

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE 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 : contrôle

*Thème :*

Etude et réalisation d'un système de mesure météorologique à base d'un microcontrôleur et de capteurs numériques avec transmission des données par la voix GSM

**Proposé et dirigé par :**

**M<sup>r</sup> LAGHROUCHE**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> KANA AMAR  
M<sup>elle</sup> HAMENNI TAOUS**

Promotion 2011

## Dédicaces

*Je dédie ce travail*

*A la mémoire de mon grand père paternel, ma mère maternel et ma tante Khlidja que Dieu leur accorde sa miséricorde*

*A Mes très chers parents pour leurs sacrifices et leur soutient*

*A ma tante Fazia pour tous ce qu'elle fait pour moi*

*A mes grands parents*

*A mes frères*

*A mes sœurs et leurs maries*

*A mes biens aimés Amazigh, Aghilès et Farid*

*A mes oncles et mes tantes*

*A tous mes amis(es)*

*A tous ceux qui ont contribué à ma formation*

*Et à Papillon.*

*Taous*



## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents dont les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de vivre la joie de ce jour ; Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance, ma gratitude et mon respect. Que Dieu leur préserve bonne santé et longue vie.*

*A mes frères et sœurs; j'espère avoir atteint le seuil de vos espérances.*

*A mes nièces et neveux; je leur souhaite un brillant avenir.*

*A ma grande famille, à mes amis et à tous ceux qui ont su m'apporter soutien aux moments difficiles.*

*A mes enseignants et à tous ceux qui ont assisté à ma formation depuis mon premier jour à l'école.*

*A la rose des quatre saisons, ma source d'énergie et la raison de mon bien être.*

*Et surtout, à la mémoire d'un Homme qui s'est sacrifié deux fois pour sa nation et qui a fini par avoir l'honneur de tomber en martyr à sa présidence. Parmi les rares souvenirs que je garde de vous, un qui m'est gravé à l'esprit. C'était votre dernier mots «...Et nous constatons que les nations nous ont dépassés. par quoi ? Par le savoir. Et l'Islam...» si c'était moi qui tenais l'arme et qui étais chargé de vous abattre, je vous aurais épargné pour ce que vous disiez. J'étais enfant mais je vous avais compris, c'était tellement claire que même les enfants l'avaient compris, c'était tellement vrai que près de vingt ans plus tard on s'en souvient encor.*

*Ce que je ne comprenais pas en vous, les grands Hommes est que vous mouriez toujours pour ce que vous aimiez. Portant vous saviez que la mort est une défaite et que rien ne peut arriver de mal a un pays, pire que la mort de ses grands Hommes.*

*Reposez en paix; aujourd'hui, les enfants d'autrefois sont devenues des Femmes et des Hommes qui respectent votre mémoire. Suivent vos conseils, estiment vos sacrifices, croient en votre cause, mais qui vivent pour ce qu'ils aiment.*

*Je parle bien de Mohamed Boudiaf.*

## Sommaire :

<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Chapitre I : Structure générale d'une chaîne d'acquisition de données</b> .....	02
I.1 Introduction.....	02
I.2 Partie analogique dans une chaîne d'acquisition de données.....	03
I.2.1 Le capteur.....	03
I.2.2 Les bruits.....	05
I.2.3 Les amplificateurs.....	08
I.2.4 Le multiplexeur.....	08
I.2.5 L'échantillonneur Bloqueur.....	08
I.2.6 Les convertisseurs Analogique-Numérique.....	09
I.3 Partie numérique dans une chaîne de mesure.....	10
I.3.1 Les systèmes à microprocesseurs.....	10
I.3.1.1 Le microprocesseur.....	10
I.3.1.2 Les bus.....	11
I.3.1.3 La mémoire centrale.....	11
I.3.1.4 Les interfaces.....	12
I.3.2 Les systèmes temps réel.....	14
I.3.3 Les interruptions.....	15
I.3.4 Pilotage par microprocesseur d'une chaîne d'acquisition.....	15
I.4 Conclusion.....	18
<b>Chapitre II : la norme GSM</b> .....	19
II.1 introduction.....	19
II.2 La norme GSM.....	19
II.3 Le service SMS.....	21
II.4 Interfacer un Téléphone portable par un PC.....	26
II.5 Conclusion.....	31
<b>Chapitre III : Conception matérielle et logicielle</b> .....	32
III.1 Introduction.....	32
III.2 Le pic 18F452.....	32
III.3 Le compilateur C de CCS.....	41
III.4 L'outil de développement et de simulation Proteus.....	47
III.5 Présentation du circuit intégré DS1302.....	54
III.5.1 Définition.....	54
III.5.2 Brochage et description des pins.....	54
III.5.3 Communication entre le Ds1302 et microcontrôleur.....	55
III.6 Mesure de température et d'humidité.....	60
III.6.1 Présentation du sht15.....	60
III.6.2 Brochage du SHT15.....	60

# Sommaire

---

III.6.3 Performances et caractéristiques électrique.....	61
III.6.4 Communication avec le capteur.....	62
III.6.5 Mesure de l'humidité relative et de la température.....	63
III.6.6 Conversion du signal.....	64
III.7 Mesure de précipitations.....	68
III.7.1 Histoire de la mesure de précipitations.....	68
III.7.2 Lamme d'eau, taux de précipitation.....	68
III.7.3 Description d'un pluviomètre.....	69
III.7.4 Types des pluviomètres.....	69
III.7.5 Contraintes et Sources d'erreurs de mesure.....	72
III.7.6 Notre pluviomètre.....	74
III.8 Simulation et réalisation du circuit complet.....	77
III.9 Conclusion.....	83
<b>Chapitre IV : Perspectives et conclusion.....</b>	<b>84</b>
IV.1 Perspectives.....	84
IV.1 .1 Problème de transmission.....	84
IV.1 .2Problème du coût et exploitation du service d'appels vocaux.....	85
IV.1 .3 Que dit-on d'un Réseau National pour la Sécurité Routière .....	85
IV.2 conclusion générale .....	87

