificateur à vapeur..... 28

I.5.7 Le déshumidificateur 29

I.6 La communication de données..... 29

I.6.1 La liaison parallèle..... 30

I.6.1.1 Les avantages et les inconvénients de la liaison parallèle 31

I.6.2 La liaison série	31
I.6.2.1 Les type de Transmission série	31
I.6.2.1.1 Transmission série asynchrone	31
I.6.2.1.2Transmission série synchrone	32
I.6.2.2Les avantages et inconvénients de liaison série	32
I.6.3 Les modes de transmission industrielle	32
I.6.3.1 Mode Simplex ou unidirectionnel.....	32
I.6.3.2 Mode Half duplex ou bidirectionnel alterné	32
I.6.3.3 Mode Full duplex ou duplex integral.....	33
I.6.4 Topologie des réseaux.....	33
I.6.4.1Topologie en étoile	33
I.6.4.2La typologie en anneau	33
I.6.4.3La topologie en Arbre	34
I.6.4.4 La topologie en bus.....	34
I.6.4.5La topologie en maille	35
I.7 Liaison symétrique (ou différentielle)	35
I.8 Le MODBUS	36
I.9 Le protocole	36
I.9.1 Adressage.....	37
I.9.2 Echange maître vers l'esclave.....	37
I.10 Principe de fonctionnement du MODBUS	37
I.10.1 Structure du message	37
I.10.2 Le choix de MODBUS	38
I-11 Conclusion.....	38
Chapitre II Description du microcontrôleur PIC16F877	
II.1 Introduction	40
II.2.Les microcontrôleurs	40
II .2.1.Généralités	40
II.2.3. Les avantage du microcontrôleur	41
II.3 Un PIC (Peripheral interface controller)	41
II.3.1.Classification des PICs de Microchip.....	41
II.3.2.Identification d'un Pic	42
II.3.3-Critères de choix d'un microcontrôleur.....	42
II.4 Le microcontrôleur PIC 16F877	43

II.4.1 Définition.....	43
II.4.2 la structure externe.....	43
II.4.2.1 Identification de Pic 16F877.....	43
II.4.2.2 Les PINS de 16F877	43
II.4.2.3 Les ports entrée/sortie de Pic 16F877.....	45
II.4.3 la structure interne	46
.....	
II.4.4 Le registre STATUS	47
II.4.5 Organisation de la mémoire du 16F877.....	47
II .4.6 Les différents modules (périphériques)	48
II .4.6.1 : USART (Universal Synchronous/ Asynchronous ReceiverTransmitter)....	48
II .4.6.1.1 Registre SPBRG	48
II .4.6.1.2 Registre TXSTA.....	49
II .4.6.1.3 Register RCSTA.....	50
II .4.6.2 CAN (Convertisseur Analogique-Numérique)	50
II .4.6.2.1 REGISTR ADCON0	50
II .4.6.2.2 REGISTR ADCON1	51
II .4.6.3 Le TIMER	52
II.4.6.3.1-Timer0.....	52
II.4.6.3.2- Timer1	52
II.4.6.3.3- Timer2.....	53
II .4.6.4 MODULE CCP : CAPTURE COMPARE et PWM	53
II .4.6.5 Les interruptions.....	54
II.4.6.5.1- Déroulement d'une interruption.....	54
II.4.6.5.2- Les sources d'interruption.....	55
II.5 Conclusion	55
Chapitre III Système d'acquisition et de contrôle	
III.1.Introduction	57
III.2 Partie de circuit de commande et communication (à base dumicrocontrôleur	58
III.2.1 les entries/ sorties	58
III.2.2 le convertisseur A/N	59
III.2.3 le modbus	61
III.3 Partie puissance	64
III.3.1 Relais	65

III.3.1 .1Composition	66
III.3.1.2 Fonctionnement	66
III.3.2 Transistor.....	67
III.3.2 1/Composition	67
III.3.2 2/Fonctionnement	67
III.4conclusion.....	68.
Conclusion générale	70
Bibliographie	

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 :Schéma synoptique du système d'acquisition.....	17
Figure I.2 : processus industriel (fromagerie).....	18
Figure I.3 :processus industriel (biscuit).....	18
Figure I.4 :Moulage de fromage	19
Figure I.5 : Le salage	19
Figure I.6 :l'affinage.....	20
Figure I.7 :Pétrissage.....	20
Figure I.8 : Façonnage.....	21
Figure I.9 : Cuisson.....	21
Figure I.10 : Finition.....	22
Figure I.11 Emballage.....	22
Figure I.12 :le LM35.....	23
Figure I.13 : Architecture interne d'un LM35.....	23
Figure I.14 :l'étalonnage de LM35.....	24
Figure I.15 : capteurs d'humidité HIH4000.....	25
Figure I.16 : Architecture interne d'un HIH4000.....	25
Figure I.17 : courant de sortie typique contre humidité relative (à 25 °C et 5 V.).....	26
Figure I.18 : Evolution de l'humidité relative en fonction de la température sèche (pour une température humide de 9,28 °C et une pression atmosphérique de 101 325 Pa).....	27
Figure I.19 : Schéma synoptique pour le refroidissement.....	27
Figure I.20 :Schéma synoptique pour le chauffage de gaz.....	28
Figure I.21 :Schéma d'un humidificateur	28
Figure I.22 : Schéma d'un déshumidificateur	29
Figure I.23 :Schématisation d'un système de transmission.....	30
Figure I.24 :La liaison parallèle	30
Figure I.25 :La liaison série.....	31
Figure I.26 : Mode Simplex.....	32
Figure I.27 : Mode Half duplex.....	32
Figure I.28 :Mode Full duplex.....	33
Figure I.29 : Topologie en étoile.....	33
Figure I.30 :Topologie en anneau	34
Figure I.31 :Topologie en arbre.....	34

Figure I.32 : Topologie en bus.....	35
Figure I.33 : Topologie en point à point.....	35
Figure I.34 :Liaison différentielle.....	35
Figure I.35 : liaison différentielle.....	36
Figure I.36 : protocole (maitre, esclaves).....	36
Figure I.37 :protocole (maitre, esclaves).....	37
Figure I.38 : Format d'une Trame MODBUS.....	38
Chapitre- II	
Figure-II-1 : Schéma synoptique d'un système à microprocesseur.....	40
Figure-II-2 : Contenu type d'un microcontrôleur.....	41
Figure II.3 : Brochage PIC16F877.....	43
Figure II.4 :Les éléments constitutifs du PIC 16F877.....	46
Figure II.5 :Architecture interne d'un microcontrôleur PIC16F877.....	46
Figure II.6 :composition du registre d'états STATUS.....	47
Figure II.7 :Architecture des registres internes du microcontrôleur 16F877.....	48
Figure II-8 :Formats des résultats de la conversion.....	51
Chapitre- III	
Figure III.1 : Schéma complet du système d'acquisition et de contrôle à base de microcontrôleurs 16F877.....	57
Figure III.2 Connexion des entrées et sorties sur le PIC16F877.....	59
Figure III.3 Organigramme la gestion des entrées et des sorties.....	59
Figure III.4 connexion des capteurs avec le PIC 16F877.....	60
Figure III.5 Organigramme pour la Conversion Analogique/Numérique CAN et la régulation des grandeurs physiques.....	61
Figure III.6 communication de MODBUS avec le PIC 16F877 (Entre le maître et les trois esclaves).....	62
Figure III.7 Organigramme d'émission pour le PIC16F877.....	63
Figure III.8 Organigramme pour réception des données par le PIC16F877.....	64
Figure III.9 partie de puissance/isolation galvanique.....	65
Figure III.10 un relai.....	65
Figure III.11 brochage d'un relais 1RT.....	66
Figure III.12 Schéma d'un relais	66
Figure III.13 branchement de la roue libre.....	67

Figure III.14 Schéma de la structure d'un transistor	67
Figure III.15 Brochage de Transistor.....	67

Liste des tableaux-

Tableau II.1 : Tableau comparatif « microcontrôleur ».....	42
Tableau II.2 :les pins de PIC16F877.....	44
Tableau II.3 configuration de vitesse de registre SPBRG.....	49
Tableau II.4 choix des canaux d'entrée numérique et analogique et de tension dereference	52
Tableau II.5 Tableau comparatif «TIMERS ».....	53
Tableau II.6 Tableau comparatif « MODULE CCPs ».....	54
Tableau II.7 :Les registres gérants les différentes interruptions sur le PIC16F877.....	54
Tableau II.8 : Source d'interruption.....	55

LISTE DES ABRIVIATIONS

A/N: converssion Analogique /Numérique

CMOS : Oxyde métallique semi-conducteur complémentaire

CPU : Computer Procès Unit

CCP : CAPTURE/COMPARE/PWM (PULSE WIDE MODULATION)

CAN : conversion analogique/numérique

E/S : Entrées/sorties

HIH4000 : capteur d'humidité

ISIS : Logiciel de simulation

PC : Partie commande

MODBUS : Protocole de communication

Mplab/HITCH : Logiciel de programmation/compilateur en langage évolué

LM35 : capteur de température

MCLR: broche initialisation (RESET) du microcontrôleur

PIC : *Contrôleur d'interface périphérique*

ROM : Mémoire en lecture seule

RAM : Mémoire vive

TTL : Transistor-Transistor Logique

USART : Universel Synchrone / Asynchrones Receiver-Transmitter

VDD et VSS : Alimentation

1RT : type de relais seul contact Repos / Travail

Introduction Générale

Introduction générale

Le langage Homme-Machine est extrêmement varié et s'adapte à tous les domaines ou presque.

En effet, ce langage se présente sous diverses formes et dans des domaines variés tels que le domaine informatique, militaire (drone...), médical (diagnostic...), domotique (bâtiment intelligent...) ou encore industriel dont il est question dans ce mémoire.

Le contrôle supervisé se présente dans plusieurs domaines et notamment le domaine industriel et se développe au permanent créant de nouvelles perspectives d'utilisation allant d'une simple commande manuelle arrivant aux commandes graphiques ou encore vocales ou même de formes...Etc.

Dans ce mémoire, le langage Homme-Machine se concrétise via un contrôle supervisé par un système d'acquisition doté d'une station maître communicant des ordres adressés aux stations esclaves de production.

Notre travail s'est basé dans le domaine de l'industrie, nous avons mis en œuvre un système d'acquisition et de contrôle pour une application industrielle alimentaire. Vu notre région connue par ses activités agraires, nous avons choisi une application de fromagerie/biscuiterie.

Afin d'offrir un support de communication, l'implémentation d'un réseau est indispensable. On distingue deux types de réseau « point à point et multipoints ». Pour notre application, le type adopté est le réseau Multipoints.

Parmi les protocoles convenables, nous optons sur le protocole série pour ses caractéristiques (bande passante, le canal de transmission, la vitesse, et la portée).

Cette communication s'effectue entre une station Maître au niveau d'une salle de contrôle et un réseau d'acquisition et de contrôle à base de trois microcontrôleurs gérant trois stations de production afin d'assurer un contrôle supervisé du processus et d'en avoir un accès aisé aux données.

Pour cela, ce mémoire est présenté sous forme d'une description détaillée du système conçu. Il se subdivise en 3 chapitres.

- Chapitre I :
 - D'une part, donne une description générale de l'application étudiée et les principales étapes de production dans une fromagerie/biscuiterie où nous avons détaillé les principaux points constituant cette dernière ainsi que les capteurs et actionneurs nécessaires.
 - Et d'autre part, donne une description du système d'acquisition et de contrôle. Ainsi, la communication de donnée série et l'architecture du réseau adopté sont présentées.
- Chapitre II : étant donné que la communication entre stations dans un réseau nécessite une certaine intelligence (gestion, synchronisation), un

microcontrôleur est utilisé pour la gestion de chaque station d'acquisition et pour en assurer la communication avec la salle de contrôle. Ce chapitre a été consacré pour le PIC16F877 choisi pour notre application.

- Chapitre III : évoquera les différents circuits réalisés sous ISIS et ainsi qu'une description du programme implanté dans la mémoire flash des microcontrôleurs. La présentation sous forme d'organigrammes est choisie pour plus de simplicité et de fiabilité de compréhension. Ainsi, dans ce chapitre, nous décrivons les différentes parties (communication/commande, puissance/isolation) et leurs modes de fonctionnement sous formes d'organigrammes.

La conclusion générale dressera un bilan du travail effectué.

CHAPITRE I:

Description générale du processus industriel

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons expliquer et présenter un système d'acquisition et de Contrôle dans un processus industriel.

Le processus d'acquisition industriel compte quatre stations ; la station maître et les stations esclaves : Esclave de la station préparation/fermentation de deux produits alimentaires (fromage ou patte pour galette de biscuit). Cette dernière comporte comme capteurs : thermistance, capteur d'humidité et comme actionneurs : échauffement (résistance thermique), refroidissement ainsi qu'un humidificateur et un déshumidificateur pour la régulation de l'humidité. Le 2ème Esclave de la station de moulage/découpage et emballage comporte trois moteur à courant continu. Le troisième esclave utilise un moteur pour le tapis roulant et le dernier esclave est la station de contrôle de qualité.

Le circuit électronique à base de microcontrôleurs (Un Maître + trois stations Esclaves) pour l'acquisition des données et la gestion de communication via une salle de contrôle (station maître). Plus de détails sont présentés dans les chapitres qui suivent.

Il y a plusieurs domaines d'application nécessitant ce système d'acquisition tels que la domotique et l'intelligence artificielle, bâtiment intelligent..etc.

Dans ce mémoire le système d'acquisition est destiné pour surveiller et contrôler trois processus en quatre stations dans une fromagerie/patte pour galette de biscuit en temps réel : un processus d'affinage qui sert à acquérir la température et l'humidité ambiantes au niveau de la chambre d'affinage et ainsi de les réguler selon des consignes acquises de la station Maîtresse. Un deuxième processus de moulage utilisant les consignes de formes et de taille communiquées de la station Maîtresse. Et un troisième processus pour le contrôle de qualité du produit en vérifiant le poids, la température et l'humidité du produit. Le schéma synoptique de la figure-1.1 décrit ce système d'acquisition.

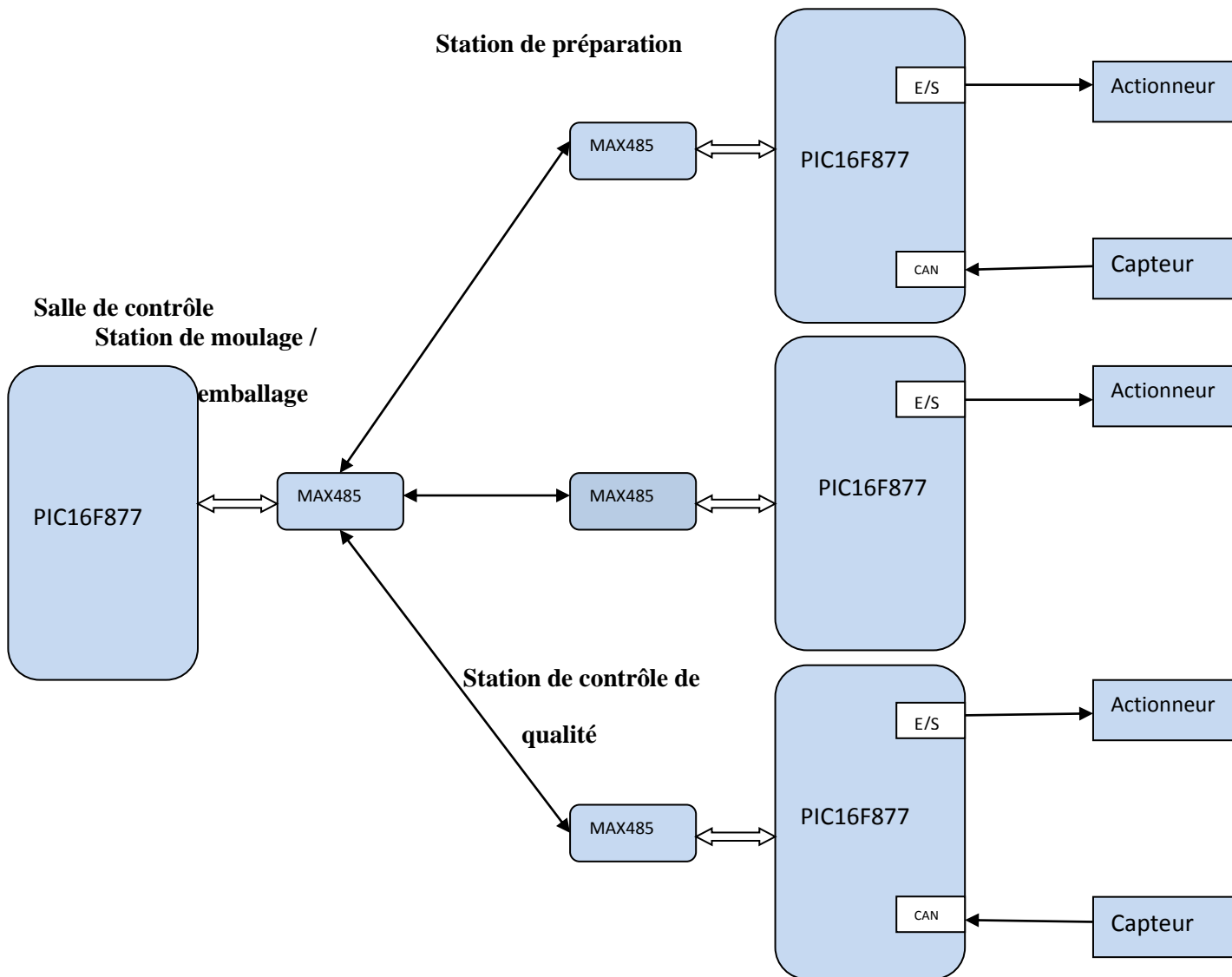


Figure I.1 Schéma synoptique du système d'acquisition.

I.2 Processus industriel :

Au cours des dernières années, le monde a été témoin de nouveaux changements et développements dans les industries manufacturières dans de nombreux secteurs Industriel : chimie, biopharmacie, énergie, énergie industrielle. Eau / Eaux usées et Alimentation. etc. Du fait de notre environnement agricole pastoral, nous choisissons également de développer une application alimentaire concrétisée en un réseau de stations dans une fromagerie/confiserie. La figure-1.2 donne une vue d'un processus pareil.



Figure I.2 processus industriel (fromagerie).[1]



Figure I.3 processus industriel (biscuit). [2]

I.3 Les étapes de Fabrication des fromages :[3]

I.3.1 L'emprésurage :

La présure commerciale sous forme de poudre est ajoutée en raison de 0.4 % pour 36 l de lait après sa préparation dans 10 ml de l'eau pasteurisé et une petite quantité de sel.

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

La présure provoque la coagulation à une température allant de 36°C à 38°C. Durant cette étape, la coagulation du lait était trop lente par rapport au lait de vache avec un temps de pressurage qui dépasse 15 min.

I.3.2 -Chauffage et refroidissement

Le chauffage de lait à 100 °C pendant 30 min ,afin d'éliminé tout les germes pathogènes thermophiles puis un refroidissement à 6°C pendant une nuit.

I.3.3Le moulage et L'égouttage :

Durant cette étape le caillé est versé dans des moules de formes arrondie grand modèle pour permettre l'égouttage du lactosérum. Après 30 min de moulage nous avons effectué le premier retournement, suivi du deuxième retournement après 8 h.le démoulage est effectuée après 24 h de fabrication.



Figure I.4 :Moulage de fromage.

I.3.4Le salage :

Le salage des pièces de camembert se fait dans des chambres à une température de 15 °C à l'intérieure des cuves qui contiennent la saumure qui est préparée à base de 22 kg de NaCl et 100l de l'eau. Le camembert est plongé dans la saumure pendant 10 à 15 min, cette étape permet le soutirage du lactosérum et la sélection des microorganismes d'affinage.



Figure I.5 Le salage [3]

I.3.5L'affinage :

C'est la dernière phase de fabrication du camembert qui lui permet d'acquérir une saveur caractéristique. Elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C et d'humidité entre 80-90% et d'aération pendant 12 jours.



Figure I.6 l'affinage [3]

I.4 Les étapes de fabrication des biscuits :

I.4.1 Pétrissage :

Le pétrissage consiste à :

- Mélanger les ingrédients
- Malaxer la pâte formée pour obtenir une pâte homogène, consistante, lisse, souple et facile à manier.



Figure I.7 Pétrissage [4]

I.4.2 Calibrage (dosage) :

Le calibrage est l'action de classer, trier, mesurer un ingrédient par rapport à des données de référence afin d'obtenir des ingrédients tous semblable, par exemple, en poids, en diamètre, en couleur, en qualité, en présentation visuelle, etc.

I.4.3 Façonnage :

En effet, façonner, dans le jargon culinaire, consiste à donner une forme particulière à un aliment. C'est une opération qui se fait généralement à la main. Le terme est très utilisé pour les viennoiseries. On peut façonner des croissants, des brioches à tête ou des chaussons..etc.

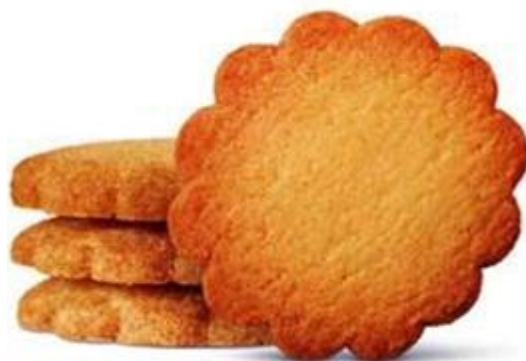


Figure I.8 Façonnage [4]

I.4.4 Cuisson :

Un four en forme de tunnel assure la cuisson à plus de 200 °C, selon un laps de temps précis et différent pour chaque recette.

