

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

UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUEES
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

**Contrôle industriel supervisé assuré par une
communication série entre la salle de contrôle et un
processus industriel**

Préparé par : M. AIT ANTAR Belkacem

Devant le Jury :

| Nom et prénoms | Grade | | Qualité |
|-----------------------|--------------|-------------|----------------|
| R. Otmani | MAA | Univ.Tiaret | Président |
| Y. Belhadji | MCB | Univ.Tiaret | Examineur |
| A.A. Benatia | MAA | Univ.Tiaret | Examineur |
| A. Ghellab | MCB | Univ.Tiaret | Encadreur |

PROMOTION 2017 /2018

Remerciements

Mes remerciements et ma gratitude se portent au premier lieu au Dieu qui m'a donné la force et la patience d'achever cette étude.

Je remercie profondément mon encadreur « Mr. GHELLAB Abdelkader » pour son aide précieuse, et son engagement total pour accomplir mon travail.

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.

Dédicaces

Au nom d'Allah et que sa prière et sa paix soient sur notre prophète

Mohammed.

Je remercie Allah de m'avoir aidé à franchir cette étape de mon parcours,

et par sa grâce j'ai pu l'atteindre aujourd'hui.

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère qui a toujours été là

pour moi.

A toute ma famille de loin ou de près.

A mes meilleurs amis chacun par son nom.

A tous mes compagnons de promotion.

A tous les enseignants qui ont contribué à ma formation durant mes

études.

SOMMAIRE

| | |
|----------------------------|----|
| Liste des figures | 6 |
| Liste des tableaux..... | 8 |
| Introduction générale..... | 10 |

CHAPITRE I : Description générale du processus industriel

| | |
|--|----|
| I.1 Introduction..... | 12 |
| I.2 Processus Industriel | 12 |
| I.3 La communication de données | 15 |
| I.3.1 Mode de transmission | 16 |
| I.3.1.1 Transmission parallèle | 16 |
| I.3.1.2 Transmission série | 16 |
| I.3.1.2.1 Sérialisation | 16 |
| I.3.1.2.2 Désérialisation | 17 |
| I.3.1.2.3 Synchronisation | 17 |
| I.3.2 Les différents modes de liaisons | 18 |
| I.4 RS232 | 19 |
| I.4.1 Caractéristiques..... | 19 |
| I.4.2 Protocole | 20 |
| I.4.3 Niveau de tension | 20 |
| I.4.4 Brochage de DB9..... | 20 |
| I.4.5 MAX232 | 21 |
| I.5 Conclusion..... | 23 |

CHAPITRE II : Description du microcontrôleur PIC16F877

| | |
|---|----|
| II.1 Introduction | 25 |
| II.2 Les Microcontrôleurs MICROSHIP | 25 |
| II.3 Etude du PIC 16F877 | 26 |
| II.3.1 L'architecture externe (Brochage)..... | 26 |
| II.3.2 L'architecture interne (mémoire et registre) | 28 |
| II.4 Les différents modules..... | 30 |
| II.4.1 USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)..... | 30 |

| | |
|--|----|
| II.4.2 CAN (Convertisseur Analogique-Numérique)..... | 33 |
| II.4.3 Les TIMERS..... | 36 |
| II.4.4 Module CCP (Capture, Compare et PMW)..... | 37 |
| II.4.5 Les interruptions..... | 37 |
| II.5 Conclusion..... | 37 |

CHAPITRE III : Système d'acquisition et de contrôle

| | |
|--|--------|
| III.1 Introduction | 39 |
| III.2 Partie de circuit de commande et de sa gestion par le microcontrôleur..... | 39 |
| III.2.1 Les entrées/sorties | 40 |
| III.2.2 Le convertisseur A/N | 41 |
| III.2.3 La communication série..... | 43 |
| III.3 Partie puissance..... | 46 |
| III.3.1 Relais..... | 47 |
| III.3.2 Opto-coupleur..... | 49 |
| III.3.3 Transistor | 51 |
| III.4 L'interface graphique | 52 |
| III.5 Conclusion..... | 55 |
| Conclusion générale..... | 58 |

Annexes

| | |
|--|--------|
| 1 Capteur de température LM35 | 60 |
| 2 Capteur d'humidité HIH-4000 | 61 |
| 3 La relation entre la température ambiante et humidité relative | 63 |
| Bibliographie..... | 65 |

Liste des figures

Chapitre I

| | |
|---|----|
| Figure I-1 : Schéma Synoptique du système d'acquisition..... | 12 |
| Figure I-2 : Schéma du processus industriel de la fromagerie..... | 13 |
| Figure I-3 : Schéma d'un humidificateur..... | 14 |
| Figure I-4 : Schéma d'un déshumidificateur..... | 15 |
| Figure I-5 : Schématisation d'un système de transmission..... | 15 |
| Figure I-6 : Transmission parallèle..... | 16 |
| Figure I-7 : Transmission série..... | 16 |
| Figure I-8 : Conversion parallèle série..... | 17 |
| Figure I-9 : Conversion série parallèle..... | 17 |
| Figure I-10 : Protocole de Transmission asynchrone..... | 18 |
| Figure I-11 : Transmission synchrone..... | 18 |
| Figure I-12 : Les modes de liaison..... | 19 |
| Figure I-12 : Brochage du DB9..... | 20 |
| Figure I-13 : Liaison bidirectionnelle série 3 fils..... | 21 |
| Figure I-14 : Brochage du MAX222..... | 22 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| Figure II-1 : Le brochage du microcontrôleur PIC 16F877 (Boitier DIL39)..... | 26 |
| Figure II-2 : Architecture interne d'un microcontrôleur PIC16F877..... | 28 |
| Figure II-3 : Composition du registre d'état STATUS du PIC16F877..... | 29 |
| Figure II-4 : Architecture des registres internes du microcontrôleur PIC 16F877..... | 30 |
| Figure II-5 : Composition du registre d'état de transmission et de contrôle..... | 31 |
| Figure II-6 : Composition du registre d'état de réception et de contrôle..... | 32 |
| Figure II-7 : Composition du registre de contrôle N°0 du convertisseur A/N du PIC 16F877..... | 33 |
| Figure II-8 : Composition du registre de contrôle N°1 du convertisseur A/N du PIC 16F877..... | 34 |

Chapitre III

| | |
|---|----|
| Figure III-1 : Schéma complet du système d'acquisition à base de microcontrôleur 16F877..... | 39 |
| Figure III-2 : Connexion des entrées et sorties sur le PIC 16F877..... | 40 |
| Figure III-3 : Organigramme pour la gestion des entrées sorties..... | 41 |
| Figure III-4 : Connexion des capteurs avec le PIC 16F877..... | 42 |
| Figure III-5 : Organigramme pour la Conversion Analogique/Numérique CAN et la régulation des grandeurs physiques..... | 43 |
| Figure III-6 : Connexion du MAX222 avec le PIC16F877..... | 44 |
| Figure III-7 : Organigramme pour émission des données par le PIC16F877..... | 45 |
| Figure III-8 : Organigramme pour réception des données par le PIC16F877..... | 46 |
| Figure III-9 : Schéma de la Partie puissance..... | 47 |
| Figure III-10 : Schéma d'un relais..... | 48 |
| Figure III-11 : Brochage d'un Relais 1RT..... | 48 |
| Figure III-12 : Schéma de branchement de la roue libre..... | 49 |
| Figure III-13 : Brochage de l'opto-coupleur phototransistor comme récepteur..... | 50 |
| Figure III-14 : Brochage de l'opto-coupleur photodiode comme récepteur..... | 50 |
| Figure III-15 : Schéma de la structure d'un transistor..... | 51 |
| Figure III-16 : Brochage de Transistor..... | 52 |
| Figure III-17 : Communication série entre deux PIC..... | 52 |
| Figure III-18 : L'interface graphique au niveau du PC de la salle de contrôle..... | 53 |
| Figure III-19 : Organigramme pour émission des données par le port série du PC..... | 54 |
| Figure III-20 : Organigramme pour réception des données par le port série du PC..... | 55 |

Annexe

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Brochage de LM35..... | 60 |
| Figure 2 : Courant de sortie VS valeur de température ambiante..... | 61 |
| Figure 3 : Brochage de HIH-4000 | 62 |
| Figure 4 : Courant de sortie VS valeur d'humidité relative..... | 63 |
| Figure 5 : L'évolution d'humidité relative en fonction de la température | 64 |

Liste des tableaux

Chapitre I

| | |
|--|----|
| Tableau I-1 : Vitesse de transmission par rapport à la portée de transmission..... | 20 |
| Tableau I-2 : Les pins de connecteur DB9..... | 21 |

Chapitre II

| | |
|---|----|
| Tableau II-1 : Configuration de vitesse -du registre SPBRG-..... | 31 |
| Tableau II-2 : Choix du canal de conversion..... | 34 |
| Tableau II-3 : Format du résultat de la conversion..... | 35 |
| Tableau II-4 : Choix des canaux d'entrées numériques et analogiques et de tensions de | |
| Références..... | 36 |

Introduction générale

Introduction générale

Le langage Homme-Machine est extrêmement varié et s'adapte à tout 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 interface graphique.

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 point à point.

Parmi les protocoles convenables, nous optons sur le protocole série (reposant sur une liaison de type RS232) pour ses caractéristiques (bande passante, le canal de transmission, la vitesse, et la portée).

Cette communication s'effectue entre une interface graphique au niveau d'une salle de contrôle et un circuit d'acquisition et de contrôle à base de microcontrôleur afin d'assurer un contrôle supervisé d'un processus industriel 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 : donne une description générale de l'application et du système d'acquisition et de contrôle. Ainsi, la communication de donnée série de type RS232 est présentée.
- 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 la carte 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 après la simulation sous ISIS et ainsi qu'une description du programme implanté dans la mémoire flash du microcontrôleur. La présentation sous forme d'organigrammes est choisie pour plus de simplicité et de fiabilité de compréhension. Ainsi, dans ce chapitre, nous décrivons les différents composants de l'interface graphique conçue sous Visual Studio tout en présentant leurs modes de fonctionnement sous formes d'organigrammes.

La conclusion générale dressera un bilan du travail effectué.

CHAPITRE I :
**Description générale du processus
industriel**

I.1 Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation d'un système d'acquisition et de contrôle dans un processus industriel : Actionneurs et capteurs, circuit électronique à base de microcontrôleur pour l'acquisition de données et la gestion de communication Homme-Machine concrétisée par une interface graphique au niveau d'une salle de contrôle permettant de visualiser les grandeurs acquises du processus ainsi de communiquer des ordres via une liaison série avec le circuit électronique. La mise en évidence des différentes parties constituantes de ce système est entamée plus loin dans les chapitres qui suivent.

Ce type de chaîne d'acquisition peut être distingué dans différents domaines d'applications nécessitant une communication de données tels que la domotique et intelligence artificielle (exemple : bâtiment intelligent, supervision industrielle ou routière), ou encore en instrumentation et dans l'industrie dont il est question dans ce travail.

Ce système d'acquisition est générique et peut être introduit dans d'autres applications. Dans ce mémoire, le système d'acquisition est destiné pour surveiller et contrôler en temps réel la température et l'humidité ambiantes et d'autres protocoles dans un processus industriel alimentaire.

Le processus, de ce travail, est le contrôle de maturation (cycle, grandeurs ambiantes, type de produit... etc.) dans une trémie (ou chambre de maturation) d'une fromagerie.

Le schéma synoptique de la figure-1 montre les différentes composantes, du système d'acquisition, à étudier et à réaliser dans ce travail.

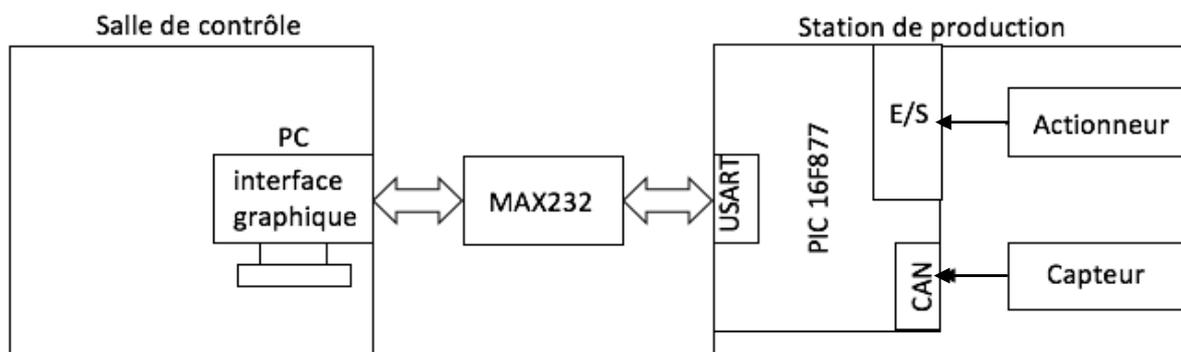


Figure I.1 Schéma Synoptique du système d'acquisition

I.2 Processus Industriel :

Aujourd'hui les industries interviennent dans de si nombreux domaines ; l'industrie alimentaire, industrie du papier et du carton, industrie chimique, industrie pharmaceutique...etc.

Dans toute forme d'industrie, on retrouve un procédé, une méthode de production comme le processus industriel de la production de fromage qui passe par plusieurs étapes après la pasteurisation de lait (le caillage, le moulage, le salage, l'affinage) (figure I.2) et chaque étape a ses conditions de fabrication.

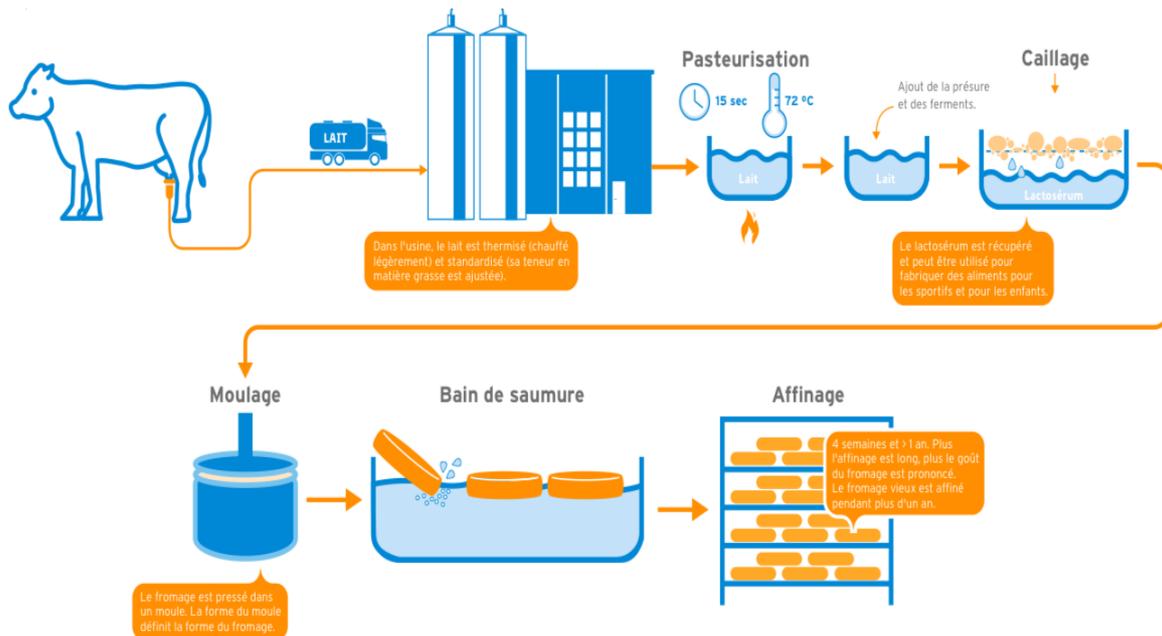


Figure I.2 Schéma du processus industriel de la fromagerie [8]

Les exigences des conditions ambiantes dans l'industrie alimentaire nécessitent leur contrôle en temps réel. Une température ou une humidité non adaptées au produit peut affecter son qualité et son cycle de maturation ou même sa conformité.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés exclusivement au système d'acquisition et du contrôle des données climatiques pendant la phase d'affinage et de maturation dans une fromagerie.

La phase de maturation peut prendre quelques jours jusqu'à quelques semaines selon le type du fromage ou même plusieurs mois à quelques années pour les fromages à pâte et de coupe [1]. En général, la température doit être régulée entre 7 et 15 degrés Celsius. Ainsi, l'humidité relative doit être maintenue entre 75 et 95%. Ces consignes de seuils de régulation varient selon le type du fromage.

Actionneurs et capteurs :

Pour la mesure des valeurs climatiques, un capteur de température « LM35 » et un capteur d'humidité relative « HIH4000 » sont utilisés (Voir Annexes).

Ainsi, pour le contrôle de ces grandeurs climatiques, des actionneurs sont utilisés.

La température ambiante peut être contrôlée par deux actionneurs ; chauffage par circulation d'air via résistance chauffante et refroidissement par ventilation d'air refroidi par compression de gaz.

De même, pour le contrôle de l'humidité ambiante, deux actionneurs sont utilisés ; un humidificateur pour l'augmentation du taux d'eau sous forme de vapeur dans l'air ambiant et un déshumidificateur pour sécher l'air ambiant. Avant d'expliquer le principe de fonctionnement de ces deux actionneurs de contrôle d'humidité, il est utile de définir les différentes formes d'unités de mesure pour les valeurs d'humidité (les 03 types d'hygrométrie) :

- Humidité absolue : la proportion d'eau à l'état gazeux (vapeur) dans un volume d'air (g/cm^3),
- Humidité relative : l'humidité absolue par rapport à une valeur maximale pour une température donnée, exprimée en pourcentage,
- Humidité spécifique : le rapport entre les deux masses ; celle de l'eau sous forme gazeuse contenue dans un volume d'air et celle du volume d'air entier.

Dans notre travail, on mesure l'humidité relative (en%).

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 (figure I.3).