# Liste des figures

---

## Liste des figures :

### Chapitre I :

Figure (01) : Structure générale d'une chaîne d'acquisition de données.....02

### Chapitre II :

Figure (02) : Structure générale d'un réseau GSM.....20

Figure (03) : Acheminement d'un SMS.....22

Figure (04) : Le logiciel convertSMS.....26

Figure (05) : La liaison entre le TE et le ME.....27

Figure (06) : Lancement d'une connexion sur Hyper terminal.....29

Figure (07) : Choix du port à utiliser.....29

Figure (08) : Configuration du port série.....30

Figure (09) : Envoie et sauvegarde d'un SMS en mode texte.....30

Figure (10) : Envoie et sauvegarde d'un SMS en mode PDU.....31

### Chapitre III :

Figure (11) : Brochage du PIC 18F452.....33

Figure (12) : Architecture interne du PIC18F452.....35

Figure (13) : Brochage de l'horloge externe du pic 18f452.....37

Figure (14) : Les différents types de Reset.....38

Figure (15) : La rubrique d'aide de CCS.....42

Figure (16) : La fenêtre principale de l'environnement de développement PCWHD.....42

Figure (17) : La fenêtre qui permet d'enregistrer un nouveau programme.....43

Figure (18) : La fenêtre principale prête à saisir le programme.....44

Figure (19) : Fenêtre du PIC WIZARD permettant de configurer le PIC.....44

Figure (20) : Les paramètres du programme en cours de compilation.....45

Figure (21) : Le menu tools de l'IDE de CCS.....46

Figure (22) : Configuration de la liaison série.....46

Figure (23) : Fenêtre principale d'ISIS.....47

Figure (24) : La fenêtre de choix de composants "Pick Devices".....48

Figure (25) : Exploration du menu Debug.....50

Figure (26) : Fenêtre principale de ARES.....51

Figure (27) : Exploration du menu Output.....52

Figure (28) : Programme pour l'envoi d'un SMS en mode PDU.....52

Figure (29) : Programme pour envoi d'un SMS en mode TEXT.....53

Figure (30) : Simulation de l'envoi d'un SMS en modes PDU et TEXT.....53

Figure (31) : Diagramme en block du DS1302.....54

Figure (32) : Brochage du DS1302.....55

Figure (33) : L'opération de lecture et d'écriture de données.....57

Figure (34) : Algorithme du programme du DS1302.....58

Figure (35) : Simulation du fonctionnement du DS1302.....59

## Liste des figures

---

<b>Figure (36)</b> : Montage typique en circuit du SHT15.....	60
<b>Figure (37)</b> : Courbe de tolérance maximale de l'humidité relative.....	61
<b>Figure (38)</b> : Courbe de tolérance maximale de la température.....	61
<b>Figure (39)</b> : Séquence de début de transmission.....	63
<b>Figure (40)</b> : Séquence d'une mesure d'humidité sur 12bit.....	64
<b>Figure (41)</b> : La courbe de linéarisation de l'humidité.....	65
<b>Figure (42)</b> : Algorithme de fonctionnement du SHT15.....	66
<b>Figure (43)</b> : Programme de fonctionnement du SHT15.....	67
<b>Figure (44)</b> : Simulation du fonctionnement du SHT15.....	67
<b>Figure (45)</b> : Les différents types de pluviomètres.....	70
<b>Figure (46)</b> : Images illustratives de notre capteur de précipitations.....	75
<b>Figure (47)</b> : Algorithme du programme d'interruption.....	76
<b>Figure (48)</b> : Algorithme de fonctionnement du circuit complet.....	78
<b>Figure (49)</b> : Le circuit de simulation sur ISIS du circuit réalisé.....	79
<b>Figure (50)</b> : Visualisation 3D du circuit à réaliser.....	80
<b>Figure (51)</b> : Le typon du circuit réalisé.....	81
<b>Figure (52)</b> : Système pour la mesure de température, humidité, précipitation et transmission des données par la voie des GSM.....	82

### Chapitre IV :

<b>Figure (53)</b> : Suivi de température et d'humidité sur 24 heures le 26/09/2011.....	83
<b>Figure (54)</b> : Simulation sous ISIS d'un système d'alarme.....	84

## Liste des tableaux

### Chapitre I :

### Chapitre II :

**Tableau (01) :** La trame PDU du SMS-SUBMIT.....23

**Tableau (02) :** La trame PDU d'un SMS-Deliver.....25

**Tableau (03) :** Différentes méthodes d'envoi de commande AT.....27

**Tableau (04) :** Exemples de commandes AT.....28

### Chapitre III :

**Tableau (05) :** Les caractéristiques des différentes versions du compilateur C de CCS.....41

**Tableau (06) :** Description des pins du DS1302.....55

**Tableau (07) :** Nom et signification des pins du SHT15.....60

**Tableau (08) :** Caractéristiques électrique du SHT15.....62

**Tableau (09) :** Les coefficients optimisés pour la linéarisation de l'humidité.....64

**Tableau (10) :** Les coefficients de compensation de la température.....65

**Tableau (11) :** Les coefficients de conversion de la température.....65

# *Introduction générale*

# Introduction générale

---

Pour agir efficacement sur un processus physique, chimique ou biologique, naturel ou industriel, il est important de bien connaître au préalable : la chaîne d'acquisition fournie au décideur (homme machine) les informations permettant d'orienter son action et de valider ses décisions. Il faut bien entendu que les informations acquises soient suffisantes et dignes de foi.

- Les difficultés que présente l'acquisition de données ont deux causes principales :
  - L'imbrication dans la réalité de multiples grandeurs rend souvent difficile l'isolement et la saisie de la seule mesurande recherchée.
  - Les imperfections des dispositifs de la chaîne entraînent une détérioration des signaux et donc de l'information.

C'est à ces deux niveaux que doit se porter l'attention du concepteur pour limiter l'imprécision des mesures et éviter les risques d'erreurs.

Dans le cadre de ce travail nous allons en premier lieu effectuer une étude de la chaîne d'acquisition, les différents éléments analogique et numérique qu'elle comporte, définir les difficultés que présente l'acquisition et les solutions adaptées.

En suite, nous allons exploiter les connaissances théoriques acquises pour réaliser un système d'acquisition de données météorologiques (température, humidité, précipitation) à base d'un microcontrôleur PIC, un capteur numérique et un module GSM.

Le cahier des charges impose que le système offre la possibilité de visualiser les résultats de la mesure sur place via un afficheur, ou un ordinateur et aussi capable de stocker et de transmettre automatiquement les données par SMS via un module GSM.