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel



Figure I.9 Cuisson [4]

I.4.5 Finition :

Les biscuits sont ensuite refroidis avant de recevoir un décor, un enrobage ou un fourrage, si la recette l'exige.



Figure I.10 Finition [4]

I.4.6 Emballage :

L'emballage alimentaire est un emballage qui contient temporairement un aliment pour l'isoler de son environnement, le protéger, le conserver, le transporter ou pour le mettre en valeur dans un objectif commercial ou esthétique. La couche interne de cet emballage doit être ((apte au contact alimentaire)).



Figure I.11 Emballage [4]

I.5 Les actionneurs et les capteurs :

I.5.1 Capteurs de température LM35 :[5]

Le LM35 est un capteur à circuit intégré qui peut être utilisé pour mesurer la température avec un signal électrique proportionnel à la température (en °C). Nous pouvons mesurer la température avec plus de précision à l'aide d'une thermistance. Le circuit capteur est scellé et non soumis à l'oxydation, génère une tension de sortie plus élevée que les thermocouples et ne peut exiger que la tension de sortie soit amplifiée. Il a une tension de sortie est proportionnelle à la température Celsius. Le facteur d'échelle est $0.1V/^{\circ}C$

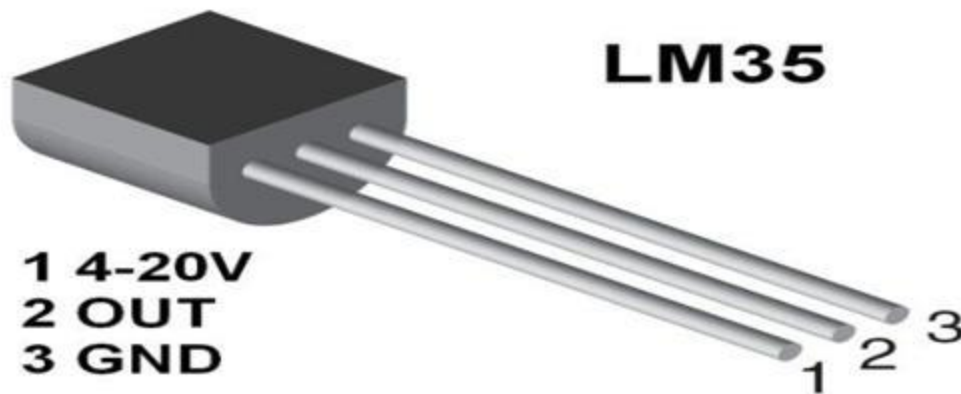


Figure I.12le LM35[5]

I.5.1.1 L'architecture du capteur LM35 :[5]

L'architecture interne de capteur LM35 est la suivante:

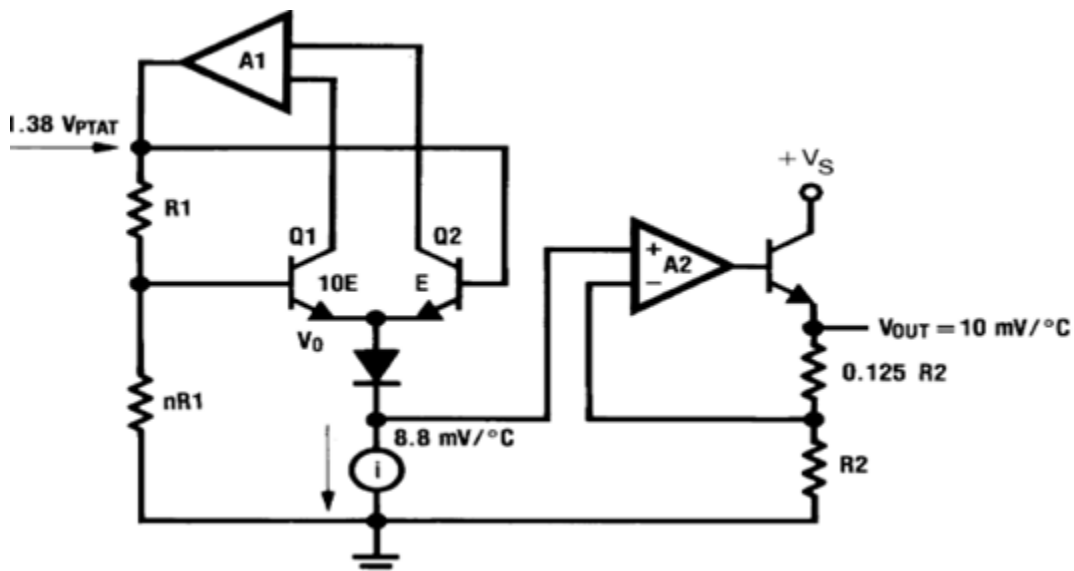


Figure I.13 Architecture interne d'un LM35[5]

Le LM35 ne nécessite pas de calibration externe ou de taille et maintient une précision de $\pm 0,4^{\circ}C$ à température ambiante et $\pm 0,8^{\circ}C$ sur une plage de $0^{\circ}C$ à $+100^{\circ}C$. Le capteur a une sensibilité de $10\text{ mV}/^{\circ}C$.

I.5.1.2 Les caractéristiques de capteur LM 35: [5]

-Proportionnelle à la température (en °C).

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

- Ce capteur ne nécessite pas de calibrage externe.
- Précision de capteur (lm35) = 0.5°C .
- Sur une gamme de température de -55°C à $+150^{\circ}\text{C}$.
- Son coefficient est de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.
- Le capteur peut être alimenté entre 4V et 30V, il est souvent alimenté en 0 - 5 V.

I.5.1.3 Avantage de capture Lm35: [5]

Parmi les avantages de ce capteur, mentionnons sa consommation très faible (de l'ordre de $60\mu\text{A}$), d'où une puissance dissipée également très faible, et sa linéarité qui demeure excellente sur toute sa plage de sensibilité. Cette plage va de -55°C à $+150^{\circ}\text{C}$ pour les LM35C et de 0°C à 100°C pour les LM35D, ainsi il n'est pas très cher. La relation entre la tension de sortie et la température (l'étalonnage de LM35) :

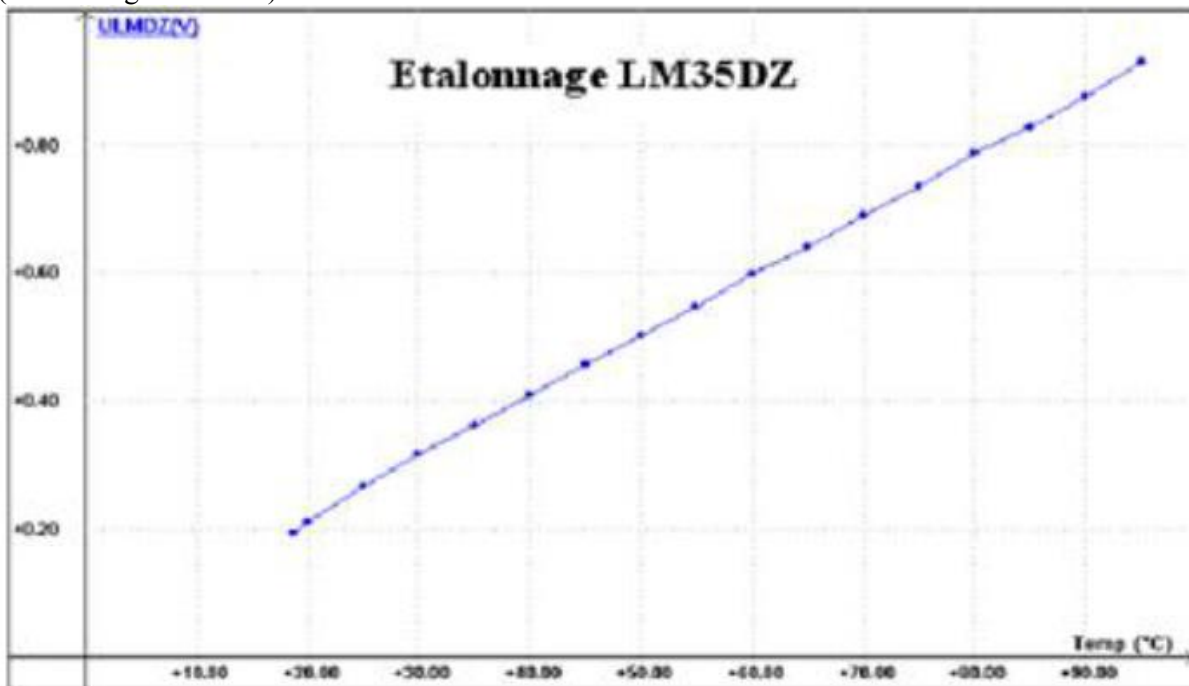


Figure I.14 l'étalonnage de LM35[5]

I.5.2 Capteur d'humidité Le HIH-4000 : [5]

Le HIH-4000 de Honeywell est un capteur d'humidité. Une entrée directe vers un contrôleur ou vers d'autres périphériques est rendue possible par une sortie de tension linéaire proche de ce capteur. Le HIH-4000- convient pour des systèmes sur batterie. L'interchangeabilité des capteurs réduit les coûts de calibration des productions. Les données de calibration de capteur individuel sont disponibles. Le HIH-4000-offre une performance de détection HR de qualité, le tout à un prix compétitif. Ce capteur d'humidité est un élément de détection capacitif polymère thermodurcissable réglé par laser avec un conditionnement de signaux intégré sur puce. La construction multicouche de l'élément de détection offre une résistance excellente à la plupart des risques présentés aux applications tels que : humidité, poussières, saleté, huiles et composants chimiques :

- Température d'utilisation de -40°C à 85°C
- Plage d'humidité de 0%RH à 100%RH
- Boîtier plastique moulé thermodurcissable
- Courant typique de $200\mu\text{A}$
- Conception basse puissance
- Gamme de précision optimisée de $-3.5\%RH$ à $+3.5\%RH$
- Temps de réponse rapide de 5ms
- Performance stable, faible dérive

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

- Résistant aux composants chimiques
- Gamme de tension de 4VDC à 5.8VDC



Figure I.15 capteurs d'humidité HIH4000[5]

Dimensions de montage (à titre de référence seulement. Mm / [in])

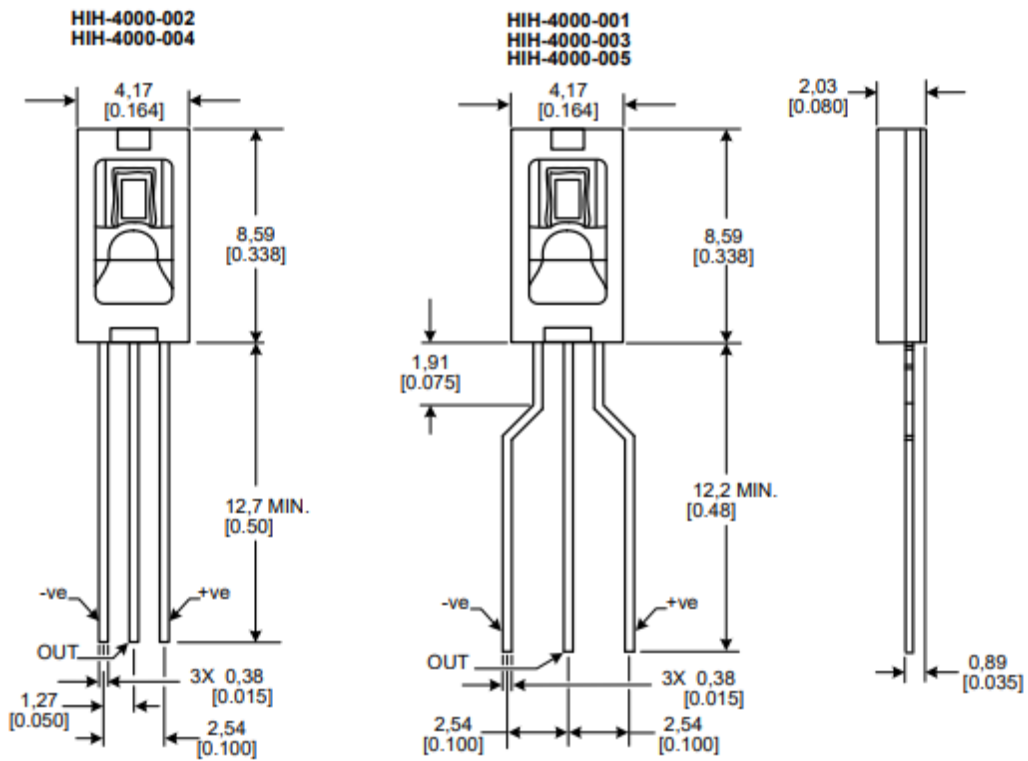


Figure I.16 Architecture interne d'un HIH4000 [5]

La relation entre la tension de sortie et la valeur de l'humidité relative est représentée sur la figure suivante.

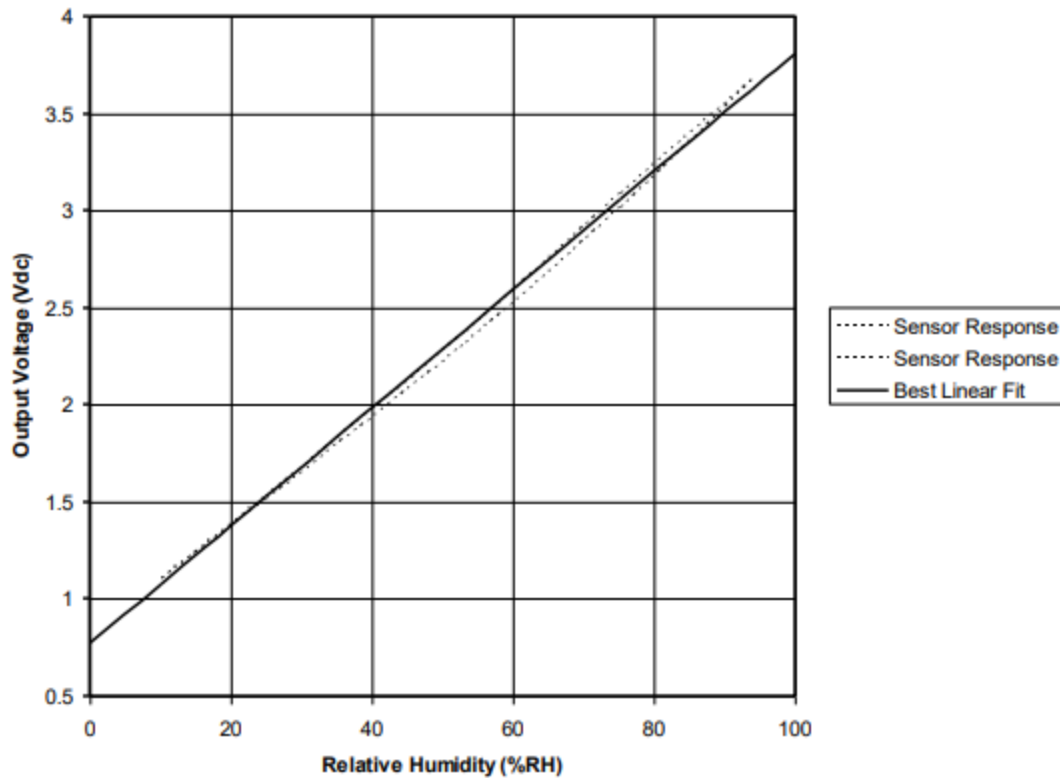


Figure I.17 courant de sortie typique contre humidité relative (à 25 °C et 5 V.) [5]

I.5.3 La relation entre la température ambiante et humidité relative :[5]

L'humidité relative de l'air se définit par le rapport de la pression exercée par la vapeur d'eau contenue dans l'air à une température donnée sur la pression de la vapeur d'eau saturante (c'est-à-dire au maximum de vapeur d'eau que cet air pourrait absorber à cette même température). L'humidité relative de l'air ou état hygrométrique indique suivant une échelle allant de 0 à 100 %, l'état d'humidité ou de sécheresse de l'air. Elle caractérise donc le contenu de l'air en vapeur d'eau et la capacité de cette vapeur d'eau à se condenser.

L'humidité relative dépend de la température : plus la température de l'air est élevée, plus il peut contenir de vapeur d'eau.

Le pourcentage d'humidité relative, en tant que valeur, n'est pas un paramètre très utilisé en météorologie. Afin de caractériser l'humidité de l'air, les météorologistes emploient à la fois la température de l'air et la température du point de rosée. Ils utilisent ensuite des abaques regroupant les valeurs de température et de pression pour déterminer l'état de saturation de l'atmosphère et connaître l'état de stabilité de l'air.

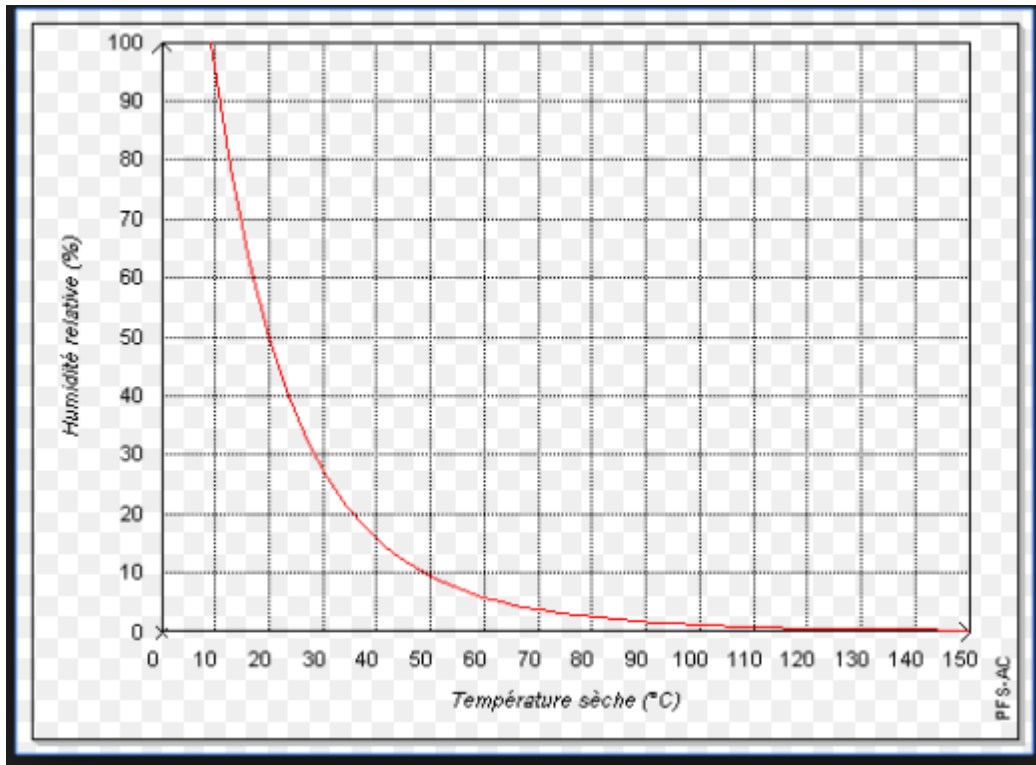


Figure I.18 Evolution de l'humidité relative en fonction de la température sèche (pour une température humide de 9,28 °C et une pression atmosphérique de 101 325 Pa). [5]

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés de mesurer des valeurs climatiques.

On a besoin d'utiliser deux capteurs ; de température LM35 et d'humidité HIH4000 « remplacé par HIH5030 dans ISIS(Voir annexes) ». Pour contrôler cette grandeur climatique « la température ambiante », on utilise des actionneurs de refroidissement et de chauffage.

I.5.4 Actionneur de refroidissement :

Le refroidissement est un processus de production à basse température qui se produit lorsque la chaleur est retirée d'une substance. Le refroidissement peut être effectué à l'aide de glace ou de machines. Pendant des milliers d'années, les gens ont utilisé une certaine forme de réfrigération pour refroidir les boissons et conserver les aliments.

-La figure suivante montre une description synoptique pour le refroidissement par ventilation d'air refroidi par compression de gaz.

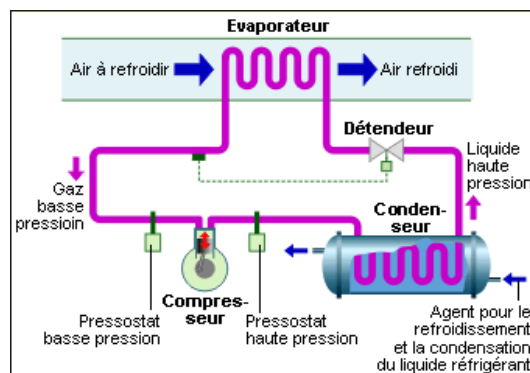


Figure I.19 Schéma synoptique pour le refroidissement [5].

I.5.5 Actionneur de chauffage :

L'actionneur de chauffage est conçu pour la commande de vannes via des servomoteurs thermoélectriques pour la régulation de la température.

La figure suivante montre une description synoptique pour le chauffage par circulation d'air avec résistance chauffante.