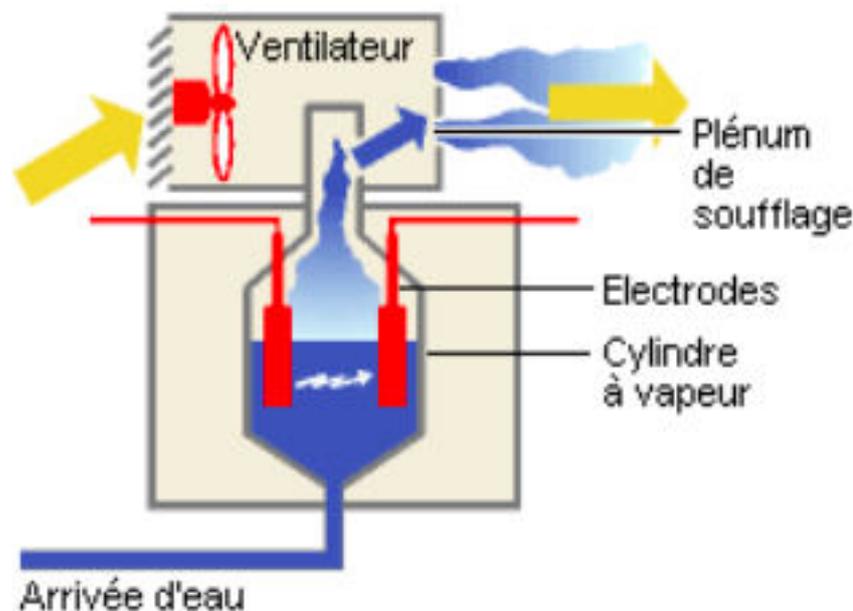


Figure I.3 Schéma d'un humidificateur [9]

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.4).

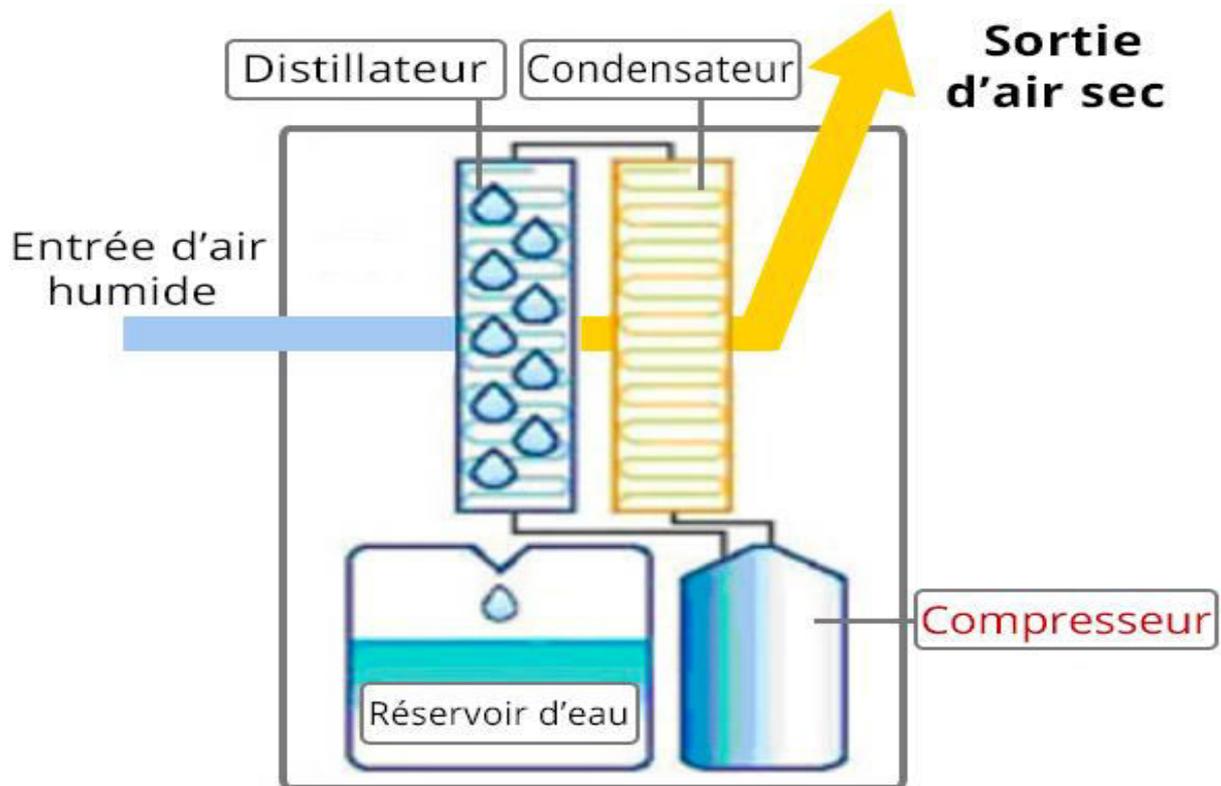


Figure I.4 Schéma d'un déshumidificateur [9]

Pour échanger les informations entre la salle de contrôle et la station de production il faut une ligne de transmission pour une communication entre ces deux stations.

I.3 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.5). 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 [3].



Figure I.5 Schématisation d'un système de transmission

I.3.1 Mode de transmission :

Le mode de transmission désigne le nombre d'unités élémentaires d'informations (bits) pouvant être simultanément transmis par le canal de communication. On distingue la transmission parallèle et celle dite série.

I.3.1.1 Transmission parallèle

Pour une communication des données entre deux machines, et si elles sont séparées par une courte distance, d'envisager une transmission en parallèle (figure I.6), cela aura pour effet de réduire le délai de transfert et d'avoir une grande vitesse de transmission (débit) mais un coût élevé (nombre de conducteurs) et une distance franchissable limitée [2].

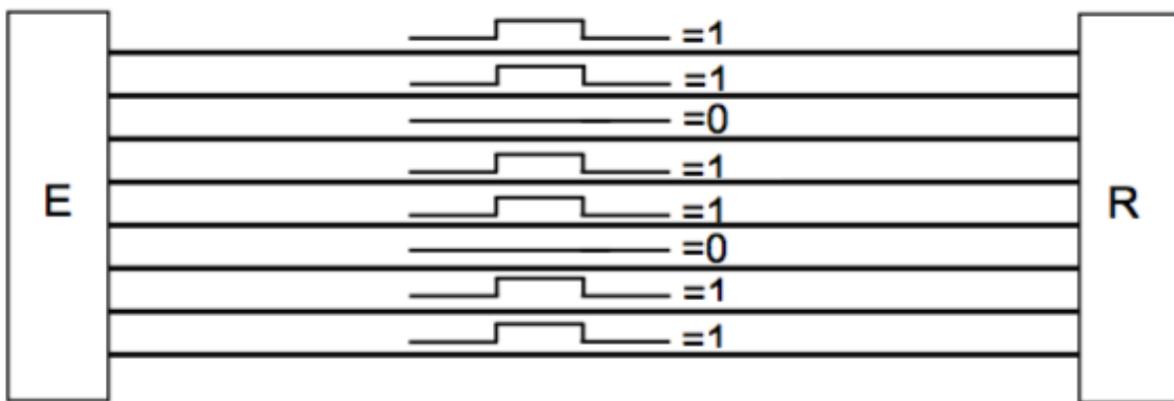


Figure I.6 Transmission parallèle

I.3.1.2 Transmission série

Lorsque la distance séparant les machines dépasse quelques mètres, la transmission en parallèle ne peut plus être utilisée, pour des raisons de coût (nombre de fils élevé), mais également pour des difficultés de mise en œuvre au délai de propagation (retard) qui peut varier d'une ligne à l'autre. On utilise alors la transmission en série (figure I.7) où les bits sont envoyés les uns derrière les autres sur un unique support de transmission [2].

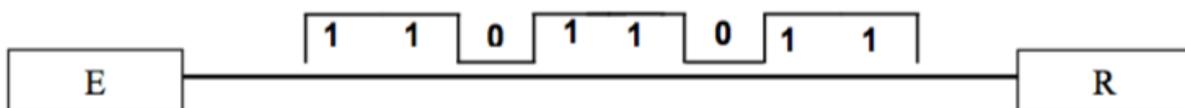


Figure I.7 Transmission série

La transmission série nécessite une interface de conversion pour sérialiser les bits à l'émission (conversion parallèle/série) et les désérialiser à la réception (conversion série/parallèle).

I.3.1.2.1 Sérialisation

Lorsque ces données binaires arrivent sur un canal de transmission leur forme doit changer, il faut disposer donc d'un appareillage qui réalise la conversion de la forme parallèle à la forme

série.

Il se fait grâce à un registre de décalage (figure I.8). Le registre de décalage permet, grâce à une horloge, de décaler le registre (l'ensemble des données présentes en parallèle) d'une position à gauche, puis d'émettre le bit de poids fort (celui le plus à gauche) et ainsi de suite [3].

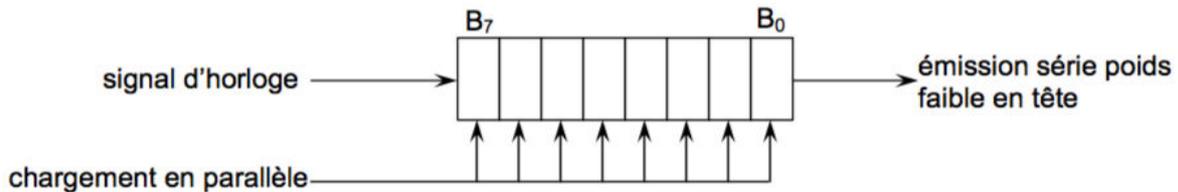


Figure I.8 Conversion parallèle série

I.3.1.2.2 Désérialisation

Le registre est décalé d'une position, à la réception, le processus inverse doit être prévu, les données arrivant en série, il faut les remettre en parallèle pour les traiter.

Se fait quasiment de la même façon grâce au registre de décalage. Le registre de décalage permet de décaler le registre d'une position à gauche à chaque réception d'un bit, puis d'émettre la totalité du registre en parallèle lorsque celui-ci est plein et ainsi de suite [3].

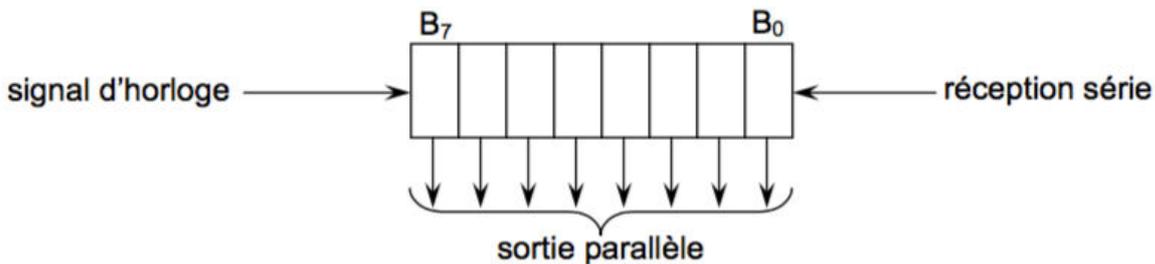


Figure I.9 Conversion série parallèle

I.3.1.2.3 Synchronisation

Sur une transmission série, puisqu'un seul fil transporte l'information, il existe un problème de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur, c'est-à-dire que le récepteur ne peut pas a priori distinguer les caractères car les bits sont envoyés successivement. Il existe donc deux types de transmission Permettant de remédier à ce problème.

- Transmission asynchrone :

Dans une transmission asynchrone (figure I.10), les caractères sont émis de façon irrégulière l'intervalle de temps entre deux caractères est aléatoire afin de remédier à ce problème, chaque caractère est précédé d'une information indiquant le début de la transmission du caractère (l'information de début d'émission est appelée bit START) et terminé par l'envoi d'une information de fin de transmission (appelée bit STOP, il peut éventuellement y avoir plusieurs bits STOP) [4]. Ce travail de d'encadrement de la donnée et d'insertion des bits entre un bit de « début » et un bit de « fin » est appelé protocole de communication et est

réalisé dans notre cas par l'UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter ou Récepteur/Emetteur Asynchrone Universel) du microcontrôleur utilisé.

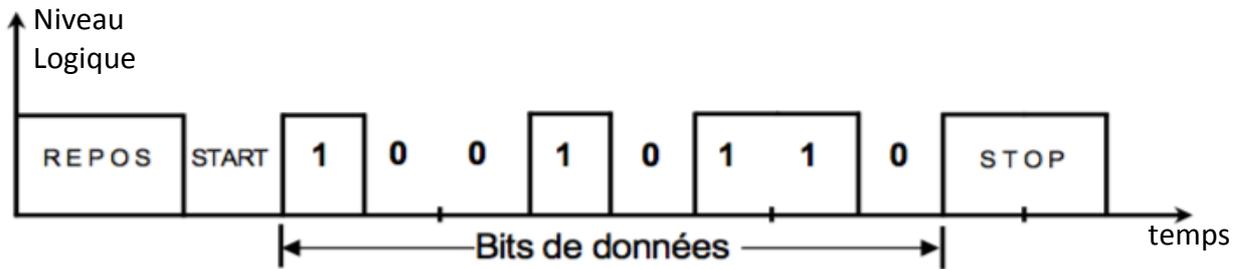


Figure I.10 Protocole de Transmission asynchrone

• Transmission synchrone :

Dans une transmission synchrone (figure I.11), l'émetteur et récepteur sont cadencés à la même horloge. Le récepteur reçoit de façon continue (même lorsqu' aucun bit n'est transmis) les informations au rythme de l'émetteur [4].

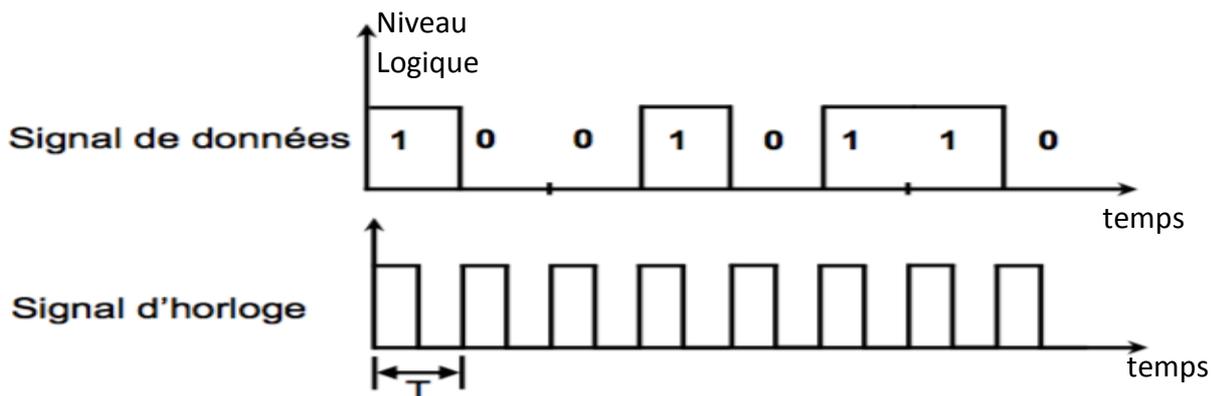


Figure I.11 Transmission synchrone

Ainsi, selon le mode du sens de communication, la liaison série peut se classer dans différents modes.

I.3.2 Les différents modes de liaisons :

L'exploitation d'un canal de transmission peut s'effectuer suivant différents types qui sont :

La liaison simplex : dans ce mode, une seule extrémité émet et l'autre reçoit (transmission unidirectionnelle). Ce type de transmission est utilisé dans la diffusion radio et TV par exemple. Ce mode présente l'inconvénient de ne pas savoir si tout a été reçu par le destinataire sans erreur.

La liaison semi duplex (half duplex) : ce mode, appelé aussi bidirectionnel à l'alternatif, permet une transmission dans les deux sens, mais alternativement. Chacune des deux extrémités reçoit et émet à tour de rôle. L'exemple le plus typique est la conversation par «

talkie/walkie », l'utilisateur est à l'écoute et il doit couper l'écoute s'il désire parler. Par rapport aux transmissions simplex, il est nécessaire de disposer de transmetteur (émetteur) et récepteur aux deux extrémités.

La liaison duplex (full duplex) : ce mode, appelé bidirectionnel simultanés permet une transmission dans les deux sens en même temps, comme si deux interlocuteurs parlaient simultanément, en supposant que chacun entend et parle en même temps. Comme exemple, citons le téléphone. Cette technique nécessite l'utilisation de deux voies de transmission, une pour l'émission, l'autre pour la réception [2].

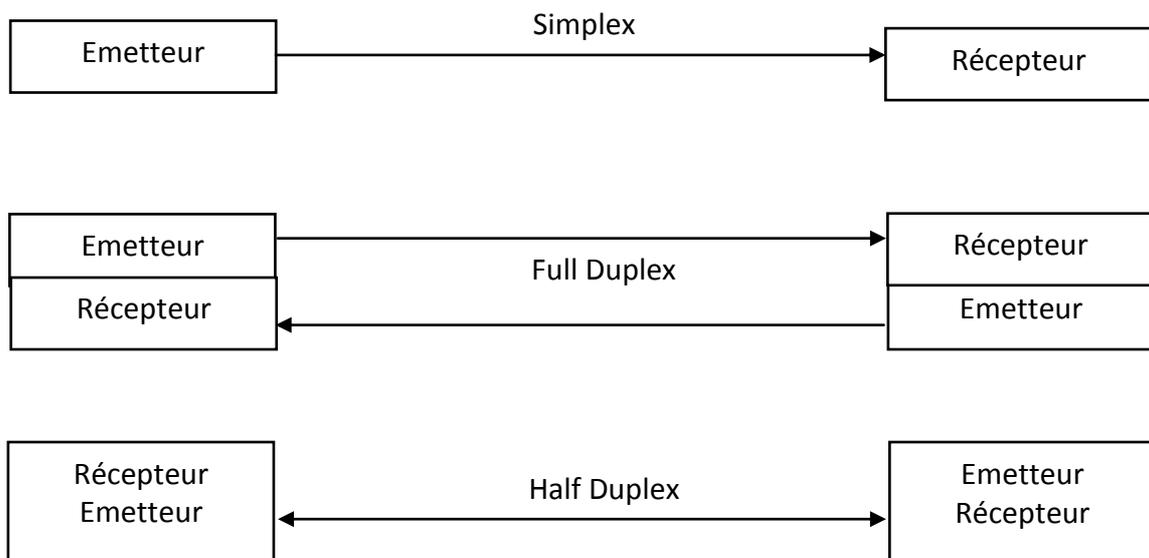


Figure I.12 Les modes de liaison

Il existe plusieurs standards pour la communication série tel que USB (*Universal Serial Bus*), ou RS485 ou encore le RS232 dont il est question dans notre travail.

I.4 RS232 :

Même si ce type de communication est peu à peu remplacé par l'USB, la liaison série de type RS232 est encore très utilisée dans l'industrie. Le port série est désigné par le nom COM pour connecter le PC à un autre PC ou aux appareils électroniques.

I.4.1 Caractéristiques

Ce standard se caractérise par :

- La vitesse de transmission dépend de la longueur de liaison (tableau I.1).

| Débit(bit/s) | Longueur(m) |
|--------------|-------------|
| 19200 | 7 |
| 9600 | 15 |
| 4800 | 30 |
| 2400 | 60 |

Tableau I.1 Vitesse de transmission par rapport à la portée de transmission [5].