L'heure d'envoi d'un SMS doit être programmable, pour cela le système doit être équipé d'un DS1302 qui est à la fois calendrier et horloge temps réel.

La conception matérielle et logicielle aussi que la présentation des différents composants feront alors l'objet de la partie pratique.

Un tel système peut avoir plusieurs domaines d'application :

- Dans les prévisions météo ou dans le suivi de l'évolution climatique notamment dans des zones désertes, durement accessibles ou contaminées.
- En agronomie pour l'automatisation de l'irrigation...
- En aéronautique pour la mesure des grandeurs météorologiques le long des pistes d'atterrissage.

# Chapitre I

## *Structure générale d'une chaîne d'acquisition de données*

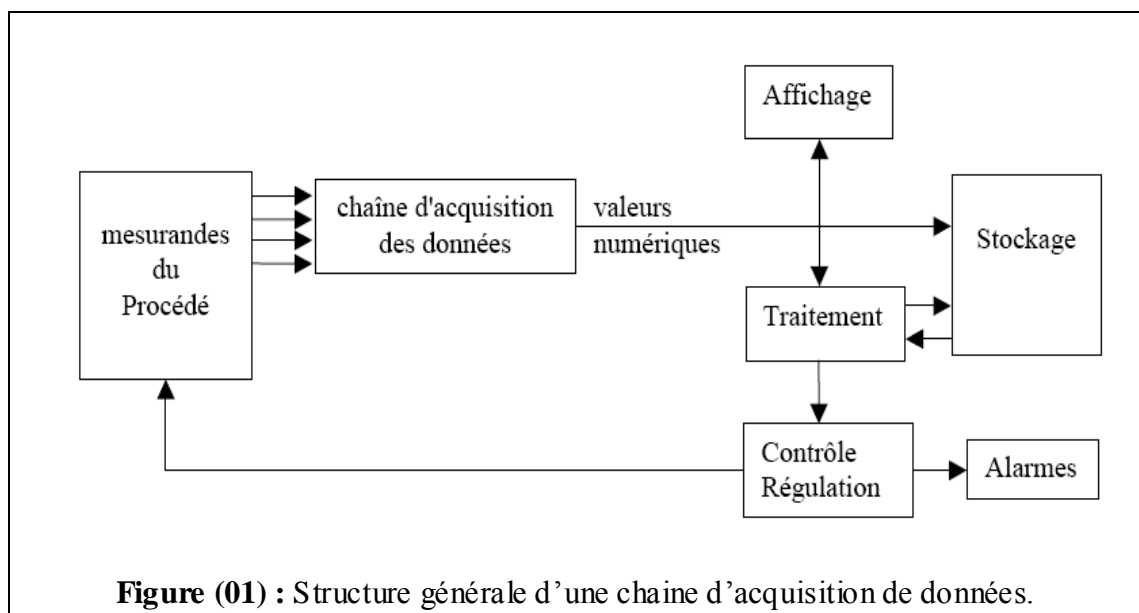
## D) Structure générale d'une chaîne d'acquisition de données :

### I.1 Introduction :

Toute acquisition à besoin d'une instrumentation devant assurer la disponibilité et la fiabilité de l'information. La complexité de cette instrumentation n'est pas seulement fonction de la grandeur à mesurer et des résultats voulus, mais aussi de la nature des composants et la technologie mise en œuvre.

Il est donc utile avant toute réalisation d'étudier la structure générale d'une chaîne d'acquisition et l'acheminement que subit toute information avant d'être exploitable.

Pour qu'elle soit claire, l'étude est faite en deux parties, la première est consacrée au domaine où l'information est sous forme analogique, la deuxième partie débute à la numérisation des signaux.



## I.2 Partie analogique dans une chaîne d'acquisition de données :

Dans cette partie nous allons présenter les différents éléments constituant la partie analogique dans une chaîne de mesure, définir les problèmes majeurs qui perturbent leur fonctionnement et les moyen de les réduire.

**I.2.1 Le capteur :** C'est le premier maillon d'une chaîne de mesure, il a pour rôle de traduire la grandeur physique à mesurer "mesurande" en un signal électrique.

Il peut être actif générant un courant, une tension ou une charge électrique, ou passif ayant une impédance variable en fonction de la grandeur à mesurer.

### I.2.1.1 Capteur actif :

**a) Capteur générateur d'une force électromotrice (F E M) :** Le schéma électrique équivalent d'un tel capteur est un schéma de Thevenin : générateur de tension  $E(m)$  en série avec une impédance interne  $Z_e$ .

**b) Capteur générateur de courant :** Le schéma équivalent pour ce type de capteur est un schéma de Norton : générateur de courant  $i(m)$  en parallèle avec l'impédance interne  $Z_c$  du capteur.

**c) Capteur générateur de charge :** Ce capteur exploite l'effet piézoélectrique ou l'effet pyroélectrique, effets entraînant une variation de la polarisation diélectrique de certains matériaux et se traduisant par l'apparition de charges superficielles égales et de signes contraires sur les faces opposées d'une lame soumise à une force (effet piézoélectrique) ou à une variation de température (effet pyroélectrique).

### I.2.1.2 Capteur passif :

**a) Capteur résistif :** de point de vue électrique c'est une résistance pure dont la valeur  $R$  est de la forme :

$$R = F(a, b, c) / \delta$$

Où  $F(a, b, c)$  est fonction de la géométrie et de dimension  $(a, b, c)$

Et  $\delta$  est la conductivité du matériau constitutif :

$$\delta = q(\mu_p \cdot p + \mu_n \cdot n)$$

Toute mesurande agissant sur les dimensions géométriques, la mobilité des porteurs ( $\mu_p, \mu_n$ ), ou la densité des charges libres ( $p, n$ ) provoque une variation de la valeur de la résistance  $R$ . Et on distingue :

- Résistance thermométrique dont la variation thermique de la conductivité  $\delta$  est beaucoup plus importante que la variation thermique de ses dimensions, il en résulte

que c'est la nature du matériau constituant la résistance qui détermine la loi de son évolution thermique.

- Résistances métalliques : ces résistances ont une valeur croissante avec la température selon la loi d'évolution de la forme :

$$R(T) = R_0(1 + AT + BT^2 + CT^3)$$

$T$  : température en °C,  $R_0 = R(0)$

$A, B, C$  : coefficients dépendant de la nature du métal.

