

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÈRI, TIZI-OUZOU



FACULTÉ DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : CONTROLE

Thème :

Conception et réalisation d'une carte d'acquisition pour la correction de l'influence des paramètres météorologiques (P, T et H) sur la mesure de la tension de décharge électrique.

Proposé et dirigé par :

Dr. LAGHROUCHE.M

Présenté par :

M^r. TARARBIT HAKIM

M^r. HABOU NOMAO MOUSSA

Année universitaire 2010/2011



Remerciements

Louange à Dieu le tout puissant, de nous avoir aidé à réaliser ce modeste projet.

Nous voudrions exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur Dr M. LAGHROUCHE pour son aide et sa contribution tout au long de l'élaboration de ce travail.

*Nos vifs remerciements s'adressent également au corps professoral du département Electronique, ainsi qu'à l'école « **sibel informatique** »*

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit des années d'étude à :

- *Ceux qui ont consacré toute leur vie pour la réussite de leur fils : mes très chers parents.*
- *Mon frère Rachid ;*
- *Mon frère Hocine ainsi que sa petite famille ;*
- *Mes sœurs Zahia, Rabia, Louiza et sa famille ;*
- *Mon binôme et ami Moussa Habou Nomao.*
- *Ma très chère LYDIA*
- *Aussi mes dédicaces à tous mes amis, sans les citer ils se reconnaîtront*

Hakim
Hakim

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit des années d'études à :

- ❖ *Ma très chère **mère** ;*
- ❖ *La mémoire de ma tante et marraine **Hadjia LARABA** et à ses enfants ;*
- ❖ *La mémoire de mes **grands parents** et tous les disparus de ma famille ;*
- ❖ *Mes frères et sœurs : **Adama** et sa famille, **Lawali, Amina, Sakina, Mansour** ainsi que tous mes neveux et nièces ;*
- ❖ *La famille **Issa Maazou** pour tout leur soutien ;*
- ❖ *La grande famille **Idi Issa Mai Fada** ;*
- ❖ *Tous mes oncles et toutes mes tantes ;*
- ❖ *Mes cousins et cousines ;*
- ❖ *Ma très chère **Salamatou Abdou Ali** ;*
- ❖ *Mon ami et binôme **Tararbit Hakim**.*
- ❖ *Aussi mes dédicaces vont à tous mes amis, sans les citer ils se reconnaîtront.*

Habou Nomao Moussa

SOMMAIRE

Introduction Générale

Chapitre I: Influence des PTU sur la décharge électrique

<i>I.1</i>	<i>Introduction</i>	<i>1</i>
<i>I.2</i>	<i>Les facteurs d'influence sur les tests diélectriques.....</i>	<i>1</i>
<i>I.3</i>	<i>Facteurs déterminants en tests industriels</i>	<i>2</i>
<i>I.4</i>	<i>Les facteurs d'influence.....</i>	<i>3</i>
<i>I.5</i>	<i>Influence du milieu isolant.....</i>	<i>4</i>
<i>I.6</i>	<i>Influence de la température</i>	<i>4</i>
<i>I.6.1</i>	<i>Dans le milieu gazeux.....</i>	<i>4</i>
<i>I.6.2</i>	<i>Dans le milieu liquide</i>	<i>4</i>
<i>I.6.3</i>	<i>Dans le milieu solide.....</i>	<i>5</i>
<i>I.7</i>	<i>Influence de la pression.....</i>	<i>5</i>
<i>I.7.1</i>	<i>Influence dans les milieux gazeux.....</i>	<i>5</i>
<i>I.7.2</i>	<i>Influence dans les milieux liquides.....</i>	<i>6</i>
<i>I.7.3</i>	<i>Influence dans les milieux solides.....</i>	<i>7</i>
<i>I.8</i>	<i>Influence de l'humidité.....</i>	<i>7</i>
<i>I.8.1</i>	<i>Influence dans les milieux gazeux.....</i>	<i>7</i>
<i>I.8.2</i>	<i>Influence dans les milieux liquides.....</i>	<i>8</i>
<i>I.8.3</i>	<i>Influence dans les milieux solides.....</i>	<i>8</i>

II.1. Introduction	10
II.2. Généralités sur les capteurs	10
II.2.1. Définition	10
II.2.2. Element de métrologie	11
II.2.3. Les différentes familles des capteurs.....	11
II.2.3.1 Capteurs Actifs.....	12
II.2.3.1.1. Les effets physiques les plus classiques.....	12
II.2.3.1.1.1 Effet thermoélectrique.....	12
II.2.3.1.1.2 Effet piézo-électrique :	12
II.2.3.1.1.3 Effet d'induction électromagnétique	12
II.2.3.1.1.4 Effet photo-électrique.....	12
II.2.3.1.1.5 Effet Hall	12
II.2.3.1.1.6 Effet photovoltaïque	12
II.2.3.2 Capteurs passifs	12
II.2.3.3 Les capteurs intelligents.....	13
II.2.3.4 Structure d'un capteur intelligent	14
II.2.3.5 Fonctionnalités des capteurs intelligents	14
II.2.3.5.1 L'auto adaptabilité	14
II.2.3.5.2 Remplacement des données manquantes	15
II.2.3.5.3 Précision et validation des mesures	15
II.2.3.5.4 Traitement de signal	15
II.2.3.5.5 Auto diagnostique	15

<i>II.3 Chaîne d'acquisition</i>	15
<i>II.3.1 Définition</i>	15
<i>II.3.2 Description des blocs</i>	16
<i>II.3.2.1 Capteur</i>	16
<i>II.3.2.2 Amplificateur de signal</i>	16
<i>II.3.2.3 Filtre d'entrée</i>	16
<i>II.3.2.4 L'échantillonneur</i>	16
<i>II.3.2.5 Le convertisseur analogique numérique (CAN)</i>	16
<i>II.3.2.6 Performances globales</i>	17
<i>II.4 Systèmes de communication</i>	17
<i>II.4.1 Le bus de communication I2C (Inter Integrated Circuit)</i>	17
<i>II.4.2 Quelques bus série</i>	18
<i>II.4.3 Etude du bus I2C</i>	18
<i>II.4.3.1 Présentation et historique</i>	18
<i>II.4.3.2 Caractéristiques</i>	18
<i>II.4.3.3 Principe</i>	19
<i>II.4.3.4 Le protocole I2C</i>	20
<i>II.4.3.5 I2C Glossaire</i>	20
<i>II.4.3.6 I2C Câblage</i>	20
<i>II.4.3.7 La prise de contrôle du bus</i>	21
<i>II.4.3.8 Ecriture d'un octet (une donnée)</i>	21
<i>II.4.3.9 Transmission d'une adresse</i>	23
<i>II.4.3.10 Lecture d'une donnée</i>	23
<i>II.4.3.11 I2C points clés d'un échange de base</i>	25

<i>II.4.3.12 Les deux significations de l'ACK "Acknowledge"</i>	25
<i>II.4.3.13 Les adresse des esclaves</i>	25
<i>II.4.3.14 La gestion des conflits</i>	26
<i>II.4.3.14.1 Mise en situation</i>	26
<i>II.4.3.14.2 Principe</i>	26
<i>II.4.4 Les nouvelles caractéristiques</i>	28
<i>II.5 La liaison RS232</i>	29
<i>II.5.1 Communication série asynchrone a travers le port série RS232</i>	29
<i>II.5.2 Protocole de transmission</i>	29
<i>II.5.3 Principe d'adaptation PIC- RS232</i>	30
<i>II.6 Acquisition et conversion analogiques (C.A.D)</i>	31

Chapitre III : Description matérielle et réalisation

<i>III. Conception matérielle</i>	33
<i>III.1. Introduction</i>	33
<i>III.2. Le schéma synoptique du système</i>	33
<i>III.3. Description détaillée du système</i>	34
<i>III.3.1 Présentation du capteur de température et d'humidité (SHT15)</i>	34
<i>III.3.1.1 performances du capteur</i>	34
<i>III.3.1.2 Brochage du capteur</i>	36
<i>III.3.1.3 Transmission des données avec le SHT15</i>	36
<i>III.3.2.1 Capteur de pression MPX2200AP</i>	36
<i>III.3.2.2 Etalonnage du Capteur</i>	37
<i>III.3.2.2 Caractéristiques principales du MPX2200</i>	37
<i>III.3.3.1 Circuit d'affichage</i>	38

<i>III.3.3.2 Fonctionnement de l'afficheur LCD</i>	39
<i>III.3.3.3 Le dateur DS1302</i>	40
<i>III.3.3.4 Schéma interne du DS1302</i>	40
<i>III.3.3.5 description des pins</i>	41
<i>III.4.3 Méthodes de transfert de données</i>	41
<i>III.3.3.6 Brochage du dateur DS1302 avec le μC</i>	42
<i>III.3.5.1 le microcontrôleur pic (18F452)</i>	42
<i>III.3.5.2 Présentation et constitution du PIC 18F452</i>	42
<i>III.3.5.3 Organisation externe du pic 18F452</i>	43
<i>III.4.Réalisation pratique</i>	44
<i>III.4.1.Circuit imprimé de la carte de commande</i>	45
<i>III.4.1.2 L'insolation</i>	45
<i>III.4.1.3. La gravure</i>	45
<i>III.4.1.4. Le perçage</i>	45
<i>III.4.1.5 Implantation des composants de la carte de commande</i>	45
<i>III.4.1.6 Implantation des composants dans la carte du SHT15</i>	46
<i>III.4.1.7 Implantation des composants dans la carte du MPX2200</i>	47

Chapitre IV: Description logiciel et test

<i>IV.1 Introduction</i>	48
<i>IV.2 Conception logiciel</i>	48
<i>IV.2.1 Premier programme</i>	48

<i>IV.2.2 Les organigrammes</i>	<i>48</i>
<i>IV.2.2.1 Organigramme d'initialisation</i>	<i>48</i>
<i>IV.2.2.2 Organigramme du déroulement du programme principal</i>	<i>49</i>
<i>IV.2.2.3 Organigramme d'interruption du timer_1</i>	<i>49</i>
<i>IV.2.2.4 Organigramme d'émission/réception série par RS232.....</i>	<i>50</i>
<i>IV.2.3 Ecriture et transfert du programme dans le PIC</i>	<i>50</i>
<i>IV.2.3.1 Utilisation du logiciel CCS</i>	<i>50</i>
<i>IV.2.3.2 WinPic800_3.55G</i>	<i>55</i>
<i>IV.2.3.3 Affichage sur micro ordinateur</i>	<i>56</i>
<i>IV.2.3.3.1. Comment accéder à Hyper terminal</i>	<i>56</i>
<i>IV.2.3.3.2. Configuration de l'emplacement de l'utilisateur :.....</i>	<i>57</i>
<i>IV.2.3.3.3. Description de la connexion.....</i>	<i>57</i>
<i>IV.2.3.3.4. Configuration de la connexion.....</i>	<i>59</i>
<i>IV.2.3.3.5. Configuration du port.....</i>	<i>59</i>
<i>IV.2.3.3.6. Affichage des données.....</i>	<i>60</i>
<i>IV.2.3.4. Programme de gestion du système.....</i>	<i>61</i>

Listes des figures

Figure I.1: Courbe de PASCHEN pour l'air à 20° C.....	page 6
Figure I-2 : comportement diélectrique en fonction de la pression.....	page 7
Figure I-3 : solubilité de l'eau en fonction de la température.....	page 9
Figure II.1: Exemple d'un capteur dans une chaîne d'acquisition.....	page 10
Figure II.2: Structure générale d'un capteur intelligent.....	page 14
Figure II-2.a : schéma synoptique de la structure minimale.....	page 14
Figure II-2.b : schéma synoptique de la structure complexe.....	page 14
Figure II.5: Chaîne d'acquisition	page 15
Figure II.6: Structure d'E/S d'un module I2C	page 19
Figure II.7: I2C câblage	page 20
Figure II.8: Condition de départ et d'arrêt.....	page 21
Figure II.9: Exemple de transmission réussie	page 22
Figure II.10: Trame de base : Ecriture d'un octet.....	page 22
Figure II.11: Exemple d'octet d'adresse.....	page 23
Figure II.12: Exemple de lecture d'une donnée.....	page 24
Figure II.13 : Trame de base : Lecture d'un octet	page 24
Figure II.14: Trame de base : état d'attente	page 24
Figure II.15: Schéma I2C Arbitrage.....	page 27
Figure II.16: Schéma fonctionnel d'une liaison série asynchrone de la norme RS232.....	page 29
Figure II.17: Exemple de transmission série.....	page 30
Figure II.18: Exemple de conversion analogique-numérique.....	page 31

Figure III.1 : Schéma synoptique du système.....	page33
Figure III.2 : tolérance maximale à 25°C.....	page35
Figure III.3 : tolérance maximale en température.....	page35
Figure III.4 : brochage du SHT15 sur le bus i2C.....	page36
Figure III-5 : schéma d'étalonnage du capteur.....	page37
Figure III.6 : schéma de compensation de température.....	page38
Figure III.7 : conditionnement du MPX2200.....	page38
Figure III.8 : câblage de l'afficheur.....	page39
Figure III.9 : schéma interne du DS.....	Page40
Figure III.10 : méthodes de transfert de données dans le DS.....	page41
Figure III.11 : brochage du dateur avec le pic.....	Page42
Figure III.12 : structure externe du pic18F452.....	page44
Figure III.13 : circuiterie et composant de la carte principale.....	page46
Figure III.14 : circuiterie et composant de la carte du SHT15.....	page46
Figure III.15 : circuiterie et composant de la carte du MPX2200.....	page47
Figure IV-1 : Création et enregistrement du programme.....	page51
Figure IV-2 : Configuration du PIC par logiciel.....	page52
Figure IV-3 : Configuration des communications par logiciel.....	page53
Figure IV-4 : configuration des ports analogiques.....	page54
Figures IV-5 & 6 : Premier programme compilé.....	page55
Figure IV-7 : Programmation du PIC sous WinPic800_3.55G.....	page56
Figure IV-8 : Lancement de l'Hyper Terminal.....	page57
Figure IV-9 : Enregistrement des informations.....	page58
Figure IV-10 : Choix de l'icône de la connexion.....	page58
Figure IV-11 : Configuration de la connexion.....	page59
Figure IV-12 : Configuration du port.....	page60

introduction

générale

Introduction Générale :

L'instrumentation est l'ensemble des moyens qui permettent sur un système donné de collecter de résultats de mesures de grandeurs physiques fournies par un capteur, ce ci de manière fiable, rapide, pertinente et économique, on peut également y inclure les procédures de traitement digital des informations recueillies, et la mise en preuve en retour sur le système par des actionneurs.

Un des volets importants de l'instrumentation est la chaine d'acquisition numérique, qui va du capteur au résultat numérique enregistré dans une mémoire d'ordinateur.

L'acquisition et le traitement de l'information demeurent un aspect capital dans le domaine de la recherche. Ainsi, un traitement approprié de données de toutes sortes apportera de nombreuses réponses aux ambiguïtés sur l'influence de divers phénomènes physiques, électriques et chimiques. Notre projet fera l'objet d'étude et de réalisation d'une carte d'acquisition de trois paramètres à savoir la température, l'humidité, et la pression en utilisant deux types de capteurs : le capteur numérique hybride de température et d'humidité (SHT15) et le capteur analogique de pression (MPX2200AP) qui vont être contrôlé par le (pic18F452) à base du bus I2C (inter integrated circuit) et des entrées analogiques de ce dernier.

C'est trois grandeurs font partie des facteurs les plus influents sur les propriétés de tenue des matériaux, c'est pourquoi leur connaissance nous est indispensable pour avoir plus de confiance sur les résultats de mesures dans les enceintes d'essais.

Notre projet est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre fera l'objet d'introduction sur l'influence de ces trois paramètres sus-cités sur les résultats des essais effectués dans les laboratoires d'électrotechnique.

Dans le deuxième chapitre nous allons donner une description de notre chaine d'acquisition et son mode de communication. Tandis que dans le troisième chapitre nous ferons une description matérielle suivie de la réalisation pratique.

Quand au quatrième et dernier chapitre, il sera consacré à la description logicielle et du test.

CHAPITRE I

CHAPITRE I

Influence des P, T, H sur la décharge électrique

I.1. Introduction :

Les tests diélectriques sont mis en œuvre dans l'industrie pour le contrôle de produits, appareils ou équipements d'une très grande diversité.

Ils ont pour but soit l'étude des propriétés de tenue aux tensions élevées et d'isolement de matériaux isolants, soit la vérification de la conformité aux normes de sécurité des composants ou équipements électromécaniques et électroniques.

En milieu industriel et dans une moindre mesure en laboratoire, il est parfois difficile d'interpréter les résultats et principalement lorsque ceux-ci sont en dehors des limites souhaitées ou incohérents et conduisent à un refus du produit testé par un service vérificateur. Lorsque le défaut n'est pas répétitif ou que les résultats sont très proches des valeurs limites autorisées cela entraîne généralement des litiges.

Les tests diélectriques représentés par les essais de rigidité et les mesures de résistance d'isolement nécessitent un mode opératoire et des conditions parfaitement définies pour être valables, répétitives et non contestables.

Ces conditions de test sont souvent négligées et les phénomènes qui s'y rattachent sont mal connus ou interprétés.

I.2. les facteurs d'influence sur les tests diélectriques :

De très nombreux phénomènes physiques, électriques et chimiques déterminent les propriétés diélectriques des isolants et des composants ou équipements qui les utilisent.

On appelle facteurs d'influence sur les essais de rigidité et d'isolement, tous les éléments qui peuvent modifier ces propriétés.

Parmi les facteurs d'influence on peut citer :

a) les facteurs physiques :

- température,
- humidité,
- contraintes mécaniques : vibrations, chocs, déformations, pression...

b) les facteurs électriques :

- tensions,
- courant continu : polarité,
- courant alternatif: fréquence,
- chocs électriques : impulsions,

c) les facteurs chimiques :

- impuretés,
- oxydation, etc....

Il est important de noter qu'en pratique ses facteurs n'agissent jamais seuls (sauf en laboratoire au cours d'expériences spécialement mises en œuvre pour étudier un facteur particulier), bien souvent ils interagissent en modifiant les lois qui les caractérisent et rendent ainsi plus complexes leurs analyses.

I.3. facteurs déterminants en tests industriels :

Cette partie traite d'une façon brève et non exhaustive les facteurs d'influence TEMPERATURE, PRESSION et HYGROMETRIE ; car dans les tests industriels classiques, ces facteurs sont parmi les plus variables et les plus importants pour l'interprétation des tests.

* LA TEMPERATURE : la température ayant une influence sur la densité des gaz, celle-ci va modifier le comportement des isolants gazeux et liquides. Les huiles souvent utilisées comme isolant ne sont jamais pures, la quantité de gaz dissous augmente avec la température et va diminuer les propriétés isolantes de l'huile. La grande diversité des matériaux utilisés comme isolants solides ne permet pas de dégager une loi générale sur leurs comportements en température (les caractéristiques d'isolement ayant tendance à se dégrader lorsque la température augmente).

* LA PRESSION : la tenue en tension dans les gaz change en fonction de la pression suivant la loi de PASCHEN. Cette loi présente un minimum de la tension de claquage pour une valeur particulière du produit de la pression par la distance, sinon, plus la pression augmente, plus la tension de tenue est élevée. Les liquides utilisés comme isolants diélectriques sont influencés par la pression, la rigidité augmentant de façon régulière avec la pression. Les isolants solides sont en théorie peu influencés par la pression dans la mesure où celle-ci ne modifie pas sensiblement leurs épaisseurs et leurs compositions internes.

* L'HYGROMETRIE : La tenue en tension des gaz change en fonction de l'hygrométrie. Pour l'air par exemple et pour des valeurs d'Humidité Relative < 80%, on constate que la rigidité augmente un peu avec l'accroissement de l'humidité (les molécules d'eau plus denses que le gaz, freinent le phénomène d'avalanche).

La présence d'eau dans un isolant liquide tel que l'huile, dégrade la tenue diélectrique par électrolyse de l'eau, (formation de gaz produisant des décharges partielles conduisant au claquage). Sous l'effet combiné de l'humidité ($> 95\%$) et de la température ($> 100^\circ\text{C}$) la plupart des polymères se dégradent. L'eau peut occasionner des gonflements dans les isolants et créer des fissures qui favoriseront le cheminement des arcs électriques.

I.4 les facteurs d'influence :

Pour comprendre les rôles respectifs de la température, de la pression et de l'hygrométrie sur la tenue en tension des isolants il est nécessaire de faire un rappel sur le mécanisme du claquage diélectrique.

-LA RUPTURE DIELECTRIQUE

Un claquage n'est jamais la conséquence directe du champ électrique appliqué au milieu isolant (contrairement à l'extraction des électrons par exemple).

Ce phénomène est dû à l'accumulation d'énergie (thermique, cinétique, élastique) que le matériau ne peut compenser.

L'étude de la rupture diélectrique étant très complexe puisqu'elle fait appel à des lois fondamentales sur la matière, on ne regarde dans ce qui suit que les phénomènes disruptifs en tension continue (certains comportements aux fréquences industrielles pouvant être très proches).

On distingue généralement le **CLAQUAGE ELECTRONIQUE** et le **CLAQUAGE THERMIQUE** tout en notant que la distinction n'est pas forcément évidente car un claquage électronique conduit toujours à une destruction locale du matériau par fusion thermique et inversement un claquage thermique est principalement la conséquence d'un phénomène d'injection et / ou de conduction de nature électronique.

-LE CLAQUAGE ELECTRONIQUE

La condition nécessaire mais non suffisante pour que ce type de claquage se produise est la présence dans la matière isolante d'électrons de conduction pouvant être accélérés pour atteindre l'énergie d'ionisation des atomes (soit 5 à 10 eV).

-LE CLAQUAGE THERMIQUE

Un matériau isolant présente toujours une légère conduction, le courant engendré par l'application d'une tension entraîne donc un échauffement par effet joule.

La conductivité augmente avec la température et le phénomène d'échauffement tend vers un emballement thermique si l'évacuation de la chaleur n'est pas suffisante : on atteint la destruction du matériau par "claquage thermique".

I.5.influence du milieu isolant :

On va prendre en considération et séparément les trois états que peut prendre la matière qui va servir d'isolant à savoir :

- Gazeux
- Liquide
- Solide

I.6.influence de la température :

La température est un facteur qui a une importance non négligeable pour tous les types de matériaux et un de ceux qui changent le plus dans les phases de contrôles industriels.

I.6.1. dans le milieu gazeux :

La tension de claquage d'un gaz varie avec la densité qui dépend elle-même de la température. Un certain nombre de relations ont été proposées par différents auteurs sur la base de résultats expérimentaux. L'une d'elle est la relation de RITZ valable pour l'air :

$$V_c = 24,55\rho d + 6,66 (\rho d)^{0.5}$$

avec V_c : tension de claquage dans l'air en kV

d : distance entre électrodes en cm

ρ : densité relative par rapport à l'air à 20°C et 760 mm Hg variant avec la température :

$$\rho = (273 + t) \cdot P / ((273 + t) \cdot 760) \text{ avec } t \text{ en } ^\circ\text{C} \text{ et } P \text{ en mmHg.}$$

I.6.2. dans le milieu liquide :

L'expérience a montré que la rigidité diélectrique varie peu en fonction de la température.