- Liaison bidirectionnelle, un émetteur et un récepteur.

I.4.2 Protocole

Le protocole RS232 est nécessaire pour que les deux éléments qui communiquent se comprennent :

- Un bit de START définit le début de la transmission toujours à 0.
- Les 5 à 8 bits pour la donnée.
- Un bit de parité pour détecter les erreurs (paire ou impaire ou inexistant).
- Bits de STOP (un délai de bit ou 1.5 de délais de bit ou encore deux bits) définit la fin da la transmission.

I.4.3 Niveau de tension

Afin de pouvoir envoyer les signaux pour de longues portés, la liaison série RS232 transmet les informations sous des niveaux de tension plus élevés.

- Un niveau logique bas (0) sera transmis à laide d'une tension de +12V.
- Un niveau logique haut (1) sera transmis à laide d'une tension de -12V.

I.4.4 Brochage de DB9

Pour la liaison RS232 le connecteur utilisé est le DB9 (figure I.13)

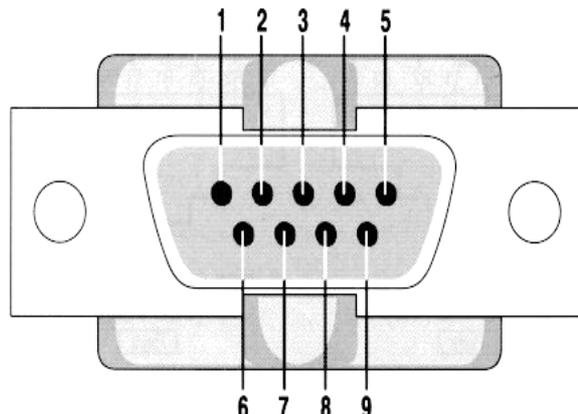


Figure I.13 Brochage du DB9

Le tableau I.2 montre la désignation et le rôle de chaque broche dans le DB9.

| Broche | Nom | Rôle |
|--------|-----|---------------------------------|
| 1 | CD | Détection porteuse (entrée) |
| 2 | RX | Réception des données (entrée) |
| 3 | TX | Emission des données (sortie) |
| 4 | DTR | Prêt à recevoir (sortie) |
| 5 | GND | Masse |
| 6 | DSR | Prêt a émettre (entrée) |
| 7 | RTS | Demande pour émettre (sortie) |
| 8 | CTS | Prêt pour émettre (entrée) |
| 9 | RI | Indicateur de sonnerie (entrée) |

Tableau I.2 Les pins de connecteur DB9

Cette liaison nécessite 03 fils au minimum, (Tx) pour l'émission, (Rx) pour la réception et une ligne de masse (GND). La figure I.14 montre une liaison série bidirectionnelle à 03 fils.

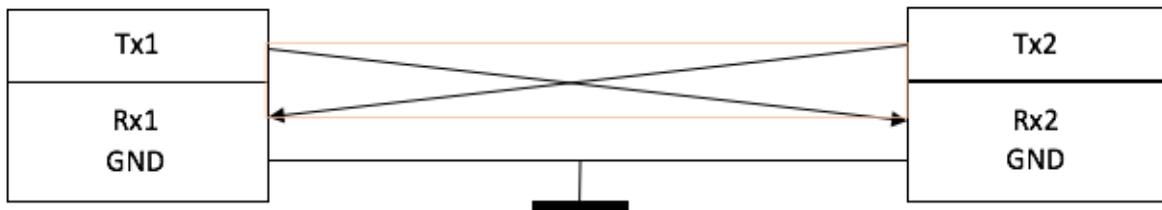


Figure I.14 Liaison bidirectionnelle série 3 fils

Etant donné que la communication, dans notre travail, s'effectue entre deux points fonctionnant en niveaux logiques différents (le microcontrôleur sur la carte électronique et le PC au niveau de la salle de contrôle), une adaptation de niveaux de tensions est indispensable. Cette adaptation est garantie par le circuit MAX232.

I.4.5 MAX232

Le MAX232 est un composant externe qui génère à partir d'une alimentation Vcc de 5V les tensions +12V et -12V, il réalise une adaptation entre TTL (vers Circuit électronique à base de microcontrôleur) et CMOS (vers PC) [6]. La figure I.15 montre le brochage du circuit intégré MAX232

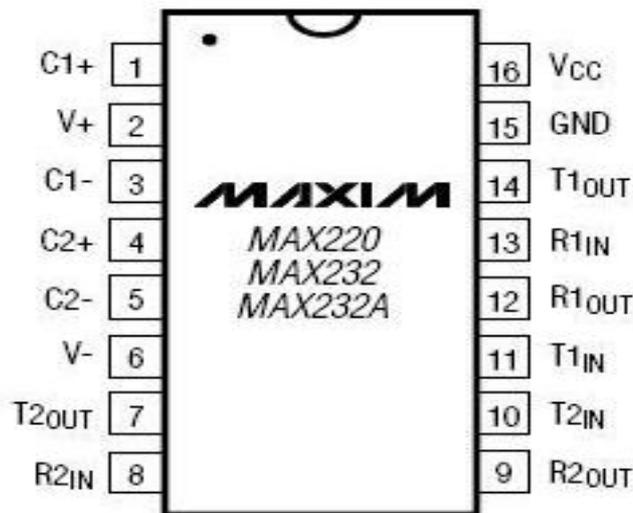


Figure I.15 Brochage du MAX232

Le brochage du MAX232 utilisé se présente comme suit [7]:

- Le PIN7 :T2out est la sortie vers le port série.
- Le PIN8 :R2in est relié au pin 7 du port série. Il est chargé de recevoir les requêtes de transmission provenant de l'ordinateur. (Non utilisé dans notre cas)
- Le PIN9 :R2out, c'est ce pin qui est chargé de recevoir des requêtes de transmission provenant du PIC. (Non utilisé dans notre cas)
- Le PIN10 :T2in, data vers TTL, envoyée du coté CMOS.
- Le PIN11 : T1in est la sortie vers le PIC. C'est sur ce pin que se fait l'émission des données. Ce pin est relié au Rx du PIC, car les données qui sortent du MAX232 sont reçues par le PIC à travers ce pin.
- Le PIN12 :R1out est une entrée. C'est ce pin qui est chargé de la réception des données. Il est relié au pin Tx du PIC car les données qui sortent du PIC à travers ce pin, sont reçues par le MAX232 à travers le pin 12 (R1out).
- Le PIN13 : R1in est une entrée. Il est chargé de la réception des données. Il est relié au pin 3 du port série car les données provenant de l'ordinateur sont reçues par le MAX232 à travers le pin 13 (R1in)
- Le PIN14 :T1out est une sortie vers l'ordinateur. C'est lui qui fait l'émission des données. Il est relié au pin 2 du port série car les données qui sortent du MAX232 sont reçues par l'ordinateur à travers ce pin.
- Le PIN15 : GND est la masse.
- Le PIN16 : VCC est la tension d'alimentation du circuit.

I.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons décrit un processus industriel notamment son système, à réaliser, d'acquisition et de contrôle de données climatique. Ainsi, les différentes parties constituantes du système d'acquisition ont été étudiées.

Etant donné que le microcontrôleur PIC16F877 est l'élément essentiel dans la carte électronique à réaliser, le chapitre suivant sera consacré à sa description vu qu'il permet la gestion et la communication de données et encore le contrôle au niveau du processus.

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 le processus et l'interface graphique au niveau de la salle de contrôle. Dans son présentation, nous donnons plus d'importance à ses périphériques exploités dans ce travail.

II.2 Les Microcontrôleurs MICROSHIP :

Le microcontrôleur est un circuit intégré qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : processeur, mémoires (mémoire morte pour le programme, mémoire vive pour les données), unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. Les microcontrôleurs se caractérisent par un plus haut degré d'intégration, une plus faible consommation électrique, une vitesse de fonctionnement plus faible et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels [10].

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

Un microcontrôleur permet [11] :

- La diminution de l'encombrement du matériel et du circuit imprimé,
- La simplification du tracé du circuit imprimé (plus besoin de tracer de bus !),
- L'augmentation de la fiabilité du système,
- La diminution du nombre de composants utilisés,
- La diminution de la consommation,

Le microcontrôleur contribue à réduire les coûts à plusieurs niveaux [11]:

- Moins cher que les composants qu'il remplace,
- Diminution des coûts de main d'œuvre (conception et montage),
- Environnement de programmation et de simulation évolués.

Ils permettent la gestion des cartes et se caractérisent principalement par [11]:

- De nombreux périphériques d'entrée/sortie
- Une mémoire de programme
- Une mémoire vive (en général de type SRAM)
- Eventuellement une mémoire EEPROM destinée à la sauvegarde par programme de données à la coupure de l'alimentation,
- Un processeur 8 ou 16 bits,
- Faible consommation électrique.

Un PIC est un microcontrôleur de la firme MICROCHIP. C'est une unité de traitement d'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes

permettant de faciliter l'interfaçage avec le monde extérieur sans nécessiter l'ajout de composants externes.

Les PICs sont des composants RISC (Reduced Instructions Set Computing) ou composant à jeu d'instructions réduit. L'avantage est que plus le nombre d'instructions est réduit, le décodage deviendra plus facile et plus rapide, et le composant fonctionne plus vite [12].

Les PICs est subdivisée en trois grandes familles :

- Base-line : une famille qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.
- Mid-range : une famille qui utilise des mots d'instructions de 14 bits (dont font partie les PIC16F84, PIC16F876 et PIC16F877).
- High-end : une famille qui utilise des mots de 16 bits (les PIC18Fxxx).

Parmi ces différentes familles, notre choix s'est porté sur le microcontrôleur PIC16F877 qui est notre présente étude dans ce chapitre. Cette famille est le milieu de gamme de microship, qui contient des modules intéressants dont on a besoin dans notre travail (L'USART, La conversion A/N et plusieurs sources d'interruption) et encore le coût est moins cher par rapport aux autres familles qui contient les mêmes critères.

II.3 Etude du PIC 16F877 :

Le microcontrôleur PIC16F877 est un circuit intégré de type CMOS. Parmi ses boîtiers, on trouve le boîtier DIL40 (Dual In Line de 2x20 pattes). Chacune de ces broches lui est associée à une ou plusieurs fonctions. En effet, ces dernières peuvent jouer plusieurs rôles (entrée, sortie) tout dépend de leurs configurations qui s'effectue lors de la programmation du microcontrôleur [14].

II.3.1 L'architecture externe (Brochage)

La figure II.1 montre le brochage du PIC16F877 :

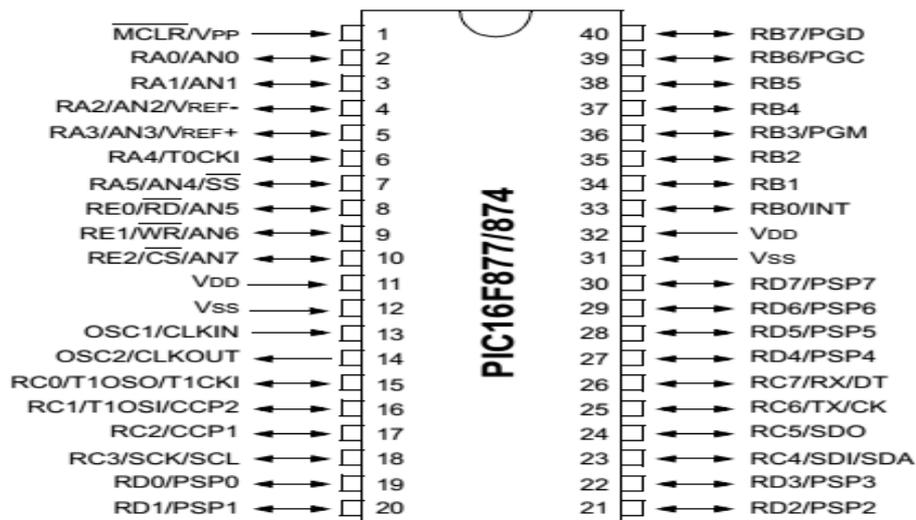


Figure II.1 Le brochage du microcontrôleur PIC 16F877 (Boîtier DIL40) [13]

Le boîtier précédent (figure II.1) du microcontrôleur PIC16F877 comprend 40 broches : 33 broches d'entrées/sorties, 4 broches d'alimentation, 2 broches pour l'oscillateur et une broche (MCLR) pour la gestion de fonctionnement Run/Stop/Prog.

La présence de 4 broches d'alimentation (2 connections « VDD » et 2 connections « VSS ») s'explique par la raison de dissipation thermique. Le constructeur a donc décidé de répartir les courants. Les courants véhiculés dans le microcontrôleur sont loin d'être négligeables du fait des nombreuses entrées/sorties disponibles [14].

Les broches OSC1 et OSC2 ou CLKIN et CLOUT permettent de faire fonctionner l'horloge du microcontrôleur jusqu'à une fréquence de 20 MHz. Elles peuvent être branchées avec un quartz, un résonateur céramique, ou un circuit RC [14].

Les broches d'entrée/sortie du microcontrôleur PIC16F877 sont réparties sur 5 ports :

- Port A : 6 broches d'entrée/sortie numérotées de RA0 à RA5
- Port B : 8 broches d'entrée/sortie numérotées de RB0 à RB7
- Port C : 8 broches d'entrée/sortie numérotées de RC0 à RC7
- Port D : 8 broches d'entrée/sortie numérotées de RD0 à RD7
- Port E : 3 broches d'entrée/sortie numérotées de RE0 à RE2

Lors de la programmation (chargement du programme dans la mémoire), la broche MCLR (Master Clear) doit être portée à un niveau compris entre 12 V et 14 V. La programmation du microcontrôleur commence en appliquant un signal d'horloge sur la broche RB6 (broche 39) et les informations binaires transitent en série sur la broche RB7 (broche 40). Chacune des informations transitant sur la broche RB7 est validée à la retombée du signal d'horloge sur la broche RB6 [12].

La même broche MCLR pourra être exploitée pour initialiser le microcontrôleur à l'aide d'un circuit externe. Un niveau bas sur l'entrée MCLR entraîne un arrêt de fonctionnement alors qu'un niveau de 5 V remet le microcontrôleur en marche. D'une façon générale, un bouton poussoir est souvent rajouté afin qu'une réinitialisation manuelle soit possible. Lorsque le signal "RESET" est activé, tous les registres sont initialisés et le compteur programme se place à une adresse spécifique appelée "Vecteur de RESET" [13].

En résumé, le microcontrôleur PIC16F877 se caractérise par :

- Une tension d'alimentation entre 4.0 V et 5.5 V
- Une fréquence de fonctionnement jusqu'à 20 MHz
- Une mémoire vive de 368 octets
- Une mémoire EEPROM de 256 octets
- Une mémoire morte de type FLASH de 8 Kmots (1 mot = 14 bits)
- Un chien de garde WDT pour une remise à zéro automatique,
- 33 broches d'entrées/sorties, courant de sortie de chaque broche jusqu'à 20 mA
- 3 Temporisateurs : TIMER0 (8 bits), TIMER1 (16 bits avec possibilité d'utiliser une horloge externe) et TIMER2 (8 bits)
- 2 entrées CCP : Capture, Comparaison et PWM (modulation de largeur d'impulsions)
- Convertisseur analogique numérique 10 bits avec 8 entrées multiplexées.

- Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART/SCI)
- Une interface de communication série synchrone (SSP/SPI et I2C).

II.3.2 L'architecture interne (mémoire et registre)

La figure II.2 montre l'architecture interne du PIC16F877.

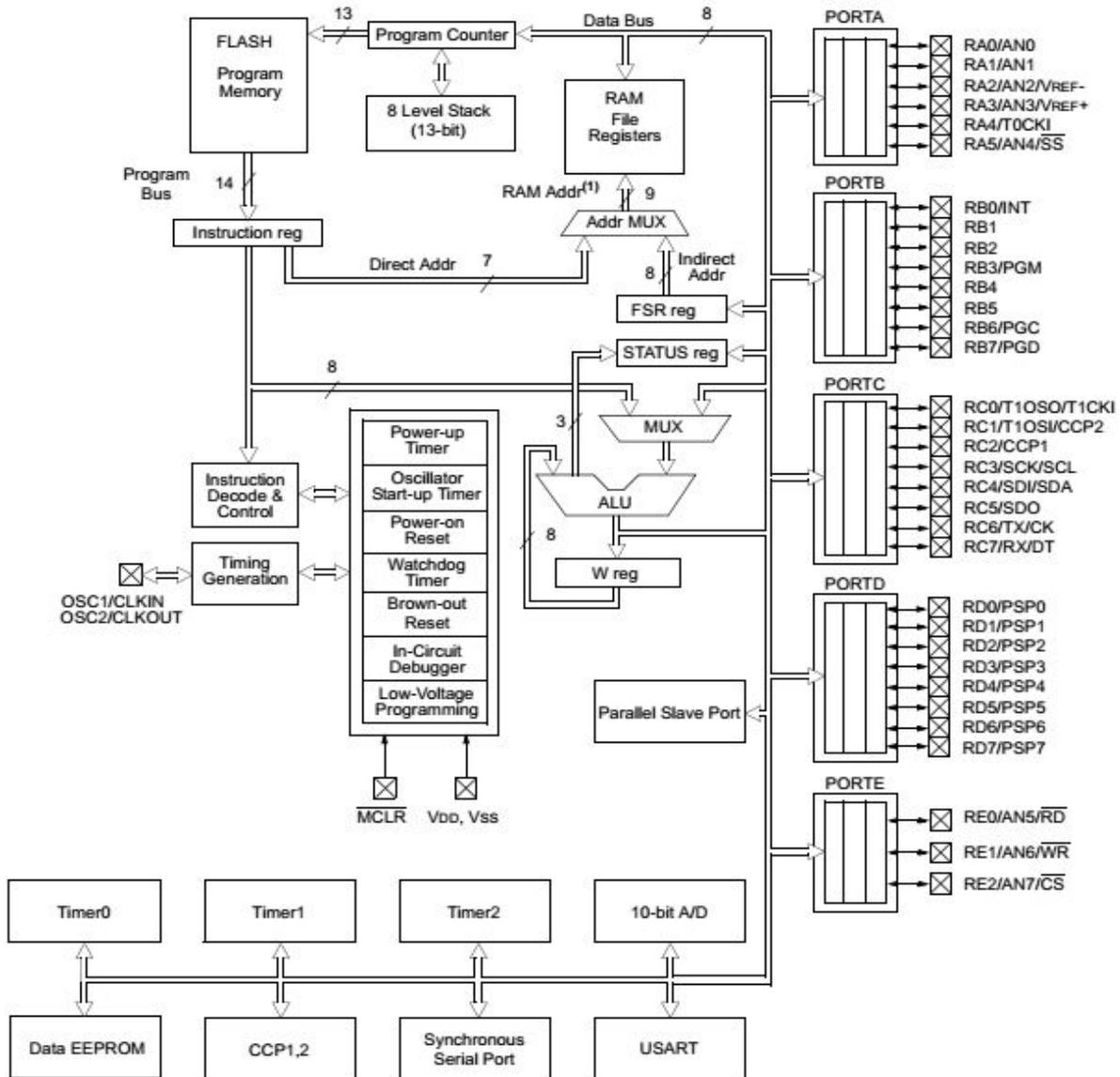


Figure II.2 Architecture interne d'un microcontrôleur PIC16F877 [13]

D'après le schéma de la figure précédente, l'unité ALU est une unité arithmétique et logique 8 bits. L'accumulateur W (Work register) est un registre de travail 8 bits, toutes les opérations à deux opérandes passent forcément par ce registre.