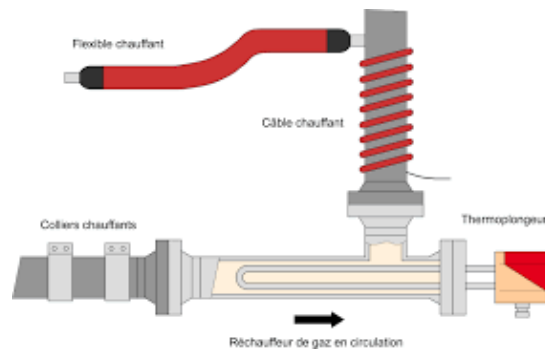


Figure I.20 Schéma synoptique pour le chauffage de gaz [5].

Et Pour contrôler les mesures climatiques « d'humidité ambiante », on utilise deux actionneurs. Les deux actionneurs dédiés pour ce contrôle sont :

- Humidificateur pour l'augmentation du taux d'eau sous forme de vapeur de l'air
- Déshumidificateur pour sécher l'air.

Nous allons tout d'abord définir les trois types d'hygrométrie (les formes d'unité de mesure pour les valeurs d'humidité).

Humidité spécifique : L'humidité spécifique est le rapport de la masse de vapeur d'eau contenue dans un volume V d'air humide sur la masse d'air sec contenu dans ce même volume.

Humidité relative : Le degré d'hygrométrie est le rapport de la masse d'eau contenue dans un volume d'air humide à la masse maximale d'eau que peut contenir ce volume à la saturation. A température et volume déterminés, le degré d'hygrométrie est exprimé en pourcentage (%).

Humidité absolue : La proportion d'eau à l'état gazeux (vapeur) dans un volume d'air (g/cm^3). Dans notre travail, on mesure l'humidité relative (en %).

I.5.6 L'humidificateur à vapeur :

Il injecte dans l'air à humidifier de la vapeur d'eau. Celle-ci est produite dans une chaudière à vapeur ou dans des appareils autonomes, consiste juste en un réservoir contenant de l'eau qui va s'évaporer lentement, on y ajoute un ventilateur pour augmenter l'efficacité (la circulation d'air humide) (figure I.23).

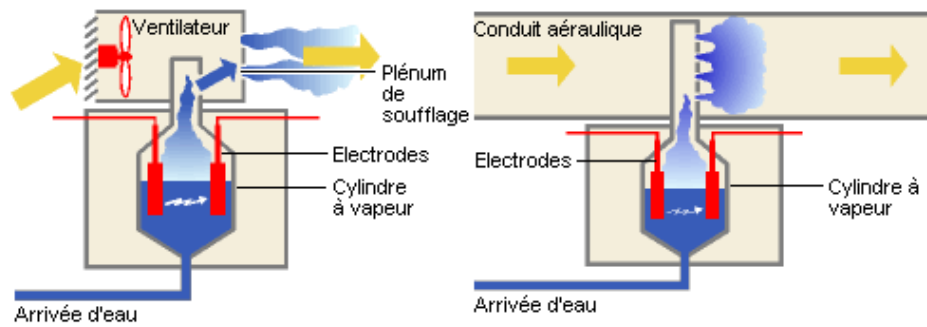


Figure I.21 Schéma d'un humidificateur [6]

I.5.7 Le déshumidificateur :

Il aspire l'air ambiant humide. La compression refroidit l'air jusqu'à condensation de l'humidité présente dans l'air, l'eau récupérée est vidée dans un bac et l'air asséché et déshumidifié est réintroduit dans l'air ambiant (figure I.24)

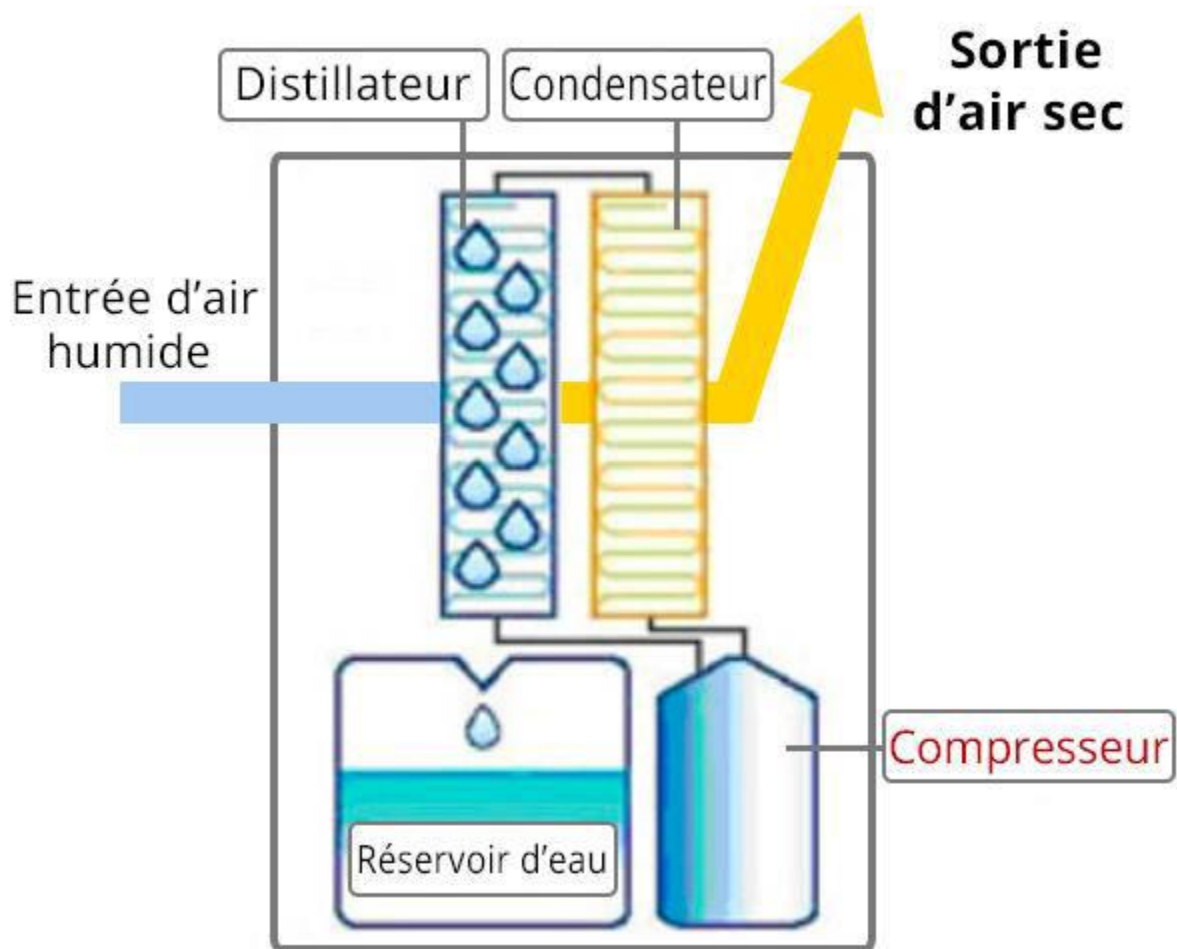


Figure I.22 Schéma d'un déshumidificateur [6]

Pour échanger les informations entre la salle de contrôle et les stations de production, il faut un Bus de transmission pour une communication entre ces stations. La suite de ce chapitre est consacrée à l'étude de la communication de type série et spécifiquement le réseau MODBUS.

I.6 La communication de données :

Une ligne de transmission est une liaison entre deux machines. On désigne généralement par le terme émetteur ou expéditeur la machine qui envoie les données et par récepteur ou destinataire celle qui les reçoit (figure I.25). Les machines peuvent parfois être chacune à son tour réceptrice ou émettrice.

Pour une transmission de données sur une voie de communication entre deux machines, la communication peut s'effectuer de différentes manières. La transmission est caractérisée par :

Son type de liaison (sens d'information), Vitesse de transmission, Le mode de transmission, La synchronisation, Détection d'erreurs . [7]

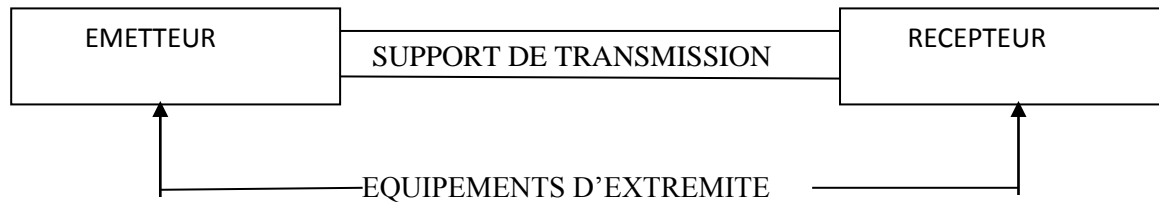


Figure I.23 Schématisation d'un système de transmission

La transmission de données est un transfert physique des données sur un canal de communication point à point ou point à multipoints.

La manière dont les données sont transmises d'un endroit à un autre est appelée mode de transmission de données ou encore mode de communication de données. Elle indique la direction du flux d'informations. Parfois, les modes de transmission de données sont également désignés en tant que modes directionnels.

On distingue, dans la littérature, différentes classifications des types de transmission. Cette classification est relative au canal de transmission. Ce canal peut transporter plusieurs bits simultanément (transmission parallèle). Ce type de transmission est caractérisé par sa vitesse de transmission au détriment de la distance que peut parcourir la donnée à transmettre. Le second type de transmission est la transmission dite série. Dans ce cas le canal peut transporter plusieurs bits sur une seule ligne. C'est le type de transmission adopté dans ce travail.

I.6.1 La liaison parallèle :

Ce type de transmission des données consiste à envoyer des bits entre un émetteur et un récepteur sur plusieurs voies simultanément. Par exemple, en associant 8 conducteurs (câbles) et transmettant 1 bit par conducteur simultanément, on a ainsi l'opportunité d'aller 8 fois plus vite qu'en envoyant les données progressivement : c'est le gros avantage de ce type. De plus, il s'implémente facilement sur une machine, puisqu'il est simple de créer un port parallèle pour accueillir les conducteurs supplémentaires. Son inconvénient, c'est son prix : logiquement, il est beaucoup plus coûteux d'avoir plusieurs câbles qu'un seul. En plus, sa portée est limitée à quelques mètres [8].

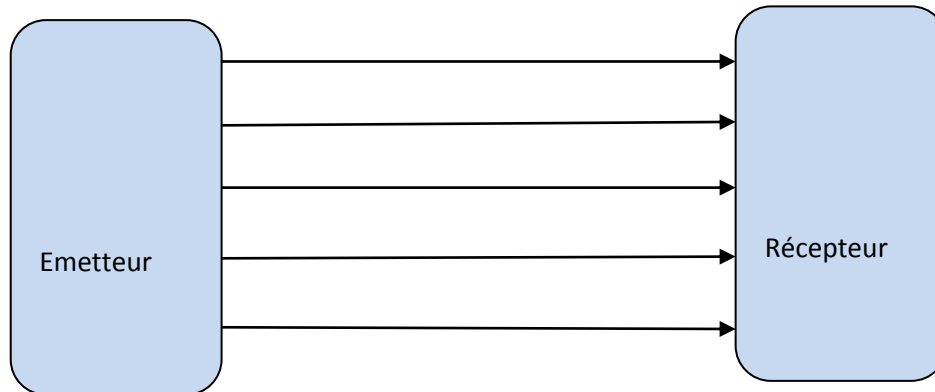


Figure I.24 La liaison parallèle

I.6.1.1 Les avantages et les Inconvénients de la liaison parallèle :

-Les avantages :

- Transmission très rapide.
- Protocole plus simple.
- Peu de risque de pertes de données.

-Les inconvénients :

- Nécessite un grand nombre de fils donc occupe beaucoup d'espace,
- Risque de perte d'un ou plusieurs bits en cas de coupure ou de problème de connexion de l'un des fils,
- Coûteux en raison du nombre de fils,
- Courtes portées.

I.6.2 La liaison série :

Dans une liaison de type série, les données sont envoyées bit par bit sur la voie de transmission. Toutefois, étant donné que la plupart des processeurs traitent les informations de façon parallèle (transmission simultanée de N bits), les données parallèles arrivant au niveau de l'émetteur et inversement au niveau du récepteur sont transformées de la forme série vers la forme parallèle et inversement. La sérialisation et la désérialisation s'effectuent au niveau d'un contrôleur de transmission appelé USART (*Universal Synchronous/Asynchronous Receiver-Transmitter*) [8].

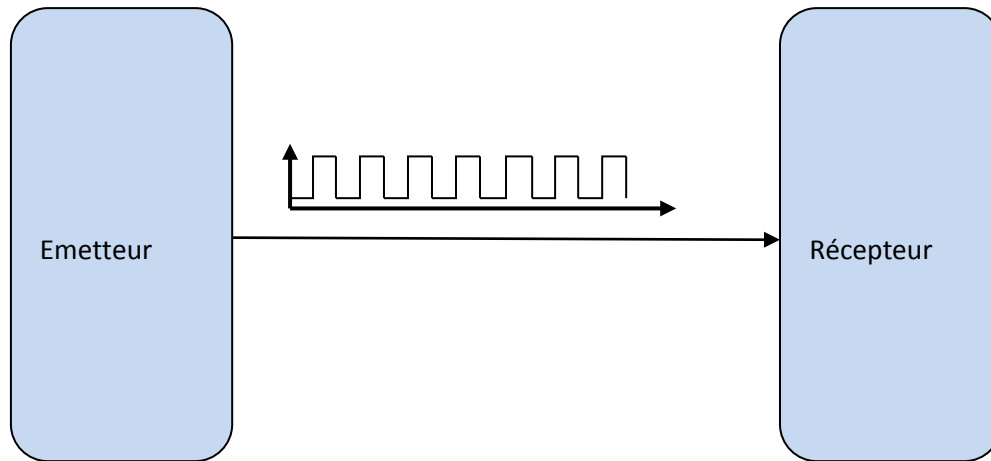


Figure I.25 La liaison série

Afin de garantir une harmonisation entre les deux points de communication série, deux types de transmission peuvent agir : synchrone où l'émetteur et le récepteur sont cadencés aux rythmes d'une même horloge ou asynchrone où la transmission de l'information est garantie par un protocole de communication.

I.6.2.1 Les types de Transmission série :

I.6.2.1.1 Transmission série asynchrone :

C'est le type de communication adopté dans ce travail. En environnement industriel on préfère utiliser la transmission Série asynchrone plus simple à mettre en œuvre et moins coûteuse. La ligne peut ne comporter qu'un fil. On en utilise en général 3 pour : émission, réception, masse.

Les éléments binaires d'information (bits) d'un mot ou caractère sont alors envoyés successivement les uns après les autres (sérialisation) au rythme d'un signal d'horloge. Le récepteur effectue l'opération inverse: transformation Série / parallèle à partir de son horloge ayant la même fréquence que celle de l'émetteur. Les informations peuvent être transmises de manière irrégulière, cependant, l'intervalle de temps entre 2 bits est fixe. Des bits de synchronisation (Start, Stop) encadrent les informations de données [8].

I.6.2.1.2 Transmission série synchrone :

Une transmission synchrone est une transmission dans laquelle, l'émetteur et le récepteur sont cadencés à la même horloge..

I.6.2.2 Les avantages et inconvénients de liaison série :

- Les avantages :

- Peu de fils.
- Câblage simple.
- Liaison sur distances élevées.

-Inconvénients :

- Faible vitesse

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

-Risque de pertes d'informations

-Protocoles complexes.

I.6.3 Les modes de transmission industrielle :

Selon le sens des échanges, on distingue 3 modes de transmission.

I.6.3.1 Mode Simplex ou unidirectionnel:

il caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un seul sens, c'est-à-dire de l'émetteur vers le récepteur.. [9]

Dans ce mode, le retour d'information (accusé ou réponse) n'est pas possible.



Figure I.26 Mode Simplex.

I.6.3.2 Mode Half duplex ou bidirectionnel alterné :

caractérise une liaison dans laquelle les données circulent dans un sens ou dans l'autre mais pas les deux en même temps. Ce type de liaison permet d'avoir une liaison bidirectionnelle utilisant la capacité totale de la ligne. [9]



Figure I.27 Mode Half duplex

I.6.3.3 Mode Full duplex ou duplex intégral :

caractérise une liaison dans laquelle les données circulent de façon directionnelle et simultanée. Chaque extrémité de la ligne peut émettre et recevoir en même temps, ce qui signifie que la bande passante est divisée par deux pour chaque sens d'émission des données si un même support de transmission est utilisé pour les deux transmissions. [9].

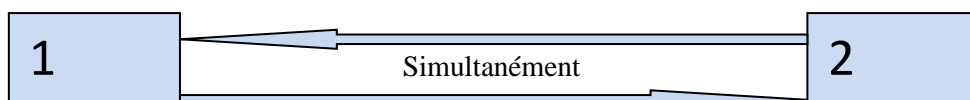


Figure I.28 Mode Full duplex

I.6.4 Topologie des réseaux :

La topologie d'un réseau recouvre tout simplement la manière dont sont reliés entre eux ses différents composants et dont ils interagissent. Nous ne séparerons pas les topologies physiques et logiques à des fins de simplification. On distingue principalement cinq types:[10]

- en bus
- en étoile
- en arbre,
- en anneau,
- maillées.

I.6.4.1 Topologie en étoile :

Dans un réseau en étoile, tous les composants sont reliés à un même point central et l'information ne va que de l'émetteur vers le récepteur en transitant par ce point central. On trouve typiquement un Switch au niveau du noeud central. Si à la place du Switch on met un hub, alors la topologie physique reste en étoile puisque tout le matériel est bien relié à un même point, mais la topologie logique est alors en bus.

En effet le hub ne sait que diffuser l'information à tous ses ports sans exception, on retombe donc dans le schéma typique du bus. Dans une étoile une panne ne touche qu'une seule branche (sauf si c'est le point central qui est touché). [10]

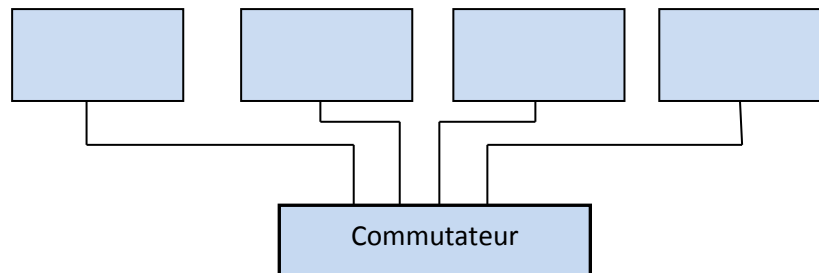


Figure I.29 Topologie en étoile

I.6.4.2 La typologie en anneau :

Un réseau en anneau a lui aussi tous ces composants liés par le même câble, mais

celui-ci n'a pas d'extrémité. De plus, l'information ne circule que dans un sens bien déterminé. Dans le cas du FDDI (FiberDistributed Data Interface), réseau à base de fibre optique, on a deux anneaux indépendants.

Chaque machine doit donc posséder deux interfaces. En cas de rupture des anneaux entre deux machines, ces dernières reforment un unique anneau en assurant le transit de l'information entre leurs deux interfaces. [10]

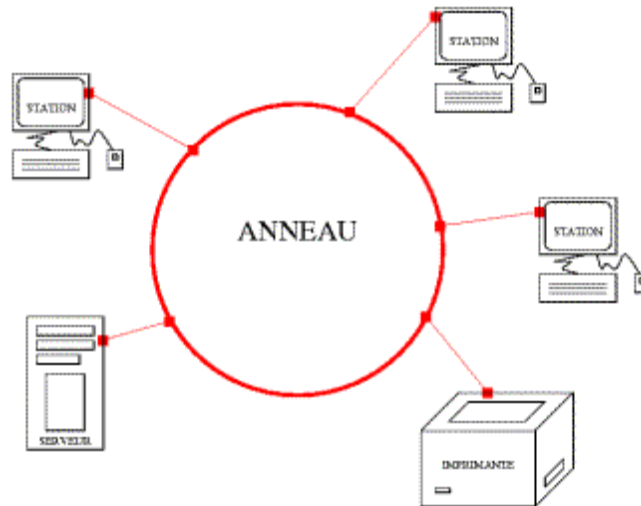


Figure I.30 Topologie en anneau[10]

I.6.4.3 La topologie en Arbre :

Aussi connu sous le nom de *topologie hiérarchique*, le réseau est divisé en niveaux. Le sommet, le haut niveau, est connecté à plusieurs nœuds de niveau inférieur, dans la hiérarchie. Ces nœuds peuvent être eux-mêmes connectés à plusieurs nœuds de niveau inférieur. Le tout dessine alors un arbre, ou une arborescence. [10]

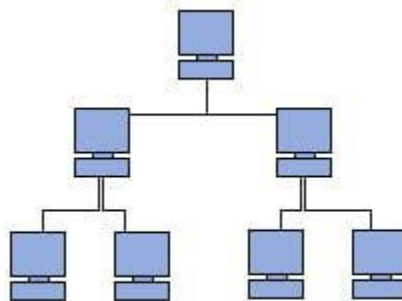


Figure I.31 Topologie en arbre.