Elle agit indirectement par la modification de la permittivité, de la résistivité et du facteur de dissipation diélectrique entraînant très probablement un phénomène du type claquage thermique. Sur un liquide diélectrique pur, si on utilise une onde de choc de courte durée ($1 < t < 50 \mu\text{s}$) pour éviter le claquage thermique, on observe que l'augmentation de la température provoque en général une diminution de la valeur du champ de claquage (avec une chute brutale au voisinage de la température d'ébullition). Ce phénomène s'explique entre autre par la diminution de la densité et de la viscosité du liquide qui augmente la mobilité des ions et des électrons.

On peut aussi noter que la température peut accélérer des réactions chimiques avec le milieu ambiant (oxygène de l'air) ou avec des impuretés présentes dans le liquide et ainsi diminuer la durée de vie (performance pour un critère donné, exemple: tenue en tension). On a l'équation suivante qui donne la relation entre les températures et les milieux liquides :

$$E_c \text{ (MV/cm)} = (K1 \cdot 10^6) \frac{(n - 1)}{(n + 2.27) \left(1 + \frac{K2 \cdot T}{n + 8}\right)}$$

Avec **K1** et **K2** des constantes dépendantes du liquide.

n : nombre d'atomes de carbone.

I.6.3. dans le milieu solide :

La grande diversité des matériaux utilisés comme isolants solides ne permet pas de dégager une loi générale sur leurs comportements en température.

Pour les polymères, les rigidités diélectriques en courant continu sont de l'ordre de 1 à 9MV/cm à 20°C.

C'est aux basses températures que l'on trouve les valeurs maximales, de l'ordre de 10 MV/cm pour les composées polaires. Aux températures élevées, elles décroissent rapidement.

I.7.influence de la pression :

I.7.1.influence dans les milieux gazeux :

La tenue en tension dans les gaz change en fonction de la pression suivant la loi de Paschen.

Cette loi n'est valable que pour une température constante et pour des champs électriques inférieurs à 100 kV/cm.

Si on considère un gaz soumis à un champ électrique entre 2 électrodes planes métalliques, on obtient pour la tension de claquage V_c une relation qui est une fonction du produit (pd) de la forme :

$$V_c = f(pd) = (B pd) / (C + \ln(pd))$$

avec, p : pression du gaz,

d : distance entre les électrodes,

B et C sont des constantes dépendantes entre autre de la nature du gaz, de la matière des électrodes (cathode).

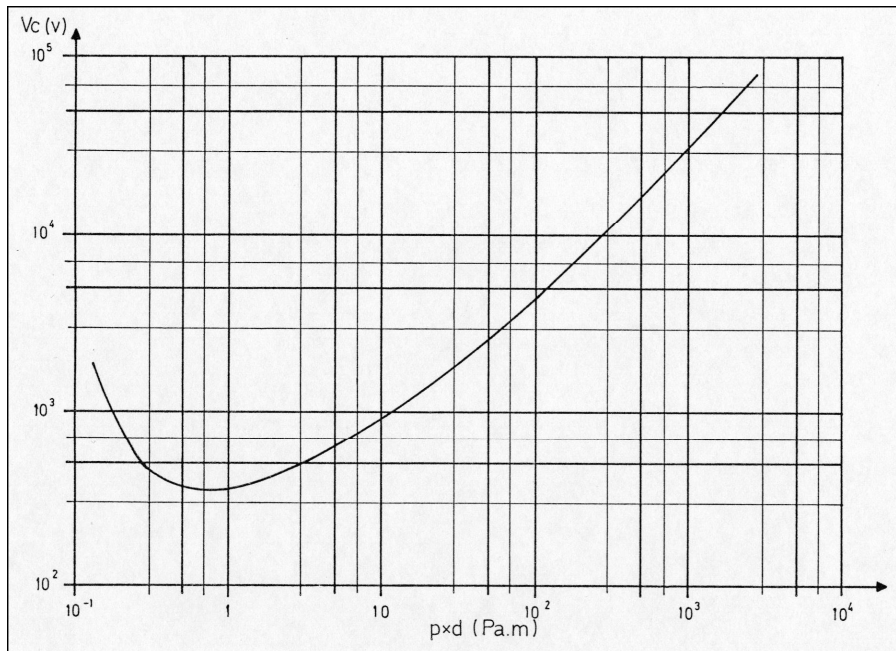


Figure I-1 : - Courbe de PASCHEN pour l'air à 20°C

La courbe présente un minimum de la tension de claquage pour une valeur particulière du produit $p d$. Cette tension $V_c(\min)$ est comprise entre 100 V et 500 V pour la plupart des gaz purs : elle correspond à la valeur de E / p où la capacité d'ionisation des électrons est maximum (correspond au point de Stoletov) avec $(E / p)_{\min} = B$, E étant le champ électrique auquel le gaz est soumis entre les 2 électrodes.

I.7.2.influence dans les milieux liquides :

Les liquides utilisés comme isolants diélectriques tels que les huiles minérales sont peu influencés par la pression. La rigidité augmente de façon régulière et dans d'assez fortes proportions avec la pression.

La rigidité diélectrique de certains liquides diélectriques tel que l'hexane, l'heptane, le benzène, dépend de la pression hydrostatique.

On constate par exemple que leur rigidité diélectrique peut augmenter de 30 % entre 0 et 25 Bars au cours d'essais en tension de choc ayant une largeur d'impulsion de 4,5 s environ.

Pour les huiles minérales elle peut être multipliée par 4 pour une variation de 40 Bars et une tension alternative à 50 Hz.

Pour expliquer le comportement diélectrique en fonction de la pression on fait communément appel à la théorie des bulles. Cette théorie énoncée par KAO (1961) et développée par KRASUCKI (1966) donne la relation suivante:

$$E(\text{V.m}^{-1}) = 3,37 \cdot 10^{-1} [1/\varepsilon(\text{ph} + 2\theta/R)]^{0.5}$$

Avec **ph** : pression hydrostatique en Bar

θ : tension de surface (force en N.m^{-1})

ε : permittivité absolue en F.m^{-1}

R : rayon des particules (de 100 à 300 Å)

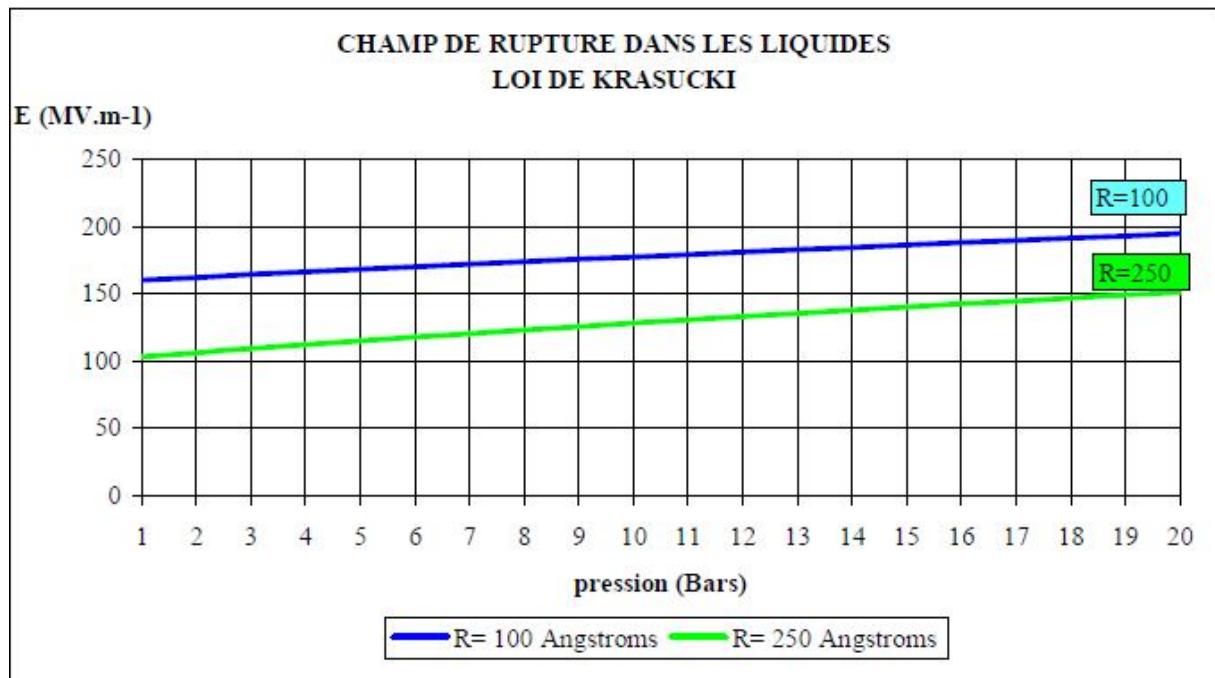


Figure I-2 : comportement diélectrique en fonction de la pression

I.7.3.influence dans les milieux solides :

Les isolants solides sont en théorie peu influencés par la pression dans la mesure où celle-ci ne modifie pas sensiblement leur épaisseur (ou leur forme) et leur composition interne (exemple: inclusions gazeuses dans la matière isolante). Les matériaux isolants tels que les polymères sont légèrement déformables (en épaisseur) si on applique une pression entre leurs faces opposées.

I.8.influence de l'humidité :

I.8.1.influence dans les milieux gazeux :

La tenue en tension dans les gaz change en fonction de l'hygrométrie.

Pour l'air par exemple et pour des valeurs d'Humidité Relative < 80% on constate que la rigidité augmente un peu avec l'accroissement de l'humidité.

Sans entrer dans des détails trop théoriques, on peut dire que la présence de molécules d'eau plus denses que le gaz "freine" le phénomène d'avalanche.

I.8.2.influence dans les milieux liquides :

L'eau ne réduit sensiblement les caractéristiques d'une huile minérale qu'au-delà du point de saturation (Schöber, 1968) ou d'une manière continue (Zaky et Hamley, 1973) en remarquant que la quantité dissoute augmente avec le degré d'oxydation (Fallou 1963).

Au-delà de 3% d'eau la dégradation de la tenue diélectrique est accélérée par l'action combinée de la température ($> 55^{\circ}\text{C}$) et du champ électrique.

Il y a électrolyse de l'eau avec formation de gaz produisant des décharges partielles conduisant au claquage. Les variations de la tenue diélectrique sont d'autant plus sensibles que le liquide est pur et qu'il a une valeur élevée pour son champ de rupture.

On peut citer par exemple les expériences sur de l'huile dégazée très pure à laquelle on ajoute 200 ppm d'eau: Son champ de rupture peut passer de 700 à 100 kV/cm (Zein, El Dine et Tropper). La rigidité diélectrique en champ alternatif uniforme peut-être divisée par un facteur > 3 quand un liquide est fortement hydraté: le paramètre important n'est pas la teneur absolue en eau, mais sa valeur relative par rapport à la saturation (voir fig.). L'eau peut faciliter l'injection, les mouvements électro-hydrodynamiques.

I.8.3.influence dans les milieux solides :

Sous l'effet combiné de l'humidité ($>95\%$) et de la température ($>100^{\circ}\text{C}$) la plupart des polymères (polyesters, polyuréthane, etc..) se dégradent. La solubilité de l'eau augmente avec la température. L'eau peut occasionner des gonflements dans des isolants à structures hétérogènes et créer (Ou aggraver l'état) des fissures, ce qui favorise le cheminement d'un arc électrique. L'humidité accélère le développement d'arborescences électrochimiques. La vitesse de développement est proportionnelle à la capacité d'absorption (exemple: de l'ordre de 200 mm / 1000 ppm d'eau à 90°C après 500 heures pour les polymères réticulés).

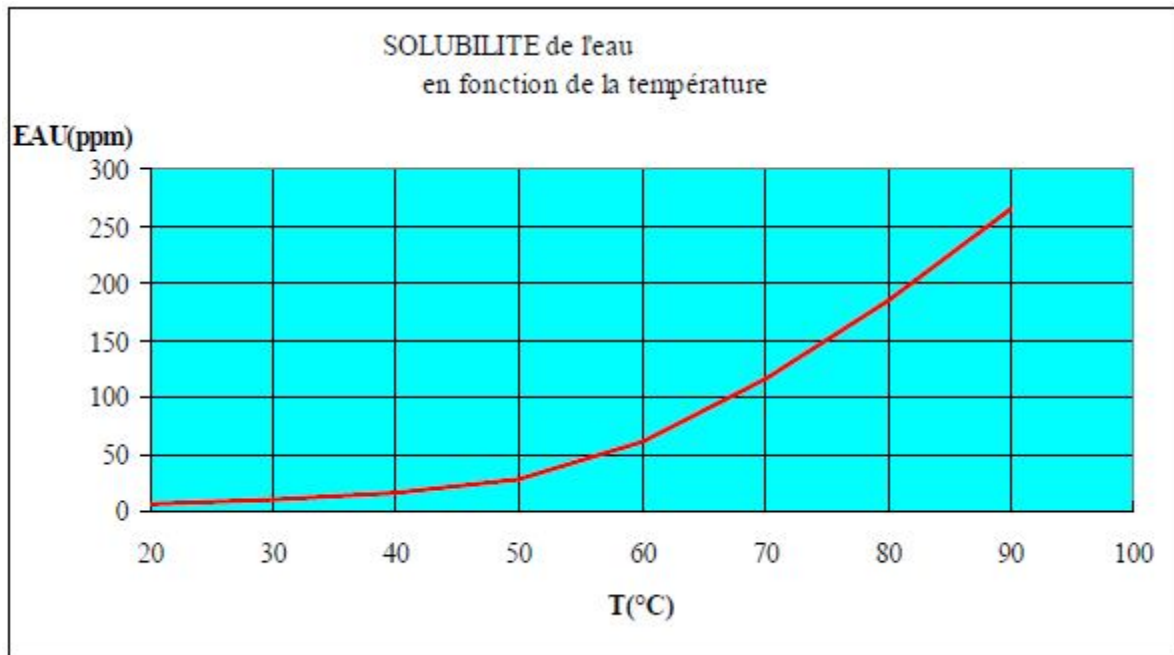


Figure I-3 : solubilité de l'eau en fonction de la température

Chapitre II

Chaîne d'aquisition
et mode de communication

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter notre carte d'acquisition qui va comporter essentiellement deux types de capteurs, un numérique pour mesurer la température et l'humidité (sht15) et l'autre analogique pour la mesure de la pression (mpx2200). Ces deux capteurs communiqueront respectivement par, le bus I2C et par analogie avec le microcontrôleur (pic), qui lui même communiquera avec l'ordinateur via la liaison RS232.

II.2 Généralités sur les capteurs :

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs ...), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, ...). Le capteur est l'élément indispensable à la mesure de ces grandeurs physiques.

II.2.1 Définitions :

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

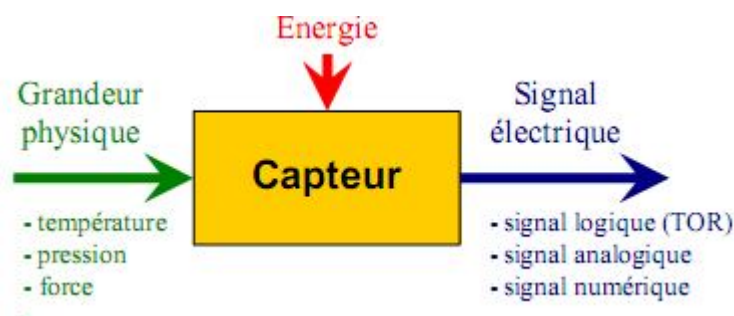


Figure II-1: Exemple d'un capteur dans une chaîne d'acquisition

Etendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurées par le capteur.

Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

Sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée,

Exemple : Le capteur de température LM35 a une sensibilité de 10mV / °C.

Précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la vraie valeur.

Rapidité : Temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante.

II.2.2 Éléments de métrologie (définitions) :

- **Le mesurage** : C'est l'ensemble des opérations ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur.
- **La mesure (x)** : C'est l'évaluation d'une grandeur par comparaison avec une autre grandeur de même nature prise pour unité.

Exemple : 2 mètres, 400 grammes, 6 secondes.

- **La grandeur (X)** : Paramètre qui doit être contrôlé lors de l'élaboration d'un produit ou de son transfert.

Exemple : pression, température, niveau.

On effectue des mesures pour connaître la valeur instantanée et l'évolution de certaines grandeurs.

Renseignements sur l'état et l'évolution d'un phénomène physique, chimique, industriel.

- **L'incertitude (dx)** : Le résultat de la mesure x d'une grandeur X n'est pas complètement défini par un seul nombre. Il faut au moins la caractériser par un couple (x, dx) et une unité de mesure. dx est l'incertitude sur x. Les incertitudes proviennent des différentes erreurs liées à la mesure.

Ainsi, on a : $x-dx < X < x+dx$

Exemple : 3cm ±10%, ou 3cm ± 3mm.

- **Erreur absolue (e)** : Résultat d'un mesurage moins la valeur vraie du mesurande. Une erreur absolue s'exprime dans l'unité de la mesure. $e = x - X$

Exemple : Une erreur de 10 cm sur une mesure de distance.

- **Erreur relative (er)** : Rapport de l'erreur de mesure à une valeur vraie de mesurande. Une erreur relative s'exprime généralement en pourcentage de la grandeur mesurée.
 $er = e/X$;

$$er\% = 100 er$$

Exemple : Une erreur de 10 % sur une mesure de distance (10 % de la distance réelle).

II.2.3. Les différentes familles des capteurs :

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories.

II.2.3.1 Capteurs actifs :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique, de la forme d'énergie propre à la grandeur physique à prélever (énergie thermique, mécanique ou de rayonnement).

II.2.3.1.1 Les effets physiques les plus classiques sont :

II.2.3.1.1.1 Effet thermoélectrique :

Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice d'origine thermique e (T_1, T_2).

II.2.3.1.1.2 Effet piézo-électrique :

L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.

II.2.3.1.1.3 Effet d'induction électromagnétique :

La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).

II.2.3.1.1.4 Effet photo-électrique :

La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

II.2.3.1.1.5 Effet Hall :

Un champ magnétique B et un courant électrique I créent dans le matériau une différence de potentiel U_H .

II.2.3.1.1.6 Effet photovoltaïque :

Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes.

II.2.3.2 Capteurs passifs :

Les capteurs dont le signal électrique délivré est une variation d'impédance sont dits passifs. En effet, il nécessite une source d'énergie électrique pour que l'on puisse lire x . Les capteurs passifs transforment donc le mesurande en une variation d'impédance.

La variation d'impédance résulte :

Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteurs de positions, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.

Soit d'une déformation résultante de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

-Tableau des capteurs passifs :

Grandeur physique à mesurer.	Caractéristique électrique sensible.	Type de matériaux utilisés.
Température	Température	Métaux : Platine, nickel, Cuivre
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de nickel, silicium dopé.
	Perméabilité magnétique.	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité.	Matériaux magnéto résistants Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité.	Chlorure de lithium.

II.2.3.3. Les capteurs intelligents :

On peut considérer un capteur intelligent comme un système qui se compose de plusieurs sous systèmes dont les rôles de chacun est bien distinct, avec l'intégration de tous ces systèmes dans un seul et unique boîtier. Un capteur intelligent se compose principalement de :

- Un ou plusieurs capteurs (comme élément intégré).
- Conditionneurs associés.
- Organe de calcul interne.
- Interface de communication

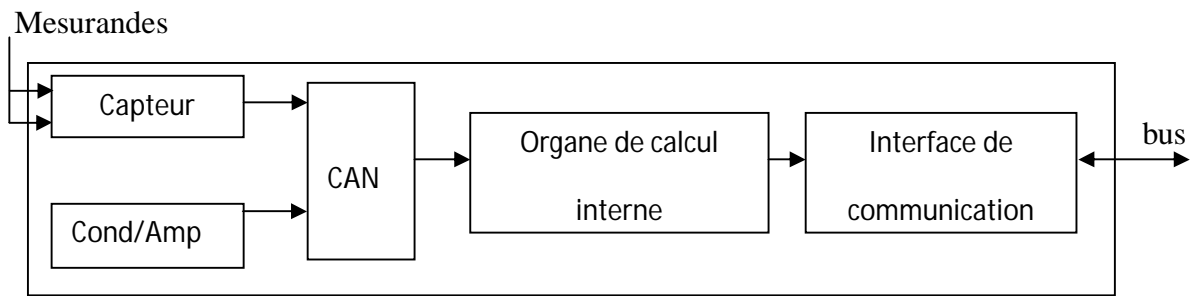


Figure II-2 : structure générale d'un capteur intelligent

II.2.3.4 Structure d'un capteur intelligent :

Un capteur intelligent a une structure très variable et dépend fortement des technologies utilisées. On distingue deux structures appelées structure minimale et complexe. Figure .II-2.a et Figure II-2.b.

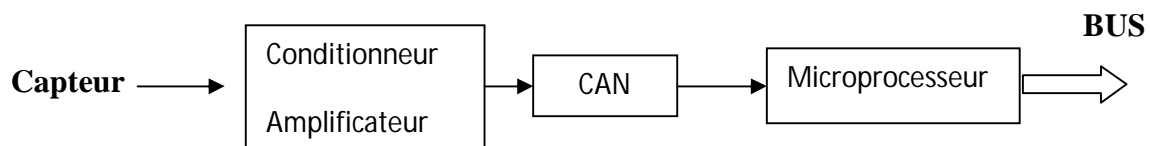


Figure II-2.a : schéma synoptique de la structure minimale

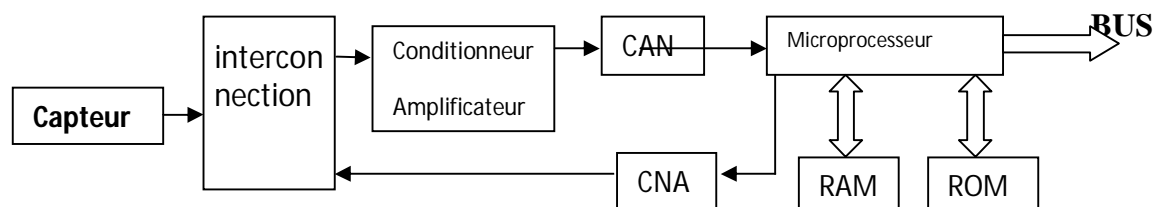


Figure II-2.b : schéma synoptique de la structure complexe

II.2.3.5 Fonctionnalités des capteurs intelligents :

II.2.3.5.1 L'auto adaptabilité :

Capacité du capteur intelligent à s'adapté au signal mesuré.

Exemple :

- Amplificateur à gain variable.
- Filtre à fréquence de coupure variable.

II.2.3.5.2 Remplacement des données manquantes :

Correction des défaillances ponctuelles du capteur : technique permettant d'estimer les données manquantes à partir des données disponibles.

II.2.3.5.3 Précision et validation des mesures :

- ✓ Précision : prise en compte et compensation des grandeurs d'influence (température, pression, humidité...)
- ✓ Validation : évaluation de la qualité de la mesure.

II.2.3.5.4 Traitement de signal :

Mise en place à proximité de la source de données d'un système de traitement de l'information et filtrage des résultats pour n'obtenir que l'information utile.

II.2.3.5.5 Auto diagnostique :

La capacité d'un capteur d'effectuer l'évaluation de son état de fonctionnement et de diagnostiquer l'élément éventuellement en dysfonctionnement.

II.3 Chaîne d'acquisition :

II.3.1 Définition :

A l'heure actuelle, l'Électronique utilise majoritairement des techniques numériques pour le traitement de l'Information.