Le Registre STATUS du PIC16F877 :

Le registre STATUS (figure II.3) est le registre d'état du microcontrôleur. L'adresse d'accès à ce registre est toujours 03h quel que soit la Bank. Il permet de lire les drapeaux (Flags) de l'ALU et de choisir la Bank de travail sur la RAM soit en adressage directe (RP1,

RP0) ou indirecte (IRP). Les instructions agissent sur les indicateurs d'état comme suit : (Z pour ZERO) passe à 1 quand le résultat d'une instruction est nul, (C pour CARY) passe à 1 quand l'opération a généré une retenue, (DC pour DIGIT CARY) passe à 1 quand les 4 bits du poids faible génèrent une retenue.

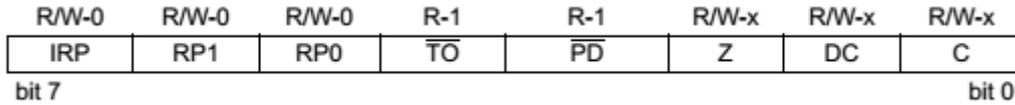


Figure II.3 Composition du registre d'état STATUS du PIC16F877 [13]

En plus, le microcontrôleur PIC16F877 contient trois mémoires internes, à savoir : [15]

- Une mémoire RAM pour la gestion des registres internes,
- Une mémoire EEPROM de données,
- Une mémoire FLASH programme.

La compréhension du fonctionnement de ces différents mémoires est obligatoire pour la maîtrise de l'architecture de fonctionnement (figure II.4). Notamment si le langage utilisé pour la programmation est l'ASSEMBLEUR. Dans notre cas, nous utilisons un langage évolué (langage HI TECH C).

2) Les Registres utilisés par l'USART

- SPBRG - Registre du choix de la vitesse
- TXSTA- Registre d'état Emission
- RCSTA - Registre d'état Réception
- TXREG - Registre Emission
- RCREG - Registre Réception

Auquel s'ajoute 3 registres, si les interruptions de l'USART sont utilisées

- INTCON - Ce registre permet de configurer les différentes sources d'interruption.
- PIE1 - Ce registre contient les bits individuels d'autorisation pour les Interruptions des périphériques, Si PEIE=1 (6^{ème} bit de INTCON).
- PIR1 - Ce registre contient les FLAG associés aux interruptions des périphériques.

REGISTRE SPBRG (Baud Rate Generator):

C'est un registre 08 bits qui contient le facteur de division (N) de l'horloge interne qui permet d'obtenir la vitesse commune d'émission et de réception. En mode Asynchrone (bit SYNC = 0), suivant l'état du bit BRGH on aura le choix entre 2 vitesses : haute pour BRGH=1 et basse pour 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.1 Configuration de vitesse -du registre SPBRG-

Le nombre N est le nombre entier, arrondi de la valeur trouvée par les équations ci dessus. Il est recommandé d'utiliser si possible les vitesses hautes (BRGH=1), même pour des vitesses faibles, car dans ce cas on minimise l'erreur (d'arrondissement), en obtenant un nombre N plus grand.

REGISTRE TXSTA (Transmit and Control Register):

| | | | | | | | |
|-------|-----|------|------|--|------|------|-------|
| Bit 7 | | | | | | | Bit 0 |
| CSRC | TX9 | TXEN | SYNC | | BRGH | TRMT | TX9D |

Figure II.5 Composition du registre d'état de transmission et de contrôle.

Bit 7 : CSRC= Clock Source en synchrone. Sans importance en asynchrone.

Bit 6 : TX9 = Autorisation d'émission sur 9 bits.

- 1 = Autorisé.

- 0 = Non autorisé.
- Bit 5 : TXEN = Autorisation d'émission.
- 1 = Autorisé.
 - 0 = Non autorisé.
- Bit 4 : SYNC = Sélection mode Synchrone / Asynchrone.
- 1 = Mode synchrone.
 - 0 = Mode asynchrone.
- Bit 3 : Non implémenté
- Bit 2 : BRGH = Sélection vitesse rapide en mode asynchrone.
- 1 = Vitesse haute sélectionnée.
 - 0 = Vitesse basse sélectionnée.
- Bit 1 : TRMT = bit d'état du registre à décalage Emission.
- 1 = Registre vide, donc émission terminée.
 - 0 = Registre plein, donc émission en cours.
- Bit 0 : TX9D = 9^{eme} bit de Data transmise. Ce bit peut être le bit de la parité.

REGISTRE RCSTA (Receive and control Register):

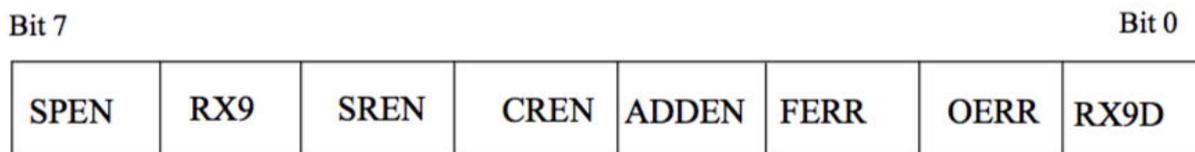


Figure II.6 Composition du registre d'état de réception et de contrôle.

- Bit 7 : SPEN= Serial Port Enable. PC7 et PC6 configurés pour le port série.
- 1 = Port série en service.
 - 0 = Port série désactivé.
- Bit 6 : RX9 = Autorisation de réception sur 9 bits.
- 1 = Autorisé.
 - 0 = Non autorisé.
- Bit 5 : SREN = Single Receive Enable. Réservé pour mode Synchrone. Non utilisé en mode Asynchrone.
- Bit 4 : CREN = Continous Receive Enable.
- 1 = Autorise la réception en continu.
 - 0 = Désactive la réception en continu.
- Bit 3 : ADDEN = Adress Detect Enable. En mode Asynchrone 9 bits :
- 1 = Autorise la détection d'adresse, et charge la Data dans le registre de réception RCREG quand le 9^{eme} bit du registre de désérialisation vaut "1".
 - 0 = Deselecte la détection d'adresse. Tous les octets sont reçus et le 9^{eme} bit peut servir de bit de parité.
- Bit 2 : FERR = Framing Error (erreur de parité).
- 1 = Une erreur de Framing est survenue.
 - 0 = Pas d'erreur de Framing.
- Bit 1 : OERR = Overrun Error. Un octet est reçu alors que le registre de réception n'a pas été vidé par lecture.
- 1 = Erreur Overrun.

- 0 = Pas d'erreur Overrun.

Bit0 : RX9D= 9^{eme} bit de Data reçue. Ce bit peut être le bit de la parité.

II.4.2 CAN (Convertisseur Analogique-Numérique) [13]

La plupart des microcontrôleurs aujourd'hui ont des convertisseurs analogique-numérique (ADC) intégrés.

1) Les Broches utilisé pour la conversion du PIC16F877

Le PIC 16F877 a 8 entrées de tension analogique, Les 5 entrées sur le Port A sont (PA₀, PA₁, PA₂, PA₃ et PA₅), et 3 entrées sur le Port E (PE₀, PE₁ et PE₂).

2) Les Registres utilisés par le CAN

- ADCON0 - registre de contrôle n°0 du convertisseur.
- ADCON1 - registre de contrôle n°1 du convertisseur.
- ADRESH -MSB des 10 bits du résultat.
- ADRESL - LSB des 10 bits du résultat.

La taille de chaque registre est d'un octet (8 bits).

REGISTRE ADCON0 :

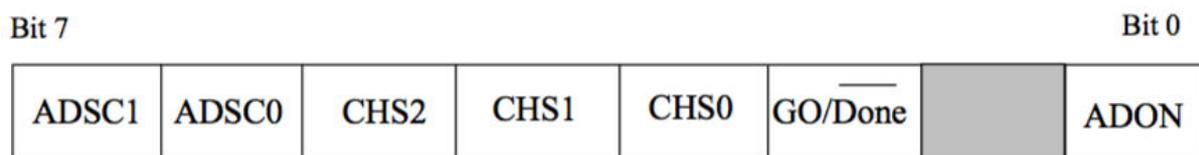


Figure II.7 Composition du registre de contrôle N°0 du convertisseur A/N du PIC 16F877

- Bit 7 et bit 6 :
ADSC1:ADSC0 : Ces 2 bits permettent de choisir la vitesse de conversion (le Temps de Conversion TC d'un seul bit doit être supérieur à 1.6 microseconde) :

00= $F_{osc}/2$.

01= $F_{osc}/8$.

10= $F_{osc}/32$.

11= Oscillateur RC interne.

Où F_{osc} est la fréquence de l'oscillateur Quartz.

- Bit 5 bit4 et bit 3 :
CHS2 CHS1 et CHS0 : Ces 3 bits permettent de choisir l'entrée qui va être convertie.

| Canal | CHS2 | CHS1 | CHS0 | Port |
|-------|------|------|------|------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | PA0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | PA1 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | PA2 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | PA3 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | PA5 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | PE0 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | PE1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | PE2 |

Tableau II.2 Choix du canal de conversion

- Bit 2 :

GO/DONE : l'état de la conversion si ADON=1.

1 = Démarre la conversion A/N. Ce bit est remis à "0" par hard.

0 = La conversion A/N est terminée.

- Bit 1 : Bit non implanté.

- Bit 0 :

ADON :

1 = Convertisseur A/N en service.

0 = Convertisseur A/N à l'arrêt.

REGISTRE ADCON1 :

Bit 7

Bit 0

| | | | | | | | |
|------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|
| ADFM | | | | PCFG3 | PCFG2 | PCFG1 | PCFG0 |
|------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|

Figure II.8 Composition du registre de contrôle N°1 du convertisseur A/N du PIC 16F877

- Bit 7 :
ADFM = format du résultat de la conversion A/N :

Le convertisseur A/N fournit un nombre binaire naturel de 10 bits

(b9 b8 b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0).

b0 = LSB (bit de poids faible)

b9 = MSB (bit de poids fort)

Deux registres (2 x 8 bits) sont donc nécessaires pour stocker le résultat de la conversion (10 bits).

Ce sont les registres :

- ADRESH
- ADRESL

Deux formats (justification à gauche JàG ou à droite JàD) sont disponibles suivant la valeur du bit ADFM :

| ADFM | Registre ADRESH | Registre ADRESL |
|---------|---------------------------|---------------------------|
| 0 (JàG) | (b9 b8 b7 b6 b5 b4 b3 b2) | (b1 b0 0 0 0 0 0 0) |
| 1 (JàD) | (0 0 0 0 0 0 b9 b8) | (b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0) |

Tableau II.3 Format du résultat de la conversion

- Bit 6 bit 5 et bit 4 : Bits non implémentés.
- Bit3 bit2 bit1 et bit0 :
PCFG3 PCFG2 PCFG1 et PCFG0 : Ces bits permettent de choisir le partage entre entrées analogiques et digitales sur les PORTS A et E. Ainsi, ces bits permettent le choix entre PA₃ et V_{DD} pour V_{ref+} et entre PA₂ et V_{SS} pour V_{ref-}.

| PCFG | PE2 | PE1 | PE0 | PA5 | PA3 | PA2 | PA1 | PA0 | Vref ⁺ | Vref ⁻ |
|------|-----|-----|-----|-----|-------------------|-------------------|-----|-----|-------------------|-------------------|
| 0000 | A | A | A | A | A | A | A | A | V _{DD} | V _{SS} |
| 0001 | A | A | A | A | Vref ⁺ | A | A | A | PA3 | V _{SS} |
| 0010 | D | D | D | A | A | A | A | A | V _{DD} | V _{SS} |
| 0011 | D | D | D | A | Vref ⁺ | A | A | A | PA3 | V _{SS} |
| 0100 | D | D | D | D | A | D | A | A | V _{DD} | V _{SS} |
| 0101 | D | D | D | D | Vref ⁺ | D | A | A | PA3 | V _{SS} |
| 011x | D | D | D | D | D | D | D | D | V _{DD} | V _{SS} |
| 1000 | A | A | A | A | Vref ⁺ | Vref ⁻ | A | A | PA3 | PA2 |
| 1001 | D | D | A | A | A | A | A | A | V _{DD} | V _{SS} |
| 1010 | D | D | A | A | Vref ⁺ | A | A | A | PA3 | V _{SS} |
| 1011 | D | D | A | A | Vref ⁺ | Vref ⁻ | A | A | PA3 | PA2 |
| 1100 | D | D | D | A | Vref ⁺ | Vref ⁻ | A | A | PA3 | PA2 |
| 1101 | D | D | D | D | Vref ⁺ | Vref ⁻ | A | A | PA3 | PA2 |
| 1110 | D | D | D | D | D | D | D | A | V _{DD} | V _{SS} |
| 1111 | D | D | D | D | Vref ⁺ | Vref ⁻ | D | A | PA3 | PA2 |

Tableau II.4 Choix des canaux d'entrées numériques et analogiques et de tensions de références.

II.4.3 Les TIMERS

Un Timer est un registre à l'intérieur du microcontrôleur qui s'incrémente où se décrémente chaque fois qu'il reçoit une impulsion d'un signal d'horloge. Le PIC16F877 possède 3 Timers qui sont :

- Le Timer0 (8bits) : il peut être incrémenté par des impulsions extérieures via la broche (TOCKI/RA4) ou par l'horloge interne ($F_{osc}/4$)
- Le Timer1 (16 bits) : il peut être incrémenté soit par l'horloge interne par des impulsions sur la broche T1CKI/RC0 ou par un oscillateur (RC ou quartz) connecté sur les broches T1OSO/RC0 et T1OSI/RC1.
- Le Timer2 (8bits) : il est incrémenté par l'horloge interne, celui-ci peut être pré-divisé.

Tous ces Timers peuvent déclencher une interruption interne, s'ils ont été autorisés. [15]

II.4.4 Module CCP (Capture, Compare et PMW)

Le PIC16F877 a deux modules identiques CCP1 et CCP2, chaque module contient un registre de 16 bits, qui sont utilisés comme suit :

- Registre 16 bits de capture.
- Registre 16 bits de comparaison.
- Registre 10 bits pour générer du PWM.

Le Mode Capture, si un registre change constamment sa valeur, ce mode donne accès à l'état actuel de ce registre. Dans ce cas, c'est le registre TMR1 de la minuterie.

Le Mode Compare, ce mode compare constamment les valeurs de deux registres. L'un de ces registres est le registre TMR1 du temporisateur. Lorsqu'une durée prédéterminée expire, ce circuit permet également à l'utilisateur de déclencher un événement externe.

Un signal PWM (Pulse Width Modulation) ou Modulation de largeur d'impulsion est un signal dont le rapport cyclique varie, le principe est de générer un signal logique à fréquence fixe mais le rapport cyclique est contrôlé numériquement.

II.4.5 Les interruptions

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 PIC16F877, les interruptions sont classées en deux catégories, les interruptions primaires et les interruptions périphériques. [15].

- 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

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 nécessités dans notre travail (L'USART, La conversion A/N 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 :
Systeme d'acquisition et de contrôle

III.1 Introduction

Après avoir décrit en général notre système d'acquisition dans le processus industriel et présenté les différents outils à exploiter dans notre travail, ce chapitre est dédié aux résultats de simulations de ce système.

Nous pouvons subdiviser ce travail en trois parties essentielles :

- Partie de circuit de commande (à base du PIC16F877),
- Partie d'isolation et de commande de puissance,
- Partie de l'interface graphique au niveau de la salle de contrôle.

La figure III.1 montre le schéma complet de notre application

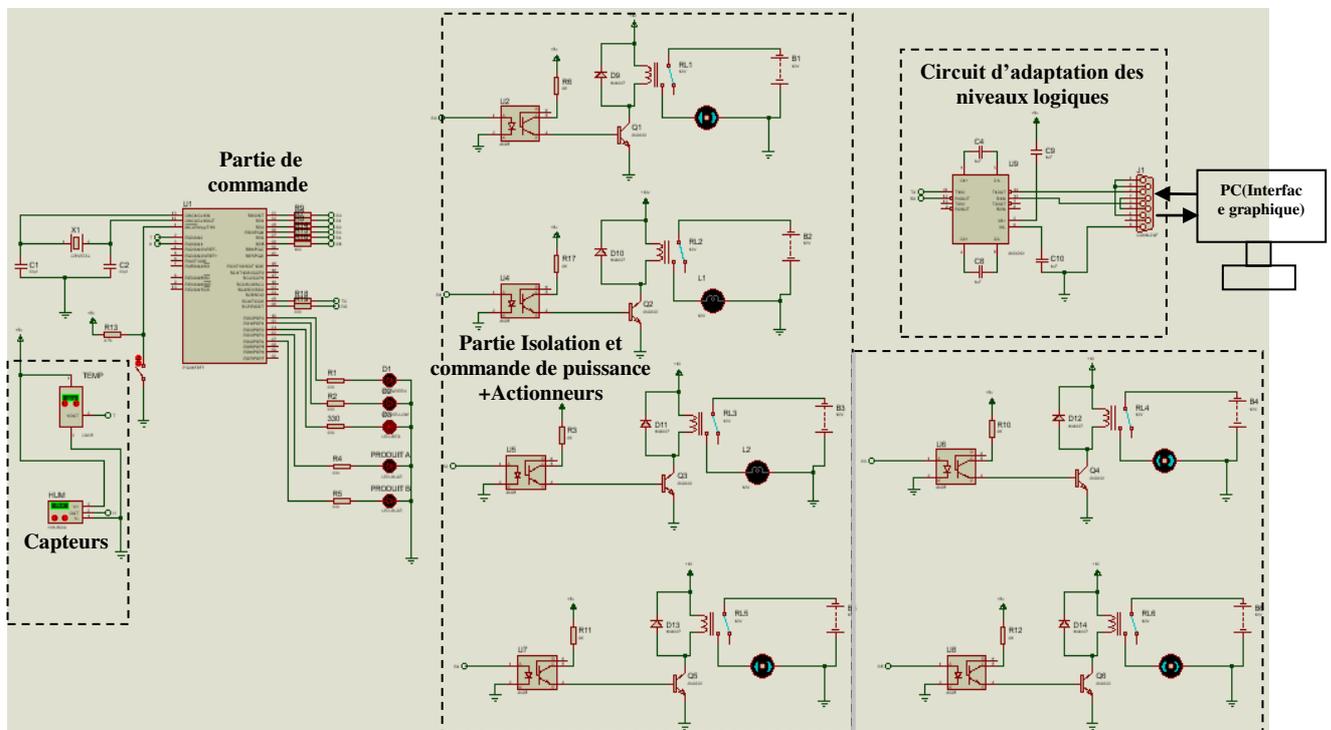


Figure III.1 Schéma complet du système d'acquisition à base de microcontrôleur 16F877.