I.6.4.4 La topologie en bus :

Un réseau en bus relie ses composants par un même câble et l'information envoyée par un poste est diffusée en même temps vers tous les postes. Seul le poste destinataire est censé la prendre en compte. Le câble coaxial sert typiquement à faire ce type de réseaux. On ajoute alors un bouchon à chaque extrémité du câble. En cas de coupure du câble, plus aucun poste ne peut dialoguer avec qui que ce soit, c'est la panne ! [10].

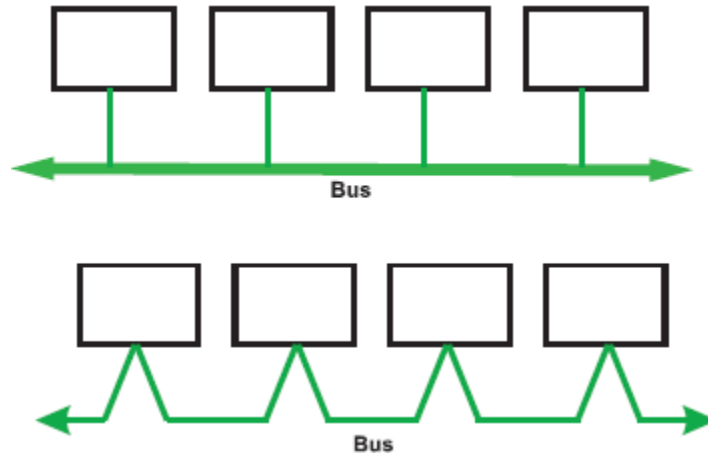


Figure I.32 Topologie en bus

I.6.4.5 Topologie en Point-à-Point (maillée)

Dans un réseau point à point, chaque interface possède une liaison spécifique avec chacun des autres points. Ceci n'est utilisé que sur de tous petits réseaux ou pour des raisons de robustesse des liaisons, la redondance diminuant la sensibilité aux pannes.

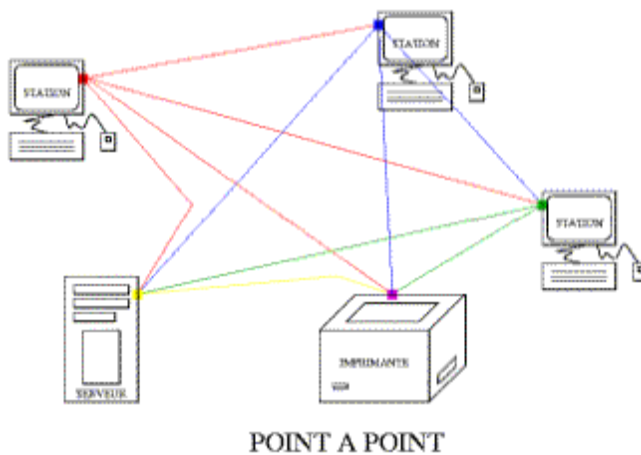
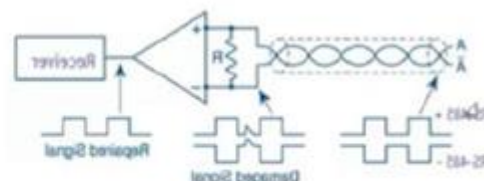
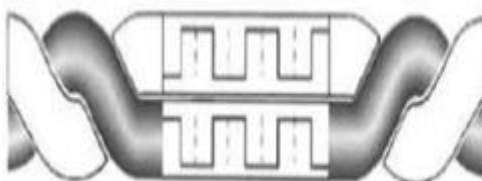


Figure 1.33: Topologie point à point[10]

I.7 Liaison symétrique (ou différentielle) :

Une liaison symétrique comporte deux conducteurs actifs par sens de transfert. L'émetteur possède un amplificateur différentiel qui va transmettre les états logiques à la double ligne de transmission sous forme de deux tensions $V+$ et $V-$ ou $V-$ et $V+$ selon le niveau logique. Le récepteur est un montage à amplificateur opérationnel, il n'est donc concerné que par la différence de tension entre les deux fils de ligne.



CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

Figure I.34 Liaison différentielle

La liaison symétrique ou différentielle permet de transmettre des données sur de grandes distances à des vitesses élevées. Elle est peu sensible aux parasites induits, ceux-ci affectent les deux fils de la ligne et se trouvent inhibés (compensés) par l'entrée différentielle du récepteur [11]

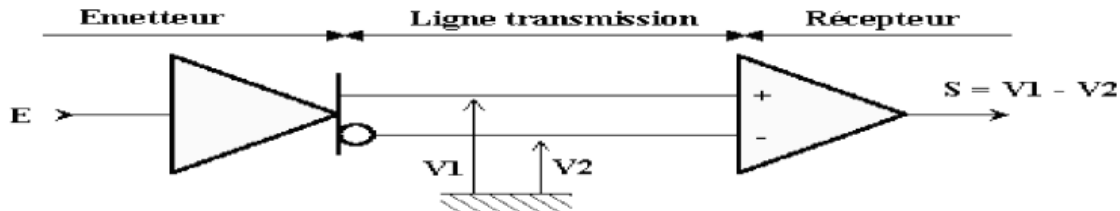


Figure I.35 liaison différentielle

Donc, nous choisissons le protocole de communication MODBUS (Bus différentiel) dans notre travail parce qu'il est simple, facile de mise en œuvre et flexible. En plus de la vitesse, de sa portée et de sa capacité de détecter des erreurs, nous favorisons son adaptabilité avec les modes de transmission souhaités et ainsi, dans ce mode les stations esclaves sont indépendantes, ce qui est le cas pour notre application. Le protocole MODBUS permet la communication entre plusieurs équipements connectés sur un même réseau, par exemple un système qui mesure la température et l'humidité d'un four peut communiquer ses résultats à un ordinateur de traitement via MODBUS [12].

I.8 Le MODBUS :

Est un protocole de communication industriel introduit par Modicon en 1979. Il est généralement utilisé avec les automates programmables ou les équipements de types industriels. Il est maintenant devenu une norme "open Protocol" dans le domaine de l'automatisme et de la communication industrielle, et est le moyen le plus couramment utilisé pour faire communiquer des équipements industriels. Il existe des versions avec des modifications mineures ou adaptées à d'autres environnements (comme par exemple JBUS ou MODBUS II).

Un des avantages du protocole Modbus est sa flexibilité, mais aussi sa facilité de mise en œuvre. La plupart des appareils et dispositifs embarqués comme les microcontrôleurs, les automates etc...sont équipés d'interface Modbus et sont capables de communiquer en Modbus. Au début, le Modbus a été initialement conçu pour fonctionner avec les lignes de communication filaires série mais il existe aujourd'hui des extensions à la norme pour les communications sans fil et les réseaux TCP / IP. Le protocole Modbus permet la communication entre plusieurs équipements connectés sur un même réseau, par exemple un système qui mesure la température et l'humidité d'un four peut communiquer ses résultats à un ordinateur de traitement via Modbus. [12]

I.9 Le protocole :

Un protocole consiste en la définition de trames d'échange. Plusieurs protocoles ont été définis. Le protocole le plus connu est le protocole Modbus (marque déposée par MODICON) et Profibus (Siemens) qui sont deux protocoles standards de dialogue basé sur une structure hiérarchisée entre un maître et plusieurs esclaves. Mikroelektronika propose aussi un protocole non standard pour communiquer des microcontrôleurs de type PIC, DsPIC, AVR et Intel. Néanmoins l'utilisateur est libre de définir son propre protocole. [8]

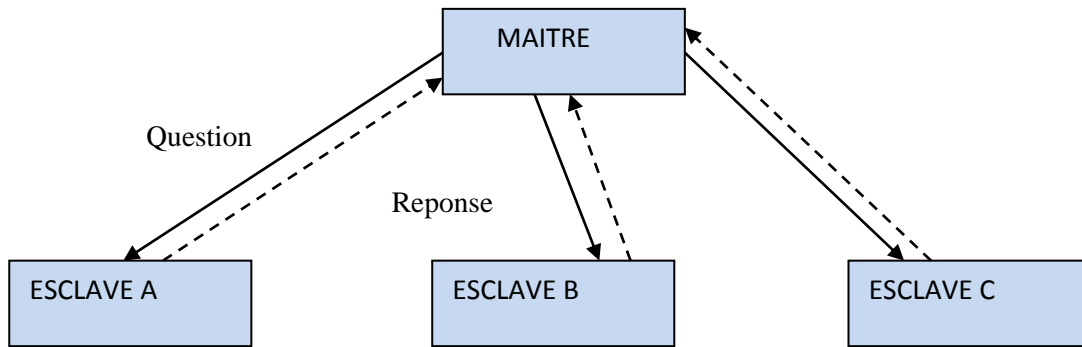


Figure I.36 protocole (maître, esclaves)

Le maître envoie une **demande adressée** et attend une **réponse de l'esclave concerné**.

-Deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble.

-Le dialogue maître – esclave peut être schématisé sous une forme successive de liaisons point à point.

-Mode de communication : Half-duplex.

-Le maître peut parler à l'ensemble des esclaves, sans attente de réponse (diffusion générale). Il ne peut y avoir sur la ligne qu'un seul équipement en train d'émettre. Aucun esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître. Le dialogue direct entre les esclaves est impossible

I.9.1 Adressage :

Les abonnés du bus sont identifiés par des adresses attribuées par l'utilisateur.

L'adresse de chaque abonné est indépendante de son emplacement physique.

Les adresses vont de 1 à 64 pour le protocole Modbus et de 1 à 255 en général et ne doivent pas obligatoirement être attribuées de manière séquentielle. Deux abonnés ne peuvent avoir la même adresse. [8]

I.9.2 Echange maître vers l'esclave :

Le maître interroge un esclave d'adresse unique sur le réseau et attend de la part de cet esclave une réponse. [8]

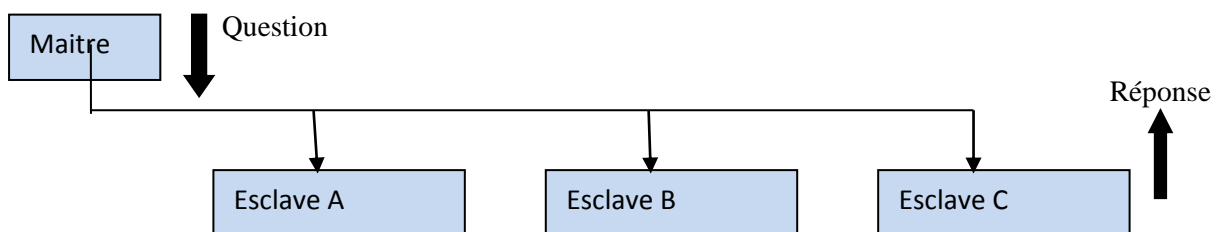


Figure I.37 protocole (maître, esclaves).

I.10 Principe de fonctionnement du MODBUS :

Le bus modbus est composé d'une station maître et de station esclave .Seule la station maître Peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre station Esclave n'est pas réalisable).le maître peut s'adresser aux esclave individuellement ou envoyer un message de diffusion générale a tous les esclave .les esclaves renvoient un message (réponse) aux requêtes qui leur sont adressées

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

individuellement .les requêtes de diffusion générale n’attendent pas de réponse en retour .il ne peut y avoir sur la ligne qu’un seul équipement en train d’émettre .Aucun esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître .le dialogue direct entre les esclaves est impossible. [13]

-Le dialogue maître – esclave peut être schématisé sous une forme successive de liaisons point à point.

-Mode de communication :**half-duplex**. (2 fils ou 4 fils).

I.10.1 Structure du message :[13]

Le maître envoie un message constitué de la façon suivante:

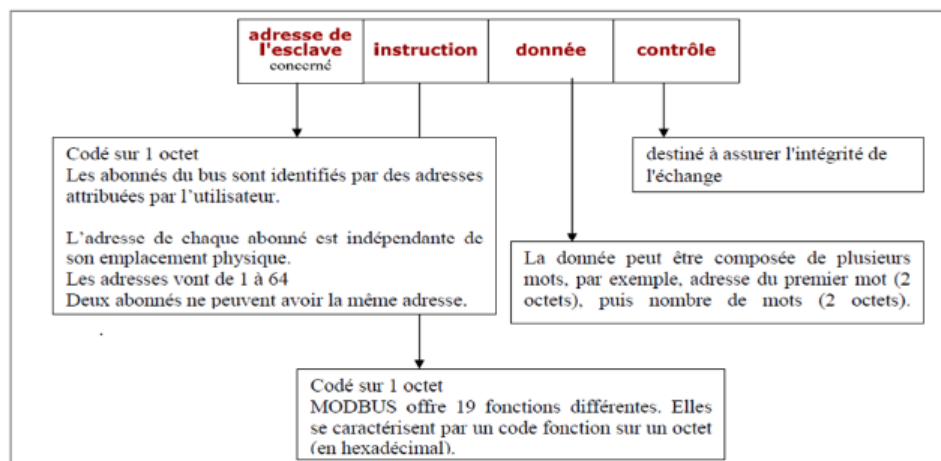


Figure I.38 Format d'une Trame MODBUS.[13]

-la détection de fin de message est réalisée sur un silence de durée supérieure ou égale a la durée de transmission de 3 octets.

-l'esclave répond par un message du même type que le message question .

I.10.2 Le choix de MODBUS :

Notre choix de réseau de communication a opté, d'une part, pour la topologie étoile, essentiellement, parce que c'est une architecture dédiée pour les systèmes non séquentiels dont les E/S des différents points du réseau ne dépendent pas l'un des autres. Notre application ne peut être séquentielle car le paramètre de temps contient plusieurs variantes (exemple : l'affinage ne peut être déterminé d'une manière constante).

D'autre part, les points en communication étant loin l'une de l'autre (grande industrie), une liaison différentielle est alors nécessaire pour permettre le garanti de l'aboutissement des messages. C'est ainsi que le MODBUS, architecture en étoile en liaison différentielle, est adopté.

I-11 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit un système d'acquisition et de contrôle pour une application industrielle alimentaire. Pour cela, nous avons présenté les étapes de production dans une fromagerie/biscuiterie. Ainsi, les capteurs et actionneurs nécessaires pour fonctionner ce système ont été décrits.

CHAPITRE I: Description générale du processus industriel

Ensuite, les différents types de transmission (parallèle, série synchrone et asynchrones), modes et architectures ont été étudiés pour la communication de données. En se basant sur plusieurs critères, notre choix a été justifié. Nous avons opté pour le réseau MODBUS : Protocole de communication série multi-points en architecture d'étoile en liaison différentiel.

Le chapitre suivant sera consacré à l'étude du microcontrôleur choisi pour la gestion de l'application. Nous étudierons spécifiquement les périphériques intégrés, dans sa puce, utilisés dans notre application (CAN, USART et PWM).

CHAPITRE II:

Description du microcontrôleur PIC 16F877

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

II.1 Introduction:

Ce chapitre est dédié à la description du microcontrôleur utilisé pour la gestion de notre carte électronique et pour assurer la communication entre les trois processus de stations esclaves et le processus de la salle de contrôle (maître). Dans son présentation, nous donnons plus d'importance à ses périphériques exploités dans ce travail. Ce projet exploite le PIC16F877 de MICROCHIP, avec Bus de données de 8 bits et une fréquence de fonctionnement élevée, jusqu'à 20Mhz et convertisseur analogique/numérique (CAN), l'UART, Le CCP (Capture, Compare and PWM) avec plusieurs sources d'interruptionetc.

Le PIC contient le programme nécessaire à la génération de contrôle. Et il garantit la communication entre les différents points du réseau de notre système d'acquisition.

II.2.Les microcontrôleurs :

II .2.1.Généralités :

Un microcontrôleur se présente comme étant une unité de traitement de l'information de type microprocesseur contenant tous les composants d'un système informatique, à savoir microprocesseur, des mémoires et des périphériques (ports, Timers, convertisseurs...). Chaque fabricant a saouesfamilles de microcontrôleurs. [1]

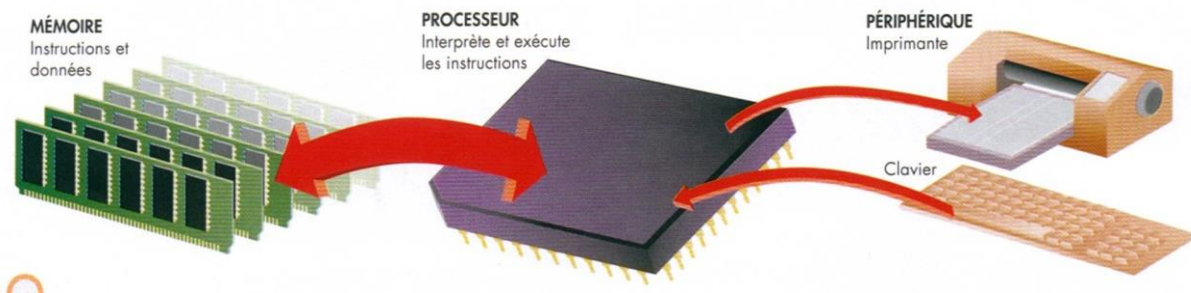


Figure-II-1 : Schéma synoptique d'un système à microprocesseur.[2]

Un microcontrôleur est un circuit intégré qui contient en interne, c'est-à-dire dans un seul et même boîtier, l'équivalent de la structure complète d'un micro-ordinateur. La figure-II-2 montre quels sont ces éléments dont voici les fonctions:

- L'unité centrale ou CPU (*Central Processing Unit*) est le coeur du microcontrôleur,
- La mémoire ROM (*Read Only Memory*),
- La mémoire vive ou RAM (*Random Access Memory*),
- Les entrées/sorties.

Tous ces éléments sont reliés entre eux par ce que l'on appelle un bus [3].

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

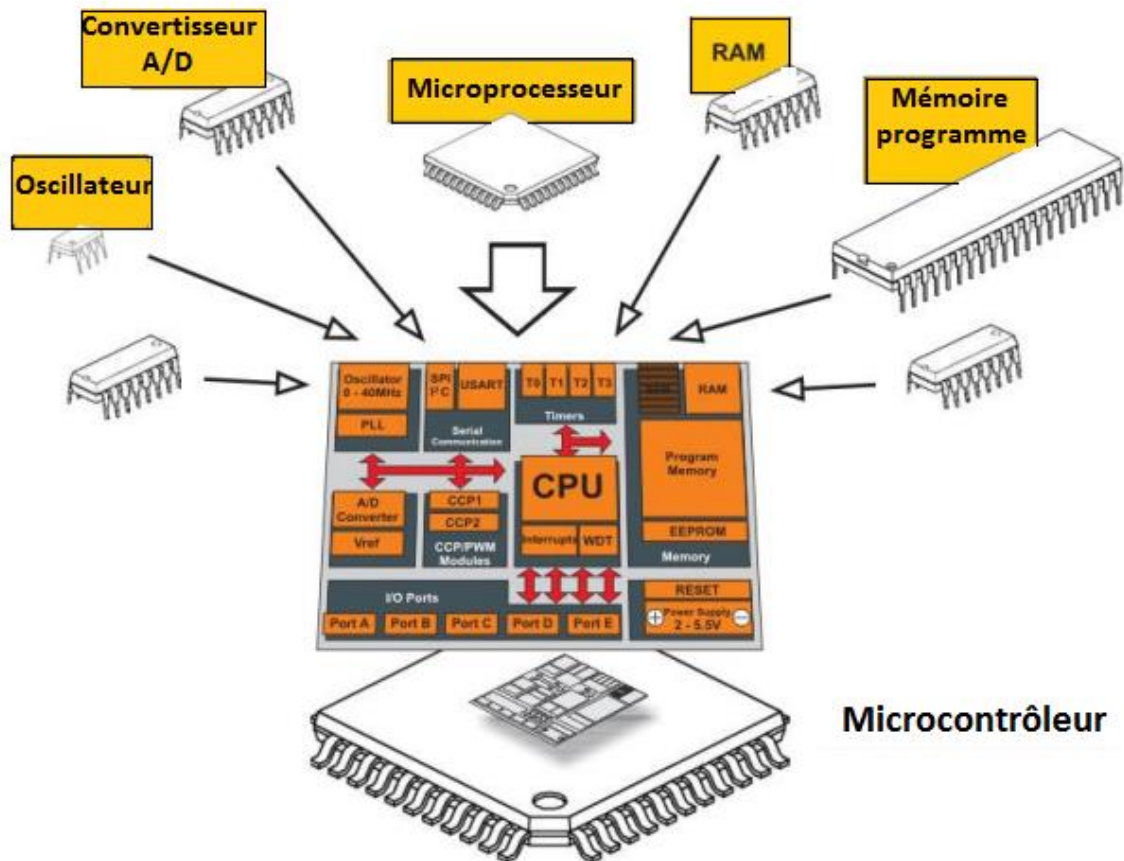


Figure-II-2 Contenu type d'un microcontrôleur[4]

II.2.2. Les avantages du microcontrôleur :

L'utilisation des microcontrôleurs pour les circuits programmables a plusieurs points forts et bien réels.

Tout d'abord, un microcontrôleur, étant d'architecture RISC (*Reduced Instructions Set Computer*), intègre dans un seul et même boîtier, avant sa nécessité une dizaine d'éléments séparés.

- 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.

- Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux :

- Moins cher que les autres composants qu'il remplace.

- Diminuer les coûts de main d'œuvre.

- Réalisation des applications avec plus d'optimalité (moins d'encombrement, de dissipation énergétique, avec temps de calcul réduit et capacité de modification sans changer des composants au niveau du circuit géré par le microcontrôleur) comparativement avec d'autres composants. [3]

II.3 Un PIC (*Peripheral interface controller*):

N'est rien d'autre qu'un microcontrôleur, c'est à dire une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à la quelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes.