Les grandeurs physiques étant analogiques par nature, une chaîne d'acquisition comprend très souvent une étape de numérisation. Les autres étapes fondamentales sont la captation de la grandeur physique et la conversion en une grandeur électrique.

On peut représenter une chaîne d'acquisition par le schéma-bloc ci-après

:

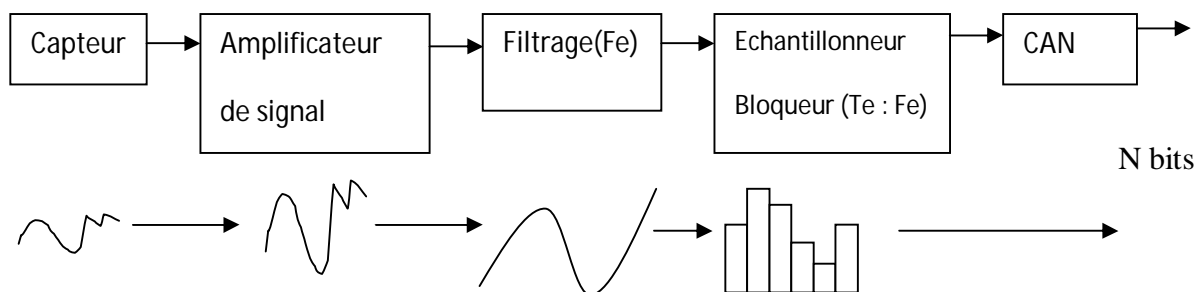


Figure II.5: Chaîne d'acquisition

II.3.2 Description des blocs :

II.3.2.1 Capteur

Il est l'interface entre le monde physique et le monde électrique. Il va délivrer un signal électrique image du phénomène physique que l'on souhaite numériser. Il est toujours associé à un circuit de mise en forme qu'on appelle **conditionneur**.

II.3.2.2 Amplificateur de signal

Cette étape permet d'adapter le niveau du signal issu du capteur à la chaîne globale d'acquisition.

L'amplificateur utilisé est le plus souvent un **amplificateur d'instrumentation**. Dans certains cas particuliers, ce peut être un **amplificateur d'isolement**, voire un **amplificateur à découpage**.

II.3.2.3 Filtre d'entrée

Ce filtre est communément appelé **filtre anti-repliement**. Son rôle est de limiter le contenu spectral du signal aux fréquences qui nous intéressent. Ainsi il élimine les parasites. C'est un filtre passe bas que l'on caractérise par sa fréquence de coupure et son ordre.

II.3.2.4 L'échantillonneur

Son rôle est de prélever, à chaque période d'échantillonnage (T_e), la valeur du signal. On l'associe de manière quasi-systématique à un bloqueur. Le bloqueur va figer l'échantillon pendant le temps nécessaire à la conversion. Ainsi durant la phase de numérisation, la valeur de la tension de l'échantillon reste constante assurant une conversion aussi juste que possible. On parle **d'échantillonneur bloqueur**.

II.3.2.5 Le convertisseur analogique numérique (CAN)

Il transforme la tension de l'échantillon (analogique) en un code binaire (numérique).

Les contraintes imposées vont guider son choix : Quelque soit son principe, un CAN est caractérisé par un *temps de conversion*, ce qui limite sa cadence de fonctionnement.

Ce schéma bloc peut être complété par une **zone de stockage** éventuelle.

Elle peut être un support de traitement (DSP, ordinateur...), un élément de sauvegarde (RAM, Disque dur...) ou encore une transmission vers un récepteur situé plus loin.

Dans les conditions réelles, il faut prendre en compte d'autres contraintes :

- L'environnement, c'est à dire les grandeurs d'influence telles que la température, les vibrations, la pollution électromagnétique...
- Les exigences facilitant l'exploitation, comme la linéarité de la chaîne...

La conséquence est l'ajout de blocs fonctionnels supplémentaires dans la chaîne : Circuits de linéarisation, amplificateurs spéciaux, filtres, multiplexeurs...

II.3.2.6 Performances globales :

Ce qu'on attend avant tout d'une chaîne de mesure, c'est sa **justesse** ; la grandeur électrique de sortie doit être l'image la plus exacte possible de la grandeur physique détectée et de ses variations. La numérisation s'effectuant sur N bits, la précision de la numérisation est limitée à $(1/2^N)$. Il est impératif que tous les éléments de la chaîne aient au moins cette précision. En général, on leur impose une précision double $(0,5/2^N)$. Dans certains cas, la **rapidité** de la chaîne est un paramètre dominant (grandeurs pouvant évoluer très rapidement comme une pression par exemple). La durée d'une acquisition est essentiellement fixée par la durée de la conversion analogique-numérique, ainsi que par la cadence de l'échantillonnage.

II.4 Systèmes de communication :

Cette partie sera consacrée au mode de communication des différents composants avec notre microcontrôleur. On peut noter le Bus I2C et la liaison RS232, leur mode de fonctionnement sera détaillé par la suite.

II.4.1 Le bus de communication I2C (Inter Integrated Circuit) :

L'objectif est de permettre la communication entre plusieurs équipements, il existe une très grande variété de bus de communication car aucun bus n'est universel.

Il faut choisir le bus en fonction :

- de la distance entre les équipements (cm, m, km).
- du nombre d'équipements à relier.
- du débit de données (contrôle ou data).
- de la consommation autorisée (pile/secteur).
- de la stabilité nécessaire (bruit).
- du catalogue disponible.
- du cout (en générale, la bonne solution est trop chère).

Chaque bus existe en plusieurs versions, en générale compatibles entre elles mais avec un rapport débit / distance différent.

II.4.2 Quelques bus série :

Bus	Distance (mètres)	Débit bits \sec	Avantages	Usages
Can	100-10 000	5k-33k	Distance-sure	Domotique
USB	25	1.5-480M	Débit	Périphérique informatique
RS232	15	100k	Simple	Périphérique informatique
I2C 1 s	100	100k	Cout, protocole facile et disponible	Domotique
I2C h s	0.5	3.4M	Cout, protocole facile et disponible	Périphérique électronique
Spi	0 .1	10M	Débit, cout	Périphérique Electronique

Ces chiffres sont donnés à titre indicatif, il est souvent possible de jouer (manipuler) avec les bus cités ici, ils sont souvent proposés en standard par les microcontrôleurs.

Le pic 18F452 propose : RS232, I2C, SPI.

II.4.3 Etude du bus I2C :

II.4.3.1 Présentation et historique :

Le bus I2C (Inter Integrated Circuit) a été développé au début des années 80 par Philips semi-conductors pour permettre de relier facilement à un microprocesseur les différents circuits d'un téléviseur moderne.

II.4.3.2 Caractéristiques :

Le bus I2C permet de faire communiquer entre eux des composants électroniques très divers grâce à seulement trois fils : Un signal de donnée (SDA), un signal d'horloge (SCL), et un signal de référence électrique (Masse). Ceci permet de réaliser des équipements ayant des fonctionnalités très puissantes (En apportant toute la puissance des systèmes micro

programmés) et conservant un circuit imprimé très simple, par rapport à un schéma classique (8bits de données, 16 bits d'adresse+ les bits de contrôle).

Les données sont transmises en série à 100Kbits/s en mode standard et jusqu'à 400Kbits/s en mode rapide. Ce qui ouvre la porte de cette technologie à toutes les applications où la vitesse n'est pas primordiale.

De nombreux fabricants ayant adopté le système, la variété des circuits disponibles disposant d'un port I2C est énorme : Ports d'E/S bidirectionnels, Convertisseurs A/N et N/A, Mémoires (RAM, EPROM, EEPROM, etc.), Circuits Audio (Equaliseur, Contrôle de volume, ...) et autre drivers (LED, LCD, ...)

Le nombre de composants qu'il est ainsi possible de relier est essentiellement limité par la charge capacitive des lignes SDA et SCL : 400 pF.

II.4.3.3 Principe :

Afin d'éviter les conflits électriques les Entrées/Sorties SDA et SCL sont de type "Collecteur Ouvert".

Voici un schéma de principe :

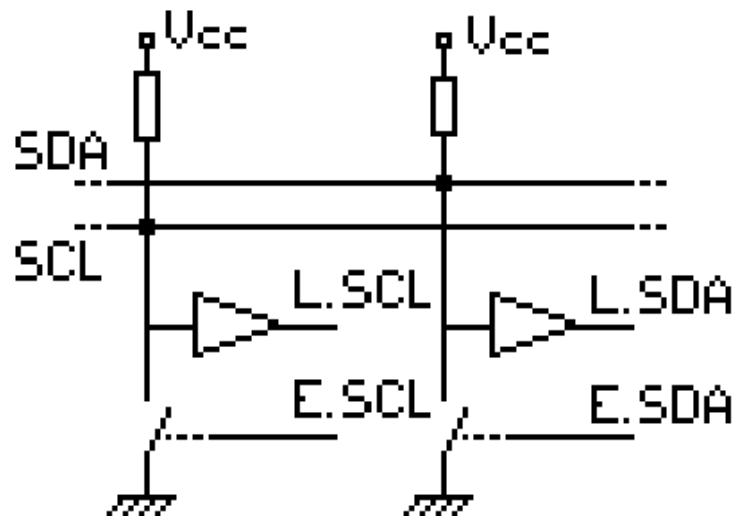


Figure II-6 : Structure d'E/S d'un module I2C.

-D'autres bus tri filaires :

- C Bus de Phillips est l'ancêtre du bus I2C.
- SPI de Motorola.
- μ Wire de National Semi Conductor.

Plusieurs circuits pouvant être branché en même temps sur le même bus, il a été nécessaire d'instaurer un protocole entre eux, afin d'éviter les problèmes dues à une prise de parole simultanée de différents modules. C'est le protocole I2C.

II.4.3.4 Le protocole I2C :

Le protocole I2C définit la succession des états logiques possibles sur SDA et SCL et la façon dont doivent réagir les circuits en cas de conflits.

II.4.3.5 I2C Glossaire :

Abonné tout élément connecté sur le bus.

Emetteur . . . tout abonné qui envoie des données sur SDA.

Récepteur. . tout abonné qui reçoit des données de SDA.

Maître tout abonné qui démarre et termine un échange.

-Le maître place l'horloge sur SCL.

Esclave tout abonné adressé par un maître.

-Un esclave a la possibilité d'arrêter l'horloge du maître.

Adresse numéro attribué à un esclave.

-Sur le bus tous les esclaves ont une adresse unique.

Echange . . . dialogue entre un maître et un esclave.

Il commence par une adresse émise par le maître, suivie d'une ou plusieurs données émises par le maître ou l'esclave. Un maître peut chaîner plusieurs échanges d'affilé.

Arbitrage . . . résolution du conflit d'un accès simultané par 2 maîtres.

II.4.3.6 I2C Câblage :

Les lignes SCL et SDA sont à VDD si personne ne parle.

Pour mettre 1 sur SCL ou SDA, un abonné programme le port en entrée, la résistance Rp se charge de tirer la ligne à 1. Pour mettre 0 sur SCL ou SDA, un abonné doit écrire un 0, c.-à-d. relier la ligne à la masse.

Il ne peut jamais y avoir de conflit électrique (court-circuit VDD-GND).

Voir figure suivante :

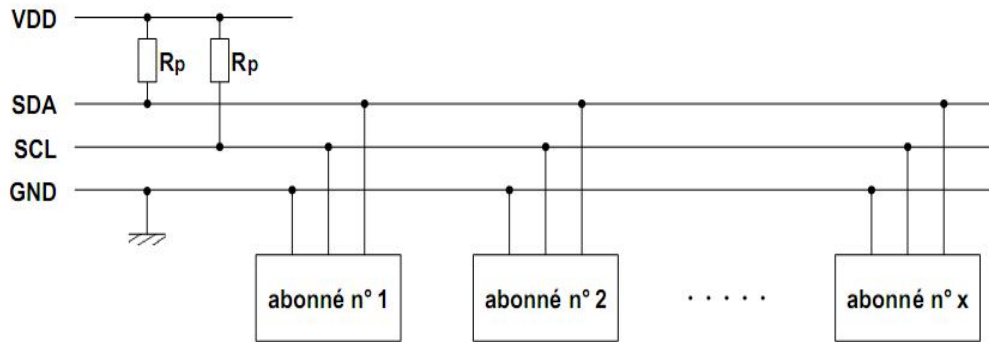


Figure II-7: I2C câblage.

II.4.3.7 La prise de contrôle du bus :

Pour prendre le contrôle du bus, il faut que celui-ci soit au repos (SDA et SCL à '1').

Pour transmettre des données sur le bus, il faut donc surveiller deux conditions particulières :

- La condition de départ. (SDA passe à '0' alors que SCL reste à '1')
- La condition d'arrêt. (SDA passe à '1' alors que SCL reste à '1')

Lorsqu'un circuit, après avoir vérifié que le bus est libre, prend le contrôle de celui-ci, il en devient le maître. C'est lui qui génère le signal d'horloge.

Exemple de condition de départ et d'arrêt.

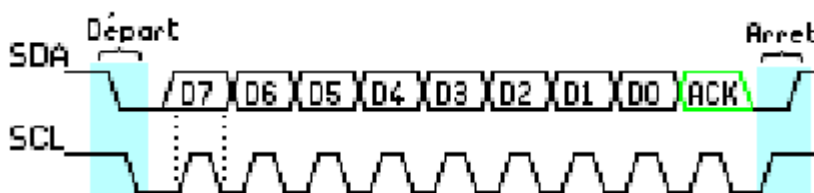


Figure II-8: Condition de départ et d'arrêt.

II.4.3.8 Ecriture d'un octet (une donnée) :

Après avoir imposé la condition de départ, le maître applique sur SDA le bit de poids fort D7. Il valide ensuite la donnée en appliquant pendant un instant un niveau '1' sur la ligne SCL. Lorsque SCL revient à '0', il recommence l'opération jusqu'à ce que l'octet complet soit transmis. Il envoie alors un bit ACK à '1' tout en scrutant l'état réel de SDA. L'esclave doit

alors imposer un niveau '0' pour signaler au maître que la transmission s'est effectuée correctement. Les sorties de chacun étant à collecteurs ouverts, le maître voit le '0' et peut alors passer à la suite.

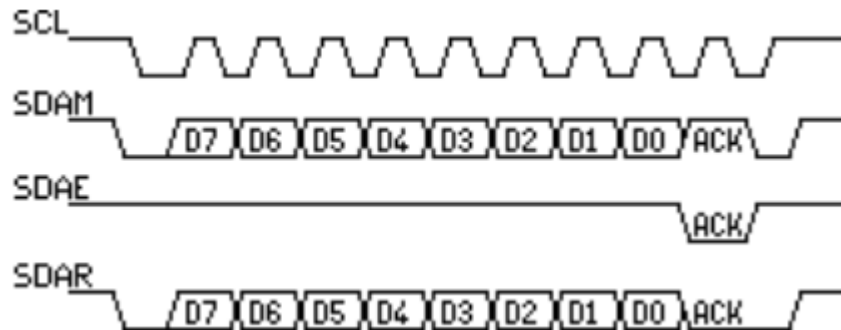


Figure II-9: Exemple de transmission réussie.

Dans cet exemple :

- SCL : Horloge imposée par le maître.
- SDAM : Niveaux de SDA imposés par le maître.
- SDAE : Niveaux de SDA imposés par l'esclave.
- SDAR : Niveaux de SDA réels résultants.

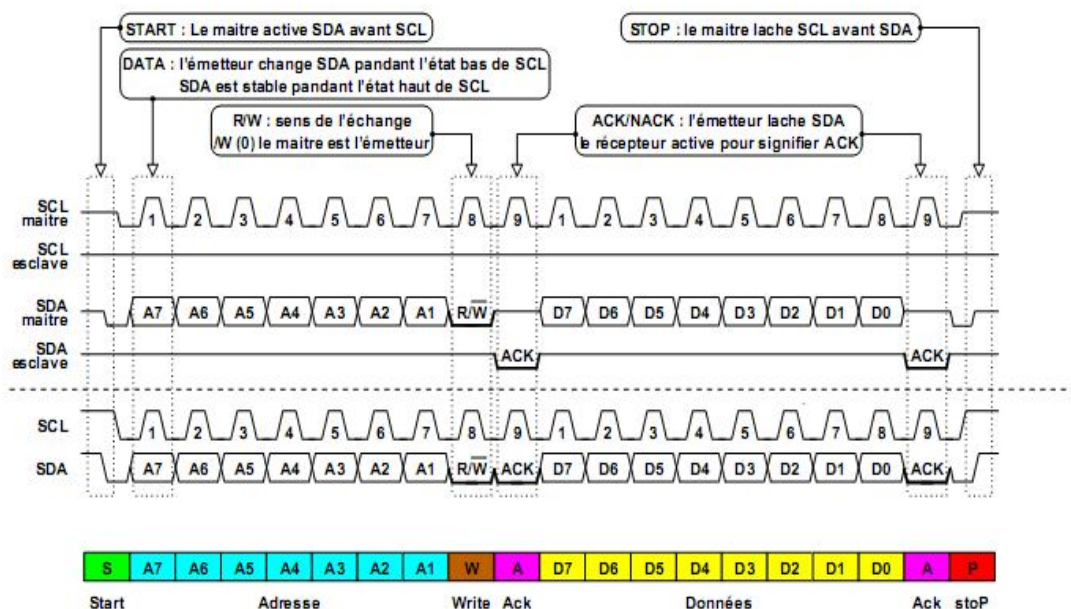


Figure II-10: Trame de base : Ecriture d'un octet.

II.4.3.9 Transmission d'une adresse:

Le nombre de composants qu'il est possible de connecter sur un bus I2C étant largement supérieur à deux, il est nécessaire de définir pour chacun une adresse unique. L'adresse d'un circuit, codée sur sept bits, est définie d'une part par son type et d'autre part par l'état appliqué à un certain nombre de ces broches. Cette adresse est transmise sous la forme d'un octet au format particulier.

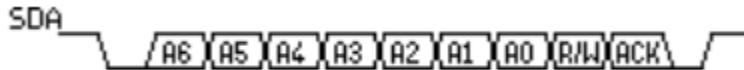


Figure II-11 : Exemple d'octet d'adresse.

On remarque ici que les bits D7 à D1 représentent les adresse A6 à A0, et que le bit D0 est remplacé par le bit de R/W qui permet au maître de signaler s'il veut lire ou écrire une donnée. Le bit d'acquiescement ACK fonctionne comme pour une donnée, ceci permet au maître de vérifier si l'esclave est disponible.

Note 1: Cas particuliers des mémoires :

L'espace adressable d'un circuit de mémoire étant sensiblement plus grand que la plupart des autres types de circuits, l'adresse d'une information y est codée sur deux octets ou plus. Le premier représente toujours l'adresse du circuit, et les suivants l'adresse interne de la mémoire.

Note 2 : Les adresses réservées.

Les adresses 00000XXX et 111111XX sont réservés à des modes de fonctionnement particuliers.

Note 3: Cas particulier d'utilisation d'ACK :

L'écriture d'un octet dans certains composants (Mémoires, microcontrôleur.....) peut prendre un certain temps. Il est donc possible que le maître soit obligé d'attendre l'acquiescement ACK avant de passer à la suite.

II.4.3.10 Lecture d'une donnée :

La lecture d'une donnée par le maître se caractérise par l'utilisation spéciale qui est faite du bit ACK. Après la lecture d'un octet, le maître positionne ACK à '0' s'il veut lire la donnée

suivante (cas d'une mémoire par exemple) ou à '1' (cas échéant). Il envoie alors la condition d'arrêt.

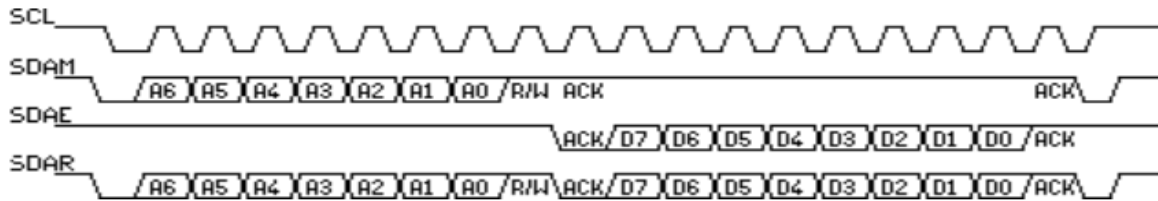


Figure II-12: Exemple de lecture d'une donnée.

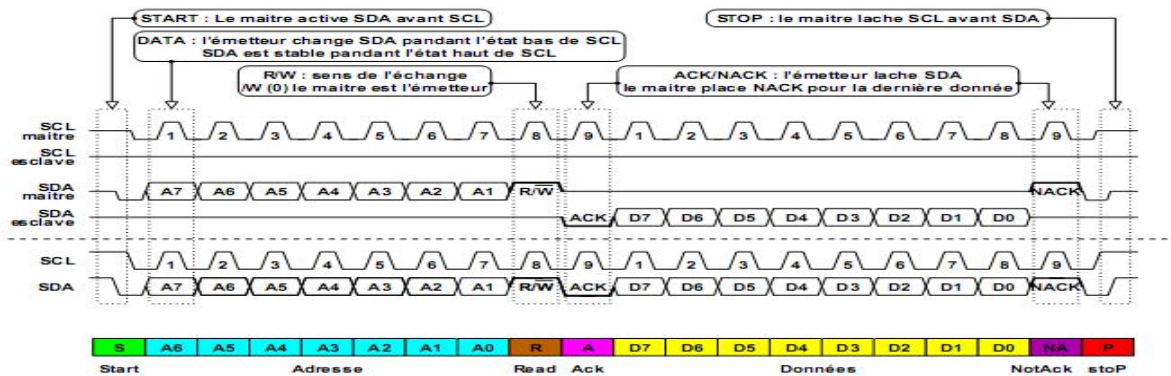


Figure II-13 : Trame de base : Lecture d'un octet.

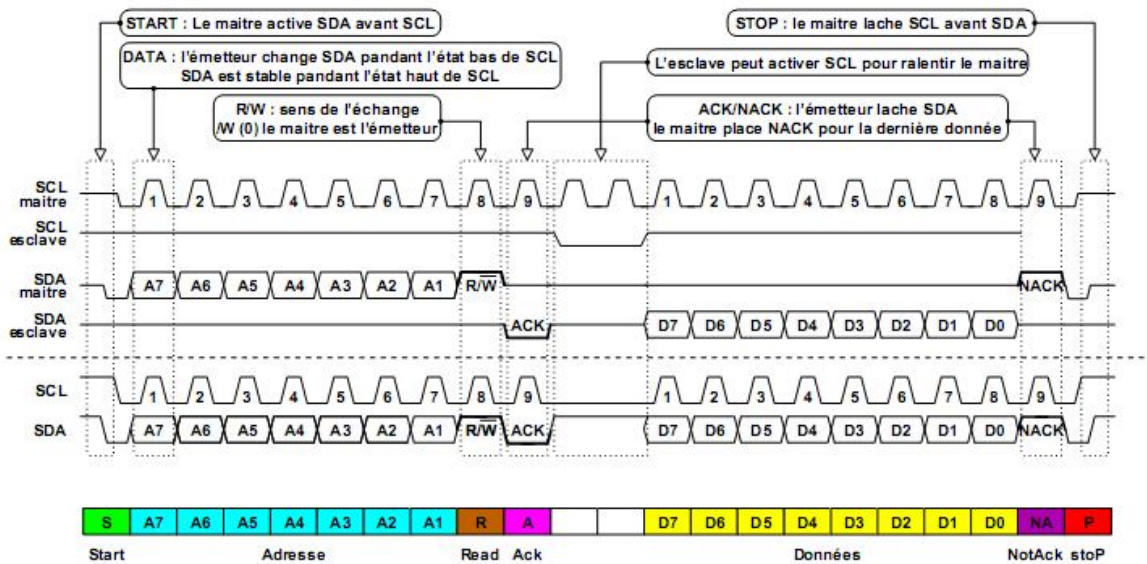


Figure II-14: Trame de base : état d'attente.