En ce qui suit, nous allons présenter chaque partie séparément.

III.2 Partie de circuit de commande et de sa gestion par le microcontrôleur

La partie commande ou circuit de commande comme son nom l'indique sert à commander ou en d'autre terme sert à établir la séquence de marche et d'arrêt de la partie puissance, cette partie ne nécessite pas une tension aussi grande pour l'alimenter, et peut comprendre des éléments comme des boutons-poussoirs ou des capteurs ...etc.

Notre circuit électronique (circuit de commande) pour la gestion du système d'acquisition est composé de 3 parties :

III.2.1 Les entrées/sorties

La figure III.2 montre un ensemble de sorties, des LEDs reliées avec le port D, indiquant l'état du système et le type de produit sélectionné. Aussi, des actionneurs reliés avec le port B pour la régulation de la température ambiante et de l'humidité relative. Rappelons que chaque produit sélectionné nécessite des consignes spécifiques de régulation (des seuils de température et d'Humidité propres au produit sélectionné).

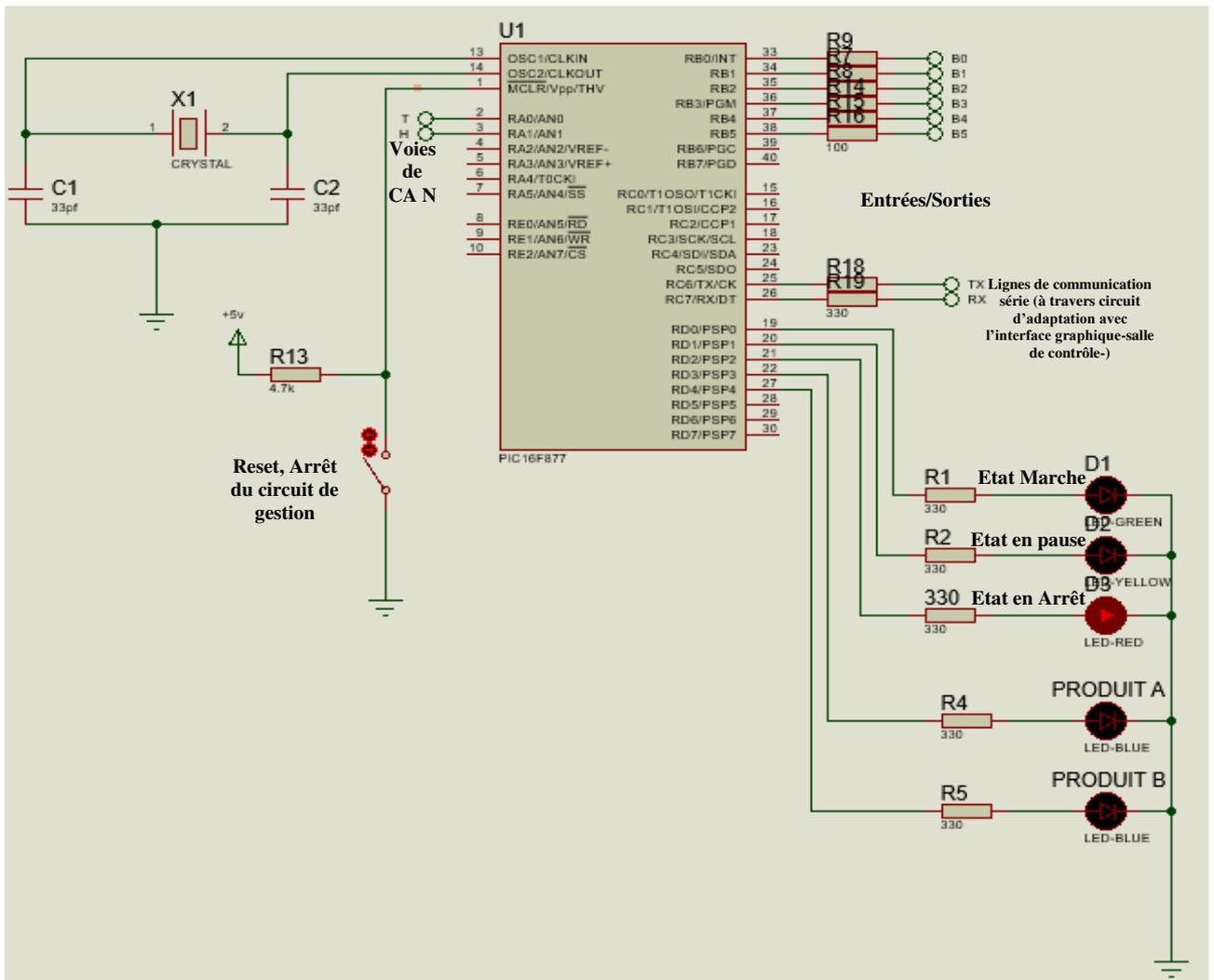


Figure III.2 Connexion des entrées et sorties sur le PIC16F877

L'organigramme de gestion des entrées et des sorties selon les conditions est présenté sur la figure III.3 :

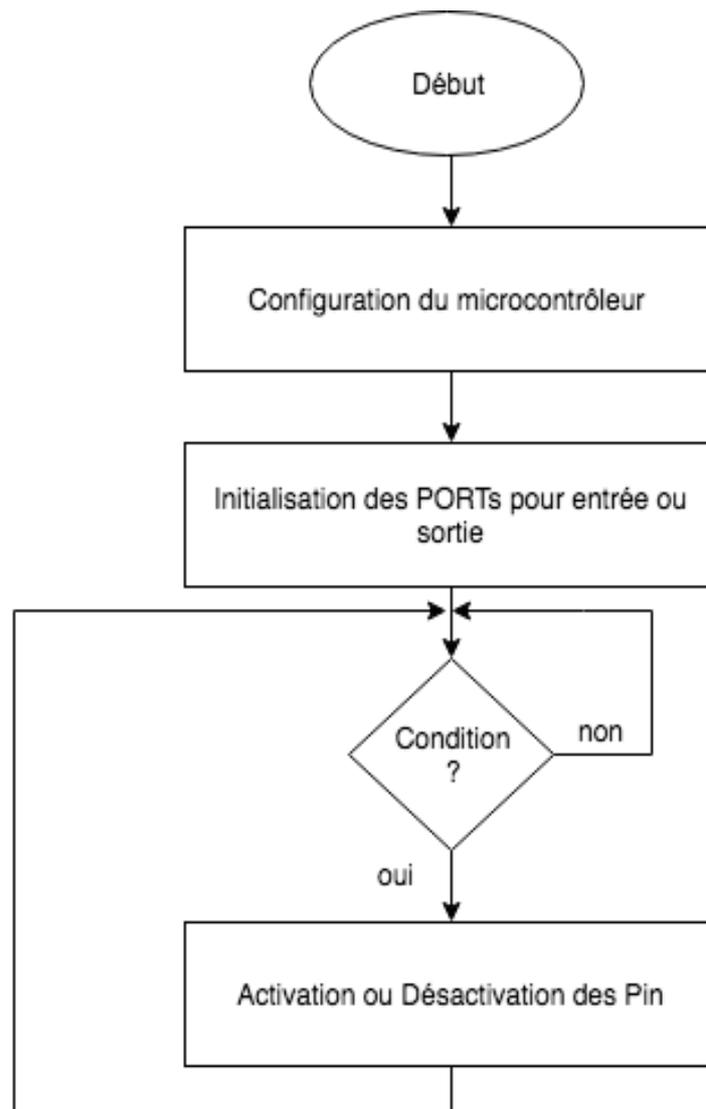


Figure III.3 Organigramme pour la gestion des entrées sorties

III.2.2 Le convertisseur A/N

Pour une lecture sous forme numérique de la température ambiante et de l'humidité ambiante relative, il est nécessaire d'utiliser des capteurs, la figure III.4 montre le branchement des deux capteurs avec le PIC16F877 sur le port A.

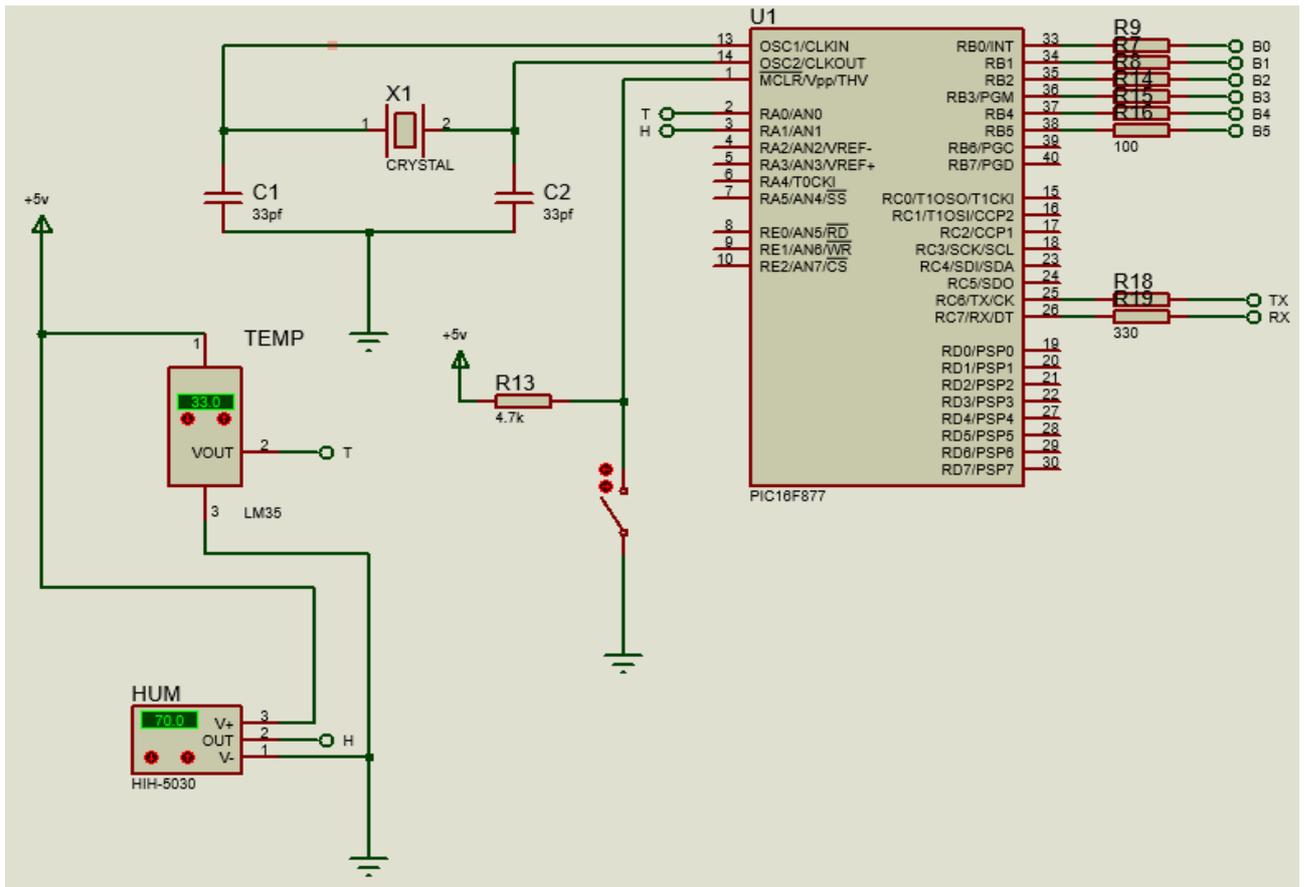


Figure III.4 Connexion des capteurs avec le PIC16F877

Pour la Conversion Analogique/Numérique, nous avons exploité le périphérique CAN du PIC16F877 (chapitre-2).

Après avoir effectué l'opération de l'étalonnage des capteurs et mis une correspondance juste (de l'offset et de la dynamique de conversion) entre la valeur numérique lue et la valeur analogique de la grandeur physique (température ambiante ou humidité relative ambiante), la figure III.5 montre un organigramme pour la conversion A/N et la régulation :

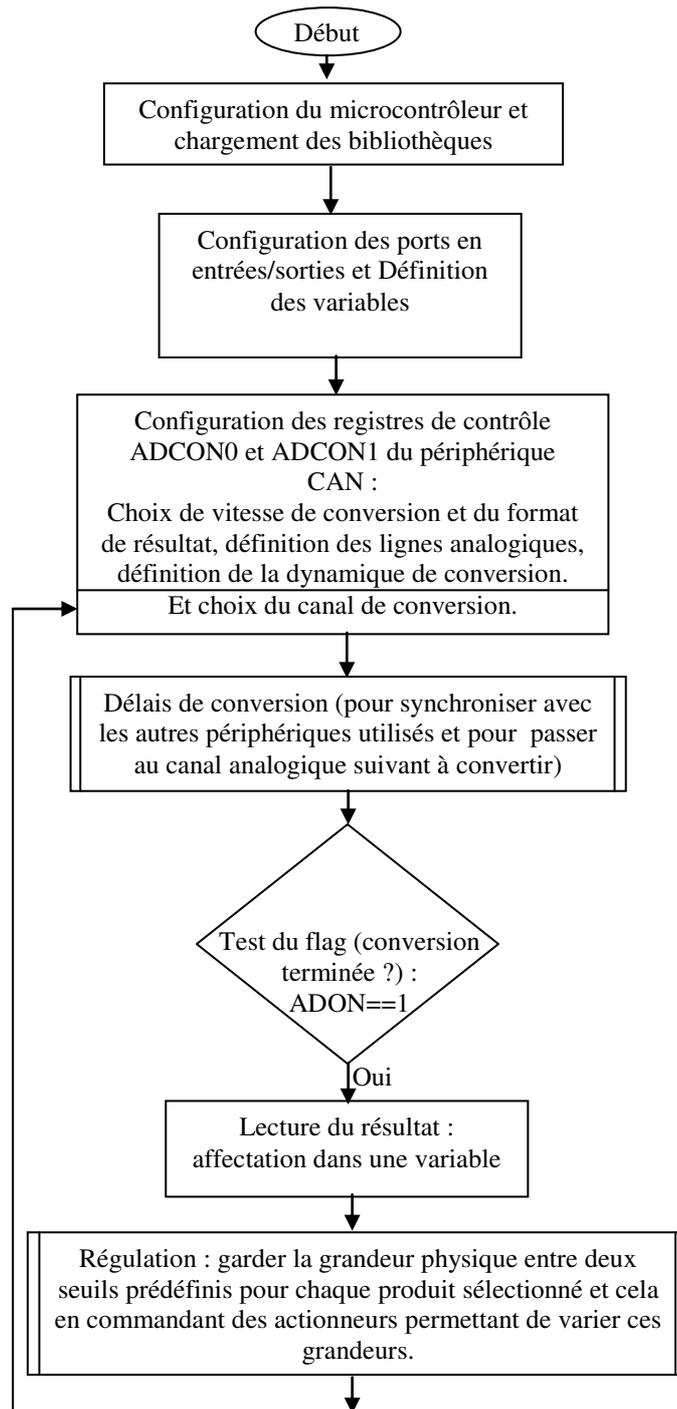


Figure III.5 Organigramme pour la Conversion Analogique/Numérique CAN et la régulation des grandeurs physiques.

III.2.3 La communication série

La liaison série permet la communication entre deux points (stations ou machines...Etc.) sur un canal d'une ou deux lignes de transmission de données. La norme RS232 (chapitre-1) est souvent utilisée.

Le circuit intégré MAX232 permet, pour une liaison série RS232, de réaliser une bonne adaptation de niveaux des signaux entre le Port série du PC fonctionnant en CMOS et le PIC16F877 en TTL (voir chapitre-1). La connexion physique des deux cotés (TTL et CMOS) se fait via un DB9. La figure III.6 montre la connexion du MAX232 avec le PIC16F877.

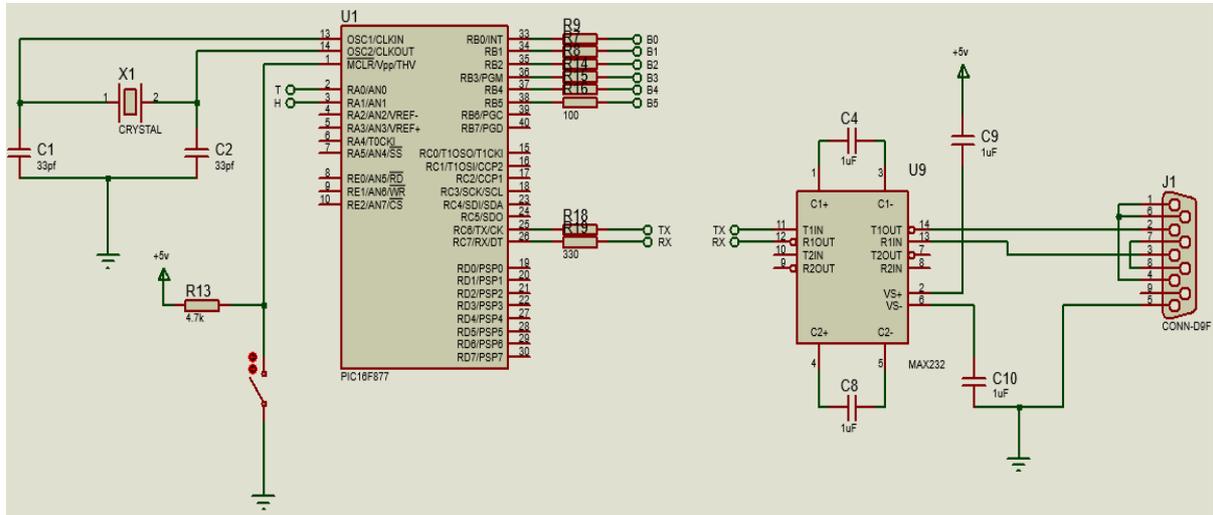


Figure III.6 Connexion du MAX232 avec le PIC16F877.