- Thermistance : leur résistance décroît très rapidement en fonction de la température suivant une loi de type :

$$R(T) = R_0 \left[ e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \right]$$

Où  $T$  exprimé en K,  $R_0$  est la résistance à la température  $T_0$ ,  $B$  est une caractéristique de la thermistance.

- Jauge d'extensométrie : la variation de la résistance est proportionnelle à la déformation et donnée par l'expression :

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

Où  $K$  facteur de la Jauge.

$\Delta l$  : variation de la longueur de la jauge.

$l$  : longueur de la jauge.

$R$  : Valeur de la résistance.

$\Delta R$  : variation de la résistance.

- b) Capteur inductif** : ces capteurs comportent un ou plusieurs enroulements de mesure traversés par un flux d'induction magnétique qui est en fonction de la mesurande. Cette dernière étant généralement une position, un déplacement linéaire ou angulaire. On distingue deux types de capteurs inductifs :

- Capteur à variation du coefficient d'auto-induction : le flux d'induction est créé par un courant alternatif qui parcourt le bobinage de mesure. La variation d'amplitude de ce flux est due à la modification par la mesurande du circuit magnétique associé à la bobine.
- Capteur à variation du coefficient de mutuelle induction : le flux d'induction est dû au courant alternatif circulant dans un enroulement d'excitation ou inducteur distinct des bobines de mesure qui sont les induits.  
La variation d'amplitude de flux dans un bobinage induit est la conséquence d'une modification par la mesurande du coefficient de la mutuelle induction entre inducteur et induit et elle se traduit par une variation de la f e m induite dans le bobinage de mesure.

- c) Capteur capacitif** : ce sont des condensateurs plans ou cylindriques dont la capacité à pour expression :

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 A/d \quad (\text{plan})$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot l}{l_0(r_2/r_1)} \quad (\text{cylindrique})$$

La mesurande provoque une variation de la capacité soit par modification de la permittivité  $\epsilon_r$  du diélectrique, soit par modification des paramètres dimensionnels.

- Capteur à variation de permittivité  $\epsilon$  : la variation de la permittivité par la température, ou par composition chimique de l'atmosphère environnante et traduite par une variation de la capacité.
- Capteur à variation des paramètres dimensionnels: la modification par la mesurande des paramètres dimensionnels provoque le déplacement d'une armature par rapport à l'autre, ce qui est traduit par une variation de capacité du condensateur.

**I.2.2 Les bruits :** les bruits sont des tensions ou des courants variables et indésirables superposés au signal utile et on distingue des bruits internes et des bruits externes.

**I.2.2.1 Les bruits internes (bruits de fond):** c'est une caractéristique propre à tout circuit et regroupe :

- a) **Bruit thermique :** dû principalement à l'agitation thermique des porteurs de charges appelé aussi bruit de JOHNSON :

- Dans une résistance R :

$$e_b^2 = 4KTR \quad (\text{V}^2/\text{HZ})$$

$e_b^2$ : Tension dû au bruit.

K : Constante de Boltzman.

T : Température.

R : Valeur de la résistance

Si R est de l'ordre de  $K\Omega$  :

$$e_b = 4\sqrt{R}$$

Dans le cas où le circuit possède une bande passante

$$e_b = 4\sqrt{RB}$$

- b) **Bruit de grenaille (Shot-noise) :** il est dû aux fluctuations statiques du courant électrique associé au franchissement d'une barrière de potentiel.

Ce bruit n'existe que lorsqu'un courant continu  $I_0$  est imposé à travers une barrière de potentiel.

La densité spectral de se bruit est donnée par :  $I_b^2 = 2 \cdot e \cdot I_0 \quad A^2/\text{Hz}$

Cette expression est dite de Shottly

e : charge élémentaire  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$I_0$  : courant continue imposé à travers la barrière de potentiel.

$I_b$  : courant parasite associé au bruit de grenaille :  $I_b = 0,57\sqrt{I_0}$

c) **Bruit en  $1/f$**  : c'est un bruit aléatoire qui est associé aux conditions de surfaces dans

un cristal à semi conducteur :

$$I_b^2 = I_{b_0}^2 \left( 1 + \frac{f_c}{f^n} \right)$$

$f_c$  : Fréquence de coupure

n: Coefficient

**I.2.2.2 Les bruits externes (les parasites)** : ce sont des bruits créés par d'autres circuits et transférés par couplage vers le circuit qu'ils perturbent. Leur transfert s'opère par guidage et on parle d'un couplage galvanique, ou par rayonnement et on parle d'un couplage radiatif.

**a) Perturbation par couplage Galvanique** : Il y a couplage galvanique lorsqu'un conducteur commun est à l'origine de l'influence qu'exerce le dispositif perturbateur sur le circuit perturbé. On distingue deux cas :

- Le conducteur commun est le support le long duquel se propagent les perturbations créées par le dispositif perturbateur.
- Le conducteur commun est la cause des tensions parasites lorsqu'il est parcouru par les courants issus des dispositifs qui y sont connectés, il provoque par son impédance l'apparition de tensions perturbatrices.

**b) Perturbations par couplage radiatif :**

- Perturbation par couplage magnétique : Il y a couplage magnétique lorsque c'est l'induction magnétique créée dans son environnement par le dispositif perturbateur, qui est à l'origine du parasite apparaissant dans un circuit qui s'y trouve soumis.
- Perturbation par couplage électrique : Il y a couplage électrique lorsqu'un dispositif crée dans son environnement un champ électrique dont l'influence s'exerce sur les circuits voisins et y provoque un signal parasite (Couplage capacitif).
- Perturbation par couplage électromagnétique : il y a couplage électromagnétique entre deux dispositifs lorsque les ondes électromagnétiques rayonnées par l'un atteignent l'autre dispositif et y provoquent l'apparition de tensions parasites.

**I.2.2.3 Réduction des bruits** : que ce soient des bruits de fond ou des parasites, les signaux perturbateurs doivent être éliminés. Pour cela, plusieurs solutions sont adaptées, elles diffèrent selon la nature, et la source du bruit à éliminer.

**I.2.2.3.A Les filtres** : la fonction du filtre est d'éliminer autant que possible du signal à traiter l'ensemble des fréquences extérieures au spectre utile et en particulier signaux non désirés, parasites industriels et bruits de fond. On distingue :

a) **Les filtres passifs** : constitués uniquement de résistance, inductance et capacité.