Les Pics sont des composants dits RISC (*Reduced Instructions Set Computer*), ou encore composant à jeu d'instruction réduit, sachant que plus on réduit le nombre d'instruction plus facile et plus Rapide en est le décodage, et vite le composant fonctionne. [5]

II.3.1- Classification des PICs de Microchip:[2]

La famille des PICs est subdivisée en 3 grandes familles :

- La famille **Base-Line**, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits,

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

- La famille **Mid-Range**, qui utilise des mots de 14 bits (et dont font partie le PIC16F84 et 16F876),

- La famille **High-End**, qui utilise des mots de 16 bits.

Les PICs peuvent fonctionner avec des fréquences d'horloge jusqu'à une fréquence max spécifique à chaque circuit. Nous nous limiterons dans ce projet à la famille Mid-Range et particulièrement au PIC 16F877.

II.3.2. Identification d'un Pic :[6]

Pour identifier un PIC, on utilise simplement sa référence.

Les 2 premiers chiffres indiquent sa catégorie ; 16 indique un PIC Mid-Range.

Vient ensuite parfois une lettre L: Celle-ci indique que le PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante. Ensuite, on trouve :

- C indique que la mémoire programme est une EPROM ou plus rarement une EEPROM.

-CR pour indiquer une mémoire de type ROM.

-Ou F pour indiquer une mémoire de type FLASH.

Et voici le tableau I.1. qui montre les différences entre quelques PICs.

	Mem prog en octets	RAM en octets	EEPROM	Fréquence max en MHZ	E/S	Boitier
12C508	512x12	25	-	4	6	8broches
16C72A	2048x14	128	-	20	22	28broches
16F84	1024x14	68	64	20	13	18broches
16F628	2048x14	224	128	20	16	18broches
16F876	8192x14	368	256	20	22	28broches
16F877	8192x14	368	256	20	33	40broches

Tableau II.1 Tableau comparatif « microcontrôleur »[6]

Un PIC est généralement identifié par une référence de la forme suivante : xxXXyy-zz

- xx : Famille du composant, actuellement « 12, 14, 16, 17 et 18 ».

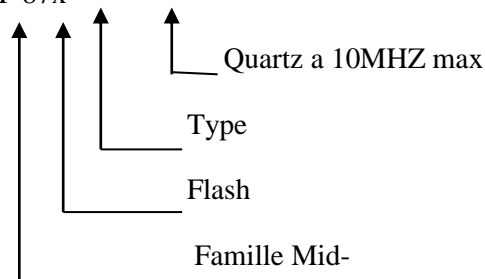
- XX : Type de mémoire programme :

- yy : Identificateur ;

- zz : Vitesse maximale du quartz de pilotage.

Exemple :

PIC : 16 F 87x -



II.3.3-Critères de choix d'un microcontrôleur :

Le choix judicieux d'un microcontrôleur, pour une application donnée dépend principalement :

- Du nombre d'entrées/sorties de l'application cible,
- Du type de mémoire programme : Flash, Eprom, OTP (*One Time Programmable*) ... et de sa taille.
- De la présence ou de l'absence des convertisseurs analogiques/numériques CAN et d'autres éventuels périphériques.

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

- Le prix...etc. [2]

Nous allons maintenant s'intéresser à la structure interne du PIC 16F877, avec lequel nous avons travaillé. Le PIC16F877 est un microcontrôleur de MICROCHIP, fait partie intégrante de la famille des Mid Range (16).

Après études, nous avons choisi le PIC16F877, dépendamment de nos besoins dans notre travail. « la conversion A/N , l'USART, PWM et plusieurs sources d'interception et le nombre des ports d'E/S nécessaire».

II.4- Le microcontrôleur 16F877 :

II.4.1- Définition :

Le PIC16F877 (Programmable Interface Contrôler) est un microordinateur, fabriqué par la société MICROCHIP technologie, son boîtier DIL (Dual In Line) de 40 broches, contenant un CPU, une mémoire FLASH, une mémoire RAM, une mémoire EEPROM, des entrées-sorties, des périphériques (USART, TIMER, CAN..).[2]

II.4.2 la structure externe :[7]

Nous allons maintenant s'intéresser à la structure externe du PIC 16F877.

Le pic 16F877 est un circuit intégré contenu dans un boîtier nommé « DIL 40 », il présente 40 broches, 20 de chaque côté. Les broches sont virtuellement numérotées de 1 à 40.

Il a :

-04 pins pour l'alimentation (VDD, VSS). [7]

-02 pins pour l'oscillateur (OSC1, OSC2). [7]

-01 pin pour le RESET (MCLR). [7]

-33 pins d'entrées/sorties dont chacune de ses broches assure un fonction précise.[7]

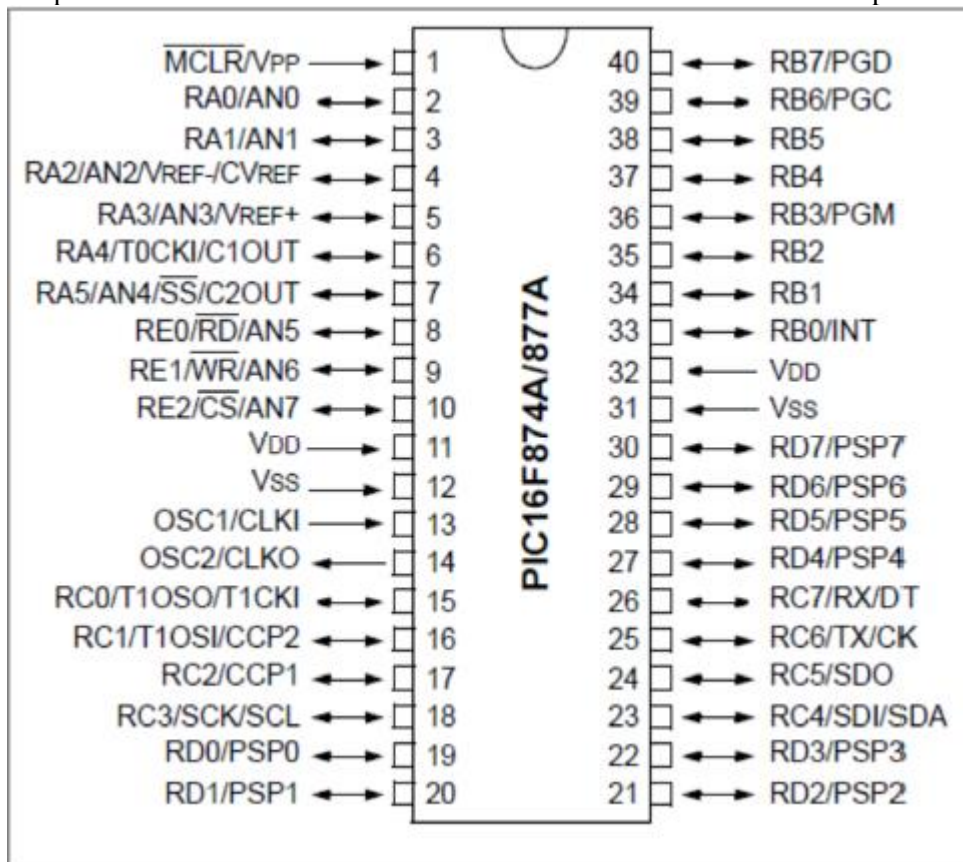


Figure II.3: Brochage PIC16F877 .[7]

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

II.4.2.1 Choix de Pic 16F877:

Le choix d'un microcontrôleur est primordial dépendamment, en grande partie, des ses performances ; la taille, la facilité d'utilisation et le prix. L'application, dans ce projet, nécessite les périphériques suivants : l'USART, LE CCP (PWM), Le CAN et quelques sources d'interruptions pour la gestion en temps réel du système embarqué. Ces besoins sont garantis par le PIC16F877 à un prix très abordable.

II.4.2.2 Les PINS de 16F877 :[1]

Voici le tableau. I.3. qui montre la désignation des pins de pic 16F877.

BROCHES	DESTINATION
1	MCLR/Vpp/THV
2	RA0/AN0
3	RA1/AN1
4	RA2/AN2/VREF-
5	RA3/AN3/VREF+
6	RA4/TOCKI
7	RA5/AN4/SS
8	RE0/AN5/RD
9	RE1/AN6/WR
10	RE2/AN7/CS
11	VCC
12	GND
13	OSC1/CLKIN
14	OSC2/CLKOUT
15	RC0/T1OSO/TICKI
16	RC1/T1OSI/CCP2
17	RC2/CCP1
18	RC3/SCK/SCL
19	RC4/SDI/SDA
20	RC5/SDO
21	RC6/TX/CK
22	RC7/RX/DT
23	RD0/PSP0
24	RD1/ PSP1
25	RD2/ PSP2
26	RD3/ PSP3
27	RD4/ PSP4
28	RD5/ PSP5
29	RD6/ PSP6
30	RD7/ PSP7
31	GND
32	VCC
33	RB0/INT
34	RB1
35	RB2
36	RB3/PGM
37	RB4
38	RB5
39	RB6/PGM
40	RB7/PGD

Tableau .II.2 les pins de PIC16F877

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

-MCLR: Cette broche sert à initialiser le microcontrôleur (Reset matériel).

Le microcontrôleur dispose de plusieurs sources de RESET :

-POR.

-EXTERNAL RESET

-WDT

-BOR

-POR: (POWER ON RESET) Mise sous tension.

-Un front montant sur MCLR déclenche l'initialisation du microcontrôleur.

-EXTERNAL RESET: (Mise à l'état bas de MCLR). Remise à zéro extérieure. Il faut appliquer un niveau bas sur l'entrée RESET pendant au moins 2 μ S pour que l'Initialisation soit prise en compte.

-WDT: Chien de garde. Si le WDT arrive à la fin du temps de garde sans avoir été rafraîchi il y aura alors une initialisation du microcontrôleur.

-BOR: Baisse de l'alimentation. Si la tension VDD chute en dessous de 4V pendant 100 μ S au moins, le microcontrôleur peut générer un RESET.

-Oscillateur : OSC1 et OSC2 ou CLKIN et CLOUT. Ces broches permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du PIC.

-Alimentation : VDD et VSS. Ce sont les broches d'alimentation du circuit. Les tensions qui peuvent être appliquées sont :

- De 4,5V à 6V pour la gamme standard F .

- De 2 à 6V pour la gamme étendue LF. L'intensité du courant consommé peut aller de 1 μ A à 10mA.

La consommation du microcontrôleur sera fonction de :

- La tension d'alimentation.

- La fréquence interne.

- Le mode de fonctionnement.

L'Interruption : RB0/INT. Cette broche à une double fonction elle peut être utilisée comme E/S ou comme une broche standard RB0 ou comme une entrée d'interruption INT.

II.4.2.3 Les ports entrée/sortie de Pic 16F877:[8]

Le pic 16F877 dispose de 5 ports entrée/sortis et voici les particularités de chaque port :

Le port A : Dans ce pic ,6 pins I/O numérotées de RA0 à RA5. Nous avons donc 6 bits utiles dans le registre TRIS A (registre pour configuration du sens entre E/S). Les bits RA6 et RA7 de ces registres ne sont pas implantés. Ils seront lus comme des « 0 ».

Le PORT B : Il contient 8 pins de RB0 à RB7. Le pin RB0 qui, en configuration d'entrée, est de type « trigger de Schmitt » quand elle est utilisée en mode interruption « INT ».

Le PORT C : Il a deux pins qu'on utilisera plus tard dans la communication série avec le PC à travers (TX et RX) (pin21et pin 22).

Le PORT D : Ce port fonctionne de façon identique aux autres, dans son mode de fonctionnement général.

Le PORT E : Il ne comporte que 3 pins RE0 à RE2.

-Les éléments essentiels du PIC16F877 sont.[8]

-Une mémoire programme de type EEPROM flash de 8K mots de 14 bits,

-Une RAM donnée de 368 octets,

-Une mémoire EEPROM de 256 octets,

-5 ports d'entrée sortie, A (6 bits), B (8 bits), C (8 bits), D(8 bits), E (3bits),

-Convertisseur Analogiques numériques 10 bits à 5 canaux pour le pic (8 canaux pour le 16F877)

-USART, Port série universel, mode asynchrone et mode synchrone

-Trois TIMERS avec leurs Prescalers, TMR0, TMR1, TMR2

-Deux modules de comparaison et Capture CCP1 et CCP2

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

- Un chien de garde,
- 13 sources d'interruption,
- Générateur d'horloge, à quartz (jusqu' à 20 MHz) ou à Oscillateur RC
- Fonctionnement en mode sleep pour réduction de la consommation,
- Programmation par mode ICSP (In Circuit Serial Programming) 12V ,5V
- Tension de fonctionnement de 2 à 5V,
- Jeux de 35 instructions.

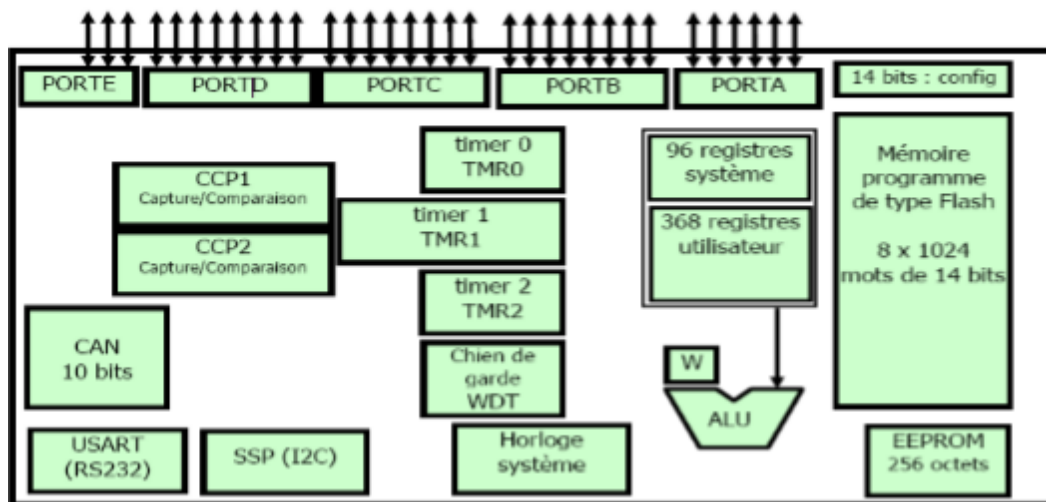


Figure II.4 Les éléments constitutifs du PIC 16F877

II.4.3 la structure interne

Nous allons maintenant s'intéresser à la structure interne du PIC 16F877.

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

II.4.5 Organisation de la mémoire du 16F877 [11]

La mémoire du 16F877A est divisée en 3 parties :

-La mémoire FLASH programme : La mémoire programme est constituée de 8k mots de 14 bits.

-La mémoire EEPROM : La mémoire EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory), est constituée de 256 octets.

-La mémoire RAM disponible du 16F877 est de 368 octets.

Sur le 16F877, 3 blocs de 16 octets chacun ne sont pas implantés physiquement d'où une capacité de RAM utilisateur de 368 octets.

Il existe plus d'un chemin possible pour programmer les PICs. Nous utilisons le langage évolué « HI TECH C » intégré sous MPLAB.

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ^(*) 00h	Indirect addr. ^(*) 80h	Indirect addr. ^(*) 100h	Indirect addr. ^(*) 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 105h	TRISB 185h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ^(*) 08h	TRISD ^(*) 88h		
ORTE ^(*) 09h	TRISE ^(*) 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ^(*) 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved ^(*) 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPADD 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 97h	General Purpose Register 16 Bytes	General Purpose Register 16 Bytes
TXREG 19h	SPBRG 98h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch			
CCP2CON 1Dh			
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
	A0h		
General Purpose Register 96 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes
	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h - 7Fh
Bank 0 7Fh	Bank 1 Fh	Bank 2 17Fh	Bank 3 1FFh

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.
* Not a physical register.

Figure II.7 Architecture des registres internes du microcontrôleur 16F877.

II.4.6 Les différents modules (périphériques) :

II.4.6.1 : USART (Universal Synchronous/ Asynchronous Receiver Transmitter)

Le récepteur synchrone universel asynchrone et le module émetteur (USART) exploitent deux ports série (RC6 et RC7).

Modules d'E/S. (USART est également appelé interface de communication série ou SCI).

L'USART peut être configuré en tant que système asynchrone en Half-Duplex. [10]

- Les broches utilisées pour la transmission :

Les pins 6 et 7 du PORT C:

PC6 = Tx DATA

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

PC7 = Rx DATA

Les registres :

Registres utilisés pour contrôler USART :

-SPBRG - Générateur de vitesse de transmission

-TXSTA - État et commande de transmission

-RCSTA - État de réception et contrôle

-TXREG - Registre de données de transmission

-RCREG - Registre de données de réception

-Les interruptions de l'UART sont utilisées :

-PIR1 - Registre d'indicateur d'interruption périphérique TXIF, RCIF

-PIE1 - Registre d'activation d'interruption périphérique TXIE, RCIE

-INTCON – Registre de contrôle d'interruption GIE, PEIE

II .4.6.1.1 Registre SPBRG [10]

Registres du générateur de débit en bauds

- Bit BRGH dans le registre TXSTA : Le débit en bauds est défini en écrivant dans le registre SPBRG.

- Le bit SYNC sélectionne entre les modes synchrone et asynchrone.

Pour le mode asynchrone, le bit SYNC doit être effacé et le bit BRGH est utilisé pour choisir entre les options haute vitesse et basse vitesse pour une plus grande souplesse dans le réglage du débit en bauds.

Formules pour le débit en bauds

Vitesse de transmission = $F_{osc} / (16 (SPBRG + 1))$, BRGH = 1

Vitesse de transmission = $F_{osc} / (64 (SPBRG + 1))$, BRGH = 0

Formule pour SPBRG

SPBRG = $(F_{osc} / (\text{débit } 16 \text{ bauds})) - 1$, BRGH = 1

SPBRG = $(F_{osc} / (\text{débit } 64 \text{ bauds})) - 1$, BRGH = 0

BRGH=0 VITESSES BASSES	BRGH=1 VITESSES HAUTES
$VITESSE = \frac{F_{oscill}}{64(N + 1)}$	$VITESSE = \frac{F_{oscill}}{16(N + 1)}$
$N = \frac{F_{oscill}}{64.Vitesse} - 1$	$N = \frac{F_{oscill}}{16.Vitesse} - 1$

Tableau II.3 configuration de vitesse de registre SPBRG

Les deux premières formules montrent comment le débit en bauds est défini par la valeur dans le registre SPBRG et le bit BRGH. Toutefois, le plus important pour l'utilisateur est de pouvoir calculer la valeur à placer dans le registre SPBRG pour obtenir le débit souhaité. Les deux formules du bas peuvent être utilisées à cette fin. Le registre SPBRG peut avoir une valeur de zéro à 255 et doit toujours être une valeur entière.

II .4.6.1.2 Registre TXSTA [10]

Bit 7

Bit 0

CSRC	TX9	TXEN	SYNC		BRGH	TRMT	TX9D
------	-----	------	------	--	------	------	------

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

CSRC: bit de sélection de source d'horloge en mode synchrone.

TX9: bit d'activation de transmission sur 9 bits

1 = sélectionne la transmission 9 bits

0 = sélectionne la transmission 8 bits

TXEN: bit d'activation de transmission

1 = transmission activée

0 = transmission désactivée

SYNC: bit de sélection de mode USART

1 = mode synchrone

0 = mode asynchrone

BRGH: bit de sélection du débit en bauds élevé

1 = haute vitesse

0 = basse vitesse

TRMT: Bit d'état du registre à décalage transmis

1 = TSR vide

0 = TSR non vide (sérialisation (transmission) en cours)

TX9D: 9ème bit de transmission de données, peut être un bit de parité ou d'adresse.

II 4.6.1.3 Registre RCSTA (Receive and Control Register State) [10]

Bit 7

Bit 0

SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
------	-----	------	------	-------	------	------	------

SPEN: bit d'activation du port série

1 = Port série activé (configure les broches RC7 / RX / DT et RC6 / TX / CK en tant que broches de port série)

0 = port série désactivé

RX9: bit d'activation de la réception sur 9 bits

1 = sélectionne la réception 9 bits

0 = sélectionne la réception 8 bits

SREN: bit d'activation de réception unique (en mode synchrone seulement).

CREN: bit d'activation de la réception continue

Mode asynchrone:

1 = active la réception continue

0 = désactive la réception continue

ADDEN: bit d'activation de la détection d'adresse

Mode asynchrone 9 bits (RX9 = 1):

1 = active la détection d'adresse, active l'interruption et le chargement du tampon de réception lorsque RSR est défini

0 = désactive la détection d'adresse, tous les octets sont reçus et le neuvième bit peut être utilisé comme bit de parité

FERR: bit d'erreur d'encadrement (*framingError*)

1 = erreur de trame (peut être mis à jour en lisant le registre RCREG et recevant le prochain octet valide)

0 = pas d'erreur de trame.

OERR: bit d'erreur de dépassement ou de débordement (*OverromError*)

1 = erreur de dépassement.