II.4.3.11 I2C points clés d'un échange de base :

Le maitre :	l'esclave :
<p>-émet une condition de démarrage. -envoie une adresse sur 7 bits. -envoie la commande r/w. -lit l'accusé et stoppe si NACK.</p> <p><u>Pour une écriture, il boucle sur :</u></p> <p>-envoie les 8 bits de donnée. -lit l'accusé et stoppe si NACK.</p> <p><u>Pour une lecture, il boucle sur :</u></p> <p>-lit les 8 bits de donnée. -émet ACK, ou NACK pour stopper. -émet une condition de stop.</p>	<p>-attend une condition de démarrage. -lit l'adresse sur 7 bits. -lit la commande r/w. -émet ACK si concerné.</p> <p><u>Pour une écriture, il boucle sur :</u></p> <p>-lit les 8 bits de donnée. -émet ACK ou NACK pour arrêter.</p> <p><u>Pour une lecture, il boucle sur :</u></p> <p>-écrit les 8 bits de donnée. -lit l'accusé et stoppe si NACK.</p>

NB : Le maitre et l'esclave peuvent ralentir l'échange en jouant sur SCL.

II.4.3.12 Les deux significations de l'ACK "Acknowledge:

L'acknowledge a deux définitions:

1. Un esclave émet un ACK à chaque fois qu'il a bien reçu une donnée, le maitre récepteur stoppe l'échange en cas de NACK .
2. Un maitre émet un ACK à chaque fois qu'il a bien reçu , une donnée et qu'il en veut d'autres, l'esclave émetteur devra lâcher la ligne SDA après le NACK.

II.4.3.13 Les adresse des esclaves :

Adresses réservées par le protocole :

0000000 General Call adresse reconnue par tous les esclaves.

0000001 réservé aux composants CBUS (ancêtre).

0000010 réservé aux autres systèmes.

0000011 réservé au futur.

00001-- réservé au composant haut vitesse (3.4Mbauds).

11111-- réservé au futur.

11110xy adressage 10 bits.

112 Adresses réservées par les fournisseurs.

1010xyz 1024 x 8 bits eeprom.

II.4.3.14 La gestion des conflits :

II.4.3.14.1 Mise en situation :

La structure même du bus I2C a été conçue pour pouvoir y accueillir plusieurs maîtres. Se pose alors le problème commun à tous les réseaux utilisant un canal de communication unique : la prise de parole. En effet, chaque maître pouvant prendre possession du bus dès que celui-ci est libre, il existe la possibilité que deux maîtres prennent la parole en même temps. Si cela ne pose pas de problème sur le plan électrique grâce l'utilisation de collecteurs ouverts, il faut pouvoir détecter cet état de fait pour éviter la corruption des données transmises.

II.4.3.14.2 Principe :

Comme nous l'avons vu précédemment, pour prendre le contrôle du bus, un maître potentiel doit d'abord vérifier que celui-ci soit libre, et qu'une condition d'arrêt a bien été envoyée depuis au moins $4,7\mu\text{s}$. Mais il reste la possibilité que plusieurs maîtres prennent le contrôle du bus simultanément.

Chaque circuit vérifie en permanence l'état des lignes SDA et SCL, y compris lorsqu'ils sont eux même en train d'envoyer des données. On distingue alors plusieurs cas :

(1) Les différents maîtres envoient les mêmes données au même moment :

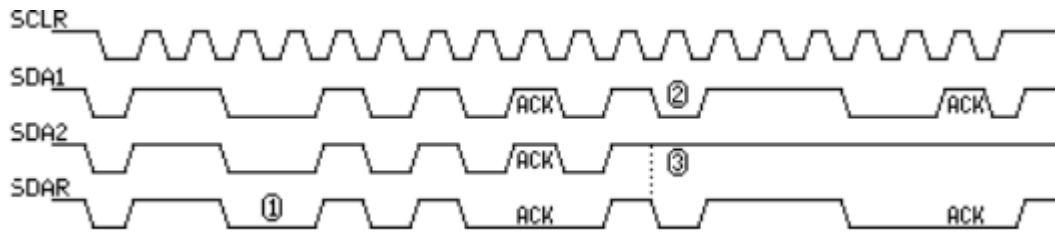
Les données ne sont pas corrompues, la transmission s'effectue normalement, comme si un seul maître avait parlé. Ce cas est rare.

(2) Un maître impose un '0' sur le bus : Il relira forcément '0' et continuera à transmettre. Il ne peut pas alors détecter un éventuel conflit.

(3) Un maître cherche à appliquer un '1' sur le bus : Si il ne relit pas un niveau '1', c'est qu'un autre maître a pris la parole en même temps. Le premier perd alors immédiatement le contrôle du bus, pour ne pas perturber la transmission du second. Il continue néanmoins à lire les données au cas où celles-ci lui auraient été destinées.

Exemple :

Soit le chronogramme suivant :



Dans cet exemple :

- SCLR : Horloge résultante.
- SDA1 : Niveaux de SDA imposés par le maître n°1.
- SDA2 : Niveaux de SDA imposés par le maître n°2.
- SDAR : Niveaux de SDA réels résultants lus par les deux maîtres.

Analyse :

Le premier octet est transmis normalement car les deux maîtres imposent les mêmes données. (Cas n°1). Le bit ACK est mis à '0' par l'esclave.

Lors du deuxième octet, le maître n°2 cherche à imposer un '1' (SDA2) , mais relit un '0' (SDAR), il perd alors le contrôle du bus et devient esclave (Cas n°2) . Il reprendra le contrôle du bus, lorsque celui-ci sera de nouveau libre.

Le maître n°1 ne voit pas le conflit et continue à transmettre normalement. (Cas n°3)

Au total, l'esclave a reçu les données du maître n°1 sans erreurs et le conflit est passé inaperçu.

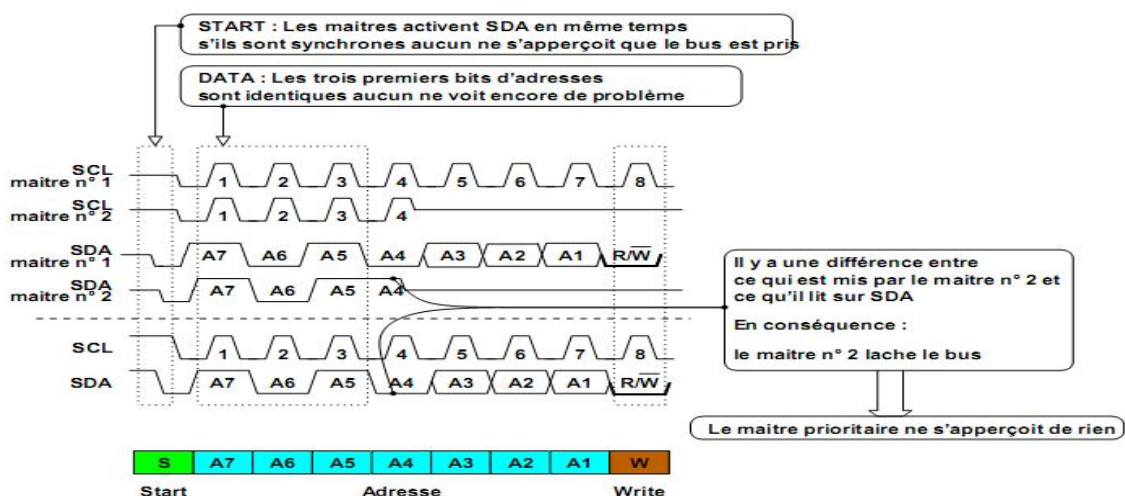


Figure II-15: Schéma I2C arbitrage.

II.4.4 Les nouvelles caractéristiques :

Afin de compenser quelques lacunes des premières spécifications du bus I2C (qui datent de 1982), quelques nouvelles améliorations ont été apportées à partir de 1993 :

-**le mode rapide** : Le bus a désormais la capacité de transmettre des données jusqu'à une vitesse de 400 Kbit/s.

-**des entrées à triggers de Shmitt** : Afin de limiter la sensibilité au bruit.

-**la mise en haute impédance d'un circuit non alimenté** : Ceci évite de bloquer le bus si un périphérique n'est pas alimenté.

-**extension à 10 bits de l'adressage des circuits** : L'adressage d'un circuit se fait maintenant sur 10 bits répartis dans deux octets d'adresse.

Les adresses réservées :

Les adresses 0000 0xxx ne sont pas utilisées pour l'adressage de composants. Ils ont été réservés par Phillips pour effectuer certaines fonctions spéciales.

➤ **Adresse d'appel générale :**

Adresse : 0000 000 : Après l'émission d'un appel général, les circuits ayant la capacité de traiter ce genre d'appel émettent un acquittement.

Le deuxième octet permet de définir le contenu de l'appel .

0000 0110 : RESET. Remet tous les registres des circuits connectés dans leur état initial

(Mise sous tension). Les circuits qui le permettent rechargent leur adresse d'esclave.

0000 0010 : Les circuits qui le permettent rechargent leur adresse d'esclave.

0000 0100 : Les circuits définissant leur adresse de façon matérielle, réinitialisent leur adresse d'esclave.

0000 0000 : Interdit

xxxx xxx1 : Cette commande joue le rôle d'interruption. xxxx xxx peut être l'adresse du circuit qui a généré l'interruption.

➤ **Octet de Start :**

Adresse : 0000 0001 : Cet octet est utilisé pour synchroniser les périphériques lents avec les périphériques rapides.

➤ **Début d'adressage C Bus :**

Adresse : 0000 001x : L'émission de cet octet permet de rendre sourd tout les circuits I2C présent sur le bus. A partir de ce moment, on peut transmettre ce que l'on désire sur le bus, en

utilisant par exemple un autre protocole. Le bus repasse en mode normal lors de la réception d'une condition d'arrêt.

➤ **Autre :**

Adresses : 0000 0110 à 0000 1111 : Ces octets ne sont pas définis et sont ignorés par les circuits I2C. Ils peuvent être utilisés pour déboguer un réseau multi master.

II.5 La liaison RS232 :

II.5.1 Communication série asynchrone à travers le port série RS232 :

Les liaisons séries permettent la communication entre deux systèmes numériques en limitant le nombre de fils de transmission. La liaison série aux normes de RS232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique. Elle est de type asynchrone, c'est-à-dire qu'elle ne transmet pas le signal de l'horloge.

Le schéma fonctionnel est le suivant :



Figure II-16: Schéma fonctionnel d'une liaison série asynchrone de la norme RS232.

La transmission série nécessite au moins 2 fils de communication, l'un pour la transmission (Tx) et l'autre pour la réception (Rx) et un fil de masse.

II.5.2 Protocole de transmission :

Afin que les éléments communicants puissent se comprendre, il est nécessaire d'établir un protocole de transmission. Ce protocole devra être le même pour les deux éléments afin que la transmission fonctionne correctement.

Paramètres entrant en jeu :

- **Longueur des mots :** 7 bits (ex : caractère ascii) ou 8 bits
- **La vitesse de transmission :** les différentes vitesses de transmission sont réglables à partir de 110 bauds (bits par seconde) de la façon suivante : 110 bds , 150 bds , 300 bds , 600 bds, 1200 bds, 2400 bds, 4800 bds, 9600 bds.
- **Parité :** le mot transmis peut être suivi ou non d'un bit de parité qui sert à détecter les erreurs éventuelles de transmission. Il existe deux types de parités :

- ✓ **parité paire** : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit paire sur l'ensemble donné + bit de parité. ex : soit la donnée 11001011 contenant 5 états 1, le bit de parité paire est positionné à 1, ramenant ainsi le nombre de 1 à 6.
- ✓ **parité impaire** : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit impaire sur l'ensemble donné + bit de parité.

Ex : soit la donnée 11001011 contenant 5 états 1, le bit de parité paire est positionné à 0, laissant ainsi un nombre de 1 impaire.

- **Bit de Start** : la ligne au repos est à l'état logique 1 pour indiquer qu'un mot va être transmis la ligne passe à l'état bas avant de commencer le transfert. Ce bit permet de synchroniser l'horloge du récepteur.
- **Bit de stop** : après la transmission, la ligne est positionnée au repos pendant 1, 2 ou 1,5 périodes d'horloge selon le nombre de bits de stop.

Le bit de Start apparait en premier dans la trame puis les données (poids faible en premier), la parité éventuelle et le (les) bit(s) de stop.

Exemple : Soit à transmettre en parité paire, avec 2 bits de stop, le caractère B dont le codage ascii est 1000010(2) la trame sera la suivante :

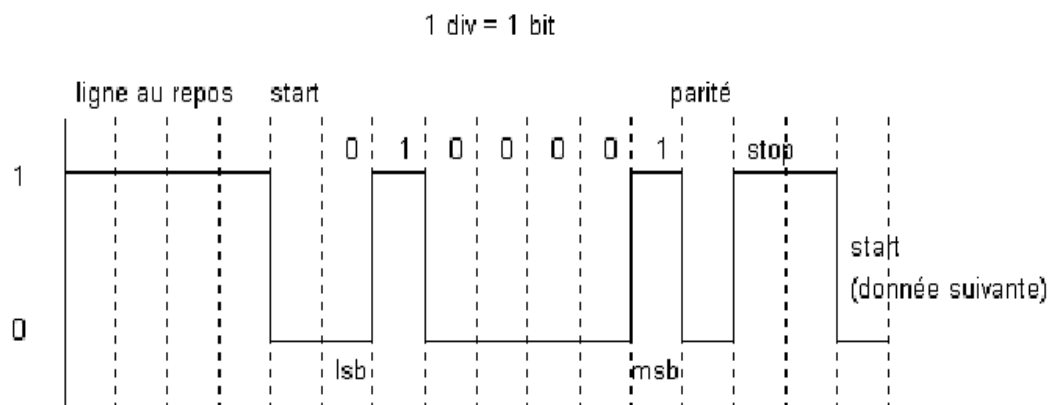


Figure II-17: Exemple de transmission série

II.5.3 Principe d'adaptation PIC- RS232:

Passons maintenant au principe d'adaptation entre le PIC et le port série RS232. Le PIC utilise les niveaux 0V et 5V pour définir respectivement des signaux « 0 » et « 1 ». La norme RS232 définit des niveaux de +12V et -12V pour établir ces mêmes niveaux.

Nous aurons donc besoin d'un circuit chargé de convertir les niveaux des signaux entre PIC et PC. La pin TX du PIC émettra en 0V/5V et sera convertie en +12V/-12V vers notre PC. La ligne RX du PIC recevra les signaux en provenance du PC, signaux qui seront converti du +12V/-12V en 0V/5V par notre circuit de pilotage du bus.

Notons que la liaison étant full-duplex, émission et réception sont croisées, chaque fil ne transitant l'information que dans un seul sens. Nous utiliserons le célèbre circuit MAX232 pour effectuer cette adaptation de niveaux. Ce circuit contient un double convertisseur à double direction. Autrement dit, il dispose de :

- ✓ 2 blocs, dénommés T1 et T2, qui convertissent les niveaux entrés en 0V/5V en signaux sortis sous +12V/-12V. En réalité, on n'a pas tout à fait +12V et -12V, mais plutôt de l'ordre de +8,5V/-8,5V ce qui reste dans la norme RS232.
- ✓ 2 blocs, dénommés R1 et R2, qui convertissent les niveaux entrés en +12V/-12V en signaux sortis sous 0V/5V.

II.6 Acquisition et conversion analogique-numérique (C.A.N) :

Notre capteur de pression MPX2200AP est analogique donc pour pouvoir dialoguer avec le microcontrôleur PIC, le convertisseur analogique-numérique interne du PIC va assurer ce traitement. La tension d'alimentation du PIC 18F452 (broche VDD) sert de tension de référence pour le convertisseur analogique-numérique, ce qui justifie la présence d'un régulateur de tension de 5v.

Cette communication se fait de la manière suivante :

- ✓ A chaque réception de donnée on a :

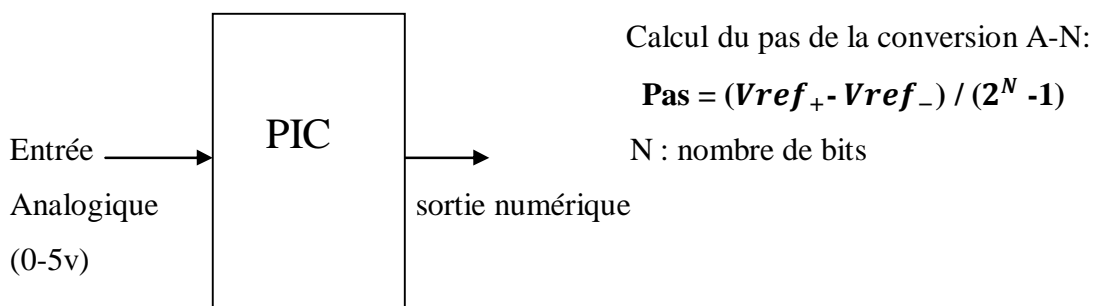


Figure II-18: Exemple de conversion analogique-numérique

Exemple : cas général où $V_{ref+} = +5v$ et $V_{ref-} = 0v$, on prend $N = 8bits$

$$\text{Pas} = (5-0) / (2^8-1) = 5/255 = 0,02v$$

Donc le pas est de **0,02v**.

✓ Détection de la pression :

Dans le programme de CCS, l'entrée analogique de détection a été choisie préalablement soit à titre d'exemple (A0 Vref+ Vref-). Le programme est comme suit :

```
Set_adc_chanel(0) /// choisir le canal 0 où est placé le capteur
Float Pr, a ;      /// déclaration des variables réelles Pr et a
a= read_adc ;     /// lire a en sortie
Pr = a*5/255 ;    /// mesure de la pression
```

Chapitre III

Description matérielle
et réalisation

III. Conception matérielle :

III.1.Introduction :

Dans ce chapitre on va s'étaler essentiellement sur la constitution matérielle par blocs de notre montage en précisant le rôle de chaque élément.

III.2.Le schéma synoptique du système :

La conception peut être représentée comme cela :

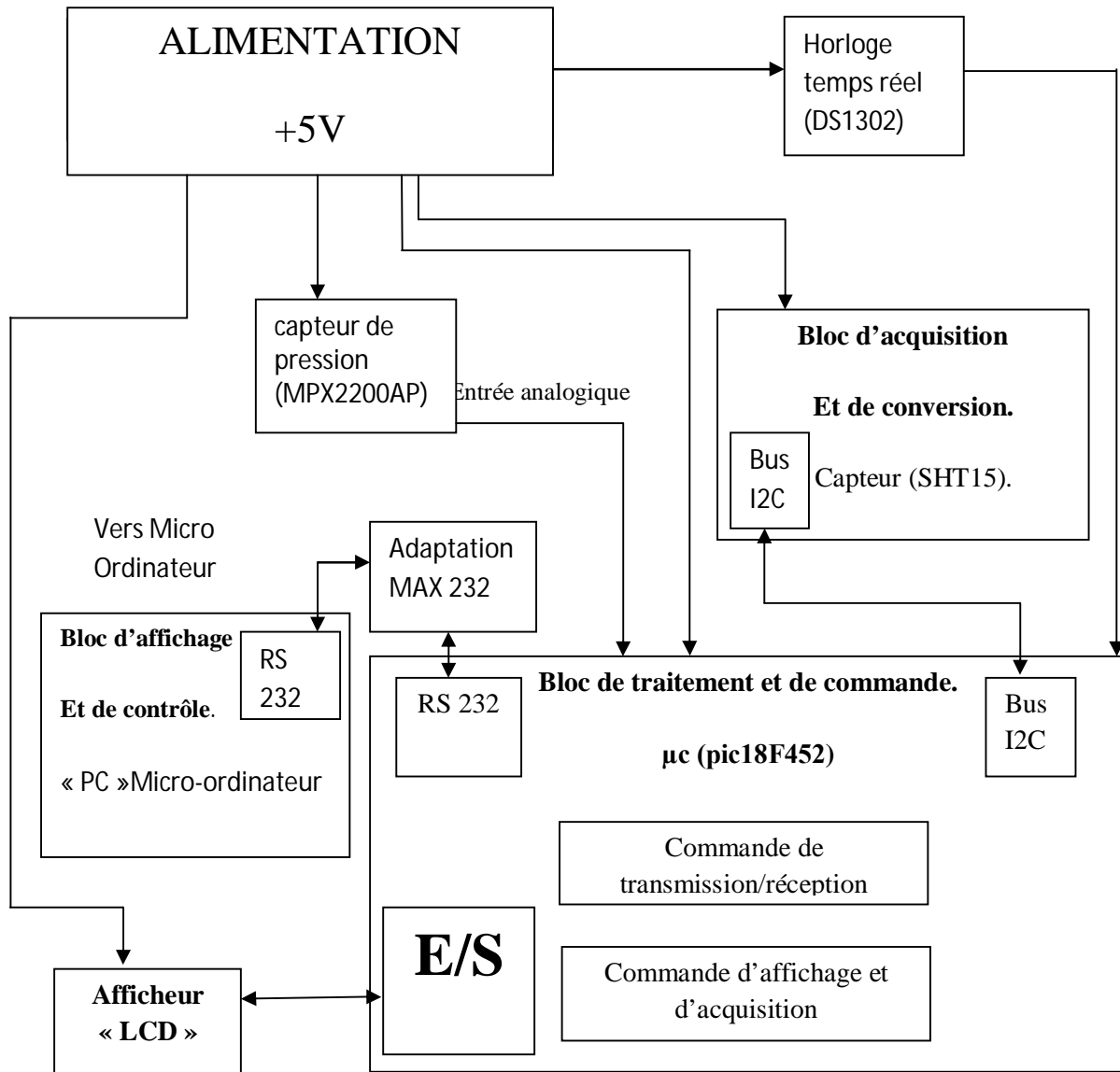


Figure III.1 : Schéma synoptique du système.

NB : Nous allons à présent étudier le système bloc par bloc, en commençant par le bloc d'acquisition

III.3 Description détaillée du système :

III.3.1 Présentation du capteur de température et d'humidité (SHT15) :

Le (SHT15) est un capteur hybride de température et d'humidité, il utilise un élément capacitif pour la mesure de l'humidité relative, tandis que la température est mesurée par un espace de bande, la technologie appliquée de CMOSsens® garanti une excellente fiabilité et stabilité à long terme. Les deux capteurs intégrés sont tout les deux couplés avec un convertisseur analogique-numérique de 14bits et un circuit d'interface série pour pouvoir communiquer avec le (μ c) grâce au bus (I2C) en qualité d'esclave. Ce qui donne une qualité supérieur de signal, un temps de réponse rapide et une insensibilité aux perturbations externes.