- b) **Les filtres actifs** : utilisant pour leur réalisation des résistances, des capacités, des amplificateurs, et généralement pas d'inductance.

**I.1.2.3.B Les conditionneurs** : bien que le rôle du conditionneur est de convertir lorsqu'elle n'est pas une tension, la grandeur électrique de sortie du capteur ou ses variations par rapport à un état d'origine, en une tension. Certains conditionneurs offrent la possibilité d'effectuer des corrections sur le signal, ou de le rendre moins sensible aux fluctuations de l'alimentation. On distingue :

- **Conditionneur pour capteur source de courant** : Le conditionneur généralement utilisé est le convertisseur courant-tension à amplificateur opérationnel.
- **Conditionneur pour capteur source de charge** : convertisseur charge-tension.
- **Conditionneur pour capteur résistif** : On peut utiliser le montage potentiométrique présentant l'inconvénient de sa grande sensibilité aux fluctuations de l'alimentation, ou le montage en pont (pont de Wheatstone).
- **Conditionneur pour capteur capacitif** : le montage en pont adapté à ce type de capteurs est le pont de Nernst qui se réduit à un pont de Sauty dans le cas où les résistances internes des capteurs sont infinies.
- **Conditionneur pour capteur inductif** : le montage en pont adapté est le pont de MAX WELL. Un autre montage permettant de diminuer l'effet des grandeurs d'influence peut être utilisé, c'est le montage PUSH-PULL.
- **Conditionneurs donnant une fréquence** : Il s'agit d'oscillateur dont la fréquence est fonction de la mesurande. Ce sont :
  - Les oscillateurs sinusoïdaux.
  - Les oscillateurs à relaxation.

### **I.2.2.3.C Réduction des bruits par protection des conducteurs :**

a) **Séparation des conducteurs** : Cette solution est difficile à réaliser en pratique car il faut que la distance  $D$  séparant deux conducteurs soit  $\geq 40 d$ .

Où  $d$  est le diamètre des conducteurs.

b) **Protection par écran** : le conducteur est entouré d'un écran métallique lié à la masse.

c) **L'utilisation pour les liaisons de paire torsadée ou des câbles coaxiaux**

### **I.2.2.3.D Réduction des bruits par protection des circuits :**

a) **Le blindage** : Un blindage est un volume conducteur creux porté à un potentiel constant et qui permet de séparer le volume intérieur du milieu extérieur.

b) **Isolement galvanique** : cette méthode consiste à séparer le circuit perturbé, et la source du bruit, parmi les nombreux procédés possibles deux sont retenus :

- Isolement par transformateur.
- Isolement par capteur optique.

**I.2.3 Les amplificateurs** : d'une façon générale un amplificateur remplit une triple fonction :

- Assure une protection du signal vis-à-vis des parasites, des bruits de fond et des dérives des éléments suivants de la chaîne, en augmentant son niveau.
- Par son impédance d'entrée élevée et sa faible impédance interne, il permet d'assurer un transfert optimal du signal entre les dispositifs qu'il relie.
- Il améliore la précision de mesure en prenant le signal au niveau requis par l'échelle d'entrée de l'élément final de la chaîne.

Par leur aptitude à la rejection des tensions de mode commun, les amplificateurs différentiels jouent un rôle capital dans la réduction des tensions parasites dès lors que celles-ci apparaissent comme tension de mode commun.

**I.2.4 Le multiplexeur** : lorsque l'acquisition des données porte sur de multiples mesurandes, chacun ayant son canal propre, le multiplexeur permet la sélection d'un canal déterminé afin d'aiguiller son signal spécifique vers les dispositifs de traitement situés en aval.

La sélection d'un canal s'effectue par son adresse, qui est un mot binaire délivré par le contrôleur de la chaîne et représentatif de son numéro d'ordre. Son décodage commande la fermeture d'interrupteur reliant le canal choisi à la sortie du multiplexeur.

**I.2.5 L'échantillonneur Bloqueur** : dans le cas des signaux dont la variation risque d'être importante pendant la durée d'une conversion analogique numérique, l'échantillonneur-bloqueur doit nécessairement précéder le convertisseur Analogique-Numérique de façon à lui présenter une tension stable représentative du signal à l'instant de l'échantillonnage.

L'échantillonneur-bloqueur assure les fonctions suivantes :

- Prélève à un instant connu avec précision un échantillon d'une tension variable appliqué à son entrée.
- Mémoire cet échantillon.
- Le délivre en sortie.

**I.2.6 Les convertisseurs Analogique-Numérique :** un convertisseur analogique-numérique recevant à son entrée une tension analogique  $V_i$  délivre en sortie un mot de  $n$  bits correspondant, selon un code binaire déterminé à la valeur numérique  $N$  associée à  $V_i$ . Il est caractérisé par la plage de tension analogique convertible, le nombre  $n$  de bits du mot de sortie et le temps  $t_c$  nécessaire pour effectuer une conversion.

### **I.3 Partie numérique dans une chaîne de mesure :**

**I.3.1 Les systèmes à microprocesseurs :** la fonction d'acquisition est souvent associée à des traitements mathématiques et logiques et à des commandes exécutables de manière automatique ; l'ensemble des opérations concourant à ce but constitue un programme. Chacune des opérations élémentaires étant définie par une instruction, un mot binaire dont la signification opérationnelle est propre à chaque microprocesseur, le déroulement ordonné du programme et l'exécution des instructions sont cadencés par les signaux d'une horloge générés à partir d'un oscillateur. L'ensemble des instructions du programme est stocké dans une mémoire qui peut être non volatile.

Pour accomplir sa tâche, le microprocesseur doit être relié au monde extérieur, constitué de périphériques, pour recevoir des informations ou pour leur fournir des commandes ou des résultats des traitements, ces transferts s'opèrent par l'entremise d'interfaces appelées ports d'entrées/ sorties.

Enfin, l'interconnexion du microprocesseur aux divers dispositifs qui lui sont associés s'effectue par des bus.