Pour la gestion de la communication entre le circuit d'acquisition et de gestion à base microcontrôleur et l'interface graphique au niveau de la salle de contrôle, nous avons exploité le périphérique USART du PIC16F877 (chapitre-2).

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

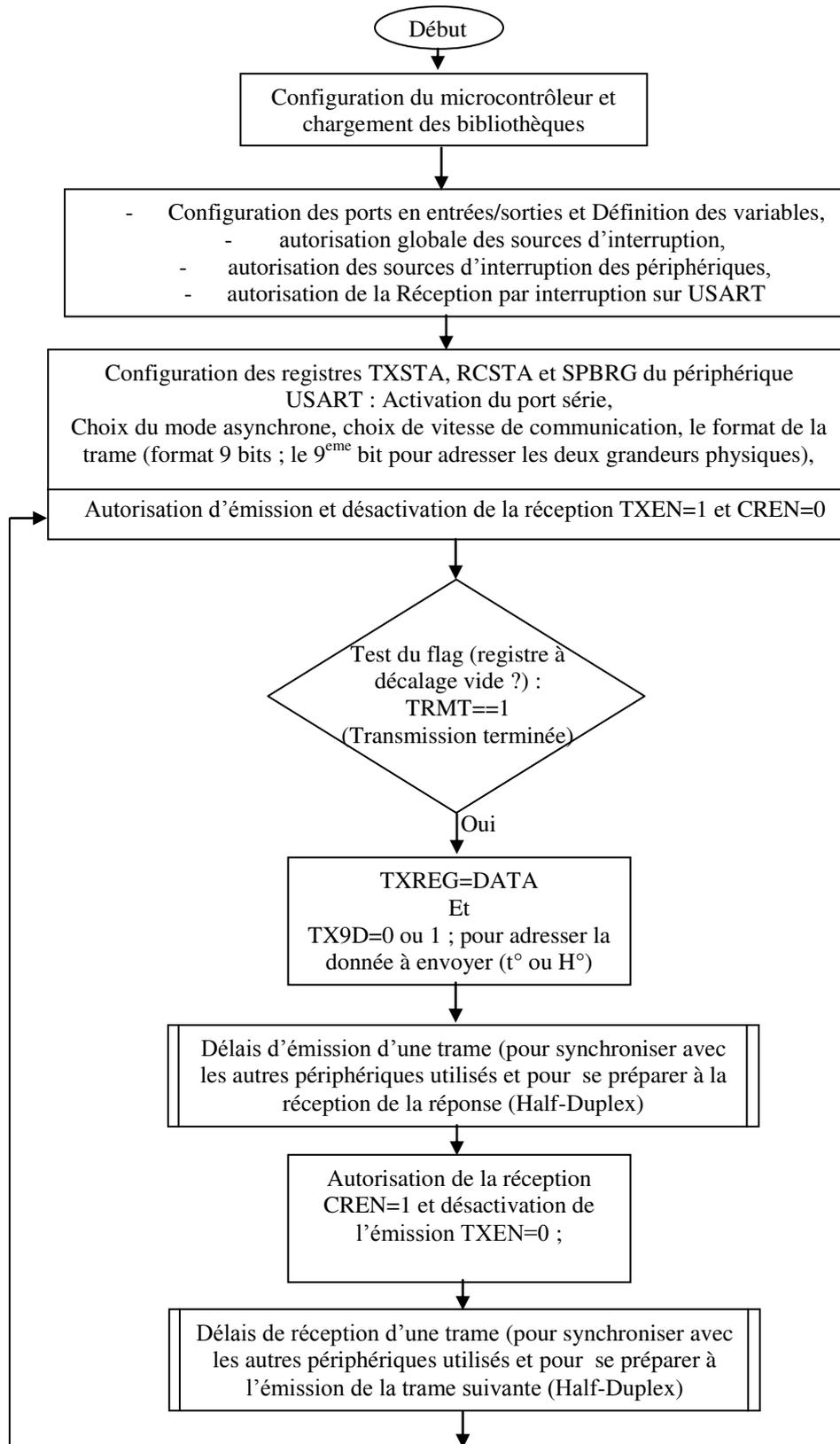


Figure III.7 Organigramme pour émission des données par le PIC16F877.

La figure III.8 montre un organigramme de réception par interruption sur l'USART pour le PIC16F877 :

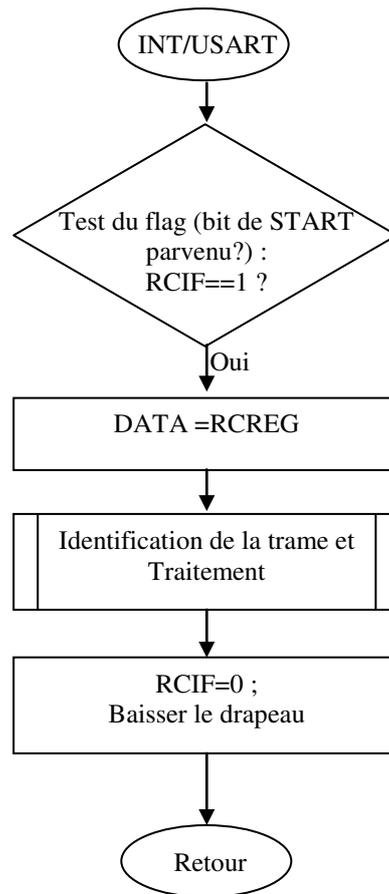


Figure III.8 Organigramme pour réception des données par le PIC16F877.

III.3 Partie puissance

Il arrive fréquemment de 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. Généralement cette partie est composée d'un moteur, d'une lampe ou d'un chauffage électrique... etc.

L'isolation de la partie puissance de la partie commande se fait par des relais, des opto-coupleurs, des transistors et des diodes de roue libre pour une bonne protection, comme le montre la figure III.9

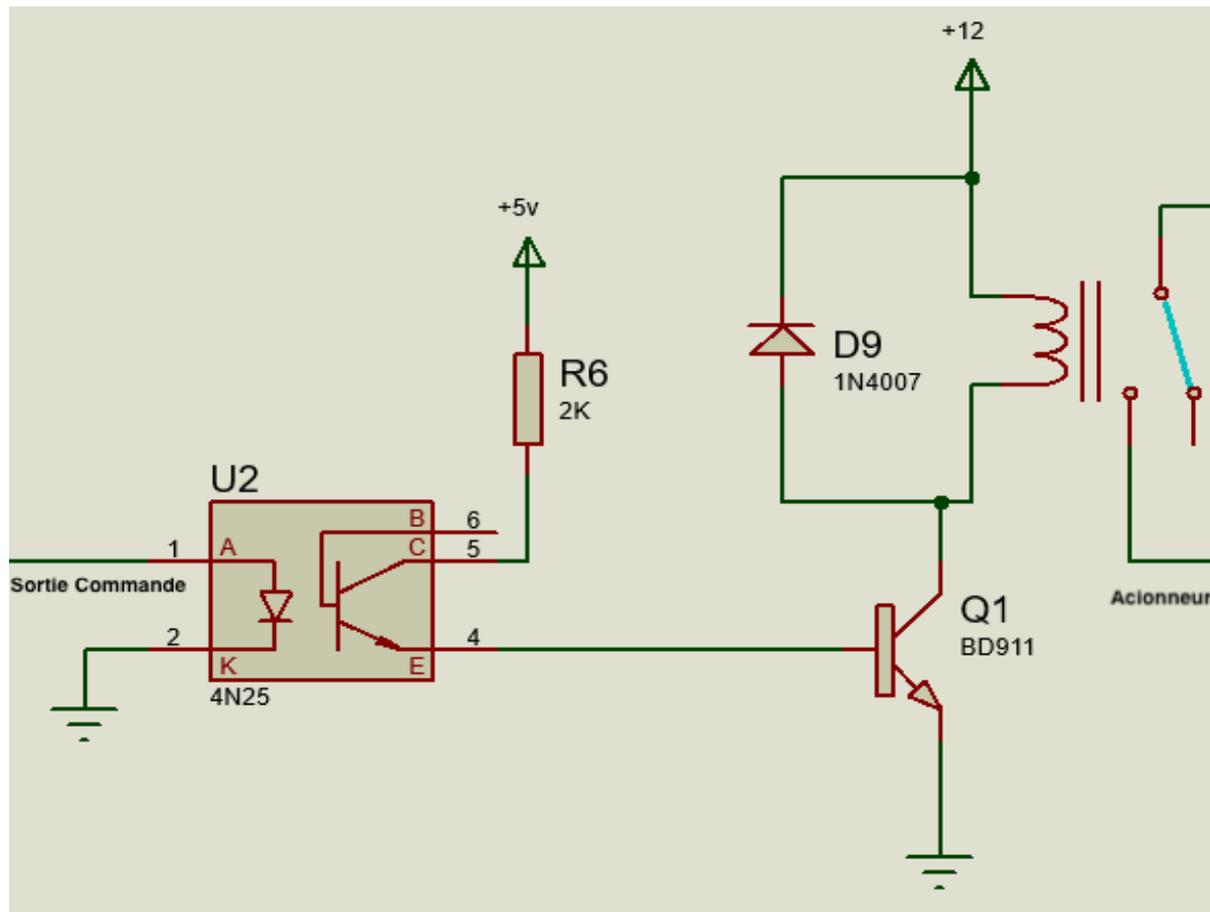


Figure III.9 Schéma de la Partie puissance.

Nous allons dans ce qui suit présenter chaque composant de cette partie de puissance.

III.3.1 Relais

Un relais électronique est un commutateur électromécanique, il est utilisé pour séparer le circuit de commande et le circuit de puissance.

III.3.1 1/Composition

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

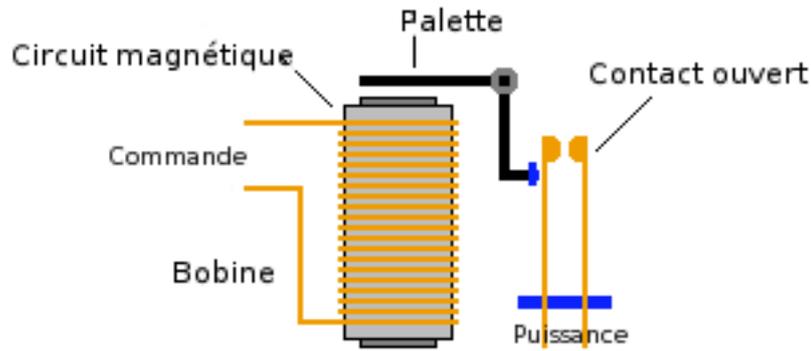


Figure III.10 Schéma d'un relais [15]

Il existe au moins deux normes où des lettres sont employées pour designer les contacts :

- Lettres C (Commun), R (Repos) et T (Travail).
- Lettres COM (Commun), NO (Normalement ouvert) et NC ou NF (Normalement fermé).

Le schéma électrique montre le brochage de relais de type 1RT, c'est à dire qui ne dispose que d'un seul contact Repos/Travail.

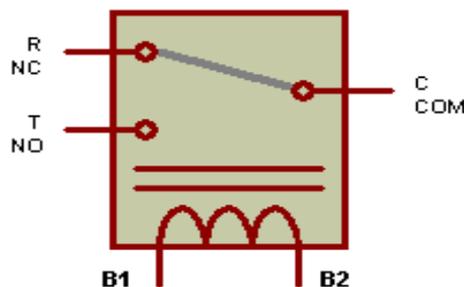


Figure III.11 Brochage d'un Relais 1RT

III.3.1 2/Fonctionnement

Lorsque le courant circule à travers la bobine du relais, le champ magnétique attire l'armature (palette) de fer vers la bobine et provoque la fermeture de l'interrupteur. S'il n'y a pas d'alimentation donc pas de courant qui circule à travers la bobine et donc elle va perdre sa propriété électro-aimant et l'armature revient à sa position normale en raison du ressort qui lui est connecté.

On ajoute une Diode de roue libre qui se place en parallèle avec notre relais (figure III.12). Dans la phase où l'interrupteur (transistor) est fermé, le courant s'établit dans l'inductance et est limité par sa résistance série. À l'ouverture de l'interrupteur, le courant emmagasiné dans la bobine est empêché de retourner grâce à la diode de roue libre. Le

courant décroît alors progressivement dans cette boucle et finit par s'annuler. La diode de roue libre est ajoutée pour la protection de transistor des surtensions destructrices.

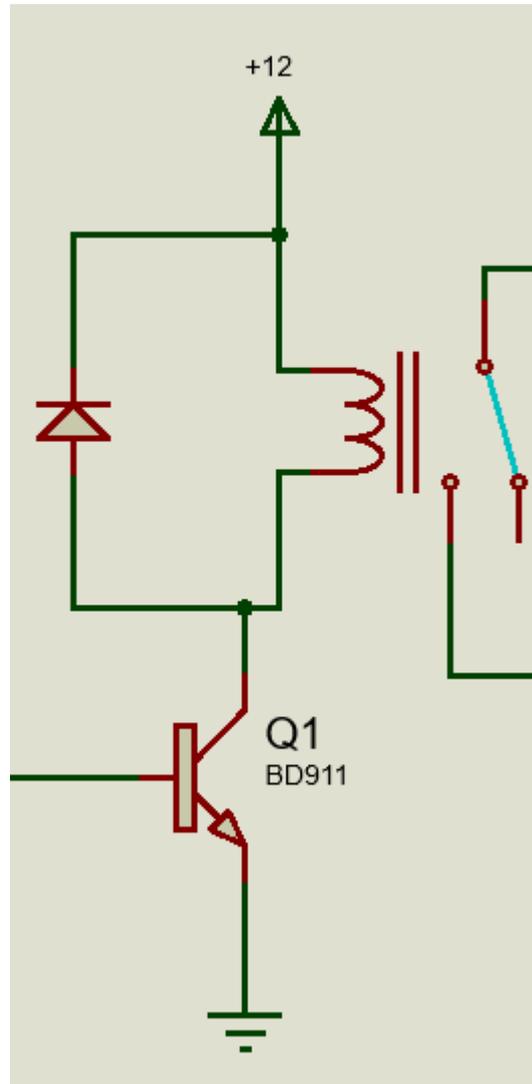


Figure III.12 Schéma de branchement de la roue libre

III.3.2 Opto-coupleur

Un opto-coupleur est un composant électronique capable de transmettre un signal d'un circuit électronique à un autre, sans qu'il y ait une liaison conductrice entre eux.

III.3.2 1/Composition

Un opto-coupleur est formé d'un émetteur composé d'une LED infrarouge et d'un récepteur soit d'un phototransistor (figure III.13) ou d'une photodiode (figure III.14).

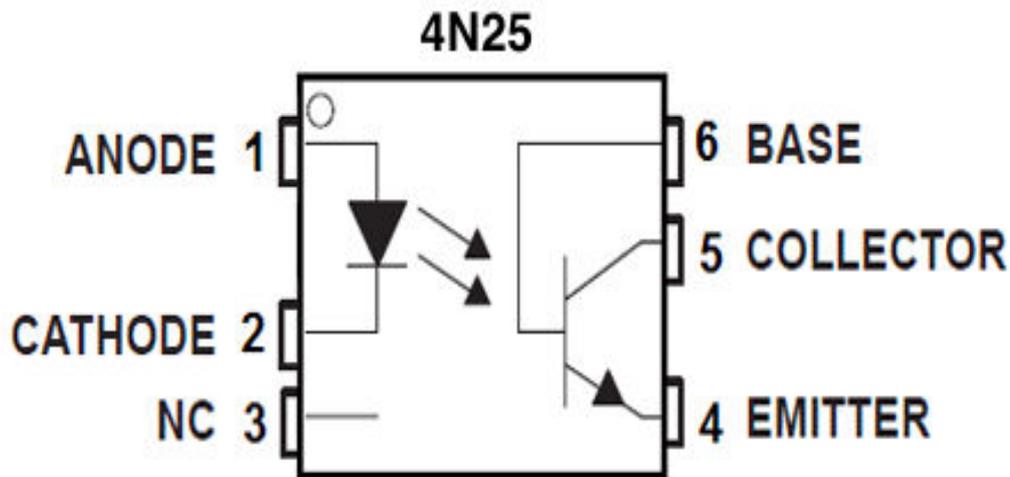


Figure III.13 Brochage de l'opto-coupleur phototransistor comme récepteur [17]

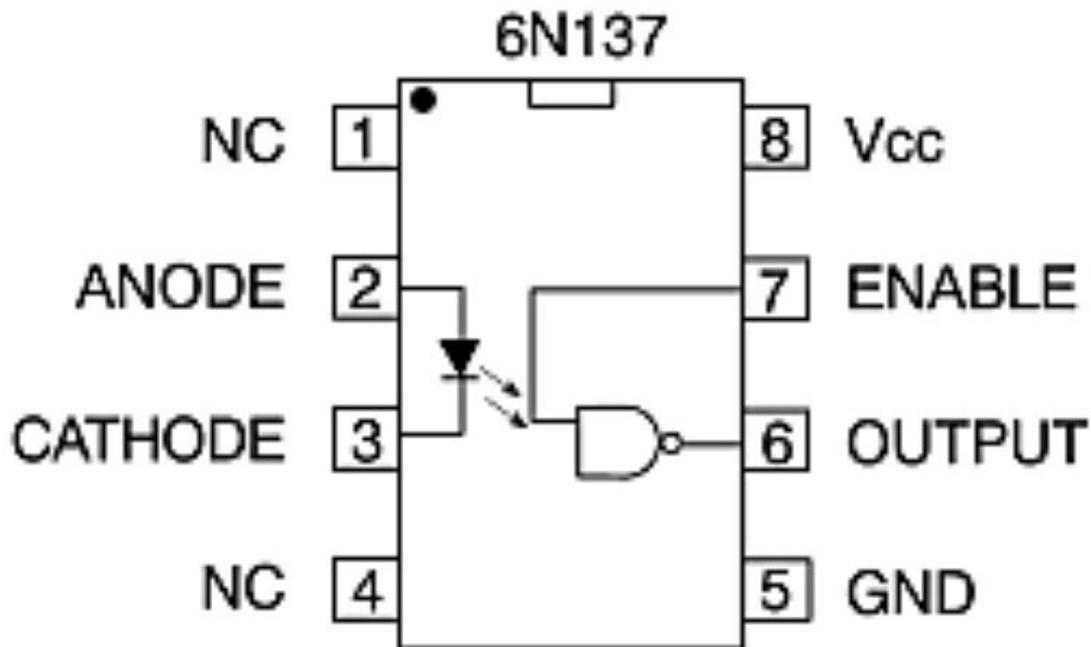


Figure III.14 Brochage de l'opto-coupleur photodiode comme récepteur [18].