III.3.1.1 performances du capteur :

Nous allons illustrer les performances de notre capteur par le tableau et les deux courbes suivantes :

Paramètres	Humidité relative					Température				
	conditions	Min	Moy	max	unité	conditions	min	Moy	Ma x	Unit
Exactitude	Moy	/	± 2	/	%Rh	/	/	± 0.3	± 0.3	$^{\circ}\text{C}$
Répétabilité	/	/	± 0.1	/	%Rh	/	/	± 0.1	± 0.1	$^{\circ}\text{C}$
Hystérésis	/	/	± 0.1	/	%Rh	/	/	/	/	/
Non-linéarité	Linéarité	/	$\ll 1$	/	%Rh	/	/	/	/	/
Temps de réponse	63%	/	8	/	S	63%	5	/	30	S
Plage de fonctionnement	/	0	/	100	%Rh	/	-40	/	123	$^{\circ}\text{C}$
Dérivé à long terme	normale	/	< 0.5	/	%Rh /an	/	/	< 0.04	/	$^{\circ}\text{C}/$ An

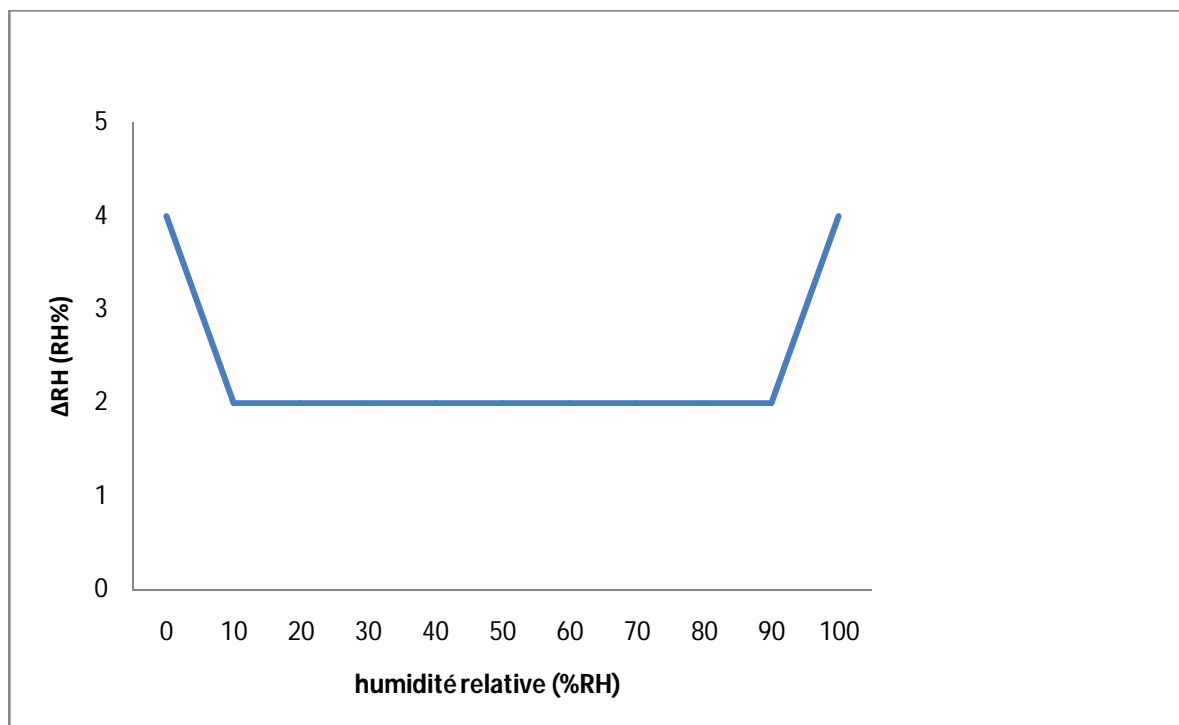


Figure III-2: Tolérance maximal à 25°C

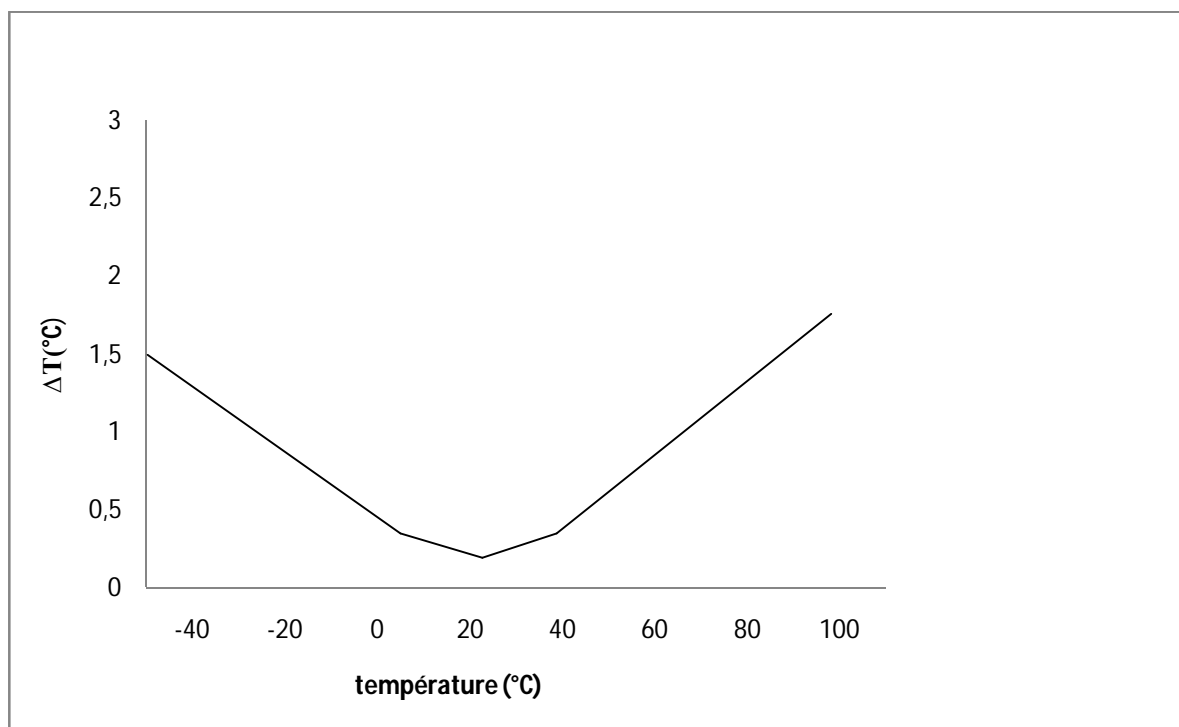


Figure III-3: Tolérance maximal en température

III.3.1.2 Brochage du capteur :

Il faut brancher le capteur de façon à ce que les lignes SCK et DATA soient toujours au niveau haut par intermédiaire de deux résistances de 10k si non on aura des résultats erronés. Il est préférable de l'alimenter avec une tension de 3.3v, mais sinon il a une plage de 2,4v à 5,5v

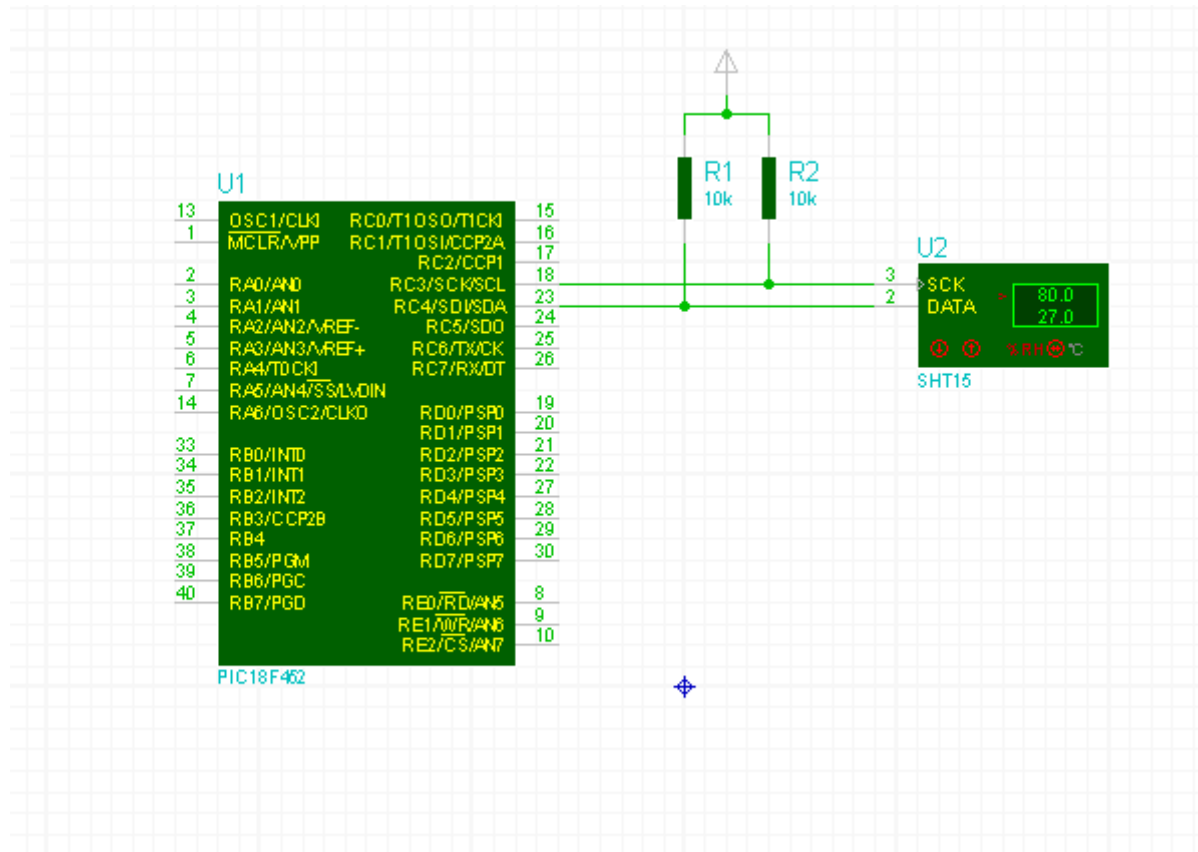


Figure III-4: brochage du SHT15 sur le bus I2C du PIC

III.3.1.3 Transmission des données avec le SHT15 :

Pour communiquer et travailler avec le **SHT15** l'information passe par le SCL et SDA en mode esclave, ainsi la synchronisation entre la partie maître et le **SHT15** se fait via le « SCL » et la mise en marche/arrêt, c'est le protocole de communication appelé « IIC » (Inter-Integrated Circuit) développé par PHILIPS, qu'on a vu dans le chapitre II.

III.3.2.1 Capteur de pression MPX2200AP :

Les composants de la série MPX2200 sont des capteurs de pression piézoresistifs en silicium qui fournissent une tension de sortie extrêmement précise et linéaire directement proportionnelle à la pression qui leur est appliquée. Le capteur est un diaphragme

monolithique simple de silicium avec une jauge de contrainte et une couche mince de réseau de résistances intégré. Le composant est équilibré par laser pour l'envergure de précision et pour la compensation excentrée de calibrage et de température.

III.3.2.2 Etalonnage du Capteur :

Nous avons réalisé le test ci-dessous :

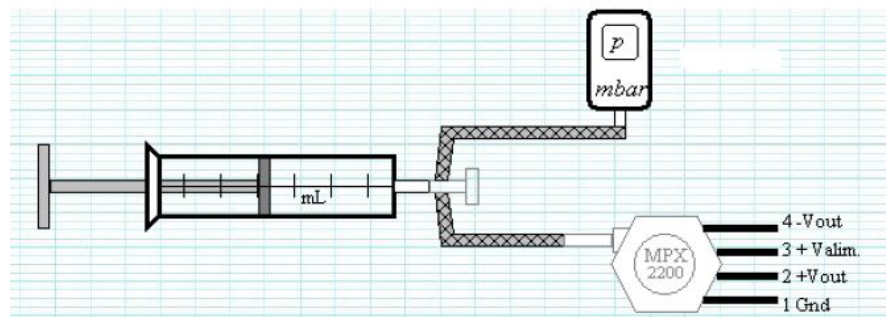


Figure III-5 : schéma d'étalonnage du capteur

Il représente une seringue reliée par un robinet à un capteur de pression MPX 2200. Après avoir fait le montage et prit des mesures en faisant varier la pression grâce à la seringue : On fait varier lentement le volume de la seringue du minimum (surpression) au maximum (dépression) de 5 ml en 5 ml environ. Sur l'oscilloscope, on note pour chaque valeur de la pression P , la valeur correspondante de la tension de sortie $U_{2,4} = U_2 - U_4$ du capteur.

III.3.2.3 Caractéristiques principales du MPX2200 :

- Pression maximale (400kPa)
- Sensibilité (0.2 mV/kPa)
- Impédance de sortie 1400 à 3000 Ω
- Tension typique d'alimentation 10v sinon entre 10v et 16v.
- Temps de réponse 1ms.

Rappel :

- 1 hPa = 1 hectopascal = 100 pascals
- 1 bar = 100 000 pascals
- 1 mbar = 1hPa.
- Pression atmosphérique moyenne : 1013.25 hPa.

Le signal de sortie du capteur est amplifié par un amplificateur de différence (AD620) de manière à avoir une sensibilité de 4mV/hPa, soit 4V pour 1000 hPa.

L'amplification en tension correspondante dans notre cas est égale à :

$$4V/24mV = 167 = 44 \text{ dB}$$

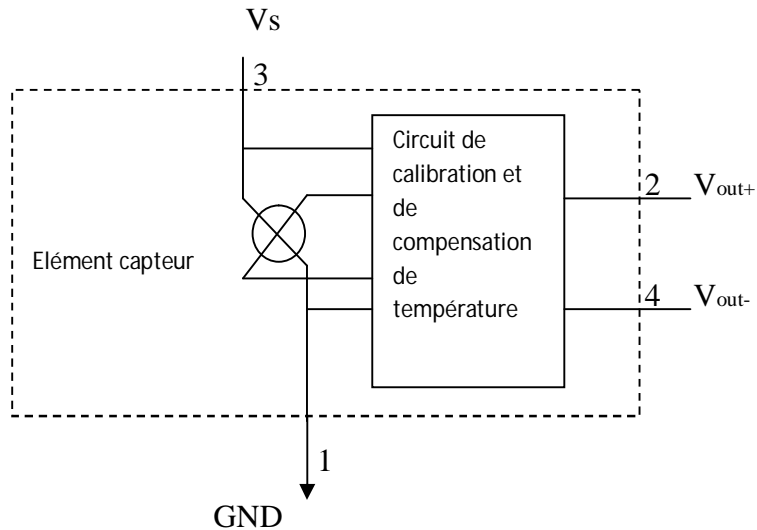


Figure III-6: schéma de compensation de température

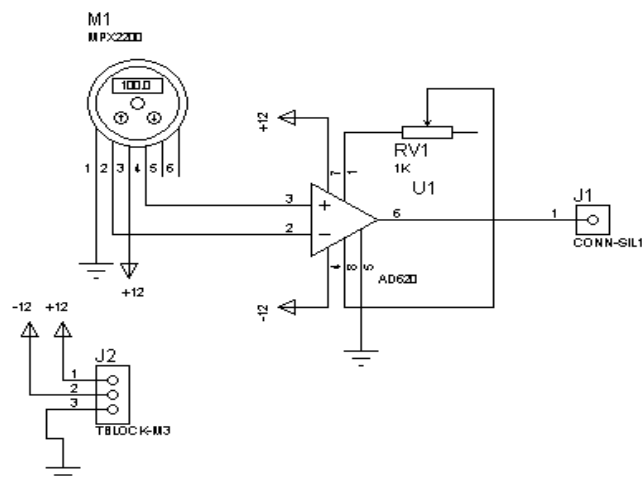


Figure III-7: conditionnement du MPX2200.

III.3.3.1 Circuit d'affichage :

L'élément d'affichage de notre montage est un afficheur LCD de quatre lignes et seize caractères (4x16). C'est sur ce composant qu'on va afficher les valeurs de nos trois grandeurs

plus l'heure et la date. Le schéma suivant montre comment l'afficheur est relié au pic (18F452) :

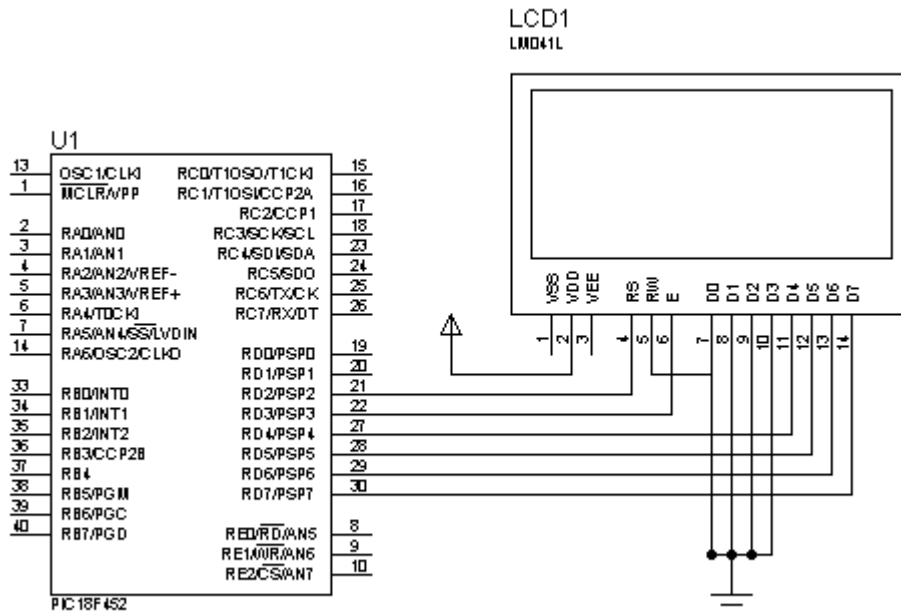


Figure III-8: Câblage de l'afficheur LCD.

III.3.3.2 Fonctionnement de l'afficheur LCD :

L'afficheur dans notre montage n'a été câblé qu'en écriture (RW=0), nous nous limiterions donc à ce type de fonctionnement. L'afficheur reçoit deux types de commandes, soit des instructions permettant de gérer l'afficheur proprement dit (effacement de l'écran, affichage du curseur, clignotement du curseur etc.), soit des données qui seront affichées à la position courante du curseur.

La sélection du mode instruction est réalisée en mettant la broche RS à 0 (Registre Select) et en envoyant ensuite l'octet de commande sur le port de données (D4 à D7). Lorsque la broche RS est à 1 les valeurs envoyées sur les lignes D4 à D7 seront affichées sous forme de caractères ASCII à la position courante du curseur.

C'est un afficheur LCD à accès parallèle, c'est-à-dire qu'il reçoit les données à afficher sous forme parallèle avec possibilité (programmable) de transmettre en mode 8bit ou en mode 4 bit, dans ce dernier cas on économise quatre lignes du PIC mais le transfert se fera en deux fois. Ainsi pour notre application l'afficheur communiquera avec le PIC via le PORTB en mode 4 bit (Figure III-8).

III.3.3.3 Le dateur DS1302 :

Le DS1302 de **DALLAS semiconductor MAXIM** contient une horloge/calendrier en temps réel et 31 octets de RAM statique. Il communique avec un microprocesseur par l'intermédiaire d'une interface série simple. L'horloge/calendrier en temps réel fournit des secondes, des minutes, des heures, le jour, la date, le mois, et des informations d'année.

La fin du mois est automatiquement ajustée pour des mois de moins de 31 jours, y compris des corrections pendant l'année bissextile. L'horloge fonctionne aux formats de 24 heures ou de 12 heures avec. Un indicateur d'AM/PM.

L'interfaçage du DS1302 avec un microprocesseur est simplifié en employant la communication périodique synchrone. Seulement trois fils sont exigés pour communiquer avec l'horloge/RAM: CE, E/S (ligne de données), et SCLK (horloge périodique). Le DS1302 est conçu pour opérer à très basse puissance et pour maintenir des données et l'information d'horloge sur moins de 1 μ W.

III.3.3.4 Schéma interne du DS1302 :

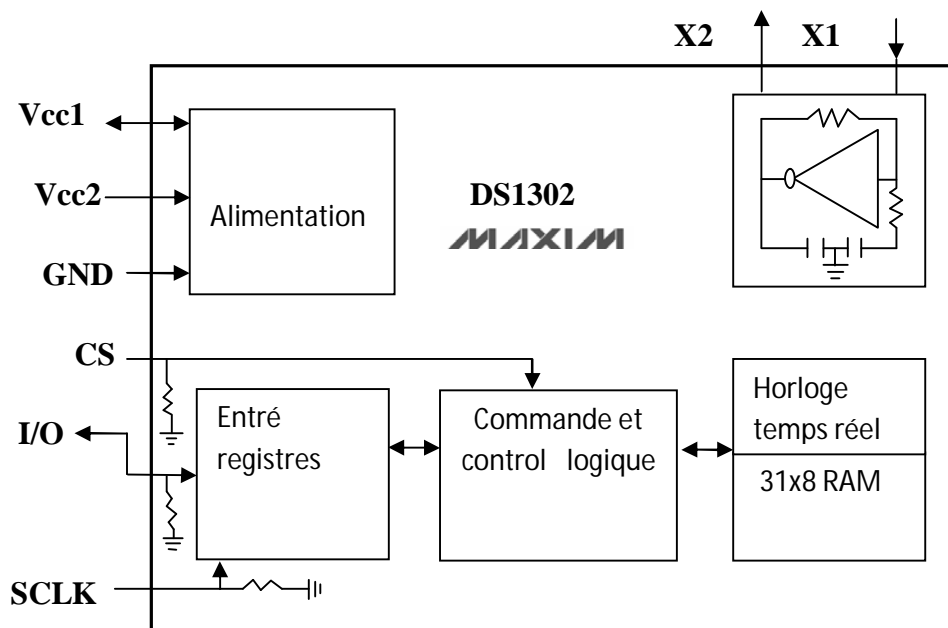


Figure III-9: schéma interne du DS.