#### **I.3.1.1 Le microprocesseur :**

**I.3.1.1.A Définition du microprocesseur :** dit aussi (CPU : Central Processing Unit) ou unité central est un dispositif capable d'effectuer sur des données numériques une succession ordonnées de traitements mathématiques et logiques, il est constitué de plusieurs unités qui se chargent chacune d'une partie bien spécifique du traitement des opérations. Les deux principales unités internes d'un microprocesseur sont :

- **L'unité de contrôle :** l'unité de contrôle est le gestionnaire du microprocesseur : elle s'occupe du bon déroulement du programme traité en synchronisant les différents éléments actifs du microprocesseur au niveau de ce dernier.
- **Unité Arithmétique et logique :** l'unité arithmétique et logique (UAL) est le bloc fonctionnel chargé exclusivement des opérations de calcul, elle est composée de circuits logiques plus ou moins complexes suivant le type du microprocesseur.

#### **I.3.1.1.B Types de microprocesseurs :**

- **Microprocesseur classique :** les premiers  $\mu p$  sont apparus dans les années 1970 et ils ont rapidement trouvé place dans le pilotage et le contrôle des systèmes. Ce type de microprocesseurs offre de faibles performances de calcul et n'intègre ni mémoire, ni interface d'entrée/sortie.

- **Le microcontrôleur :** le microcontrôleur est un système à microprocesseur autonome contenu dans un seul boîtier, il intègre de la mémoire et de nombreuses interfaces d'entrée/sortie.

La plupart des informations nécessaires au fonctionnement des dispositifs peuvent être lues ou générées directement par le microcontrôleur, seule la conversion de puissance doit être traitée par des circuits extérieurs.

Nous reviendrons plus loin sur ce type de microprocesseur dans la partie pratique dans l'étude du microcontrôleur PIC de Microchip.

- **Processeur de signal :** DSP (Digital Signal Processor) a été conçu pour des applications exigeantes en calcul, son architecture interne différente de celle du microprocesseur classique et du microcontrôleur est adaptée pour optimiser les transferts de données et la rapidité des calculs, la fréquence de fonctionnement a été augmentée pour réduire le temps d'exécution d'une instruction élémentaire, et plusieurs unités ont été dupliquées pour paralléliser les opérations de base.

Il est adapté principalement au traitement du signal.

**I.3.1.2 Les bus :** les bus assurent l'interconnexion du microprocesseur aux divers dispositifs qui lui sont associés. Ils sont constitués d'un ensemble de lignes électriques assignées à des transferts d'informations spécifiques et on distingue :

- Le bus de données.
- Le bus d'adresses.
- Le bus de contrôle.

**I.3.1.3 La mémoire centrale :** la mémoire centrale est un élément indispensable à tout système à microprocesseur, elle est utilisée par le microprocesseur comme interface de stockage de diverses informations. Sa localisation est généralement externe par rapport au microprocesseur, bien que certains disposent en interne d'une petite partie de mémoire à accès très rapide, qui permet éventuellement un fonctionnement autonome. Suivant les informations à stocker et la durée de stockage, le type de mémoire varie et on distingue :

**a) Les ROM :** (Read only memory) qui en fonctionnement normal, ne peuvent qu'être lues. Elles sont programmées soit par le fabricant, soit individuellement par l'utilisateur lorsque l'application est limitée. Elles sont utilisées pour le stockage des programmes de base, qui sont en générale figées et qui font partie intégrante du système, et doivent être mémorisées de manière permanente, même lorsque toutes les alimentations électriques sont déconnectées.

**b) Les EPROM :** (Erasable Programmable ROM) ce sont des ROM présentant la possibilité d'être effacées soit sous un rayonnement ultraviolet pour la UVEROM, soit

électriquement pour la EEPROM (Electrically Erasable programmable ROM) elles sont utilisées pour la sauvegarde des configurations.

- c) **Les RAM :** (Random Access Memory) : leurs données peuvent être perdues lorsque le système n'est plus alimenté, elles constituent la plus grosse partie de la mémoire centrale d'un système numérique. Elles sont utilisées pour le stockage des informations temporaires, et des données générées et manipulées par les programmes ne nécessitant pas un stockage permanent.

### I.3.1.4 Les interfaces :

**I.3.1.4.1 Le rôle d'une interface :** les périphériques présents autour des microprocesseurs dépendent des tâches à remplir, mais en se limitant aux systèmes du type acquisition de données les périphériques nécessaires sont ceux qui permettent au microprocesseur d'accéder au contrôle et à la mesure des signaux issus de grandeurs physiques : (multiplexeurs, amplificateurs, filtres, convertisseurs,...). Certains de ces périphériques existent dans des versions «compatible microprocesseur» qui intègre l'interface nécessaire pour les contrôler (registre d'état, de commande et de données). Ils présentent alors en plus des tâches qu'ils doivent remplir un bus de données et des lignes d'adresses et de contrôle permettant d'accéder aux registres de l'interface.

Lorsque l'interface n'est pas intégrée au dispositif, elle doit être prévue à l'extérieur.

### I.3.1.4.2 Types d'interfaces :

- a) **Interface simple par registre tampon :** pour les périphériques qui échangent des données en parallèle et dans un seul sens, l'interface la plus simple est réalisée par un registre tampon, celui-ci est une association en parallèle de "n" bascules. Les entrées et les sorties sont séparées et le registre est contrôlé par une ligne de commande "C" pour le changement d'une donnée dans le registre.

Le registre tampon est l'élément le plus simple permettant de réaliser l'interfaçage avec un périphérique. Cependant, cette interface ne possède aucun moyen de contrôle et ne gère pas d'interruption.

- b) **Interface parallèle :** une interface évoluée désignée comme PIA (peripheral interface adapter) est un port d'entrée/sortie multi mode, il possède en général 8 à 16 lignes configurable de manière indépendante comme entrées ou comme sorties.

A ces lignes de données sont associés des registres de mode pour choisir le type de chaque ligne, et des registres de données pour lire les entrées ou modifier les sorties.

L'avantage de ce type de dispositif est que les registres de données sont accessibles en lecture et en écriture.

En particulier, il est possible de relire l'état d'une ligne qui vient d'être modifiée. D'autre part, un PIA peut gérer une ligne d'interruption vers le microprocesseur qu'il active en fonctions d'évènements définis par l'utilisateur : par exemple passage à 1 ou

à 0 d'une ligne d'entrée. Les PIA très complets gèrent aussi des compteurs qui permettent de générer les impulsions de largeur variable.