0 = pas d'erreur de dépassement

RX9D: 9ème bit de données reçues (peut être un bit de parité ou d'adresse selon le bit

ADDEN qui active ou désactive la détection d'adresse)

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

II .4.6.2 : CAN (Convertisseur Analogique-Numérique) [12] :

Le module de conversion analogique-numérique (A / D) comporte cinq entrées pour les appareils à 28 broches et huit pour les autres dispositifs tel que le PIC16F877.

Ces registres sont:

- Registre des résultats A / D (ADRESH)
- Registre des résultats A / D (ADRESL)
- Registre de contrôle A / D0 (ADCON0)
- Registre de contrôle A / D1 (ADCON1)

La taille de registre est 8bits (01 octet).

II .4.6.2.1 REGISTR ADCON0 :REGISTER (ADRESE: 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

-bit 7-6

ADCS1: ADCS0: bits de sélection d'horloge de conversion A / D

00 = FOSC / 2

01 = FOSC / 8

10 = FOSC / 32

11 = FRC (horloge dérivée de l'oscillateur RC du module analogique-numérique interne)

-bit 5-3

CHS2: CHS0: bits de sélection de canal analogique

000 = canal 0, (RA0 / AN0)

001 = canal 1, (RA1 / AN1)

010 = canal 2 (RA2 / AN2)

011 = canal 3 (RA3 / AN3)

100 = canal 4 (RA5 / AN4)

101 = canal 5, (RE0 / AN5) (1)

110 = canal 6, (RE1 / AN6) (1)

111 = canal 7, (RE2 / AN7) (1)

-Bit 2

GO / DONE: bit d'état de la conversion A / D Si ADON = 1:

1 = conversion A / D en cours (la définition de ce bit lance la conversion A / D)

0 = conversion A / N non en cours (ce bit est automatiquement effacé par le matériel lorsque la conversion est terminée)

-Bit 1 Non implémenté: lu comme '0'

-Bit 0

ADON: A / D sur bit

1 = le module convertisseur A / N fonctionne.

0 = le module convertisseur A/N est à l'arrêt et ne consomme aucun courant de fonctionnement.

II .4.6.2.2 REGISTR ADCON1 REGISTR (ADRESE 9Fh)

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

Bit 7:

ADFM = A/D Result format.

1 = Justifié à droite : ADRESH ne contient que les 2 MSB du résultat. Les 6 MSB de ce registre sont lus comme des "0".

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

0 = Justifié à gauche : ADRESL ne contient que les 2 LSB du résultat. Les 6 LSB de ceregistresontluscomme des "0".

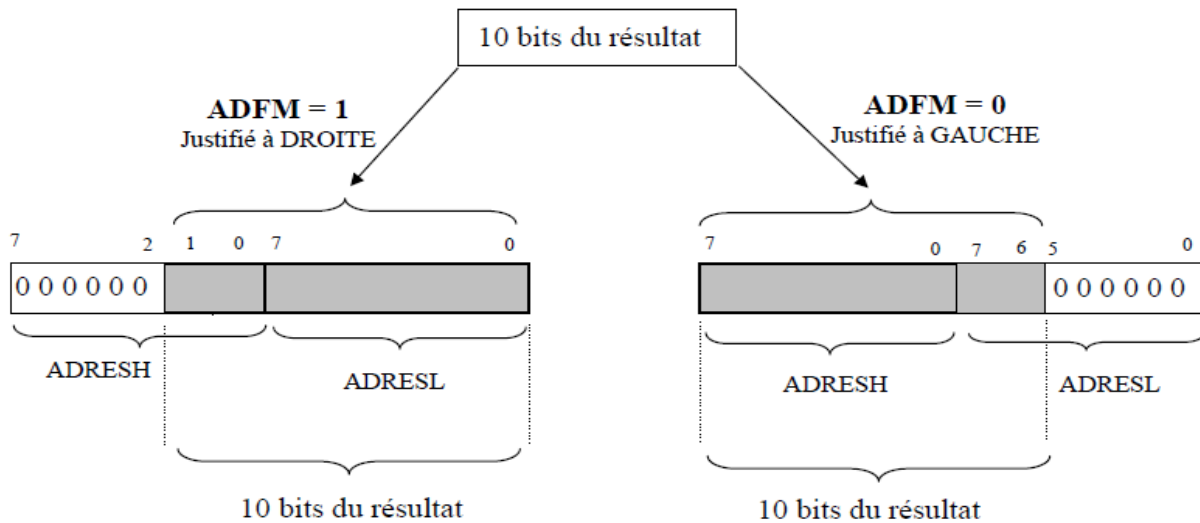


Figure II-8 Formats des résultats de la conversion

Bit 6 bit 5 et bit 4 :

Bits non implémentés.

Bit 3 bit 2 bit 1 et bit 0 : PCFG3 PCFG2 PCFG1 et PCFG0

Bits de contrôle de la configuration des Ports. Ces bits permettent de choisir le partage entre entrées analogiques et digitales sur les PORTS A et E. Ils permettent également de choisir pour VREF+ entre VDD et PA3 et pour VREF- entre VSS et PA2.

PCFG3: PCFG0	AN7 ⁽¹⁾ RE2	AN6 ⁽¹⁾ RE1	AN5 ⁽¹⁾ RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs ⁽²⁾
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	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	RA3	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	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

Tableau II.4 choix des canaux d'entrée numérique et analogique et de tension de référence.

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

II.4.6.3- Les TIMERS :

II.4.6.3.1- Timer0 :[7]

C'est le plus ancien des timers implantés dans les PICs, son ancienne appellation était RTCC, pour Real Time Clock. C'est un temporisateur /compteur 8 bits (0 à 255) simple, Il a pour rôle de gérer des événements périodiques, comme l'incrémentation des variables. Celui-ci est incrémenté soit par l'horloge interne ($F_{osc}/4$) ou par des impulsions extérieures générées par une horloge appliquée sur la broche TOCKI/ RA4.

Le mode temporisateur est sélectionné si le bit T0CS du registre(OPTION_REG) est mis à 0, ce mode de fonctionnement est assuré par l'horloge interne, le timer0 est incrémenté à cycle d'instruction (sans le pré-diviseur).

Le mode compteur est sélectionné en mettant à 1 le bit T0CS du registre (OPTION_REG).

L'horloge dans ce cas est externe, si le bit T0SE est mis à 1, le Timer0 est incrémenté à chaque front montant de la patte RA4/TOCKI, et à chaque front descendant si TOSE est mis à 0.

II.4.6.3.2- Timer 1 [7]

C'est un compteur 16 bits qui peut compter (de 0 à 65535) :

- soit les impulsions de l'horloge
- soit les impulsions externes, et en particulier les impulsions d'un quartz externe.

Le Timer 1 peut fonctionner en deux modes selectifs :

- Mode Timer : Timer 1 est incrémenté à chaque cycle instruction ($F_{osc}/4$), en considérant le prédiviseur avec un rapport de 1, 2, 4, ou 8.
- Le Mode Compteur : Timer 1 s'incrémente à chaque front montant de l'horloge externe appliquée sur le RC0. L'horloge externe peut également être l'oscillateur interne, dont la fréquence est fixée par un quartz externe branché entre la broche RC0 et la broche RC1.

II.4.6.3.3- Timer 2[7]

C'est un Timer couplé au module dit CCP. Il est utilisé essentiellement pour la génération d'impulsions à période ajustable (PWM). Le timer 2 comporte un registre compteur 8 bits (TMR2) avec un prédiviseur et un post diviseur. Ce Timer admet uniquement une horloge interne ($F_{osc}/4$). Le pré diviseur peut être paramétré par l'une de trois valeurs: 1, 4 ou 16 ; tant dis que le post diviseur permet des divisions de 1 à 16 : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 ou 16.

TIMER 0	TIMER 1	TIMER 2
Broche utilisée : PA4	Broches utilisées : PC0 et PC1	Broches utilisées : néant
- 8 bits - Pré div de 2^0 à 2^8 - IT et Flag au débordement - Clk int ($F_{osc}/4$) ou ext (PA4)	- 16 bits - Pré div de 2^0 à 2^3 - IT et Flag au débordement - Clk int ($F_{osc}/4$) ou ext (PC0) - Oscil quartz ext PC0/PC1 - Sert en Capture et Compare	- 8 bits - Période programmable dans PR2 - Pré div par 1, 4 ou 16 - Post div de 1 à 16. - IT et Flag quand Timer 2= PR2 - Clk int ($F_{osc}/4$) - Sert en PWM

Tableau II.5 Tableau comparatif «TIMERS »

II.4.6.4 MODULE CCP : CAPTURE COMPARE et PWM [12]

Il y a deux modules identiques CCP1 et CCP2 composés chacun d'un registre 16 bits.

Ils peuvent opérer soit comme un registre 16 bits de capture, soit comme un registre 16 bits de comparaison, soit enfin comme un registre 8 bits pour générer du PWM.

Le module CCP1 est constitué de deux registres de 8 bits : CCPR1L en h'15' page 0 et

CCPR1H en h'16' page 0. Ce module est contrôlé par le registre CCP1CON en h'17' page 0.

La sortie en mode COMPARE ou mode PWM et l'entrée en mode CAPTURE se font par la broche PC2.

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

Le module CCP2 est constitué de deux registres de 8 bits : CCPR2L en h'1B' page 0 et CCPR2H en h'1C' page 0. Ce module est contrôlé par le registre CCP2CON en h'1D' page 0. La sortie en mode COMPARE ou mode PWM et l'entrée en mode CAPTURE se font par la broche PC1. En mode COMPARE ou CAPTURE, les modules utilisent le TIMER 1. En mode PWM, ils utilisent le TIMER 2.

Les registres de contrôles CCP1CON et CCP2CON sont identiques. On ne décrira que CCP1CON.

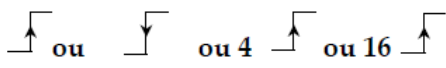
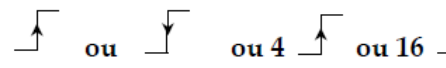
CCP1 Broche utilisée : PC2	CCP2 Broche utilisée : PC1
<p>- Capture : entrée sur broche PC2. Recopie des 16 bits du timer 1 dans les 2 registres CCPR1H et CCPR1L quand survient un événement extérieur sur la broche PC2 tel que :</p>  <p>- Compare : sortie sur broche PC2. Comparaison des 16 bits du timer 1 et du contenu des 2 registres CCPR1H et CCPR1L et passage soit à "1" soit à "0" de la broche PC2.</p> <p>- PWM : sortie sur broche PC2. Période du signal donnée par Timer 2 et valeur dans PR2. Durée du Duty cycle dans CCPR1L.</p>	<p>- Capture : entrée sur broche PC1. Recopie des 16 bits du timer 1 dans les 2 registres CCPR2H et CCPR2L quand survient un événement extérieur sur la broche PC1 tel que :</p>  <p>- Compare : sortie sur broche PC1. Comparaison des 16 bits du timer 1 et du contenu des 2 registres CCPR2H et CCPR2L et passage soit à "1" soit à "0" de la broche PC1.</p> <p>- PWM : sortie sur broche PC1. Période du signal donnée par Timer 2 et valeur dans PR2. Durée du Duty cycle dans CCPR2L.</p>

Tableau II.6 Tableau comparatif « MODULE CCPs »

II.4.6.5- Les interruptions : [13]

Une interruption provoque l'arrêt du programme principal pour aller exécuter une procédure d'interruption. A la fin de cette procédure, le microcontrôleur reprend le programme principal à l'endroit où il l'a laissé. A chaque interruption sont associés deux bits, un bit de validation et un drapeau. Le premier permet d'autoriser ou non l'interruption, le second permet au programmeur de savoir de quelle interruption il s'agit.

Sur le 16F877, les interruptions sont classées en deux catégories, les interruptions primaires et les interruptions périphériques. Elles sont gérées par les registres :

INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
PIE	PSPIE	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
PIR1	PSOIF	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
PIE2	-			EEIE	BCLIE			CCP2IE
PIR2	-			EEIF	BCLIF			CCP2IF
Option-reg								

Tableau II.7 : Les registres gérant les différentes interruptions sur le PIC16F877.

- Toutes les interruptions peuvent être validées/interdites par le bit INTCON.GIE.
- Toutes les interruptions périphériques peuvent être validées/interdites par le bit INTCON.PEIE.
- Chaque interruption peut être validée/interdite par son bit de validation individuel.

En résumé, pour valider une interruption périphérique (par exemple), il faut positionner 3 bits, GIE, PEIE et le bit individuel de l'interruption.

II.4.6.5.1- Déroulement d'une interruption : [13]

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

Lorsque l'événement déclencheur d'une interruption intervient, alors son drapeau est positionné à 1 (levé). Si l'interruption a été validée (bits de validations = 1), elle est alors déclenchée : le programme arrête ce qu'il est en train de faire et va exécuter la procédure d'interruption qui se trouve à l'adresse 4 en exécutant les étapes suivantes :

- L'adresse contenue dans le PC (Program Counter) est sauvegardée dans la pile, puis remplacée par la valeur 0004 (adresse de la routine d'interruption).
- Le bit GIE est placé à "0" pour inhiber toutes les interruptions (afin que le PIC ne soit pas dérangé pendant l'exécution de la procédure d'interruption).
- A la fin de la procédure d'interruption (instruction RETFIE) :
- Le bit GIE est remis à 1 (autorisant ainsi un autre événement)
- Le contenu du PC est rechargé ce qui permet au programme de reprendre là où il s'est arrêté.

Deux remarques importantes sont à faire :

1 - Le drapeau reste à l'état haut même après le traitement de l'interruption. Par conséquent, il faut toujours le remettre à "0" à la fin de la routine d'interruption sinon l'interruption sera déclenchée de nouveau, infiniment, juste après l'instruction RETFIE.

2 - Seul le PC est empilé automatiquement. Si cela est nécessaire, les registres W et STATUS doivent être sauvegardés en RAM puis restaurés à la fin de la routine pour que le microcontrôleur puisse reprendre le programme principal dans les mêmes conditions où il l'a laissé.

- L'interruption INT (Entrée RB0 du port B) : [13]

Cette interruption est provoquée par un changement d'état sur l'entrée RB0 du port B quand elle est programmée en entrée. En plus de son bit de validation INTE et son drapeau INTF, elle est gérée aussi par le bit INTEDG (OPTION_REG) qui détermine le front sur lequel l'interruption se déclenche, 1=montant, 0=descendant.

II.4.6.5.2- Les sources d'interruption :[13]

Interruption : Source d'interruption	Validation	Flag	PEIE
T0I : Débordement Timer 0	NTCON,INTE	INTCON,INTF	NON
INT : Front sur RB0/INT	INTCON,INTE	NTCON,INTF	NON
RBI : Front sur RB4-RB7	NTCON,RBIE	NTCON,RBIF	NON
ADI : Fin de conversion A/N	PIE1,ADIE	PIR1,ADIF	OUI
RCI : Un Octet est reçu sur l'USART	PIE1,TXIE	PIR1,TXIF	OUI
TXI : Fin transmission d'un octet sur l'USART	PIE1,TXIE	PIR1,TXIF	OUI
SSPI : Caractère émis/reçu sur port série synchrone	PIE1,SSPIE	PIR1,SSPIF	OUI
TMR1I : Débordement de Timer 1	PIE1,TMR1IE	PIR1,TMR1IF	OUI
TMR2I :Timer 2 a atteint la valeur programmée	PIE1,TMR2IE	PIR1,TMR2IF	OUI
PSPI : Lecture/écriture terminée sur Port parallèle(16F877)	PIE1,PSPIE	PIR1,PSPIF	OUI
CCP1I : Capture/comparaison de TMR1 avec module CCP1	PIE1,CCP1IE	PIR1,CCP1IF	OUI
CCP2I : Capture/comparaison de TMR1 avec module CCP2	PIE2,CCP2IE	PIR2,CCP2IF	OUI
EI : Fin d'écriture en EEPROM	PIE2,EEIE	PIR2,EEIF	OUI
BCLI : Collision sur bus SSP en mode I2C	PIE2,BCLIE	PIR2.BCLIF	OUI

Tableau II.8: Source d'interruption.

CHAPITRE II: Description du microcontrôleur PIC 16F877

II.5 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit le PIC16F877 et qui sera utilisé, dans le chapitre suivant, pour la gestion de la carte électronique et pour assurer la communication avec la salle de contrôle. Ainsi, le choix de ce PIC a été justifié par le rapport de la fonction coût/qualité du fait qu'il nous offre nos besoins dans notre travail (L'USART, La conversion A/N, le PWM et plusieurs sources d'interruption) et encore le coût est moins cher par rapport aux autres familles assurant les mêmes critères nécessaires pour notre application.

CHAPITRE III:

Système d'acquisition et de contrôle

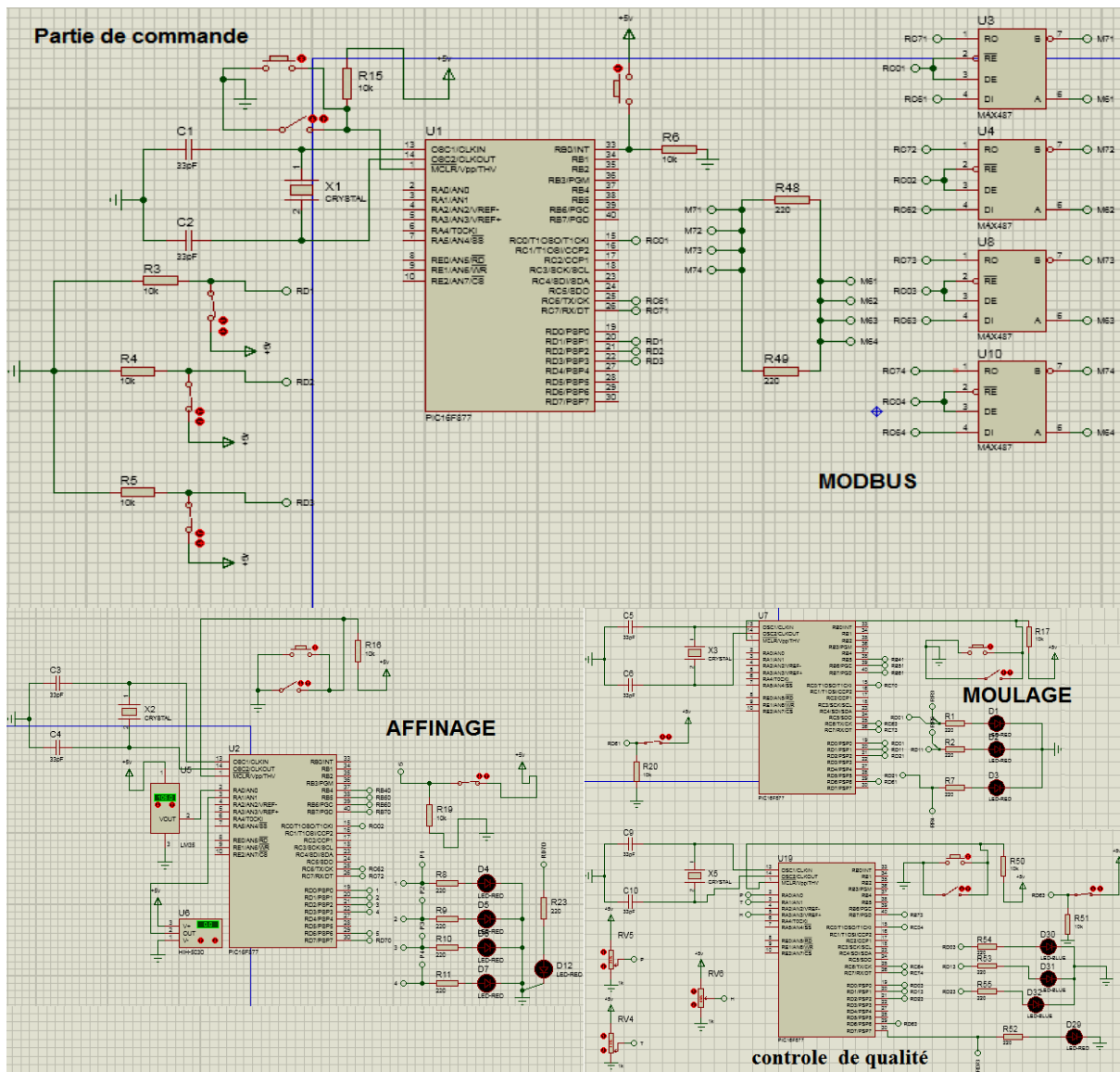
III.1.Introduction:

Dans ce chapitre nous présentons une description générale du système d'acquisition dans le processus industriel et la conception détaillée de chaque partie.

Les deux parties nécessaires dans notre travail sont :

- Partie de commande et de communication (à base de réseau de microcontrôleurs),
- Partie de puissance et d'isolation(en utilisant l'isolation galvanique).