III.3.3.5 description des pins :

Pins	Nom	Fonction
1	Vcc2	Alimentation primaire, Vcc1 est reliée à une source de secours pour maintenir l'heure et la date en l'absence de Vcc2. Le DS1302 fonctionne avec la plus grande puissance de Vcc1 ou Vcc2.
2	X1	Le DS1302 est relié à un quartz de 32,768 kHz comme c'est indiqué dans la figure
3	X2	
4	GND	Masse
5	CE	Le signal d'entrée CE doit être au niveau haut pendant la lecture ou l'écriture. Il est mit a la masse a travers une résistance a l'intérieur du DS
6	I/O	Pin d'entrée sortie des données échangées entre le DS et μ c
7	SCLK	Elle est utilisée pour synchroniser le mouvement des données dans l'interface série
8	Vcc1	Alimentation secondaire qui peut être une pile pour maintenir le DS sous tension s'il y a coupure au niveau de Vcc2

III.4.3 Méthodes de transfert de données :

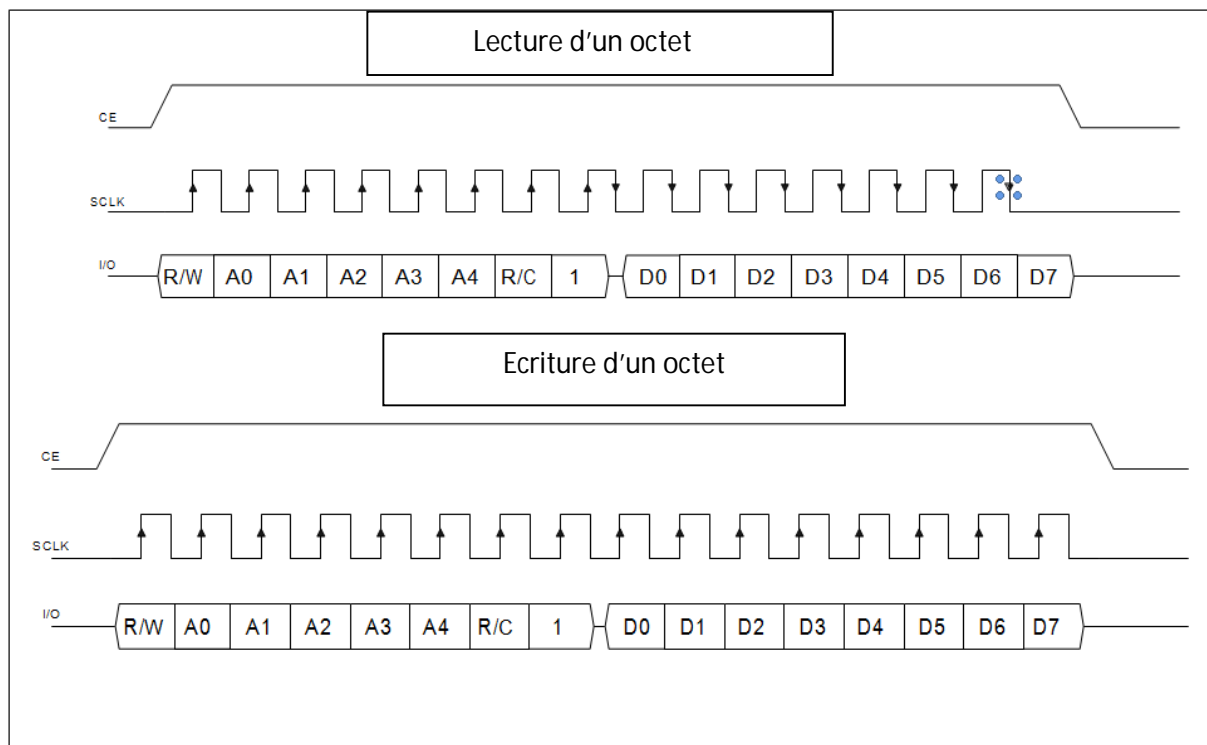


Figure III-10 : méthodes de transfert de données dans le DS1302

III.3.3.6 Brochage du dateur DS1302 avec le µC :

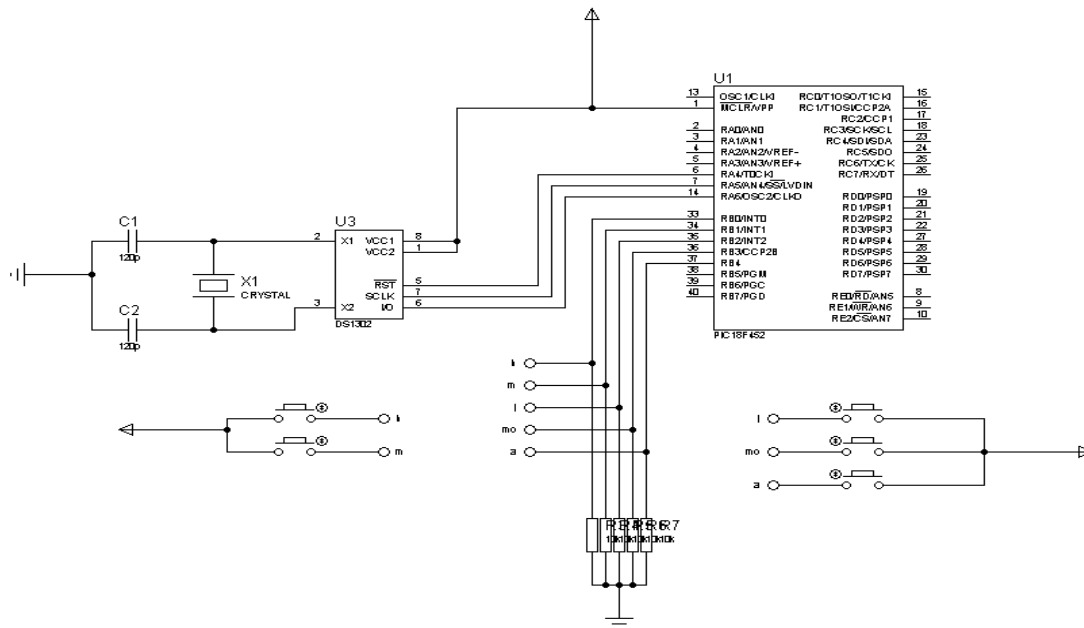


Figure III-11 : brochage du dateur avec le pic

III.3.5.1 le microcontrôleur pic (18F452) :

Les microcontrôleurs sont apparus lorsque les technologies d'intégrations ont suffisamment progressé pour permettre leur fabrication, ce sont des unités de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des périphériques internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout des composants externes.

Notre montage est architecturé autour du microcontrôleur PIC 18F8452 (comme on peut le voir sur le synoptique de fonctionnement (**figure III-1**)).

L'intégration du pic 18F8452 dans notre carte d'acquisition nous a permis d'utiliser que peu de composants. En effet, en ayant recours à la logique programmée, la transmission des données des « capteurs » vers le « pc » (micro-ordinateur) repose essentiellement sur le programme embarqué sur le pic (software).

III.3.5.2 Présentation et constitution du PIC 18F452 :

Caractéristiques	Pic18F452
Fréquence horloge MHz	DC-40 MHz
Mémoire programme FLASH	32 KO
Programme (instruction)	16384
Mémoire données	1536 octets
Mémoire EEPROM	256 octets

Interruptions	18
Ports parallèles	A, B, C, D, E
Timers	4
Capture/compare/pwm	2
Communications séries	SPI/I2C/USART
Communications parallèles	PSP
CAN 10 bits	8 entrées
Resets	POR, BOR, RESET, instruction, stack full, (PWRT, OST
Détection de VDD faible programmable	Oui
Instructions	75
Boitiers	40 pin DIP 44-pin PLCC, TQFP

- ❖ Architecture Harvard
- ❖ Horloge max de 40MHZ par multiplication interne PLL (avec quartz 10MHz)
- ❖ ROM programme flash
- ❖ Programmation et debug sur cible
- ❖ Chaque instruction sur 2octets
- ❖ Mémoire EEPROM à accès aléatoire (sauvegarde de données)
- ❖ Microchip appelle Timers les compteurs
- ❖ Capture : permet la mesure de température
- ❖ Compare : permet la production de signaux rectangulaires
- ❖ SPI : communication séries asynchrones sans protocole logiciel
- ❖ I2C : standard Philips, communication séries asynchrones avec protocole logiciel
- ❖ USART : communication séries asynchrones (RS232, RS485)
- ❖ CAN : convertisseur analogique-numérique a 10 entrées multiplexées

III.3.5.3 Organisation externe du pic 18F452 :

Les entrées sorties du microcontrôleur peuvent être groupées par fonction comme le montre la figure suivante :

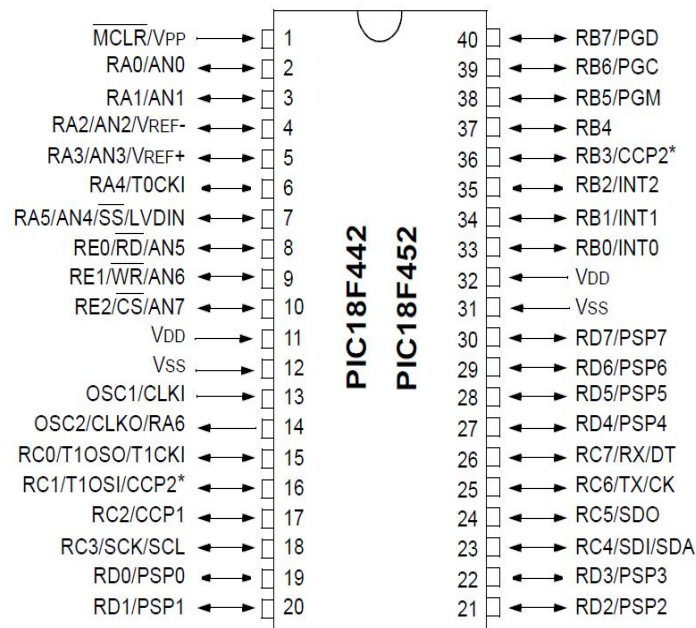


Figure III-12 : structure externe du pic18F452

Le boîtier du pic 18F452 décrit par la figure ci-dessus comprend 40 pins : 33pins d'entrées /sortie, 4pins pour l'alimentation, 2pins pour l'oscillateur et une pin pour le reset(MCLR).

➤ Les ports :

Le pic 18F452 dispose de 33pins d'E/S pour communiqué avec l'environnement extérieure.

Celles-ci sont réparties en 5 ports parallèles bidirectionnels :

- 7 lignes pour le port A.
- 8 lignes pour le port B.
- 8 lignes pour le port C.
- 8 lignes pour le port D.
- 3 lignes pour le port E.

III.4.Réalisation pratique :

Pour la réalisation pratique, on est passés par deux étapes essentielles :

- Réalisation du circuit imprimé.
- L'implantation des composants.

III.4.1.Circuit imprimé de la carte de commande:

Le circuit imprimé est présenté à la figure ci-dessous, il est réalisé par le logiciel de routage et de simulation électronique « PROTEUS 7.7 ».

III.4.1.2 L'insolation :

C'est une phase importante du processus de la réalisation d'un circuit imprimé.

Il faudrait bien vérifier les points suivants :

- Le bon plaquage du typon sur la face sensible de la plaque.
- Le sens du typon (Face Cuivré ou non).
- La durée de l'insolation.

III.4.1.3. La gravure :

Cette étape consiste à plonger la plaque obtenue après insolation dans le révélateur pour éliminer la résine brulée par les UV et après lavage de la plaque avec de l'eau, on la plonge dans un bain de perchlorure de fer afin d'éliminer le cuivre non protégé par la résine. Après avoir terminé on la rince à grande eau.

III.4.1.4. Le perçage :

On fixe la plaque sur une planche en bois afin d'éviter tous mouvements de cette dernière pendant le perçage, et pour chaque diamètre des trous on choisit le foret qui convient.

III.4.1.5 Implantation des composants de la carte de commande :

Dans cette partie, on fait la présentation des composants sur la carte dans leur place.

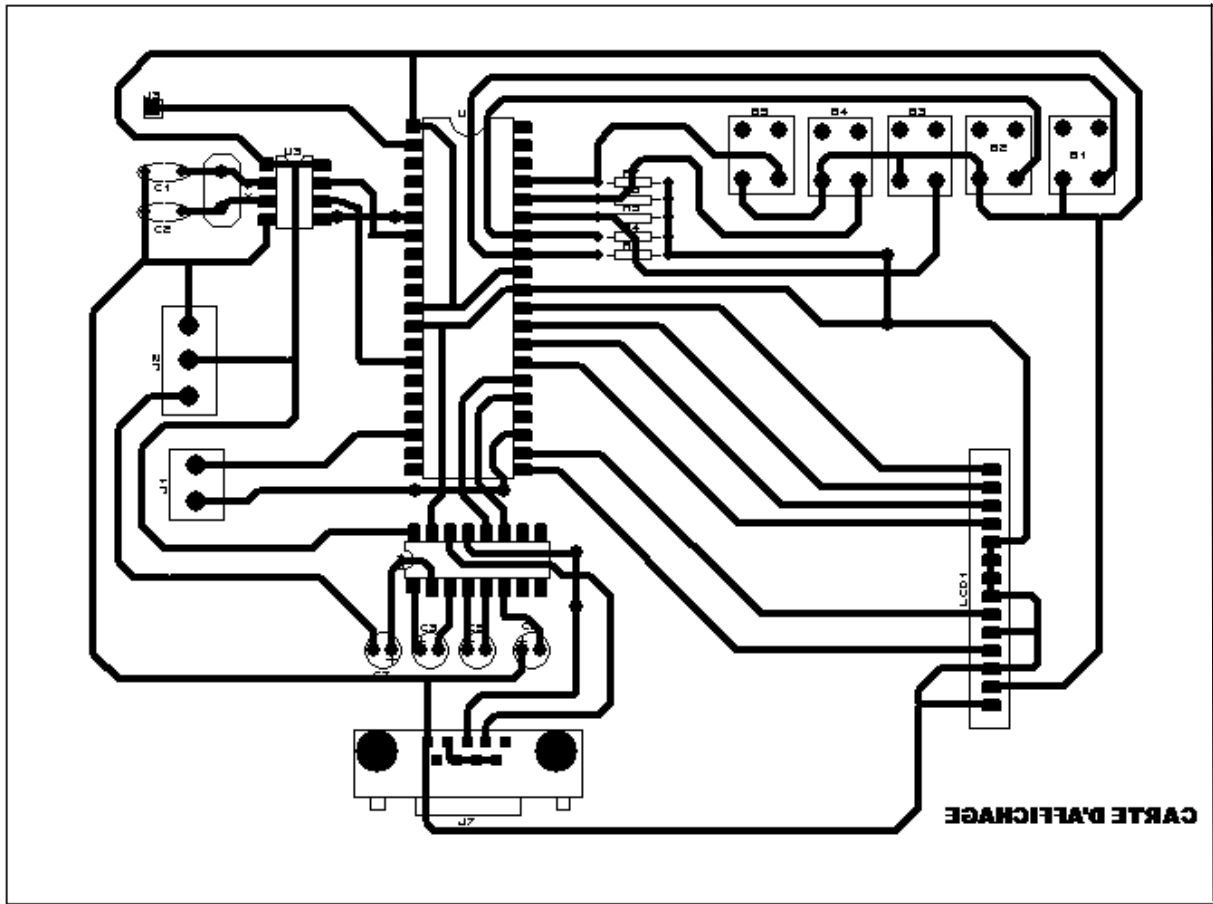


Figure III-13 : circuiterie et composants de la carte principale

III.4.1.6 Implantation des composants dans la carte du SHT15 :

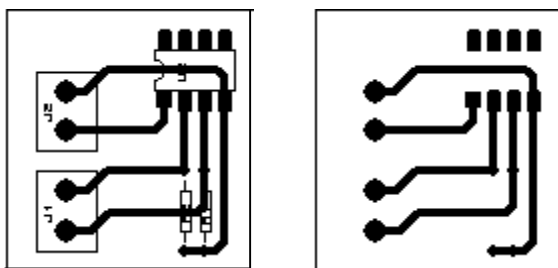
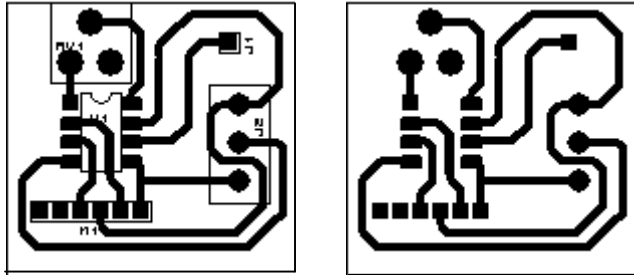


Figure III-14 : circuiterie et composants de la carte SHT15

III.4.1.7 Implantation des composants dans la carte du MPX2200 :**Figure III-15 :** circuiterie et composants de la carte du MPX2200

Chapitre IV

Description logiciel
et test

IV.1 Introduction

Ce chapitre décrit de manière succincte la conception logicielle et le test du programme de notre projet. Il s'agit donc de l'élaboration du programme d'exécution du fonctionnement de la carte qui sera piloté par le microcontrôleur PIC (**18F452**). Ce programme édité en langage évolué **C** et compilé par le compilateur **CCS**, sera par la suite téléchargé dans le microcontrôleur via un programmeur PIC (ici **WinPic800_3.55G**).

IV.2 Conception logiciel :

IV.2.1 Premier programme :

```
#include <pic18f452.h>    /// inclure le fichier contenant le code source (.h)
#include "sht15_lib.c"    /// inclure le fichier contenant le code source (.c)
#include "Flex_LCD_4x16.c"    ///
#include "ds1302_lib.C"      ///
```

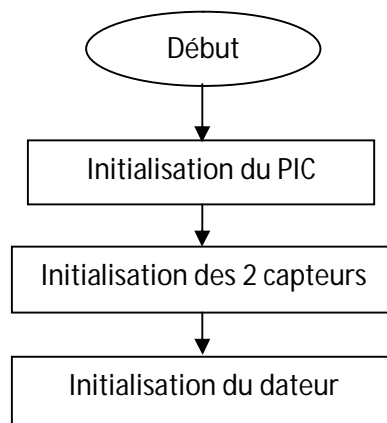
Déclaration des variables :

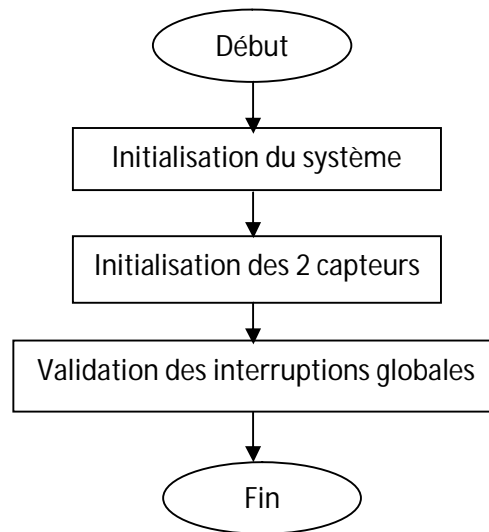
```
float restemp ;          /// déclaration de la variable réelle restemp (pour la température)
float truehumid ;       /// déclaration de la variable réelle truehumid (pour l'humidité)
void main(void)        /// entrée du programme principal
{
    Corps du programme
}                        /// fin du programme
```

IV.2.2 Les organigrammes :

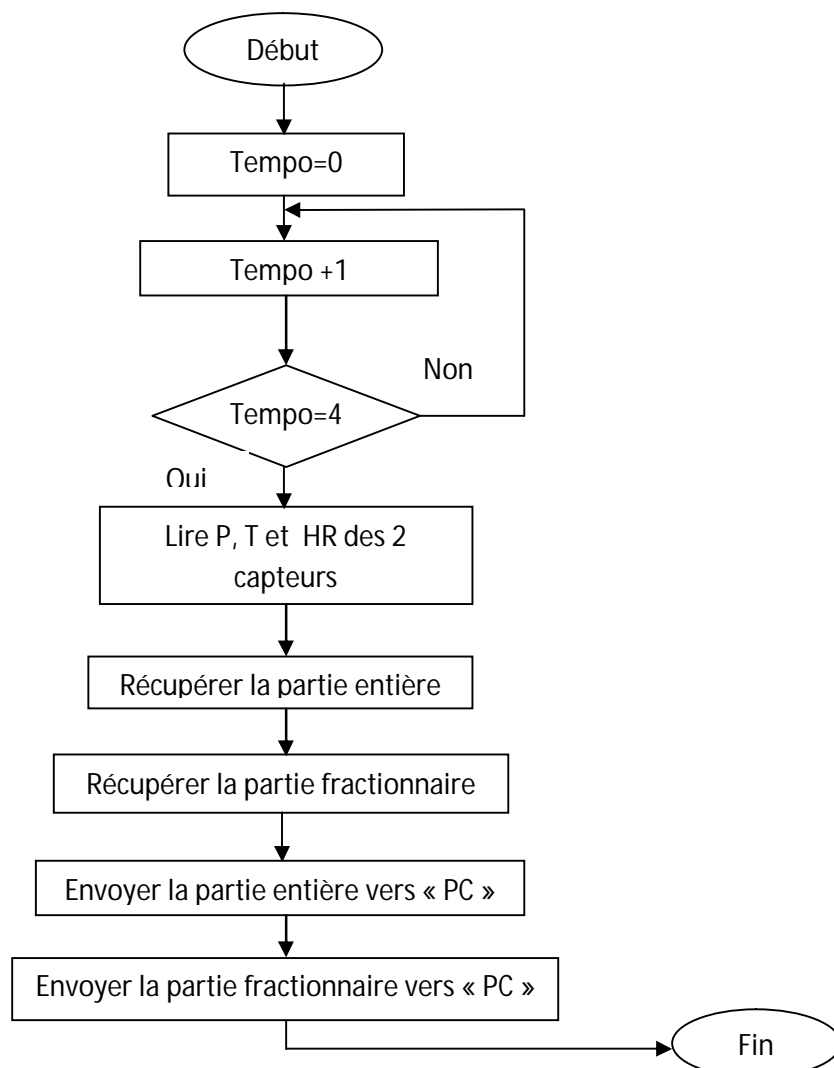
Les organigrammes ont pour but de faciliter la compréhension du déroulement du programme, et ne représentent que les actions principales effectués par le microcontrôleur.

IV.2.2.1 Organigramme d'initialisation :

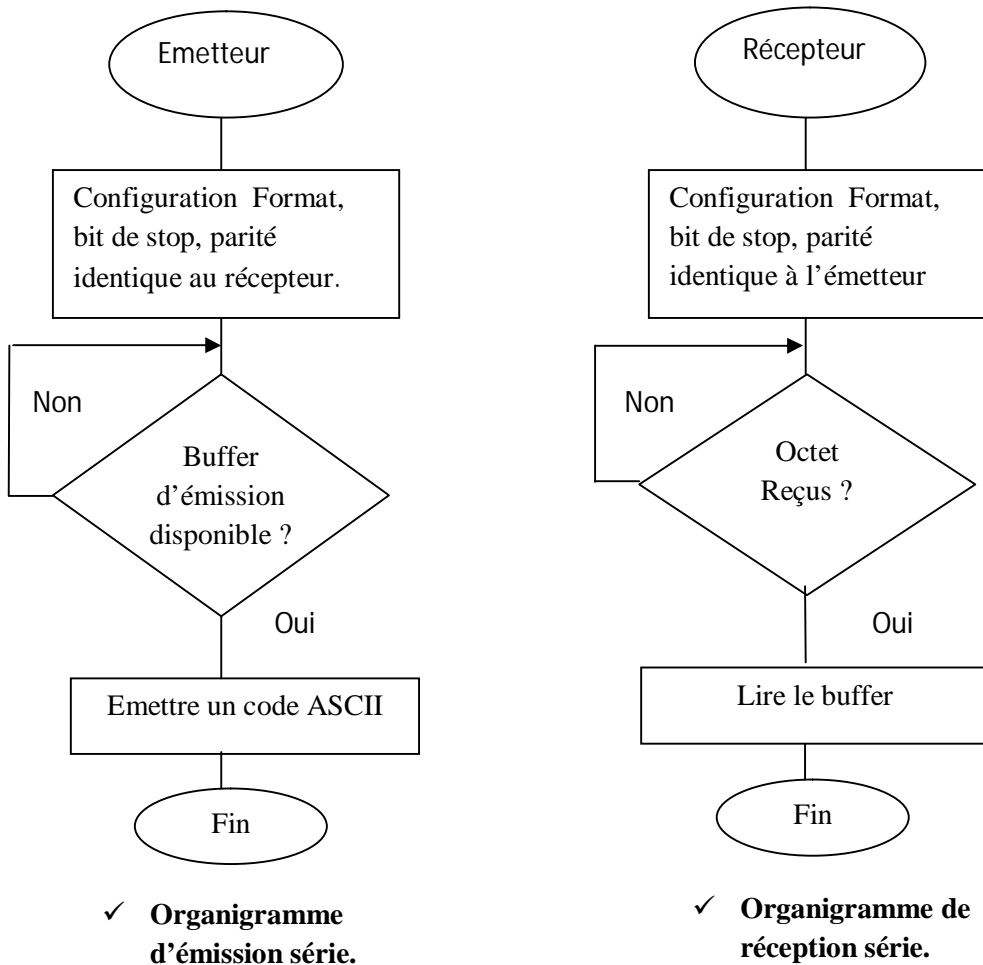


IV.2.2.2. Organigramme du déroulement du programme principal :**IV.2.2.3 Organigramme d'interruption du timer_1 :**

A chaque intervalle de 2 s, on fait une lecture des 2 capteurs (P, T, HR) et on envoie les résultats vers le PC (micro-ordinateur) pour l'affichage.