- c) **Interface série** : les deux types de ports d'E/S précédents travaillent en mode parallèle, c'est-à-dire tous les bits de chaque donnée sont transférés simultanément. Cependant, pour limiter le nombre de lignes, certains dispositifs communiquent en mode série, les bits de données étant émis successivement sur une seule ligne. Le temps de transfert d'une donnée est d'autant plus long que celui-ci comporte plus de bits, mais au niveau matériel, l'intérêt est qu'une seule ligne est suffisante par sens de transfert. Les dispositifs qui assurent ce type d'interfaçage, désignés comme UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ou ACIA (Asynchronous Communication Interface adapter) comportent des registres à décalage, qui, pilotés par une horloge de synchronisation, transforment les données parallèles à émettre sous forme série et restituent les informations série reçues en données parallèles. Outre cette transformation, l'interface gère aussi tous les signaux de synchronisation (bit Start, bit Stop, ...).

Une UART est contrôlée par des registres d'état, des registres de commande et des registres de données.

- d) **Port d'entrée/sortie** : C'est une interface particulière permettant une adaptation des signaux, il possède généralement un ensemble de registres qui permettent de dialoguer avec les périphériques associés. Le port est sélectionné par un signal de validation issu d'un décodage d'adresses et les registres internes sont choisis par des lignes d'adresses propres au port. Ces registres sont en général d'une longueur de 8 bits. Ils se classent en trois groupes :

- **Registres d'état** : sont des registres à accès en lecture seulement ils contiennent toutes les informations sur l'état du périphérique. Un registre de  $n$  bits pourra contenir  $n$  informations booléennes qui permet de connaître l'état du périphérique avec peu d'accès à ses registres. Cependant, pour tester une seule information, il est nécessaire d'utiliser un masque logiciel au moment de la lecture.
- **Les registres de commande** : permettent d'initialiser le mode de fonctionnement de l'interface (ex : le sens de circulation des données ou le débit d'une liaison série) et de le piloter. Suivant la nature du périphérique et de la commande, un registre de ce type peut contrôler plusieurs actions indépendantes (par exemple pour un compteur programmable : un bit pour la mise à zéro du compteur, un bit pour autoriser le comptage). L'exécution d'une seule commande nécessite l'utilisation d'un masque logiciel au moment de l'écriture du registre.

- **Les registres de données** : sont des registres bidirectionnels par lesquels transitent les données échangées entre le microprocesseur et le périphérique.

### I.3.2 Les systèmes temps réel :

#### I.3.2.1 La notion temps réel et temps partagé :

Afin de bien comprendre la notion de temps réel, il est important de la différencier de celle de "multitâche" ces deux notions n'ont en commun qu'un nombre restreint de fonctionnalités comme :

- l'exécution concurrente des tâches.
- la synchronisation.
- la communication.

Le but recherché dans le multitâche est l'optimisation du temps de travail du processeur, alors que dans le temps réel il s'agit du déterminisme des actions.

Un système temps réel n'est pas un système qui va vite, mais c'est un système qui satisfait à des contraintes temporelles, ces contraintes de temps dépendent de l'application et de l'environnement alors que la rapidité dépend de la technologie utilisée (celle du processeur par exemple).

On qualifie de temps réel toute application mettant en œuvre un système informatique dont le fonctionnement dépend de l'évolution dynamique de l'état d'un procédé extérieur qui lui est connecté et dont il doit contrôler le fonctionnement.

Il doit répondre à trois critères fondamentaux :

- Le déterminisme logique.
- Le déterminisme temporel.
- La fiabilité.

**I.3.2.2 Classification des systèmes temps réel** : suivant l'importance accordée aux contraintes temporelles, on distingue globalement deux types de temps réel :

- a. Le temps réel strict ou dure (hard real time)** : Ne tolère aucun dépassement de contraintes sous peine de voir apparaître une dégradation qui peut conduire à des situations critiques voire même à un effondrement du système (pilotage automatique d'un avion).
- b. Le temps réel souple ou mou (soft real-time)** : à l'inverse du temps réel strict, ce système s'accommode des dépassements des contraintes limites au delà desquelles le système devient inutilisable.

**I.3.3 Les interruptions :** Une interruption est une forme particulière de communication avec le microprocesseur.

En effet, un périphérique qui génère une interruption le fait de manière asynchrone par rapport au fonctionnement du microprocesseur. Le déroulement du programme en cours est suspendu et le microprocesseur exécute une tâche spéciale prévue et programmée par l'utilisateur pour le traitement de l'interruption. En particulier ce traitement se charge de questionner le périphérique à l'origine de l'interruption et de transférer d'éventuelles données.

Au niveau matériel, une interruption est signalée au microprocesseur par un front ou un niveau sur une ligne électrique spécifique.

Un périphérique peut agir directement sur les lignes d'interruption du microprocesseur ou par l'intermédiaire d'un contrôleur. En général, un microprocesseur dispose de 2 à 4 lignes d'interruptions, ce qui limite le nombre de périphériques qui peuvent interrompre directement le microprocesseur. Pour un système souple, cette limitation ne pose pas de problème mais pour un système plus complexe, il est nécessaire d'utiliser un intermédiaire. Le contrôleur d'interruptions est un dispositif qui agit comme un multiplexeur d'interruptions, il dispose d'un nombre de lignes d'entrées important (8 à 16) et d'une ligne de sortie connectée sur une ligne d'interruption du microprocesseur.

Lorsqu'une des lignes d'entrées du contrôleur est sollicitée, celui-ci avertit le microprocesseur. Les lignes d'entrées du contrôleur sont repérées et le microprocesseur détermine l'origine de l'interruption en accédant à un registre d'état du contrôleur : de plus, dans le cas où plusieurs interruptions interviennent en même temps, le contrôleur peut mémoriser les différents événements et les renvoyer au microprocesseur avec des priorités particulières.

### **I.3.4 Pilotage par microprocesseur d'une chaîne d'acquisition :**

Le fonctionnement correct de la chaîne exige que les divers éléments qui la constituent soient activés d'une façon parfaitement coordonnée dans le temps :

C'est le rôle du microprocesseur de délivrer en temps opportun, tout ou partie des signaux nécessaires.