La figure III.1 suivante montre le schéma général de notre projet :



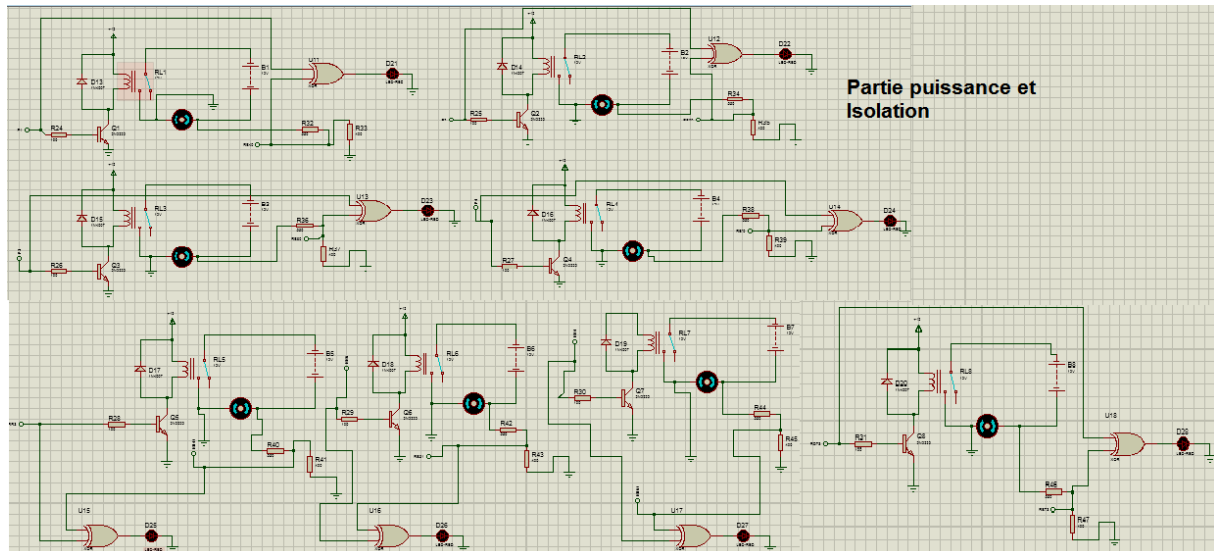


Figure III.1 Schéma complet du système d'acquisition et de contrôle à base de microcontrôleurs 16F877.

Après avoir présenté un schéma général de notre système nous allons, dans ce qui suit, présenter chaque partie séparément.

III.2 Partie de circuit de commande et communication (à base du microcontrôleur) :

La partie commande, c'est la partie qui permet à l'utilisateur d'introduire des commandes adressées et qui sont envoyées sur le bus de communication sous forme de consignes permettant d'activer ou de désactiver des actionneurs/processus au niveau des esclaves (stations de préparation, moulage et la station de contrôle de qualité).

La réception des consignes au niveau de la première station permet d'actionner des moteurs pour permettre la régulation de la température et l'humidité nécessaires pour l'opération de préparation selon le type de produit indiqué dans la trame reçue.

De même, la réception des consignes au niveau de la station de moulage permet d'actionner des moteurs pour permettre le choix de moule et qui correspond à une taille et une forme présélectionnées pour le produit indiqué dans la trame reçue.

Tandis que la donnée adressée à la station de contrôle de qualité de produit permet d'actionner le processus de contrôle de qualité et qui, à son tour, permet au même temps d'indiquer l'état de la pièce produite et de l'accepter/la refuser selon son état par l'activation ou nom d'un vérin de rejection.

Le circuit de commande s'établit dans trois parties :

III.2.1 Les entrées/sorties :

La figure III.2 montre un ensemble d'entrées (interrupteurs/Boutons poussoirs et détecteurs/capteurs) et de sorties (des Leds aux quelles des actionneurs sont reliés en parallèle) sur les ports des microcontrôleurs des trois stations esclaves.

Plus aux entrées/sorties décelables à partir du circuit, au niveau de la station du premier esclave, on ajoute une temporisation calculée par le périphériques CCP1 lors de la régulation des deux paramètres humidité et température afin de garantir la présence du produit à affiner dans la plage régulée (entre les deux seuils) pendant une durée suffisante. L'écoulement de la durée nécessaire est indiquée par une

Led sur RD7 (Led allumée=> durée terminée). Attention : Durée terminée ne veut pas dire régulation terminée. En plus de la durée terminée, Il faut aussi atteindre la régulation entre les deux seuils min et max pour la t° et H° pour arrêter les actionneurs.

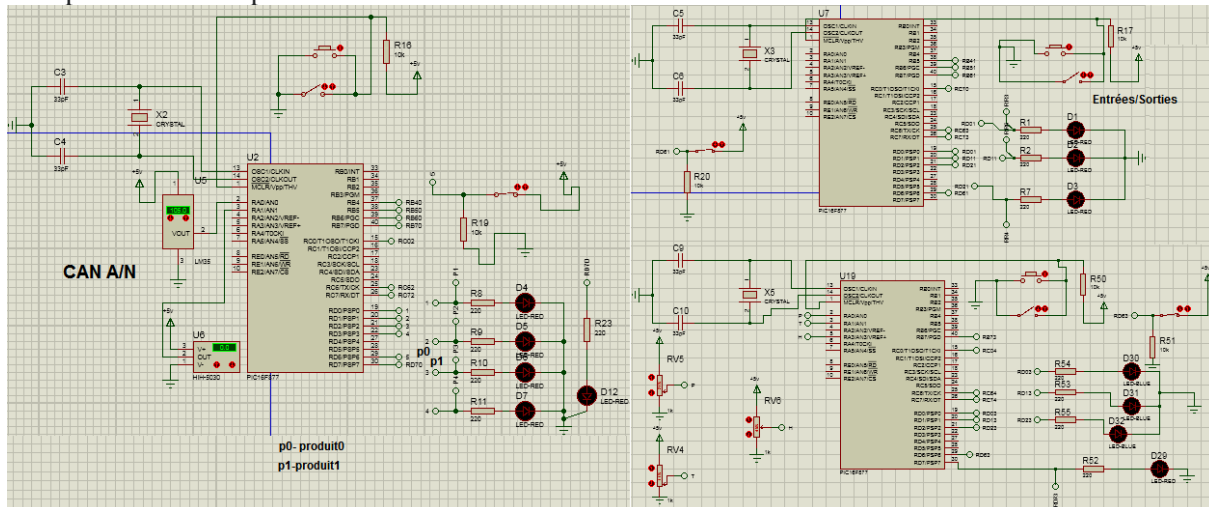


Figure III.2 Connexion des entrées et sorties sur le PIC16F877

L'organigramme suivant (figure III.3) représente la gestion des entrées et des sorties selon les conditions :

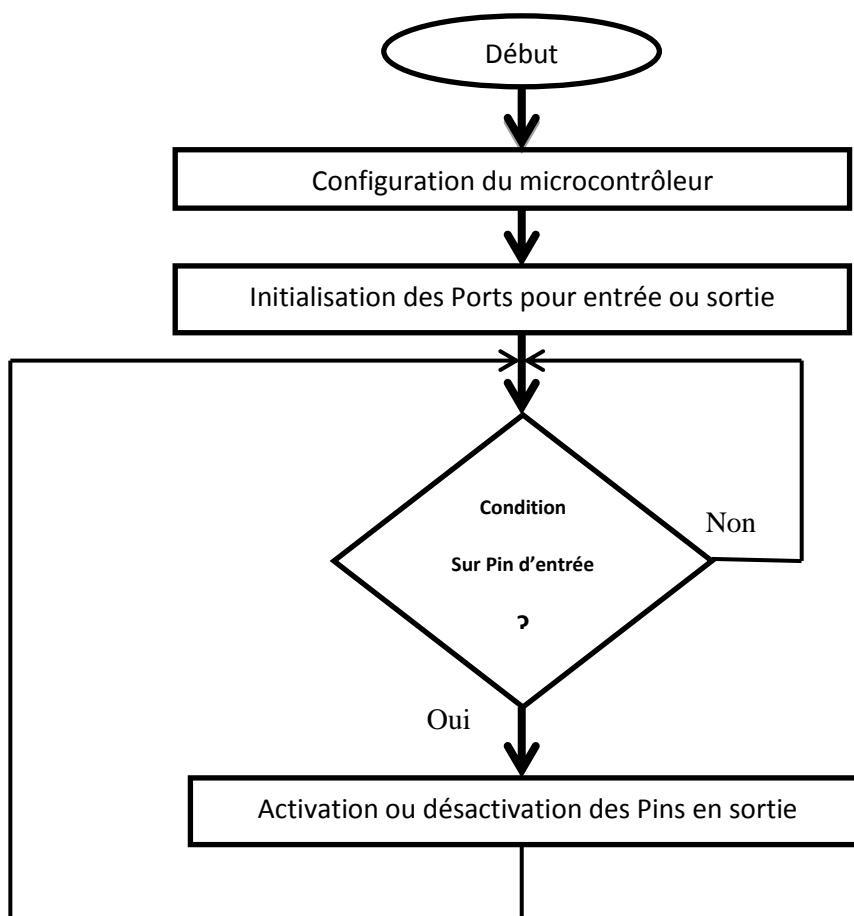


Figure III.3 Organigramme la gestion des entrées et des sorties.

La figure III.5 montre un organigramme pour la conversion A/N.

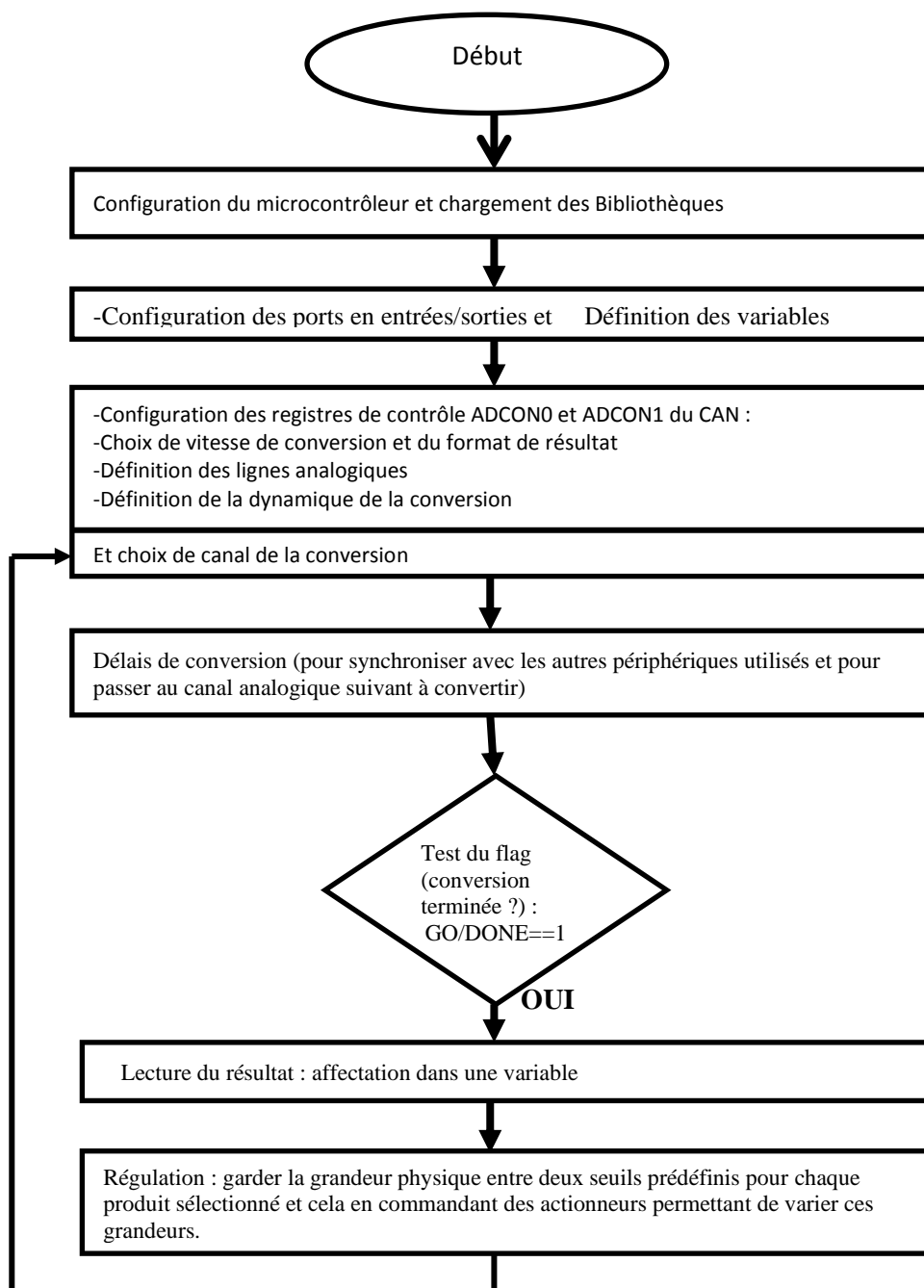


Figure III.5 Organigramme pour la Conversion Analogique/Numérique CAN et la régulation des grandeurs physiques.

III.2.3 le MODBUS :

MODBUS est un protocole de communication, en architecture étoile, assurant le transfert d'informations entre les équipements électroniques. Dans le réseau MODBUS standard, il y a un seul maître et plusieurs esclaves possibles, selon le besoin, chacun à une unique adresse. Le maître seul peut écrire des informations aux esclaves. Les esclaves ne peuvent utiliser le Bus qu'en réponse aux ordres/questions du maître et ne peuvent se communiquer entre eux en aucun cas. C'est pour cela que

ce type de réseau est souvent dédié aux applications indépendantes entre eux et qui peuvent présenter des délais non exactes de traitement ne pouvant pas être mis en cascades (architecture BUS).

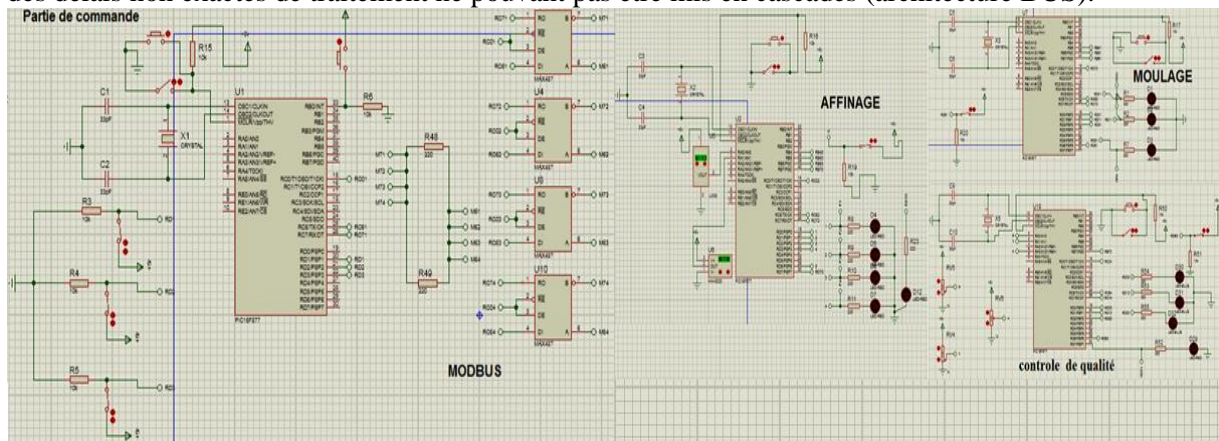


Figure III.6 communication de MODBUS avec le PIC 16F877 (entre le maître et les trois esclaves)

Pour la communication entre le circuit d'acquisition et de gestion à base microcontrôleurs, nous avons exploité le périphérique USART du PIC16F877. Ce choix revient à ce que la communication série a une portée plus importante que la transmission parallèle.

Pour assurer la portée nécessaire de transmission de données à basses tensions (5v en mode commun), on fait appel à un circuit intégré fonctionnant en mode différentiel. Soit le MAX487/485 et qui est souvent utilisé en communication Half-Duplex c'est-à-dire lorsque la transmission s'effectue dans les deux sens mais à l'alternatif.

La figure III.7 montre un organigramme d'émission pour le PIC16F877 :

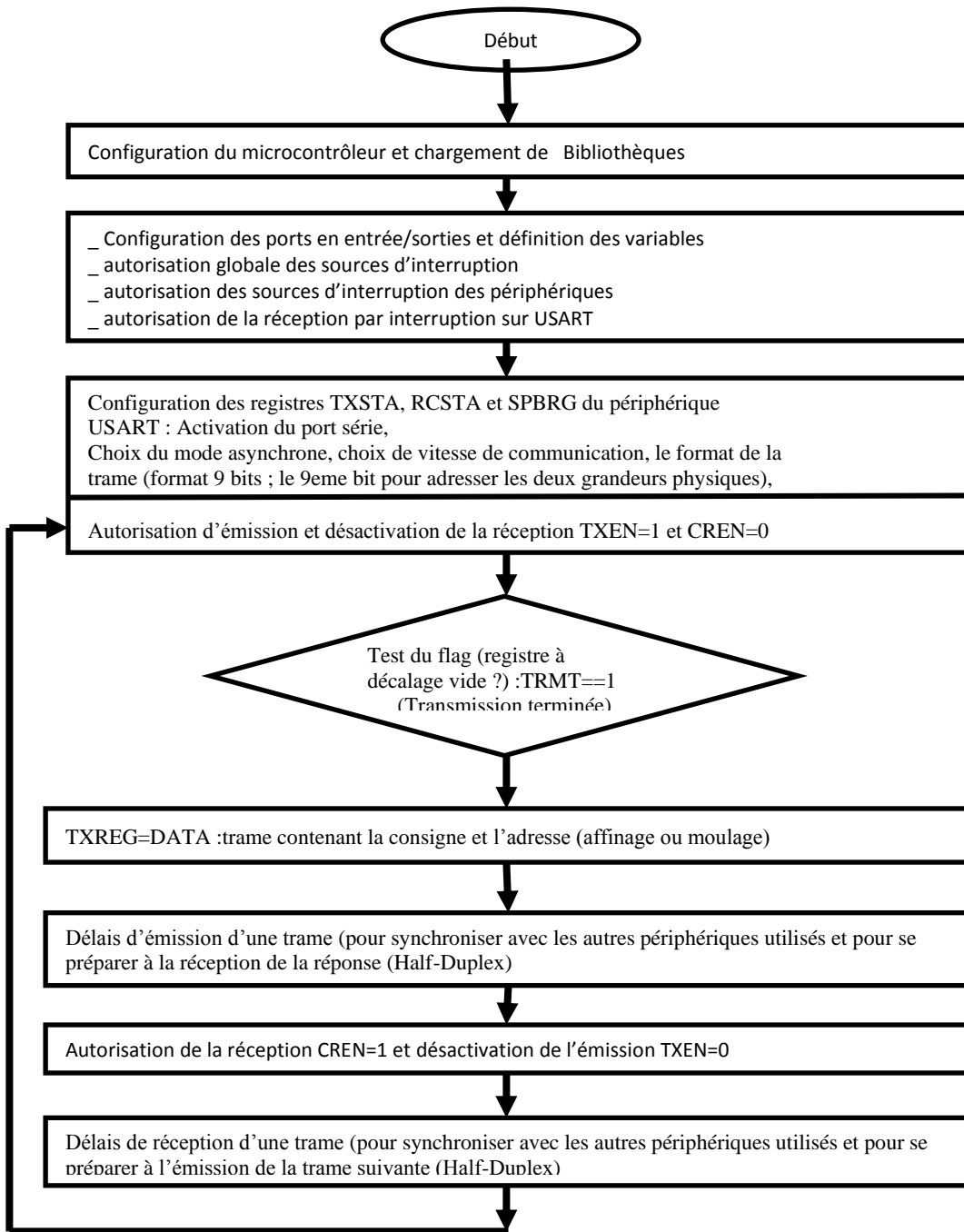


Figure III.7 Organigramme d'émission pour le PIC16F877.

La Figure (III.8) suivante montre un organigramme de réception par interruption sur l'UART POUR le PIC16F877

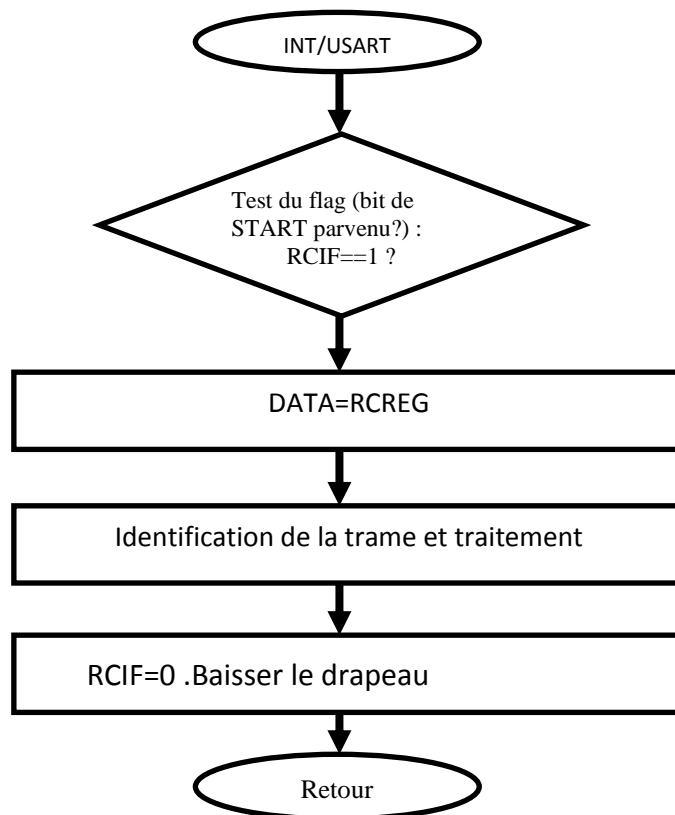


Figure III.8 Organigramme pour réception des données par le PIC16F877.