IV.2.2.4 Organigramme d'émission/réception série par RS232 :



IV.2.3 Ecriture et transfert du programme dans le PIC :

L'écriture du programme dans le PIC se fait par le compilateur CCS en langage C, nous l'écrivons d'abord sous forme littéral, après compilation, un fichier hexadécimal sera créé automatiquement et enfin on le transfère vers la mémoire du PIC en utilisant le logiciel WinPic800.

IV.2.3.1 Utilisation du logiciel CCS :

Pour l'écriture du code source du PIC, nous utilisons l'éditeur de texte du logiciel CCS. Ce logiciel que nous allons utiliser a un fichier intégré d'aide à la mise en route (un Wizard) bien pratique. La figure 1 donne le premier écran qu'on obtient après le lancement du logiciel. En créant un dossier vide où on enregistre le programme, on lance le logiciel et en cliquant sur les boutons « Projet », « PIC Wizard » simultanément ensuite il apparaît une fenêtre où le programme s'enregistre (dossier vide).

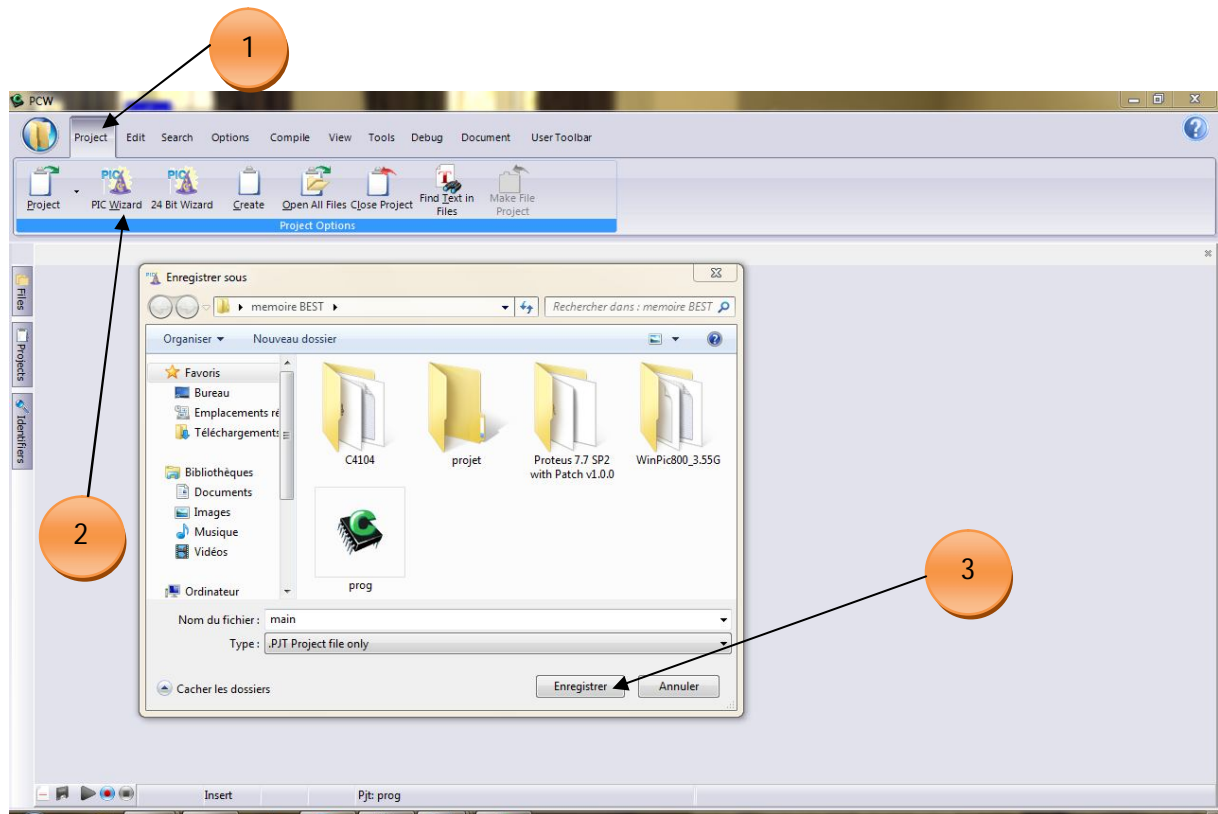


Figure IV-1 : Création et enregistrement du programme

Ensuite il apparaîtra une fenêtre qui fait la configuration du PIC par le logiciel qui est constitué de deux parties, l'une « à gauche » pour choisir le bloc pour la configuration du PIC et l'autre « à droite » comment le configurer.

On commence par choisir le type de microcontrôleur PIC à utiliser, ensuite on sélectionne la fréquence de l'oscillateur. On coche dans l'option «Fuses» , «Power Up Time» pour protéger la carte à PIC contre le rebondissement. Enfin on clic sur « OK » et la prochaine fenêtre s'affichera comme suit.

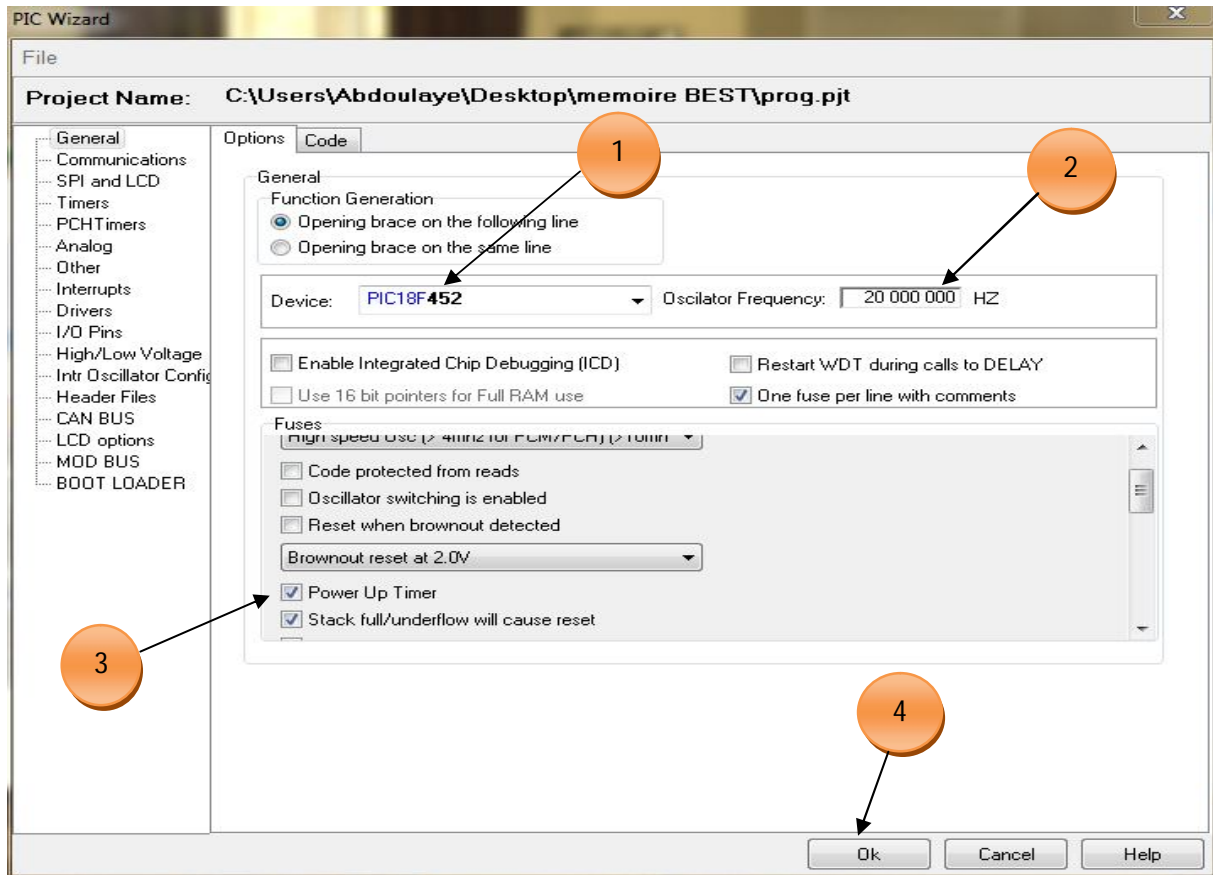


Figure IV-2 : Configuration du PIC par logiciel

Toujours dans le même cadran de gauche on sélectionne le volet « communications » et on coche les deux modes de communication (RS232 et I2C). Les pins sont configurés par défaut mais on peut les changer en cas de nécessité.

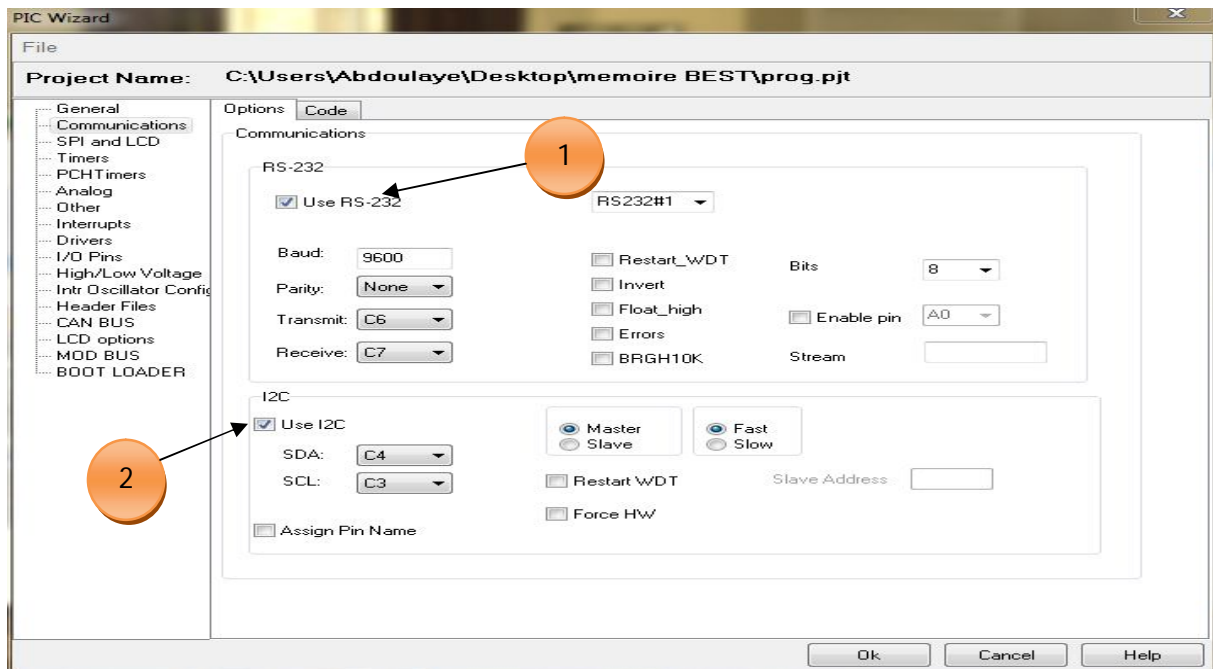


Figure IV-3 : Configuration des communications par logiciel

Nous pouvons ensuite choisir les entrées analogiques par lesquels nous souhaitons acquérir les données analogiques dans l'option « Analog ». Le logiciel nous retournera une liste des pins comportant les ports analogiques du microcontrôleur considéré. Dans notre cas il s'agit (A0, A3 = Vref+, A2 = Vref-).

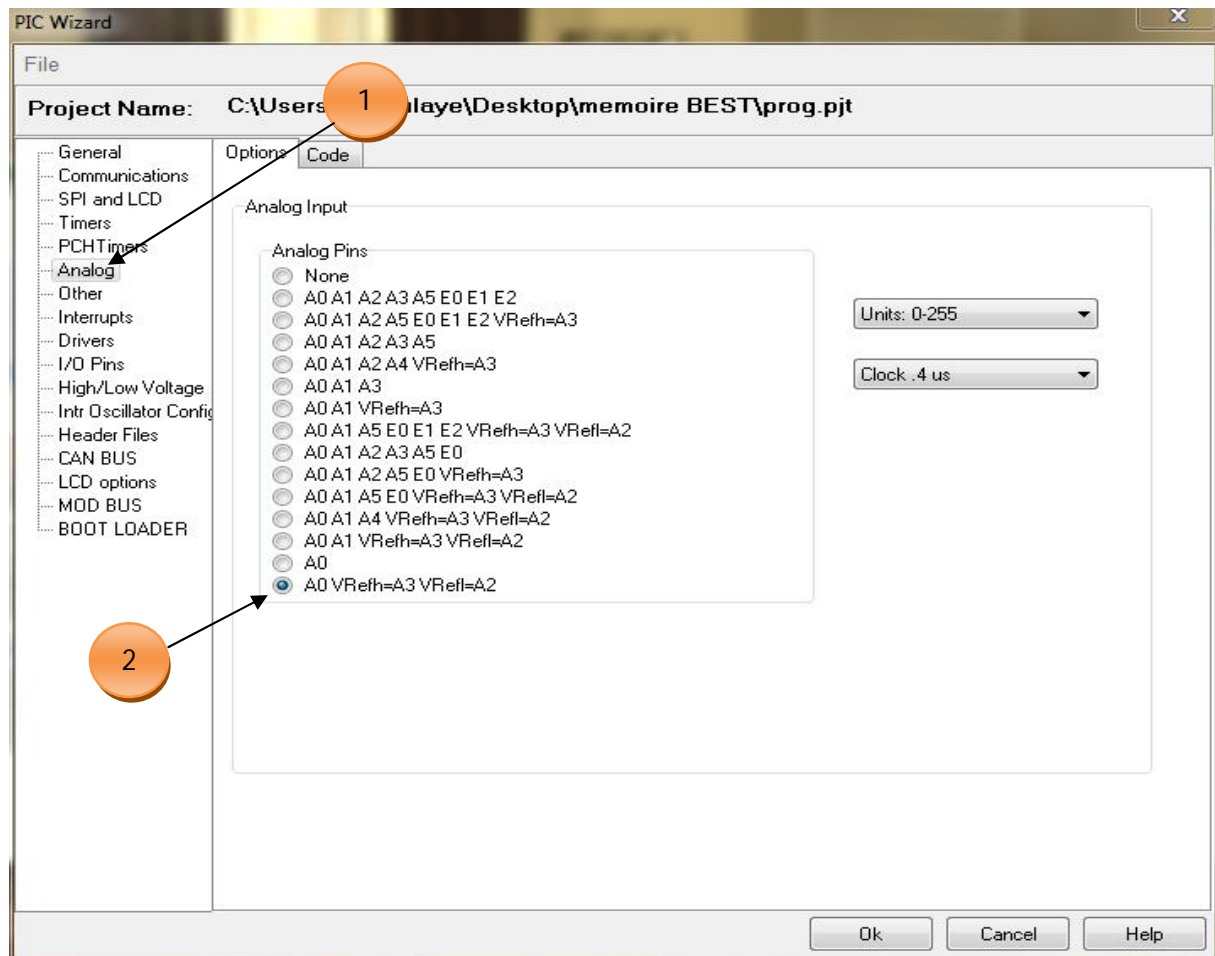
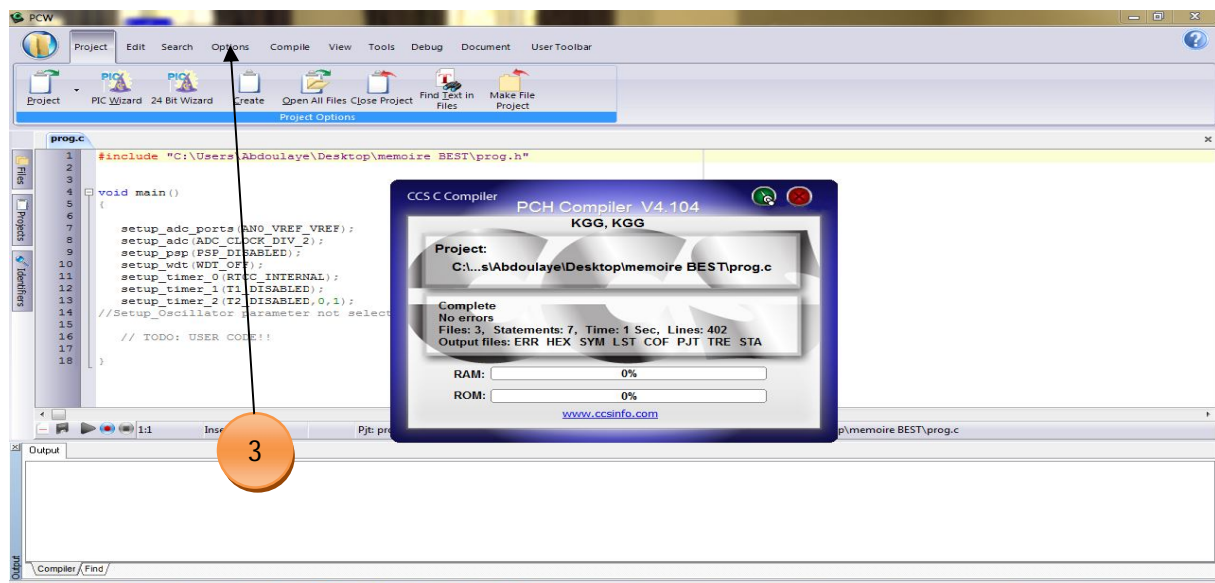
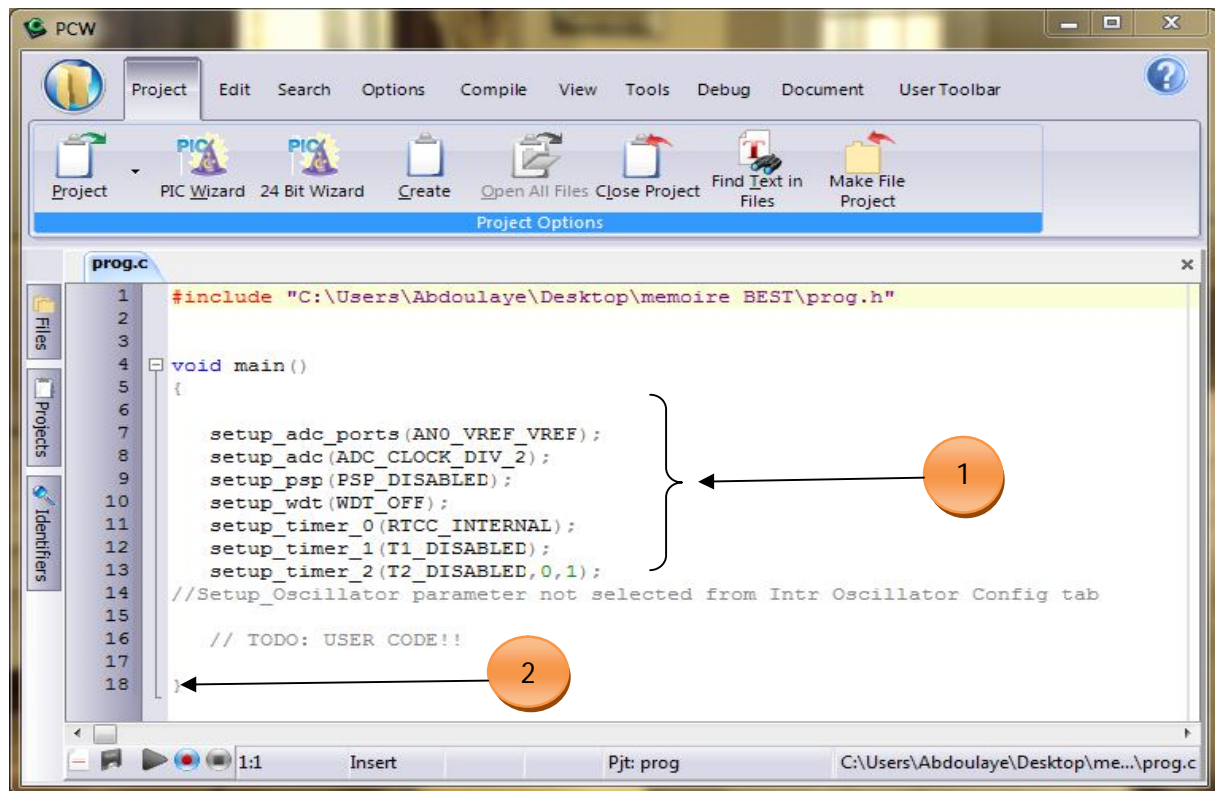


Figure IV-4: configuration des ports analogiques

Après cette configuration la prochaine fenêtre qui va s'afficher comportera un premier programme par défaut édité par le logiciel. A partir de là, on peut commencer à écrire le programme principal du projet qui sera contenu entre deux parenthèses. Enfin on lance la compilation du programme, si aucune erreur n'est signalée par le logiciel, alors le programme peut être simulé et chargé dans le PIC par la suite.



Figures IV-5 & 6: Premier programme compilé

IV.2.3.2 WinPic800_3.55G :

Pour le flashage du PIC on suit les étapes suivantes :

- ✓ On place le PIC 18F452 sur le support du programmeur universel.
- ✓ On branche le programmeur à l'unité centrale du micro-ordinateur et on le met sous tension.
- ✓ On lance le logiciel WinPic800_3.55G.

- ✓ On choisit le PIC (dans mon cas c'est le 18F452).
- ✓ La configuration des paramètres du PIC sur le logiciel.