Dans notre application, nous utilisons l'opto-coupleur phototransistor 4N25.

III.3.2 2/Fonctionnement

Un opto-coupleur repose sur une LED et un phototransistor ou une photodiode. Lorsqu'on fait passer un courant dans la LED, elle émet de la lumière infrarouge dans un boîtier bien hermétique à la lumière. Les photons de la lumière émise par la LED sont captés par le phototransistor ou la photodiode qui devient alors passant. On peut donc transmettre un courant électrique. [16]

III.3.3 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. [20]

Notre choix se porte sur le transistor DB911 de type NPN. Ce transistor a la capacité de véhiculer le courant de la bobine du relai, comme il a un rapport d'amplification fort et le courant consommé à partir de la boche de commande du microcontrôleur devient relativement petit [19].

III.3.3 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.

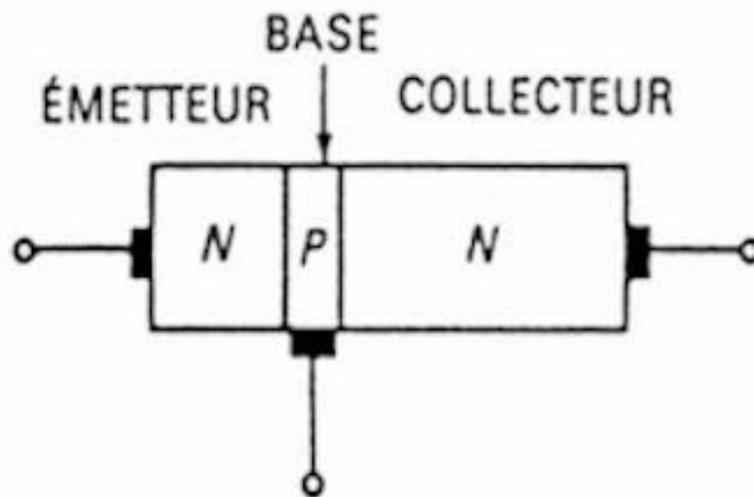


Figure III.15 Schéma de la structure d'un transistor

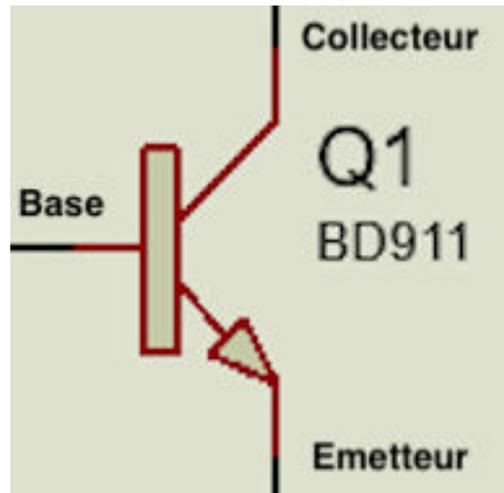


Figure III.16 Brochage de Transistor

III.3.3 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 L'interface graphique

Avant d'entamer cette partie, nous voudrions d'abord souligner l'apport de l'utilisation d'une interface graphique.

Afin de mettre en évidence l'apport de l'interface graphique, nous allons considérer provisoirement une communication série, sans interface graphique, employée entre deux PIC16F877 (figure III.17) dont le branchement est simple ne nécessitant aucun composant externe ; seulement l'utilisation de module USART et une liaison série entre eux.

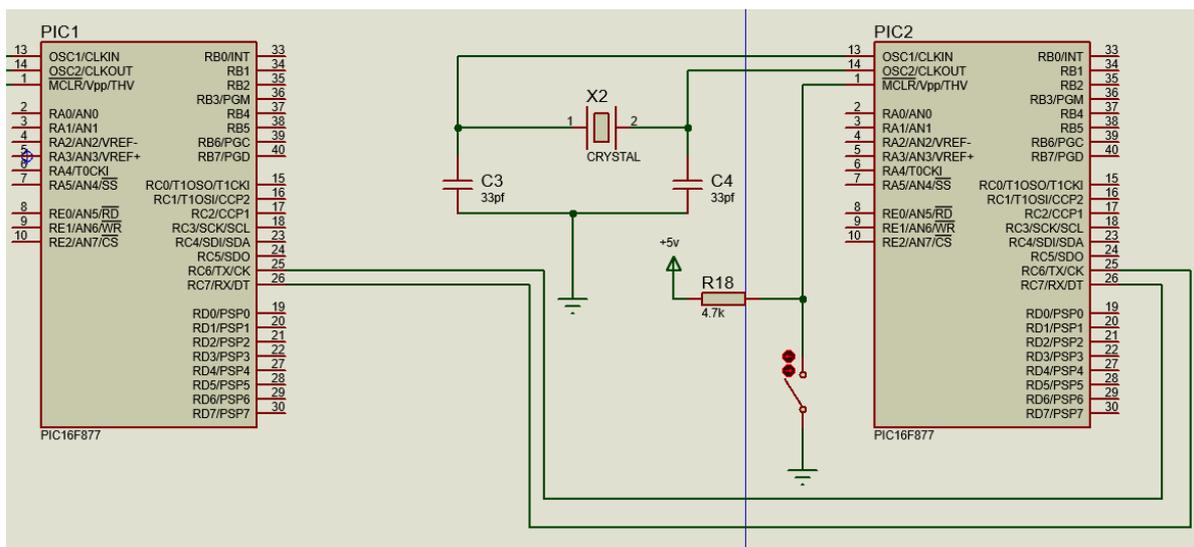


Figure III.17 Communication série entre deux PIC

Néanmoins, cette communication a plus d'inconvénients que d'avantages tels que la lecture et l'accès non aisés aux données.

Afin de présenter une possibilité à l'utilisateur d'accéder aux données et de communiquer aisément avec le processus industriel via le système d'acquisition, nous proposons d'utiliser une interface graphique (figure III.18) conçue sous 'Visual Studio'.

Notre interface dispose de deux gauges d'affichage ; une de température ambiante et l'autre de l'humidité relative. Ainsi, notre interface offre la possibilité de choisir le type de produit à contrôler via une zone de texte « Type de Produit », et des boutons pour la Connexion et la Déconnexion du système de communication avec le PIC16F877, Démarrer ou arrêter l'acquisition et le processus de contrôle, et un dernier bouton « Exit » pour quitter la fenêtre de supervision.

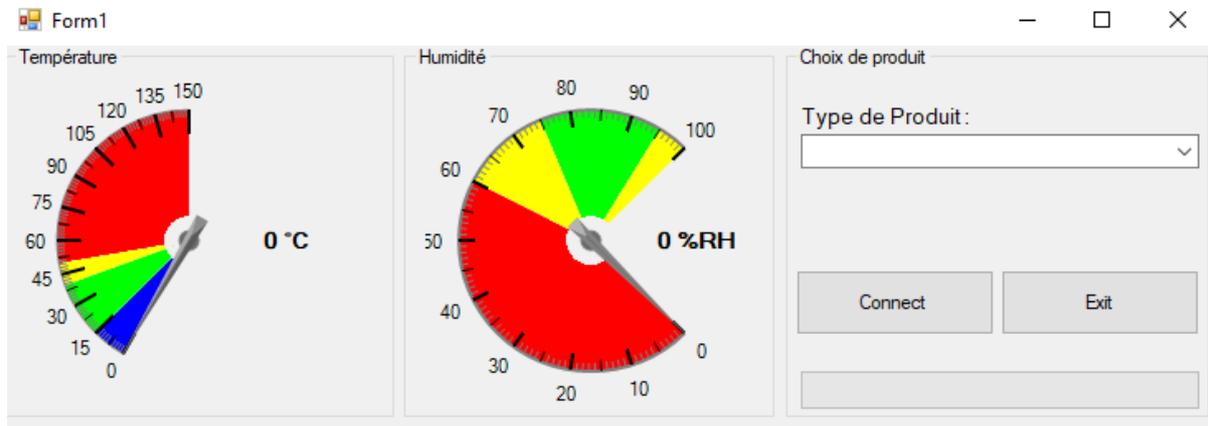


Figure III.18 L'interface graphique au niveau du PC de la salle de contrôle.

Pour la communication du PIC16F877 avec le PC on doit ajouter le composant MAX232 (figure III.6) afin d'adapter les niveaux de tensions entre les deux cotés de communication (TTL et CMOS).

Pour la gestion de notre interface graphique sous Visual Studio, chaque composant fonctionne selon un programme que nous avons mis en œuvre et que nous allons présenter sous forme d'organigramme.

La zone du texte « Type du Produit » et les autres boutons de l'interface permettent chacune d'envoyer une trame spécifique via le port série afin d'être identifiée par le PIC16F877 qui en prendra des décisions. L'organigramme d'émission de trames par l'interface graphique est donné par la figure III.19.

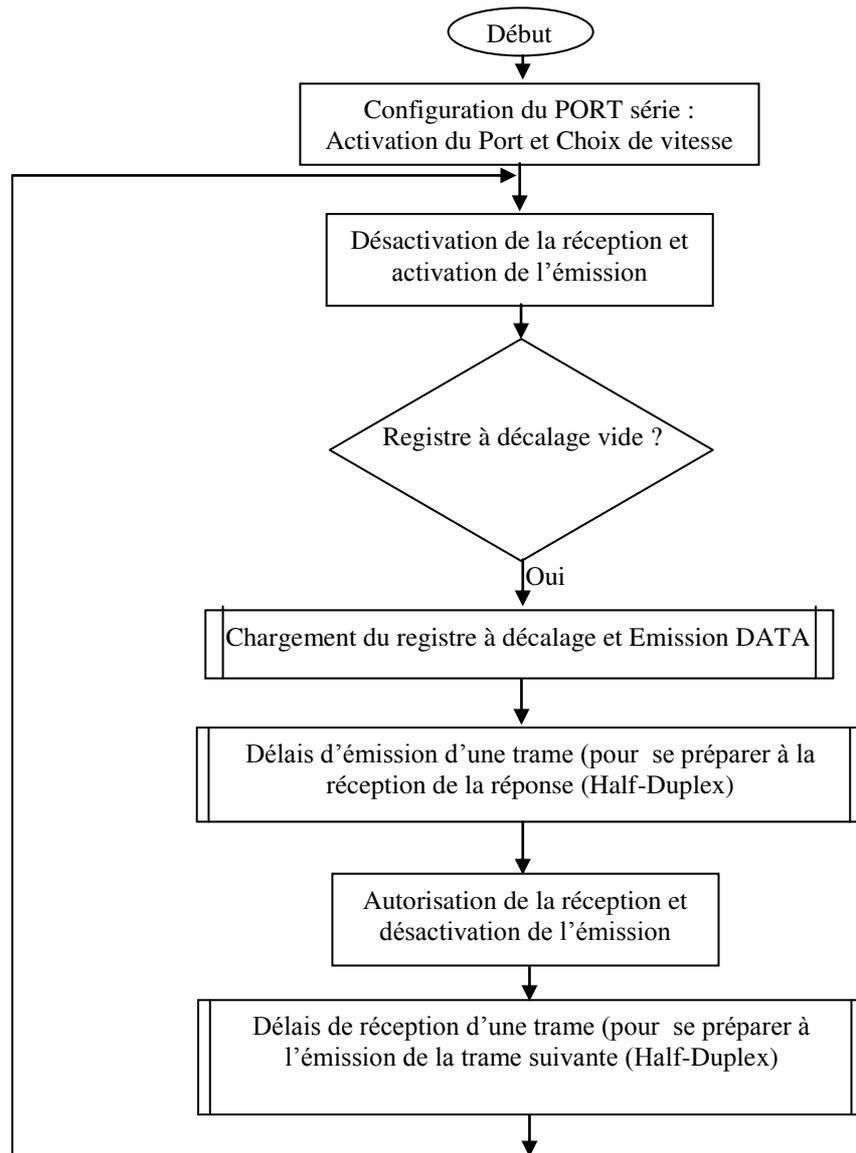


Figure III.19 Organigramme pour émission des données par le port série du PC.

Pour les deux gauges, elles affichent en permanent les deux valeurs des deux grandeurs physiques acquises (température ambiante et Humidité relative). La réception au niveau du COMPORT (port série du PC) s'effectue en mode d'interruption et est présentée dans l'organigramme de la figure III.20.

Dans cette application, le port série du PC reçoit deux valeurs, à distinguer, sur une même ligne pour les deux grandeurs physiques. Pour en différencier entre ces deux valeurs, nous exploitons le mode 9 bits de transmission série. Ce 9^{ème} bit, reçue dans la trame, définit quelle est le type de donnée reçue (température ou humidité) et par conséquent définit la gauge qui sera utilisée.

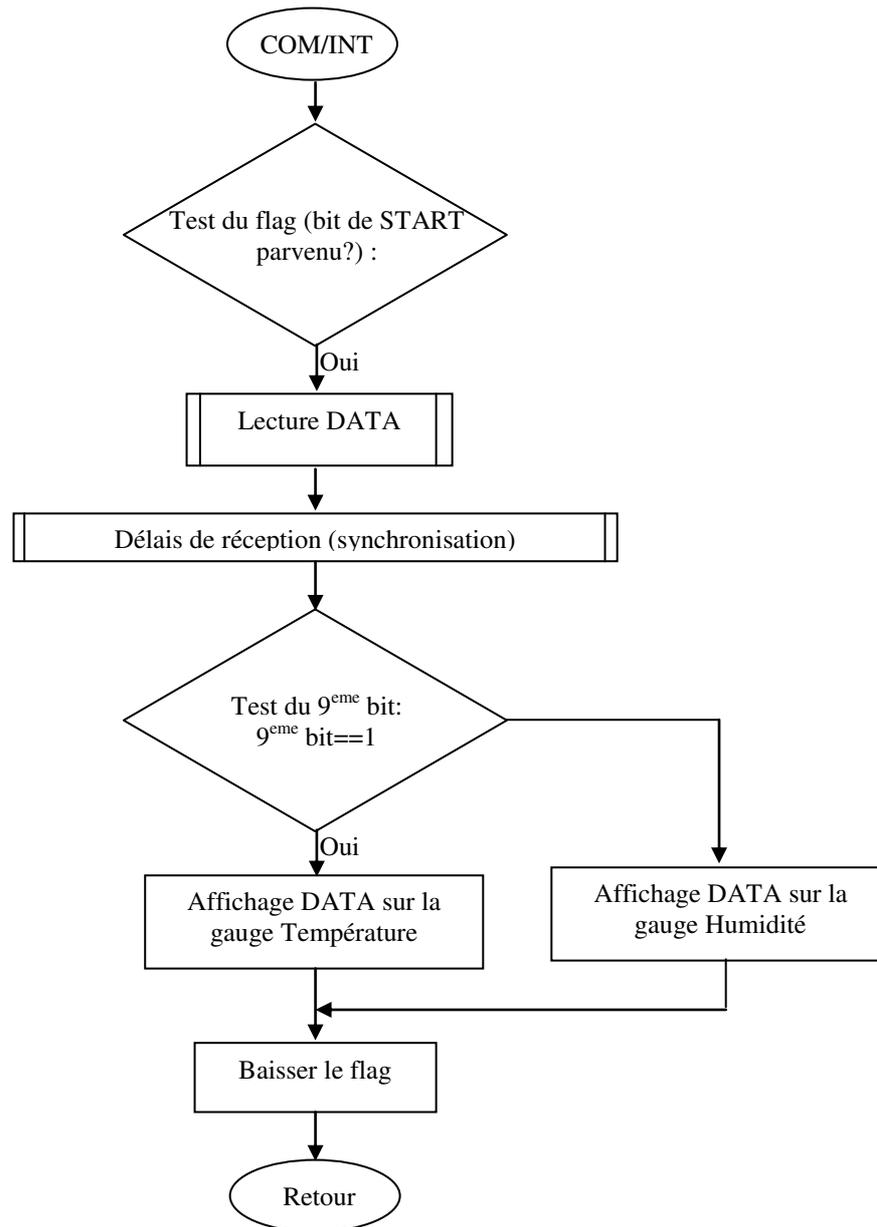


Figure III.20 Organigramme pour réception des données par le port série du PC.

III.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre système d'acquisition concrétisé par une communication série entre un circuit de gestion et d'acquisition à base de microcontrôleur et une interface graphique au niveau du PC de la salle de contrôle. Ainsi, les différentes parties du circuit électronique ont été présentées et aux quelles ont été ajoutés des organigrammes dans le but d'expliquer leurs modes de fonctionnement.

Le circuit de gestion électronique communique les données avec une interface graphique. Ce qui a permis un accès simple aux données et un contrôle plus aisé et rapide ne

nécessitant pas de grande compétence. En plus, la possession de tel système ne demande pas des coûts élevés.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire a été l'objet de la mise en œuvre d'une application d'acquisition et de contrôle dans un processus industriel.

Notre système est composé de plusieurs étages :

- Les actionneurs de température et d'humidité,
- Les capteurs de température et d'humidité,
- Un étage de commande et de gestion assurant une communication à base de PIC16F877,
- Un étage d'isolation pour protéger le circuit de commande et de puissance pour commander les actionneurs,
- Un support de communication RS232 garantissant le transfert de données entre la carte d'acquisition et la salle de contrôle dotée d'une interface graphique.

Un aspect de langage Homme-Machine a été mené via une interface graphique sous Visual Studio. Ce qui a permis un accès simple aux données et un contrôle plus aisé et rapide ne nécessitant pas de grande compétence. En plus, la possession de tel système ne demande pas des coûts élevés.

Ainsi, le système d'acquisition conçu reste générique et peut être appliqué dans d'autres domaines.

La mise en œuvre de ce travail nous a permis d'acquérir et d'appliquer de nouveaux concepts dans le domaine de communication et de contrôle à base de microcontrôleur et de système graphique.

Perspectives

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

- Validation pratique du travail simulé,
- La collecte d'information en temps réel depuis des sites distants via l'interface graphique,
- Fourniture de plus de données par l'interface graphique afin d'atteindre d'autres objectifs de la production.

Annexes

1/Capteur de température LM35

Le capteur LM35 est un capteur analogique de température fabriqué par Texas Instruments, Il est extrêmement populaire en électronique, car il est précis, peu coûteux, d'une très simple utilisation et d'une fiabilité à toute épreuve.