III.3 Partie puissance :

Nous devons séparer la partie puissance de celle de commande. La partie puissance ou le circuit de puissance pour sa part, il est constitué des composants qui effectuent une fonction d'actionneurs qui nécessite une puissance supérieure à celle consommée par la partie de commande. Le circuit de puissance est représenté par des actionneurs (moteur, lampe....) qui consomme une grande puissance à celle consommée par la partie de commande. Donc, l'isolation de cette partie est indispensable. Il existe deux type d'isolation : galvanique est optique. Dans ce travail nous optons pour l'isolation galvanique constituée par des relais, des transistors et des diodes de roue libre pour éviter le retour du courant circulant dans le circuit de puissance vers le circuit de commande, comme le montre la figure III.9

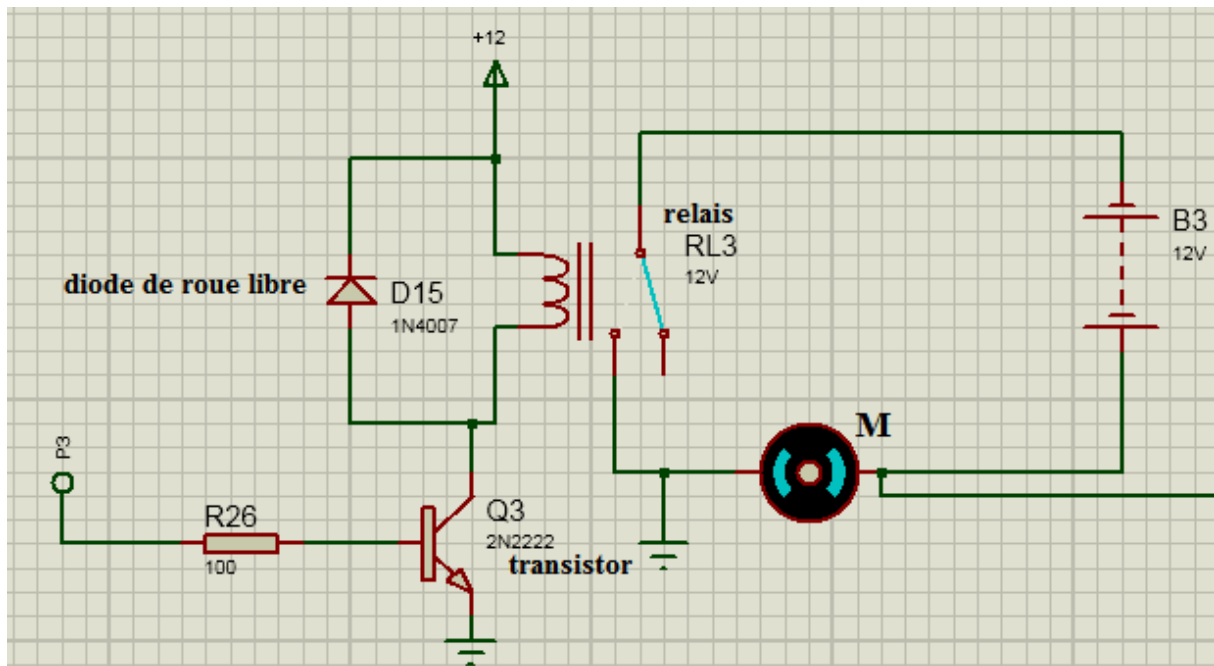


Figure III.9 partie de puissance/isolation galvanique

Maintenant nous allons expliquer le rôle de chaque composant pour cette partie d'isolation.

III.3.1 Relais :

Un relais électromécanique est doté d'un bobinage. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce dernier produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit d'un électroaimant) permettant de magnétiser une fine lame jouant le rôle d'un interrupteur. [1]

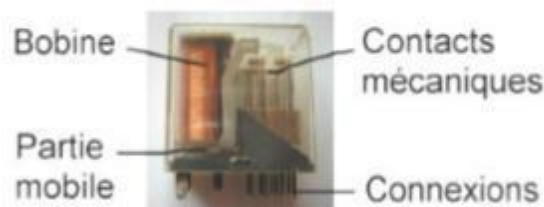


Figure III.10 un relais

Pour le brochage de quelques relais électromécaniques : il existe au moins deux normes où des lettres sont employées pour désigner les contacts :

- lettres C (Commun), R (Repos) et T (Travail).
- lettres COM (Common - Commun), NO (Normally Opened, Normalement Ouvert), et NC ou NF (Normally Closed, Normalement Fermé)

Le type de relais représenté ci-dessous est de type 1RT, c'est à dire qui ne dispose que d'un seul contact Repos / Travail.

Il s'agit d'un inverseur simple (SPDT), dont la borne commune COM est en contact avec la borne NC quand la bobine du relais n'est pas alimentée, et dont la borne commune COM est en contact avec la borne NO quand la bobine du relais est alimentée [1].

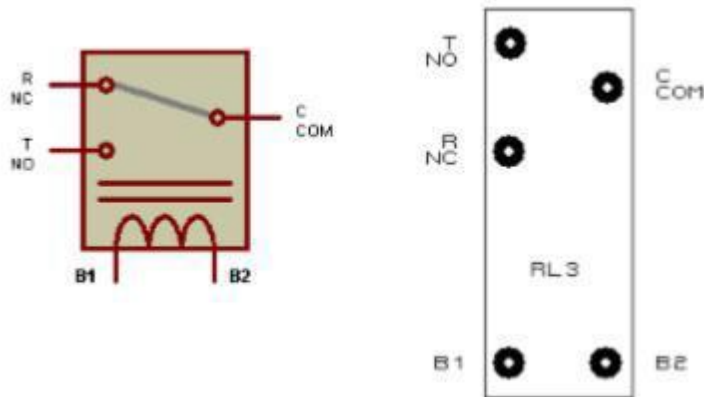


Figure III.11 brochage d'un relais 1RT

III.3.1 1/Composition :

Un Relais est composé principalement d'une bobine, d'un interrupteur interne.

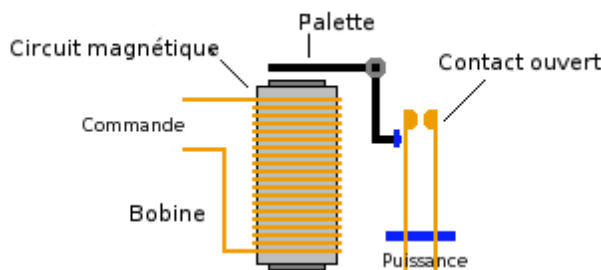


Figure III.12 Schéma d'un relais [2]

III.3.1 2/Fonctionnement :

Lorsque le relais est commandé le courant circule à travers la bobine, le champ magnétique attire l'armateur (palette) de fer vers la bobine et provoque la fermeture de l'interrupteur. Donc le contact initialement en position repos passe en position travail. S'il n'y a pas un courant qui circule à travers la bobine donc pas d'alimentation et donc elle va perdre sa propriété électro-aimant et l'armateur revient à sa position normale.

Dans la figure(III.13) suivante on place une diode de roue libre, parallèle avec le relais, pour protéger et éviter une surtension dangereuse.

L'interrupteur (transistor) est fermé, le courant s'établit dans l'inductance L est limité par la résistance r en régime établi. L'interrupteur vient juste de s'ouvrir. Le courant qui circule dans l'inductance trouve un chemin dans la diode qui devient passante. Aux bornes de l'inductance, la tension change brutalement pour assurer la continuité du courant. C'est ce changement de tension est instantané (lors de la commutation) qui nécessite l'utilisation de la diode de roue libre pour la protection.

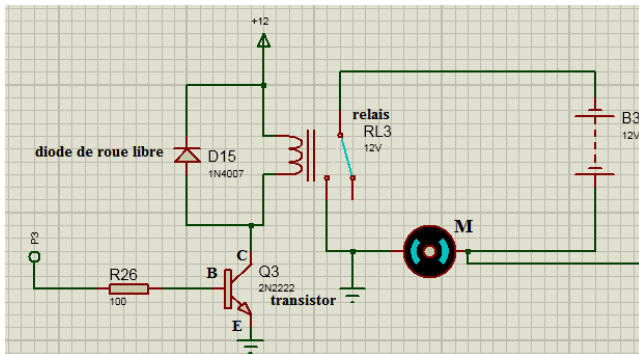


Figure III.13 branchement de la roue libre

III.3.2 Transistor :

Le transistor est un composant électronique utilisé dans la plupart des circuits électronique. Il est fait d'un matériau ayant la propriété d'agir tantôt comme un isolant, tantôt comme un conducteur, et appelé pour cette raison un semi-conducteur. [4]

Notre choix se porte sur le transistor 2N2222 de type NPN .c' est un transistor bipolaire faible consommation NPN traversant, en technologie planaire sur silicium. Ce transistor est utilisé pour l'alimentation DC linéaire .[3]

Le transistor 2N2222 est un transistor bipolaire NPN supportant jusqu'à 800mA et 30V. On peut l'utiliser en amplification ou en commutation (tout ou rien) [3]

III.3.2 1/Composition

Un transistor bipolaire NPN est composé de trois électrodes (figures III.15 et III.16) :

- Un émetteur (N) fortement dopé.
- Une base (P) très mince et faiblement dopée.
- Un collecteur (N) peu dopé.

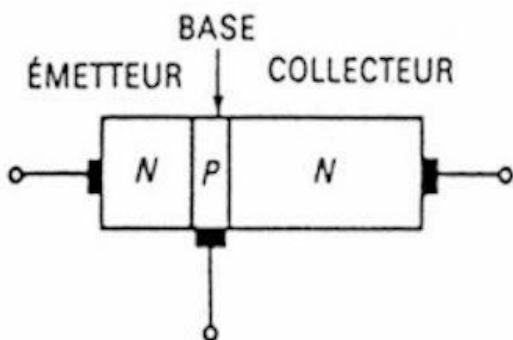


Figure III.14 Schéma de la structure d'un transistor

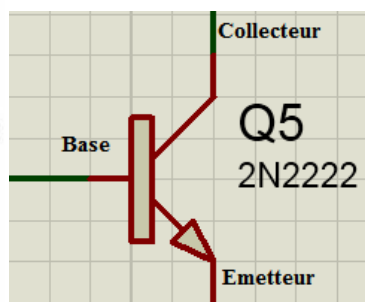


Figure III.15 Brochage de Transistor

III.3.2 2/Fonctionnement :

En appliquant une tension à la base, le courant principale entre le collecteur et l'émetteur peut passer. En absence de cette tension à la base, le courant entre les deux bornes est coupé, donc le transistor peut être utilisé comme un interrupteur dans ce cas.

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la description générale de système d'acquisition dans le processus industriel par une communication série entre la station maître et les stations esclaves avec la topologie étoile concrétisée en protocole du MODBUS. Ainsi les différentes parties de production du circuit électronique (la partie de circuit de commande et communication et la partie puissance) ont été présentées et aux quelles ont été ajoutés des organigrammes dans le but d'expliquer leurs modes de fonctionnement.

La gestion de ce système embarqué traitant un flux de données important composé des E/S, des périphériques CAN, USART et PWM a nécessité une gestion en temps réel concrétisée par l'utilisation des aspects de synchronisation, exclusion mutuelle, ressource partagée et accès concurrent , gestion des sources d'interruption afin de ne pas rater un éventuel traitement causé par un temps CPU non alloué.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Ce mémoire a été l'objet de la mise en œuvre d'une application industrielle dont deux aspects ont été élaborés. D'abord nous avons simulé une application industrielle sur un support de communication RS485 (avec un protocole MODBUS). Ce système d'acquisition est générique. Nous l'avons exploité pour une application industrielle alimentaire (fromagerie/biscuiterie).

Notre système est composé de plusieurs étages (système embarqués):

| Les stations de production sont équipées d'un réseau de capteurs (humidité et température ambiantes dans notre cas) permettant l'acquisition des données ambiantes dans la station d'affinage,

| Ainsi que des actionneurs permettant la réponse à des commandes concrétisée par le choix des moules au niveau de la station de moulage et par la régulation des grandeurs physiques de notre environnement dans la station d'affinage.

| Descalculateurs concrétisés par un PIC 16F877 dans chaque station permettant le traitement des données, la commande et la communication entre stations,

| Un support physique de communication réalisé par un mode de transmission différentiel permettant ainsi une portée convenable à notre application et une possibilité d'élargir encore notre environnement.

La mise en œuvre de ce travail nous a permis d'acquies et d'appliquer de nouveaux concepts dans les domaines de communication et de contrôle à base de système à microcalculateurs.

Perspectives

Dans le but de concrétiser et d'optimiser ce travail, il peut subir les améliorations et avancements suivants :

- Validation pratique du travail simulé,
- Réalisation d'une interface graphique au niveau de la station Maître pour un accès aisé au système,
- La collecte d'information en temps réel depuis des sites distants via une interface graphique,
- Fourniture de plus de données par l'interface graphique afin d'atteindre d'autres objectifs de la production.

Références

Chapitre I

- [1] <https://hygiologie.org/des-enzymes-issues-dogm-remplacent-la-presure-du-fromage/>
- [2] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.usinenouvelle.com%2Farticle%2Fnutrition-et-sante-investit-11-millions-d-euros-dans-la-modernisation-de-son-unite-de-biscuits-a>
- [3] Bachouchesiham et GUESSAS Hayet, « *Fabrication de fromage de type Camembert à base de lait reconstituée* », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER Biotechnologie microbienne, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA, FACULTE DESSCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE, Département de BIOLOGIE, 2017 / 2018. Page (28_ 30)
- [4] OnideraHajarivelo RANDRIAMAMPINANINA « *étude de faisabilité technico-économique de la fabrication de biscuit sablé dans la société unicoms.a* », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO, ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES, Département Industries Agricoles et Alimentaires, 21 décembre 2011. Page (18_ 24)
- [5] BensaidIsmaane et Zobeidi Mohamed Oussama, « *Conception d'un réseau MODBUS application industrielle* », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER Electronique des systèmes embarqués, UniversitéIBN-KHALDOUN DE TIARET, Faculté des Sciences Appliquées, Département de Génie Electrique, 2018 / 2019. Page (19 et 66_ 71)
- [6] AIT ANTAR Belkacem « *Contrôle industriel supervisé assuré par une communication série entre la salle de contrôle et un processus industriel* », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme en MASTER Electronique des systèmes embarqués, UniversitéIBN-KHALDOUN DE TIARET, Faculté des Sciences Appliquées, Département de Génie Electrique, 2017 / 2018, Page (14, 15).
- [7] Jean_François PILLON Fabrice LEMAINQUE « *Liver du Tous sur les réseaux et internet* », éditeur DUNOD, version 4e édition, © Dunod, 2012, 2015
- [8] Guy Pujolle, « *Initiation aux réseaux* », éditeur EYROLLES, Version eBook (ISBN), 2001
- [9] ZEGHIDA Abdenour, « *Communication entre station S7-1200 et plateforme Arduino via Modbus TCP/IP* », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER en Automatique et Informatique Industriel, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA Faculté des Sciences de l'ingénieur, Département électronique, 2015/2016. Page 9
- [10] IBAZIZENE Aziz, « *Conception et réalisation d'un site web pour le laboratoire LAMPA* », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER en électroniques -Option télécommunication et réseaux, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI-TIZI-OUZOU, FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE, DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE, 2009/2010. Page 7

[11] Stéphane Lohierv et Dominique Présent, «Réseaux et transmissions », éditeur DUNOD, version6e édition, (2016)

[12] Merlin Gerin ,« Guide réseau MODBUS »,Guide technique 2000, Pages(56,62)

[13] Lehamelmohamed et Bencheikhzakaria, « Mise en œuvre d'une gestion d'un synoptique de contrôle pour une station d'épuration des eaux usées », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme en MASTER en électronique -Option :signaux en iengénierie des systemes et informatique industrielle , UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA ,FACULTE DE TECHONLOGIE, DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE, 2015/2016.Page(19,20)

Chapitre II

[1] BERNAOUI Sif Eddine, « Etude et réalisation d'un kit de développement d'applications à base de pic de la famille 16Fxxx », Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER électronique ,OPTION télécommunication ,Université Mohamed Khider Biskra, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département de Génie Electrique, 2011 / 2012

[2]BENAMARA Nawel et BOUREZG Fahima Karima « Réalisation d'un réseau MODBUS :Application domotique», Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER informatique industrielle, UniversitéIBN-KHALDOUN DE TIARET, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département deGénie Electrique, 2015 / 2016.

[3]E. AGOURIANE, « Cours Microcontrôleurs PIC », Université Sultan Moulay Slimane, FST Béni Mellal LST, Ingénierie Electronique et Télécommunication, pages(1,3), 2017

[4] <https://www.technologuepro.com/microcontrolleur-2/chapitre-2-microcontrolleur-pic-16f877.pdf>

[5]RabirAhmed ,« ETUDE ET REALISATION D'UN FREQUENCOMETRE NUMERIQUE A BASE DE MICROCONTROLEUR PIC16F877 », MEMOIRE DE FIN D'ETUDES En vue de l'obtention du DIPLÔME DE MASTER INFORMATIQUE INDUSTRIELLE , UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI D'OUUM EL BOUAGUI, FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES APPLIQUE, DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE,Page9 , 04 Juin 2016

[6]BensaidIsmahane et Zobeidi Mohamed Oussama,«Conception d'un réseau MODBUS : application industrielle», Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme: MASTER en électronique des systemes embarqués, UniversitéIBN-KHALDOUN DE TIARET, Faculté des Sciences et de la Technologie, Département deGénie Electrique, 2018 / 2019.

[7]**Bigonoff.** PROGRAMMATION DES PIC PAR BIGANOFF SECONDE PARTIE LA GAMME MID-RANGE PAR L'ETUDE DES 16F87X (16F876-16F877) revision 22. 26-11-2011.

[8] Boucherifi-aoul Djalal-eddine&KwangayaIbrahim ,« Etude et réalisation d'un capteur de température basé sur le Ds18B20 », Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en

Instrumentation électronique, Université AboubekrBelkaïd – Tlemcen, Faculté de Technologie, Département de Génie Electrique et Electronique, juin 2016

[9] Microchip, « PIC16F877 Datasheet 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontollers», 2013.

[10] datasheet16f877, « PIC16F87X 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontollers », pages (11,95), 1998-2013

[11] BADRI Meriam, « ETUDE ET REALISATION D'UN VARIATEUR DE VITESSE D'UN MOTEUR PAS A PAS A BASE DE MICROCONTROLEUR PIC 16F877 », MEMOIRE DE FIN D'ETUDES en vue de l'obtention du DIPLOME DE MASTER INFORMATIQUE INDUSTRIAL, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI DE OUM EL BOUAGHI, FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES APPLIQUEES,DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE, juin 2016

[12] D. MENESPLIER, « MICROCONTROLEURS PIC 16F876 et 16F877 », Documentation interne ELE, pages (4,15), 2001

[13] *MICROCONTROLEURS PIC 16F876 et 16F877 Documentation interne ELE D. MENESPLIER 2001*

Chapitre III

[1]Patrice JOYEUX, « Modélisation d'un relais polarisé haute sensibilité », THESE pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE, Spécialité : Génie Electrique, 2000

[2] C. Tavernier, « Les microcontrôleurs PIC Recueil d'applications ». Dunod , Paris, 2005.

[3]Taleb Sidali etZadibelhadjSidali, «Conception et réalisation d'un prototype de couveuse de néonatalogie», Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Imagerie et instrumentation Biomédicale, Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira, Faculté des sciences et sciences appliquées, Département de Génie électrique, 25 septembre 2017

[4] C. PETER, « transistor bipolaire », Université de Nice-Sophia Antipolis, Polytech Elec3, Cours V3.0.

Résumé

Il s'agit d'une application industrielle assurant un contrôle centralisé par la communication entre plusieurs stations (processus industriels). Le MODBUS est un bus différentiel à base de circuits MAX485 assurant la communication entre les différentes stations. L'architecture des stations est configurée en une station Maître qui envoie des ordres aux différentes stations esclaves. Ces dernières répondent selon un mode d'adressage par des tâches correspondant aux trames reçues de la station Maître. Chaque station est gérée par un microcontrôleur.

Ce sujet a permis d'exploiter les outils suivants :

- La communication de type série des données,
- La synchronisation entre les différentes stations constituant le réseau de communication,
- La Conversion Analogique /Numérique CAN,
- La commande numérique et la commande de puissance ainsi que l'isolation entre eux,
- La programmation des microcontrôleurs.

ملخص

انه تطبيق صناعي يوفر تحكما مركزيا من خلال الاتصال بين عدة محطات (عمليات صناعية)

MODBUS عبارة عن ناقل تفاضلي يعتمد على دوائر MAX485 تضمن الاتصال

بين المحطات المختلفة

يتم تكوين المحطات في محطة رئيسية ترسل اوامر الى مختلف المحطات عبيد هذا الاخير يستجيب وفقا لطريقة العنونة من خلال المهام المقابلة ل الاطارات المتلقاة من المحطة الرئيسية. تتم ادارة كل محطة بواسطة متحكم دقيق سمح هذا الموضوع باستخدام الادوات التالية

_ اتصالات البيانات التسلسلية

_ التزامن بين المحطات المختلفة المكونة لشبكة الاتصالات

_ التحويل المستر_ الرقمي

_ التحكم الرقمي والتحكم في الطاقة وكذلك العزل بينهما

_ برمجة المتحكمات الدقيقة