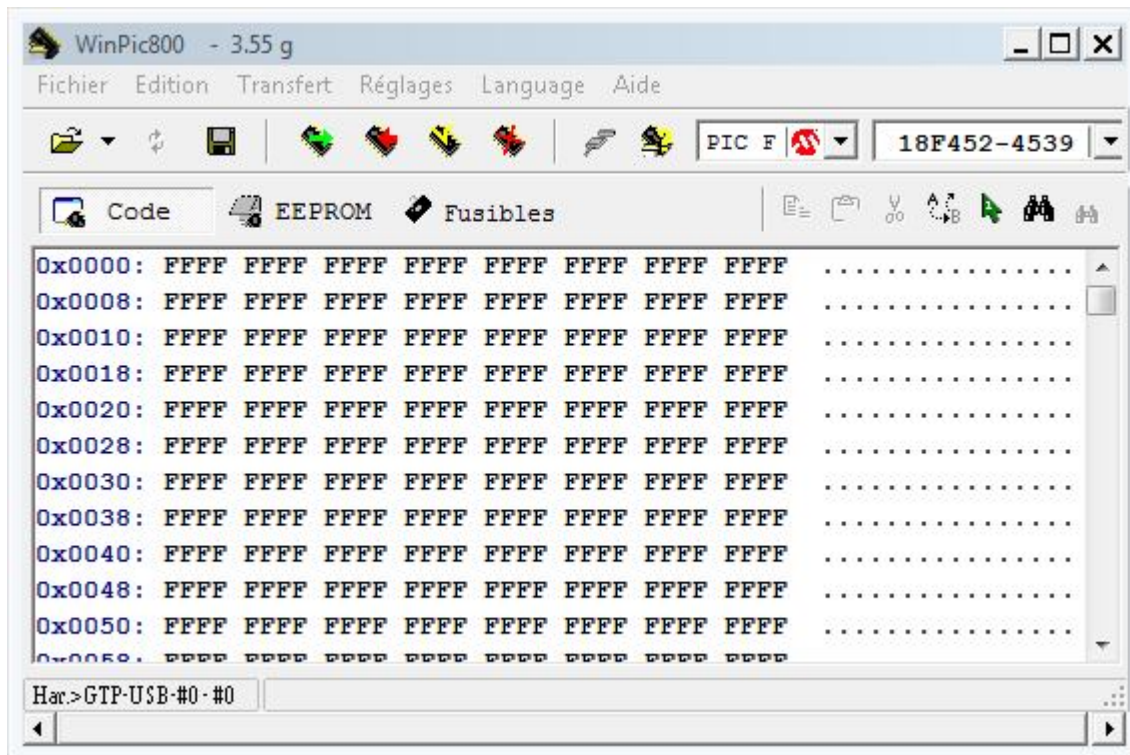


Figure IV-7 : Programmation du PIC sous WinPic800_3.55G

IV.2.3.3. Affichage sur micro ordinateur

Pour afficher notre projet sur un micro ordinateur (PC), nous avons une multitude de choix de logiciels pouvant assurer cette tâche. Dans notre cas nous avons opté pour un système très souple à utiliser qui n'est rien d'autre qu'un accessoire fourni par le système d'exploitation **Windows XP (Hyper Terminal)** ; de part sa simplicité, il requiert d'une interface vivement exploitable pour toute acquisition de données et affichage.

IV.2.3.3.1. Comment accéder à Hyper terminal

Ce logiciel est employé pour surveiller et enregistrer des données transférées par diverses interfaces de données. Il peut combiner des données des points d'émission de données multiples et les écrire dans des dossiers, base de données ou les exporter en temps réel vers d'autres applications. Pour lancer l' **Hyper terminal**, voici les étapes à suivre :

- « Démarrage » puis « Tous les programmes »
- « Accessoires » puis « Communications » et enfin « Hyper Terminal »

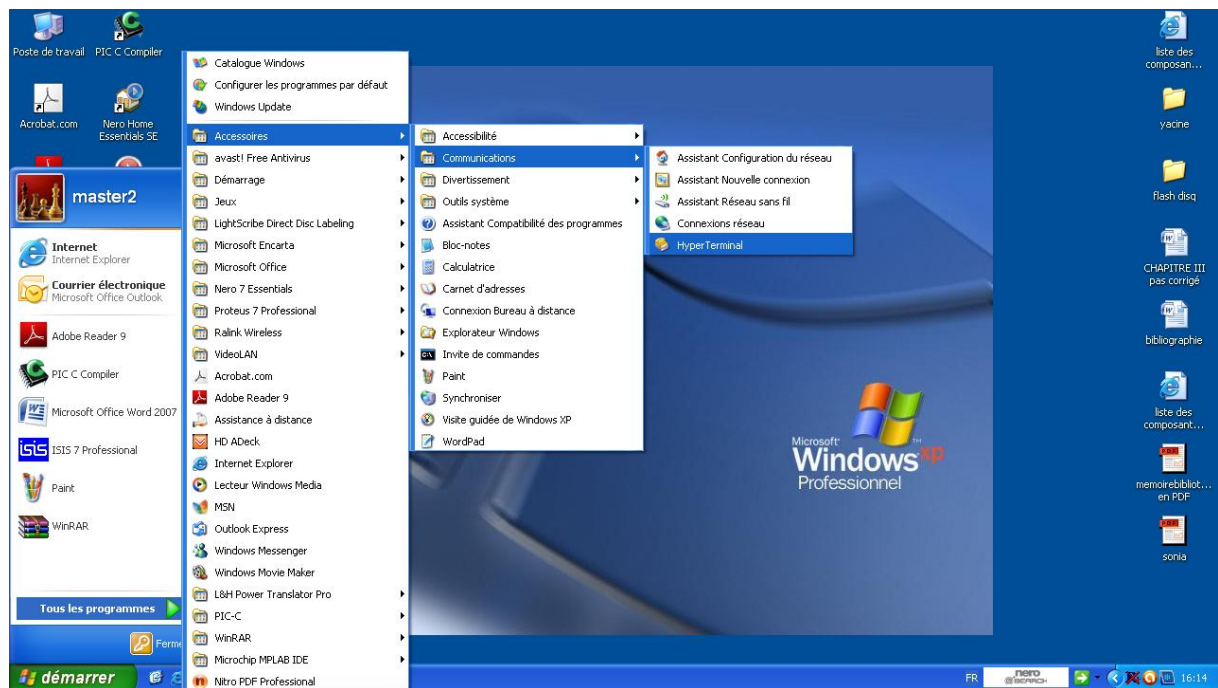


Figure IV-8 : Lancement de l'Hyper Terminal

IV.2.3.3.2. Configuration de l'emplacement de l'utilisateur :

Nous allons utiliser ce logiciel comme si on établissait une connexion internet « Web » ou un support modem, alors on sera obligé de fournir des renseignements concernant notre emplacement tant qu'utilisateur. Pour cela dès le premier lancement du logiciel il apparaît la fenêtre suivante avec des cases d'informations à remplir : Pays, indicatif, numéro de téléphone...

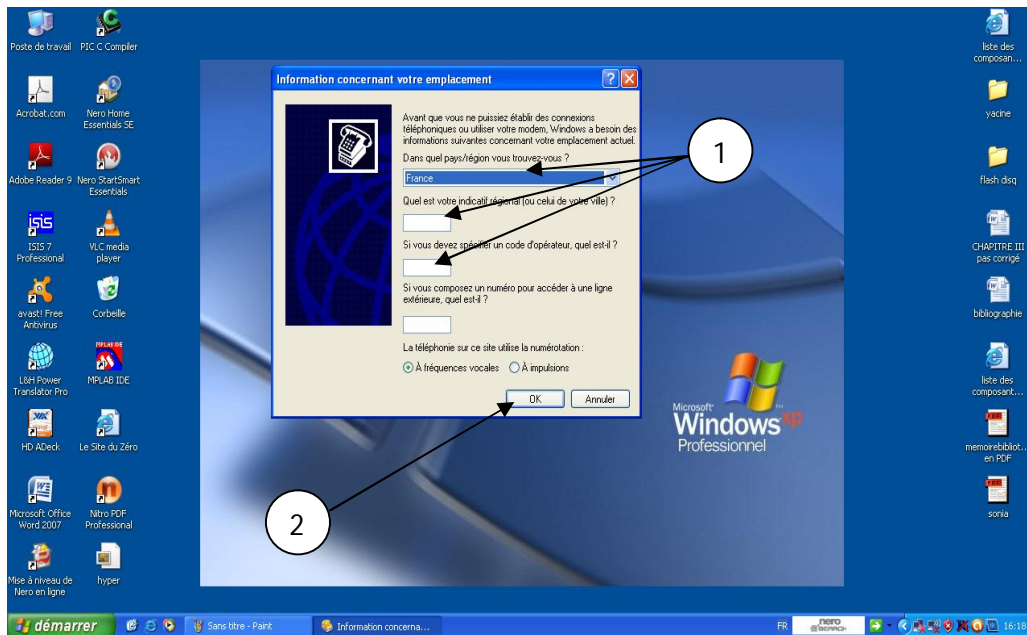


Figure IV-9: Enregistrement des informations

IV.2.3.3.3. Description de la connexion

Après avoir enregistré tous les informations nécessaires dans le logiciel, la nouvelle fenêtre qui s'affichera est celle de la description de notre type de connexion. Nous avons choisi la « météo » qu'est le principal objet d'étude de notre projet.

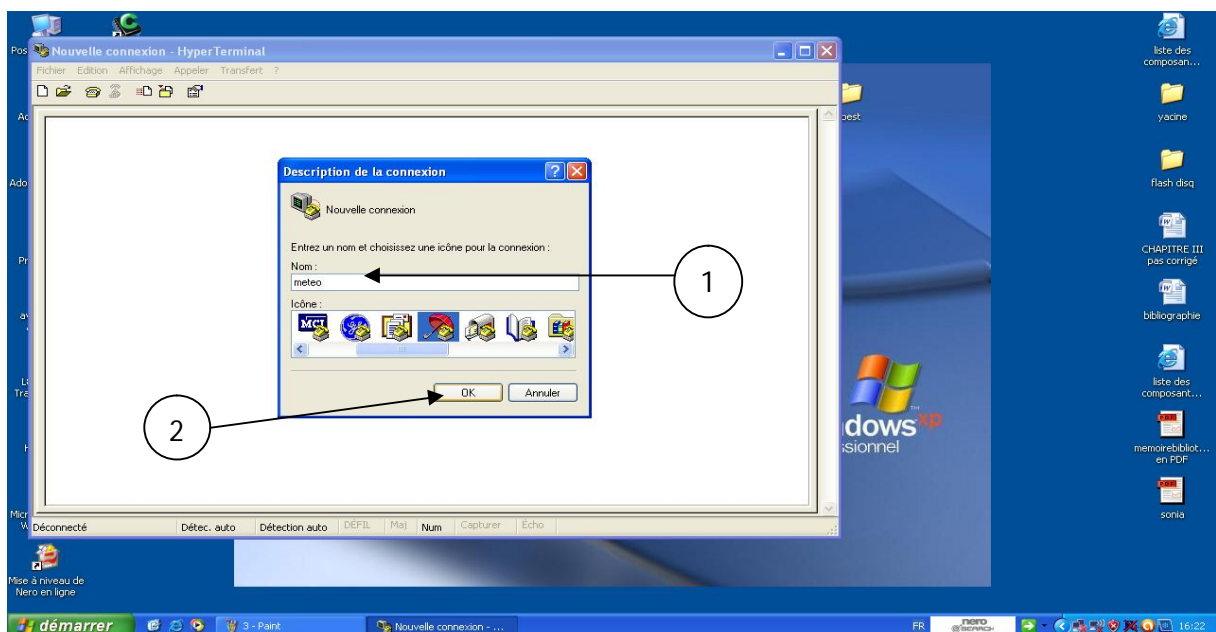


Figure IV-10 : Choix de l'icône de la connexion

IV.2.3.3.4. Configuration de la connexion

Pour la configuration elle est simple, il suffit juste de choisir le type de liaison qu'on doit utiliser pour acquérir les données, évidemment ici c'est la liaison RS232 qui est « COM1 » pour nous.

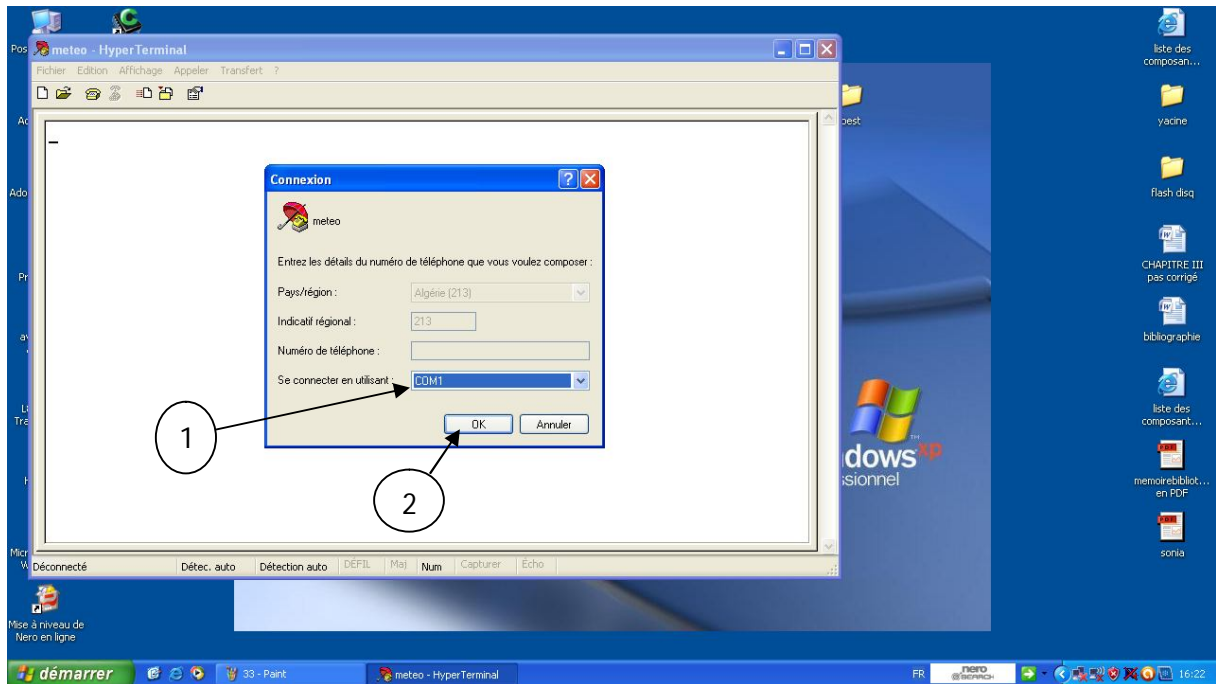


Figure IV-11 : Configuration de la connexion

IV.2.3.3.5. Configuration du port

Après avoir choisi la connexion, il apparaît une nouvelle fenêtre qui nous donne l'option de configuration des ports « Propriétés des ports ». Alors on commence par la sélection des « bits par seconde » qui est réglé à « 9600 ». Le nombre de bits de données est choisi dans l'option « bits de données » (8 dans notre cas), pas de bit de parité en sélectionnant « Aucun » dans « Parité ». Le bit d'arrêt est « 1 ». Dans « Contrôle du flux » on choisit « matériel ». Une fois que le port est bien configuré avec tous les paramètres, on clique sur « OK ».

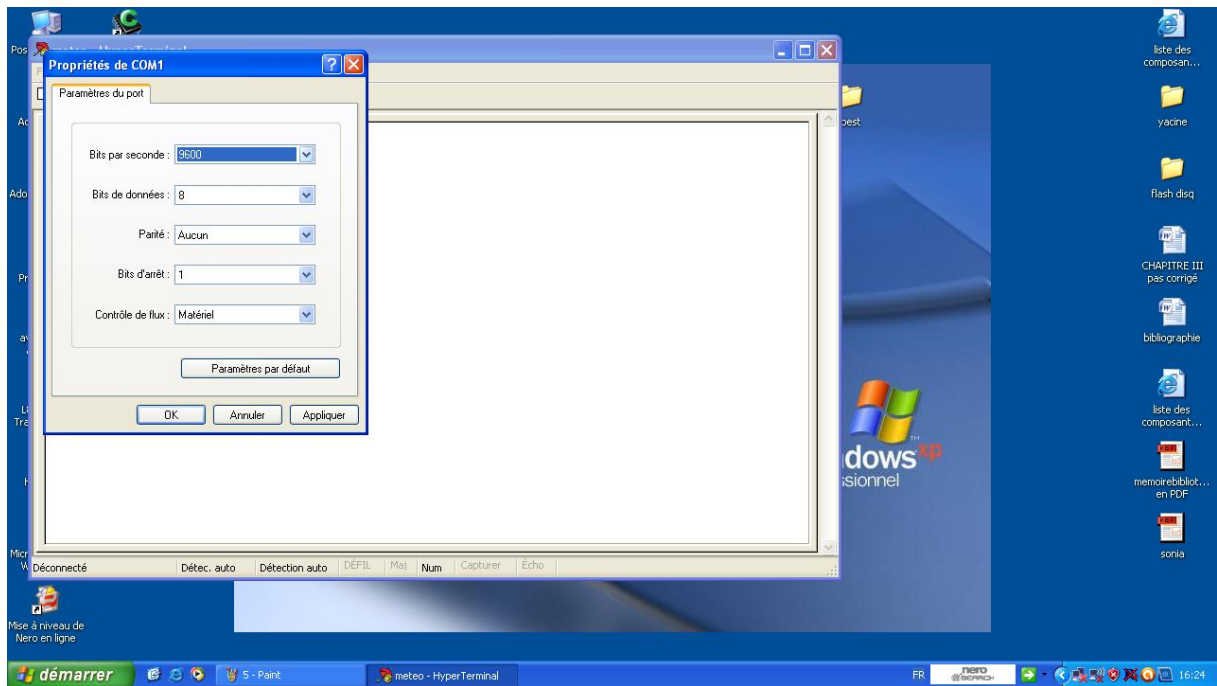


Figure IV-12 : Configuration du port

IV.2.3.3.6. Affichage des données

Après la précédente configuration la nouvelle fenêtre sera celle d'affichage des données reçues via le port « COM1 ». On peut toute fois soit les stocker, soit les envoyer en temps réel vers un autre microordinateur.

IV.2.3.4. Programme de gestion du système

```
#include "H:\shit\shit.h"

#include "sht15_lib.c"

#include "Flex_LCD_4x16.c"

#include "ds1302_lib.C"

#include "reglage_lib.c"

#use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)

#bit h = 0xF81.0 //BP pour regler les heures (0XF81 = l'adresse du PORTA)

#bit m = 0xF81.1//BP pour regler les minutes

#bit j= 0xF81.2//BP pour regler les jours

#bit mo = 0xF81.3//BP pour regler les mois

#bit a = 0xF81.4//BP pour regler les années

void main()

{

    setup_adc_ports(NO_ANALOGS);

    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2);

    setup_psp(PSP_DISABLED);

    setup_spi(SPI_SS_DISABLED);

    setup_wdt(WDT_OFF);

    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL);

    setup_timer_1(T1_DISABLED);

    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);

    setup_timer_3(T3_DISABLED|T3_DIV_BY_1);
```

```
float restemp, truehumid;

lcd_init();

sht_init();

ds1302_init();    // initialisation le dateur DS1302

ds1302_set_datetime();

debut:

    sht_rd (restemp, truehumid);

    ds1302_get_datetime();    // lire les registres du dateur

    lcd_gotoxy(1,1);

    printf(lcd_putc,"Temp : %3.1f %cC  ", restemp, 223);

    lcd_gotoxy(1,2);

    printf(lcd_putc,"RH  : %3.1f %%  ", truehumid);

    lcd_gotoxy(1,3);

    printf(LCD_PUTC,"Time : %02u:%02u:%02u", heures, minutes, secondes);

    lcd_gotoxy(1,4);

    printf(LCD_PUTC,"Date : %02u/%02u/%02u", jours, mois, annee);

    ///delay_ms(250);

    if(h==1) //si on clique sur BP "h"

    {

        r_heurs(); //appeler a la fonction "r_heurs" dans reglage.c

        delay_ms(400); //le temps de l'apui (la meme chose pour la suite...)

    }
```

```
if(m==1)
{
    r_minute();
    delay_ms(400);
}
if(j==1)
{
    r_jours();
    delay_ms(400);
}
if(mo==1)
{
    r_mois();
    delay_ms(400);
}
if(a==1)
{
    r_annee();
    delay_ms(400);
}

printf ("%02u/%02u/%02u %02u:%02u:%02u temp : %3.1f C RH : %3.1f %%
\n\r",jours, mois, annee,heures, minutes, secondes,
restemp,truehumid);
```

```
delay_ms(250);
```

```
goto debut;
```

```
}
```

conclusion

générale

Conclusion Générale :

De nos jours l'avantage avec l'électronique actuel c'est son pouvoir de passer à la conception des circuits importants et leur mise en œuvre avec une grande souplesse et fidélité offerte par l'énorme degré d'intégration des circuits électroniques , le microcontrôleur est « l'un des circuits intégrés » qu'on a utilisé et le plus important élément dans notre carte d'acquisition, ajoutant à ce circuit le pouvoir informatique , on aura l'avantage de traduire des problèmes matériels à des problèmes de programmation qui sont plus facile à régler, avec un langage de programmation adapté qui sera le point essentielle de notre réalisation .

Ce projet de fin d'études nous a bien aider à complété notre cursus dans le domaine de l'électronique, car en plus de toute la théorie étudier durant ce cursus, cette année nous a servie au perfectionnement de nos acquis pratiques et à l'utilisation de divers logiciels de programmation et de conception telle que (CCS PIC C COMPILER et WINPIC800, PROTEUS PROFESSIONNEL 7.7 « ISIS » pour les schémas et circuits intégrés , et pour l'interface graphique le logiciel le composant hyper terminal de WINDOWS.....etc. Ce projet sera d'un intérêt non négligé puisque il va bien servir les essais de haute tension au niveau des laboratoires d'E.T.H.

Pour finir, cela n'exclu pas aux futures générations d'étudiants d'apporté des améliorations dans ce projet, telle que l'enregistrement des données acquises sur un support amovible.

annexe

Nomenclature des composants

Les tableaux ci-dessous montrent les composants utilisés dans notre circuit :

Résistance		
Quantités	Référence	Type
1	Potentiomètre	500 Ω
7	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7	10K

Capacités		
Quantités	Référence	Type
2	C1, C2	120pF
2	C3, C4	27pF
4	C5, C6, C7, C8	1uF

Circuits intégrés		
Quantités	Référence	Type
1	U1	PIC 18F452
1	U2	SHT 15
1	U1	MPX2200AP
1	U3	DS1302
1	U4	MAX232

Autres composants		
Quantité	Référence	Valeur
5	Boutons Poussoirs	
1	Quartz	20MHZ
1	Quartz	33kHz

1	LCD	LM 041L
1	Connecteur Femelle RS232	
	Connecteurs Simples	J1, J2, J3, J4, J5, J6, J7

Bibliographie

[1] Christian tavernier, Apprendre la programmation des PIC, PARIS, l'USINE NOUVELLE, DUNOD, 2005.

[2] Bigonoff : La programmation des Pics édition 2002.

[3] Pascal mayeux : Apprendre la programmation des Pics, 3^{ème} édition, PARIS, DUNOD, 2005.

[4] Christian Dupaty Professeur de génie électrique, dupaty@univ-mrs.fr, Connaissance nécessaires à la programmation des microcontrôleurs en langage C.

[5] M^f. Akouba Aziz et M^f. Adjeghout Yacine, Etude et réalisation d'un thermomètre numérique à capteur numérique, FGEL, UMMTO 2009.

[6] Georges Asch et collaborateurs : Acquisition de données Du capteur à l'ordinateur, 2^{ème} édition, DUNOD, 2003.

[7] M^f NAIT ALAMARA MEHDI, *Mesure de la température du sol à base communication IIC « Inter Integrated Circuit »*

Documents Internet :

[1] <http://www.planete.net/~surbanov/i2c/intro.html>. Cour sur le bus I2C.

[2] <http://www.esacademy.com/faq/i2c/index.htm>. Cour sur le bus I2C.

[3] <http://www.abcelectronique.com/> Forum de discussion sur le domaine de l'électronique.

[4] <http://pagesperso-orange.fr/fabrice.sincere/> Fabrice sincère, documentation et orientation en électronique.

[5] <http://www.microchip.com> Site de cours d'électronique général

[6] <http://www.ccs.com> Forum de discussion sur le logiciel de programmation CCS Compiler.