Le capteur possède 3 broches comme illustré dans la figure 1

- 1 : L'alimentation
- 2 : Tension de sortie
- 3 : La masse

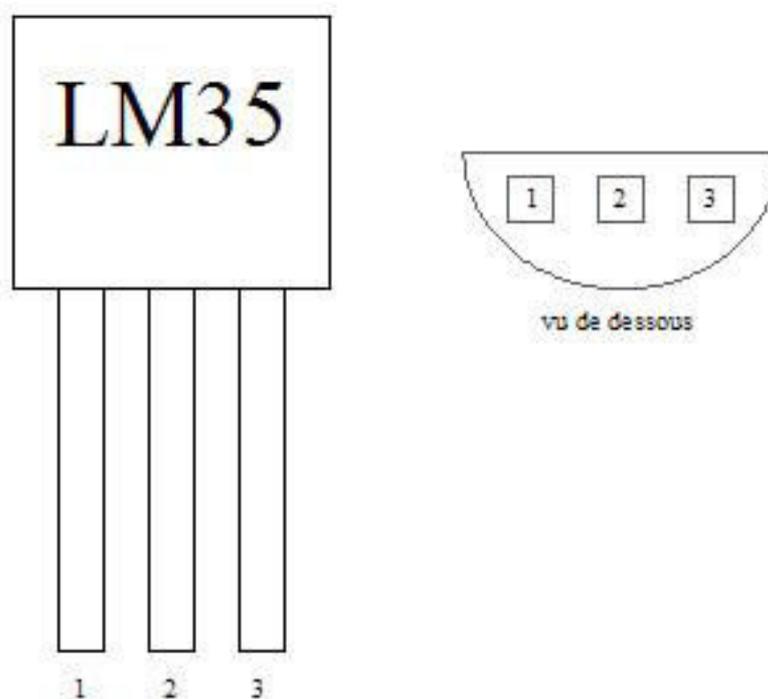


Figure 1 Brochage de LM35

Le capteur de température LM35 est capable de mesurer des températures allant de -55°C à $+150^{\circ}\text{C}$ dans sa version la plus précise.

Il existe plusieurs versions de LM35 :

- Commercial : 0° to 70°C
- Industrie : -40° to 85°C
- Militaire : -55° to 125°C

La sortie analogique du capteur est proportionnelle à la température, il suffit de mesurer la tension en sortie du capteur pour en déduire la température, tous les capteurs LM35 sont

calibrés en degré Celsius lors de la fabrication, chaque degré Celsius correspond à une tension de +10mV.

Relation entre courant de sortie et la valeur de la température :

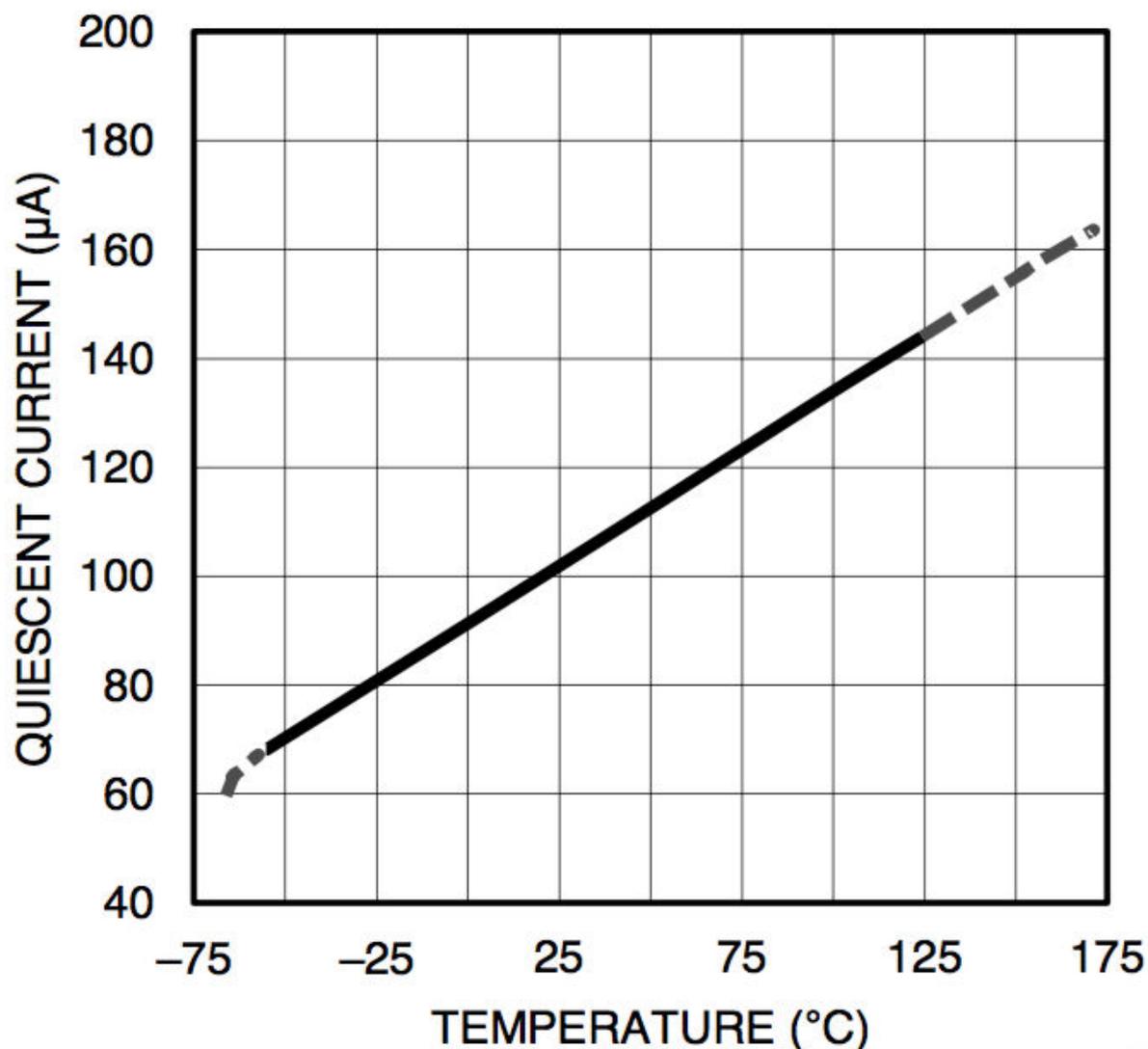


Figure 3 Courant de sortie VS valeur de température ambiante

2/Capteur d'humidité HIH-4000

Le capteur HIH-4000 est un circuit intégré analogique pour la mesure de l'humidité relative de l'air dans différents domaines d'industrie, fabriqué par Honeywell, ce type de capteur est trop précis et disponible avec un bon prix sur le marché.

Le capteur HIH4000 possède 3 broches (figure 2)

- 1 : L'alimentation
- 2 : Tension de sortie
- 3 : La masse



Figure 3 Brochage de HIH-4000

Le capteur HIH-4000 peut mesurer l'humidité relative allant de 0 à 100%, résultat donné en parentage, sous des conditions de température pour fonctionner de -40 à 85 °C, ce capteur se caractérise par une précision de $\pm 3.5\%RH$ et d'une erreur relative de $\pm 0.5\%RH$, avec un temps de réponse de 5 ms.

Relation entre courant de sortie et la valeur de l'humidité relative :

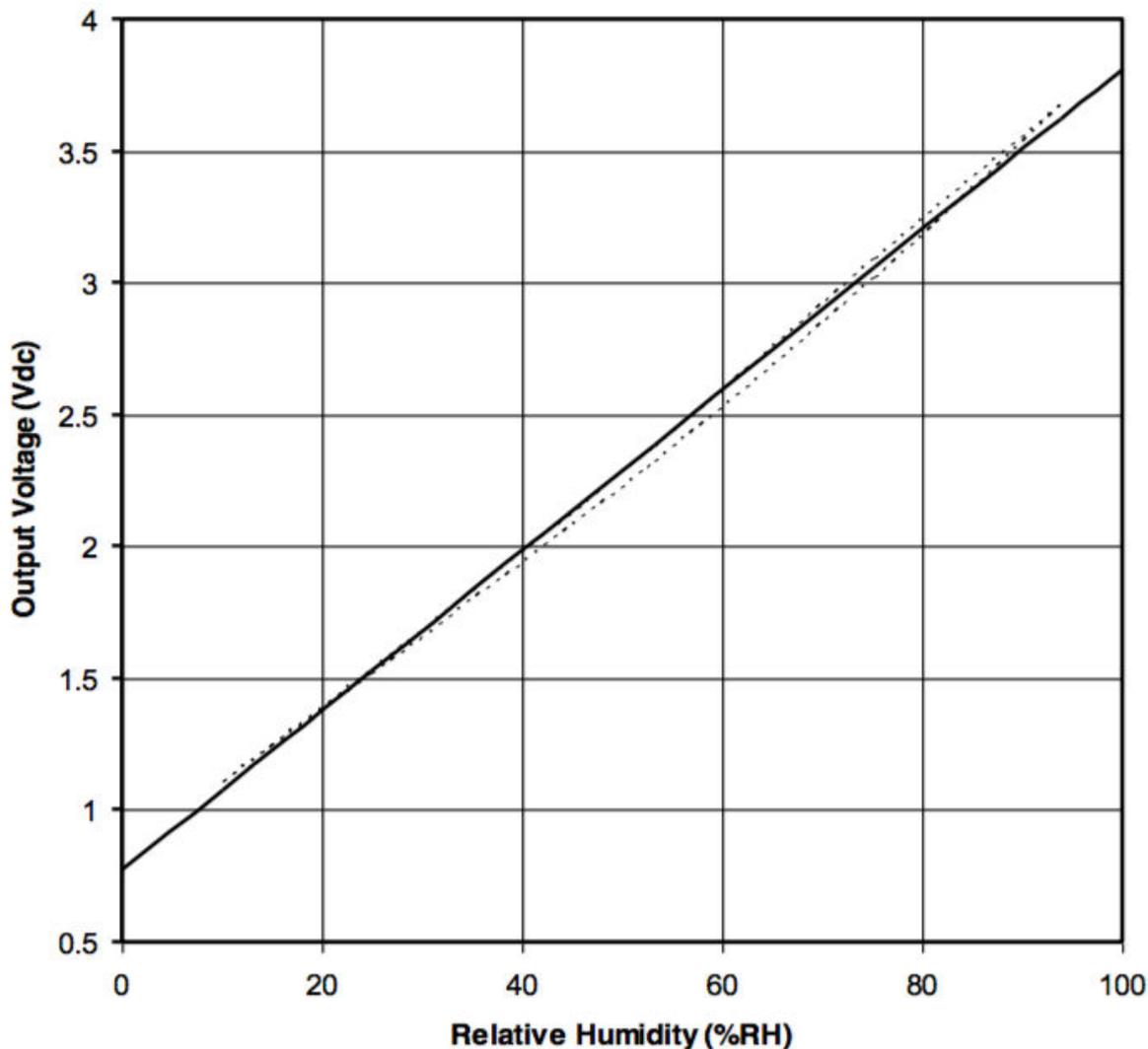


Figure 4 Courant de sortie VS valeur d'humidité relative

3/La relation entre la température ambiante et humidité relative

Lorsqu'on parle d'humidité, on a recours à la notion d'humidité relative (HR), que l'on définit comme la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air donné par rapport au maximum qu'il pourrait contenir à une température et une pression données.

L'humidité relative va de 0 à 100%. L'air est dit sec quand l'humidité relative est inférieure à 35%. L'air est dit moyennement humide entre 35 et 65%, et l'air est humide à plus de 65% d'humidité relative. À l'intérieur d'un même espace, l'HR varie en fonction des changements de température : elle augmente si la température baisse et diminue si elle s'élève.

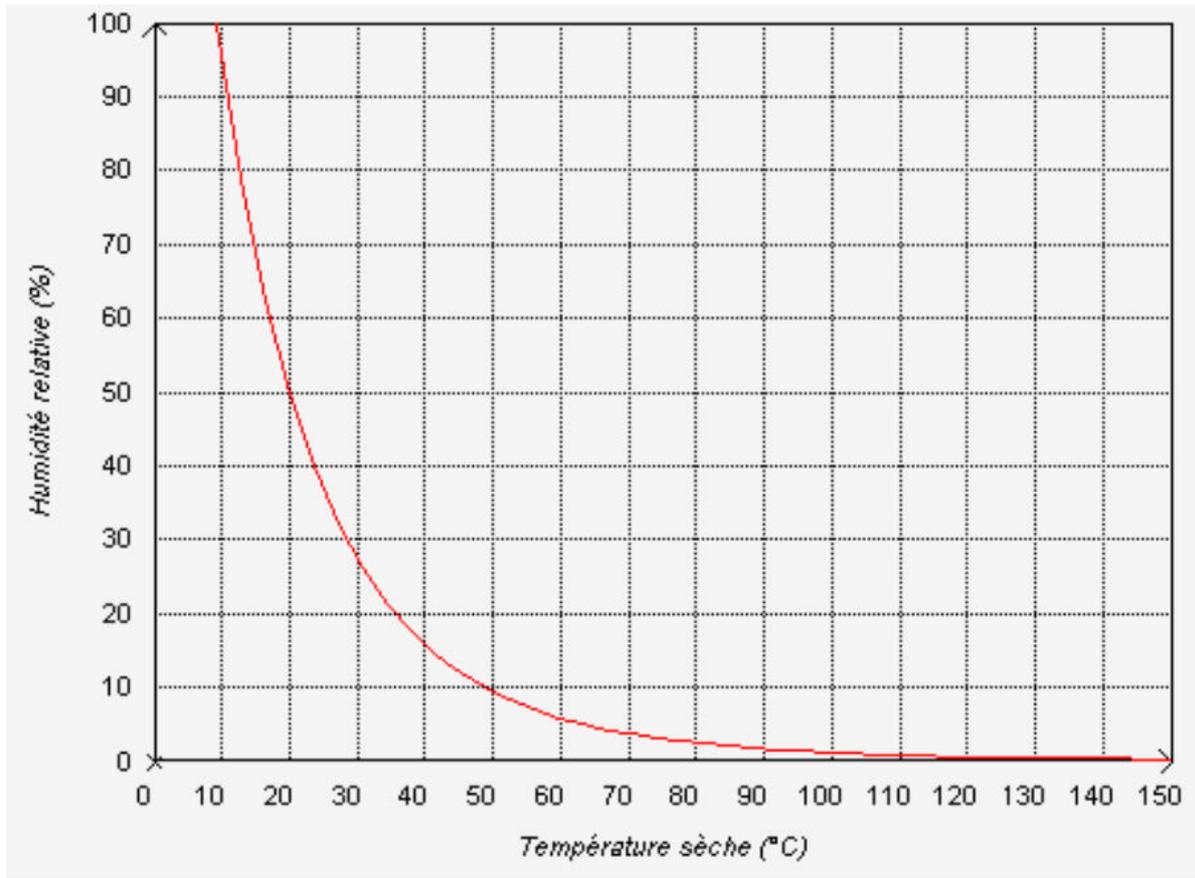


Figure 5 L'évolution d'humidité relative en fonction de la température

Références

- [1] Institut de l'élevage, FNEC, PEP Caprin RA, centre fromager de Carmejane, CDEO, Languedoc Roussillon Elevage, CTFC, ENILBIO Poligny, ITFF, Université Claude Bernard Lyon 1, Office de l'élevage, « CD rom guide d'appui technique sur les accidents de fromagerie à la ferme, 2^{ème} version. Edition Technipel, Paris, 2007.
- [2] Télécoms 1. De la transmission à l'architecture des réseaux. 2eme édition — Claude Servin — Edition Dunod — 2000.
- [3] « Cours Communication de l'information transmission de données », Lycée Jules Ferry Versailles.
- [4] M. Stéphane Lohier, M. Dominique Présent, « Réseaux et transmissions», université de Marne-la-Vallée 6eme Edition, ISBN 978-2-10-074260-8, 2016.
- [5] Etienne Tremblay, « *Ordinateurs, Structure et Applications : Cours 17, Le port série* », Université Laval, 2012.
- [6] Texas Instruments, « MAX232 Datasheet MAX232x Dual EIA-232 Drivers/Receivers », 2014.
- [7] Texas Instruments, « MAX232 Single Supply Voltage, RS-232 Transceiver », April 2007.
- [8] <https://www.frieslandcampinainstitute.be/fr/dairy/fromage/comment-est-fabrique-le-fromage/>
- [9] <https://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16808>
- [10] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Microcontrôleur>
- [11] Rafik saied, Alaeddine Mzoughi, « Supervision par GSM » projet de fin d'étude, sous la direction de M. Hatem Abidi, Université de Tunis El Manar faculté des sciences de Tunis, 2010.
- [12] « Microcontrôleurs PIC 16F876 et 16F877 », Documentation interne, D. MENESPLIER 2001.
- [13] Microchip, « PIC16F877 Datasheet 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontollers», 2013.
- [14] A.Hammoumi, A.Belhaj, K. Laghrisi, « Conception et réalisation d'un thermomètre numérique à base du PIC 16F877 », sous la direction de M. EL Mouhi et M. EL Kadmiri, Institut Supérieur d'ingénierie & des affaires Rabat, 2016.
- [15] C. Tavernier, « Les microcontrôleurs PIC Recueil d'applications ». Dunod , Paris, 2005.
- [16] Paul Horowitz & Winfield Hill, *Traité de l'électronique analogique et numérique*, Elektor/Publitronic, Roissy 1996, (ISBN 978-2-86661-071-5), Vol 2, Chapitre 9.
- [17] Vishay, « Opto-coupler 4N25 Phototransistor output Datasheet vishay Semiconductors », 2017
- [18] Vishay, « Opto-coupler 6N137 Photodiode output Datasheet vishay Semiconductors », 2017
- [19] Ait Abderrahmène Hocine, Dokhessi mohamed Amine, « Régulateur de charge solaire : sujet de réalisation », Mémoire de Master, Université de Tiaret, Juin 2017.
- [20] C. PETER, « transistor bipolaire », Université de Nice-Sophia Antipolis, Polytech Elec3, Cours V 3.0.

Résumé :

Ce sujet concerne le contrôle et la supervision dans le domaine industriel. Un système d'acquisition supervise un processus industriel, à partir d'une salle de contrôle, par une interface graphique réalisée sur un PC. Ce dernier communique avec le processus industriel doté de quelques capteurs via une carte électronique gérée par un microcontrôleur.

Ce sujet a été l'objet de mise en œuvre d'une communication Homme-Machine distante, permettant un accès et un contrôle aisés aux données. Ainsi, ce travail a permis d'exploiter les outils suivant :

- La communication de type série des données,
- La Conversion Analogique /Numérique CAN,
- La commande numérique et la commande de puissance,
- La programmation graphique et la programmation des microcontrôleurs.