#### **I.3.4.1 Contrôle de la fréquence d'échantillonnage :**

Lorsque la chaîne est appelée à traiter des signaux d'extension spectrale variable il est nécessaire de pouvoir adapter en conséquence la fréquence d'échantillonnage, cette dernière détermine en suite le rythme des signaux de commande appliqués aux dispositifs de la chaîne. Les signaux de commande sont générés directement ou indirectement par l'intermédiaire du microprocesseur depuis un système oscillateur.

Cette référence temporelle doit pouvoir être programmable pour répondre aux besoins de l'utilisateur.

**I.3.4.2 Réglage des filtres :**

Lorsque la nature des signaux impose une modification de la fréquence d'échantillonnage, il est nécessaire d'adapter en conséquence le filtre anti-repliement, en particulier sa fréquence de coupure.

La méthode d'adaptation se fait selon la nature du filtre.

**I.3.4.3 Commande du multiplexage :** lorsque l'acquisition porte sur de multiples mesurandes, la chaîne comporte un multiplexeur, le choix de la voie à commuter est indiqué par un nombre binaire appliqué à l'entrée d'adresses du multiplexeur.

Deux modes de sélection de voie sont possibles, l'adressage aléatoire et l'adressage séquentiel.

**I.3.4.4 Gestion de l'échantillonnage-blocage :** deux modes d'échantillonnage-blocage sont possibles suivant la précision demandée sur les instants d'échantillonnage : simultané ou séquentiel.

- Dans le mode séquentiel, un seul échantillonneur-bloqueur placé après le multiplexeur assure l'échantillonnage du signal issu de la voie sélectionnée du multiplexeur.

- Dans le mode simultané, chaque voie d'entrée du multiplexeur est précédé d'un échantillonneur bloqueur, et les commandes d'échantillonnage sont communes à toute les voies.

Dans les deux cas, les signaux de conversion aussi que les temporisations de l'échantillonnage blocage sont gérés par le microprocesseur.

**I.3.4.5 Commande de la conversion A/N :** la conversion d'une tension analogique en valeur numérique est déclenchée par la commande logique (Start Conversion), la transmission de ce signal déclenche les opérations de conversion qui conduisent en interne au stockage de la donnée numérique résultante. Lorsque la conversion est terminée et que la valeur numérique résultante est disponible en lecture, l'utilisateur est prévenu par la transmission d'un deuxième signal logique (End Of Conversion : EOC).

Les différents modes de commandes de conversion et du dialogue entre microprocesseur et CAN sont obtenus par un choix approprié des connexions des signaux de contrôle au microprocesseur.

**I.3.4.6 Traitement des données :** une fois récupérées, les données numériques peuvent subir des traitements tels que la linéarisation, compensation des grandeurs d'influence et le calcul d'erreur relative avant d'être exploitées.

L'exploitation des données peut être une simple visualisation par affichage, ou par un équipement terminal, comme elle peut être utilisée pour une prise de décision (déclencher une alarme, commander une chaîne de production...etc).

**I.3.4.7 Transmission des données :** le capteur est souvent éloigné des dispositifs qui en assurent le traitement et l'exploitation. L'information doit donc être transmise dans des conditions qui n'entraînent ni sa dégradation par des parasites ni sa distorsion du fait des caractéristiques électrique de la liaison. Dans quelque applications, d'autres contraintes peuvent s'ajouter à celle de la fiabilité, tel que la confidentialité de l'information, les délais, la protection contre les erreurs, et l'interopérabilité des équipements.

La transmission peut être analogique par boucle de courant ou numérique, et dans ce cas l'information délivrée par le capteur doit être préalablement convertie sous forme numérique.

**a) Type de transmission :**

- **Transmission analogique (par boucle de courant) :** l'information liée à l'amplitude de la tension  $V_S$  délivrée par la source et son éventuel conditionneur et transposée sur l'amplitude  $i_b$  (courant de boucle) dont les variations entre des valeurs minimales  $I_{b0}$  et  $I_b \text{ max}$ , sont proportionnelles à  $V_s$ .

$$i_b = I_{b0} + g \cdot \sqrt{s}$$

Où  $g$  est la constante de la boucle dite (transconductance).

Les deux standard les plus utilisés correspondent à :

$$(I_{b0} = 4mA, I_{bmax} = 20mA)$$

$$(I_{b0} = 10mA, I_{bmax} = 50mA)$$

Cette transmission présente l'inconvénient de nécessiter une ligne par capteur. Son avantage est que le signal lié au courant n'est pas affecté par les chutes ohmique de tension dans la ligne ce qui autorise des transmissions sur de longueurs supérieurs à 1 km. Les tensions parasites (f.e.m induites ou thermoélectriques) ne contribuent pratiquement pas au courant de boucle du fait de la grande impédance interne du générateur de courant qui est en série avec la ligne.

- **Transmission numérique :** le système à microprocesseur ayant reçu les données numériques issues du CAN en provenance de la chaîne d'acquisition et éventuellement effectué sur elles des opérations à caractère météorologique, doit en général transmettre ces données vers un ordinateur (PC) chargé de leur exploitation ou sauvegarde, et qui peut être selon le cas : contigu (carte enfichable), à proximité ou à distance très importante.

Le problème posé est dès lors d'assurer le transfert en satisfaisant aux conditions imposées de distance, de vitesse, de transmission, de sécurité et de coût.

Il y a deux modes de transmissions numérique : la transmission dite parallèle et la transmission dite série :

- Transmission parallèle : les huit bits d'un octet sont transmis simultanément sur huit lignes ; ce type de transmission permet des transferts rapides mais il est limité à de distances faibles du fait du coût du nombre important de lignes nécessaires.

- La transmission série, les bits constitutifs d'un octet sont transmis l'un après l'autre sur une ou deux lignes, d'où une vitesse de transfert qui est réduite, mais des distances de transmission qui peuvent être beaucoup plus importantes du seul fait de la diminution du coût de lignes.

**b) Les supports de transmission :** la liaison entre émetteur et récepteur est physiquement assurée par un support de transmission dit médium, on distingue trois types principaux.

- Liaison conductrice : piste, fil, ensemble de fils (bus), paire torsadée, câble coaxial ;
- Liaison optique : par infrarouge rayonné ou par fibre optique dont l'intérêt est l'insensibilité aux parasites ;
- Liaison hertzienne : utilisé dans le cas de très grandes distances ou lorsque l'un des éléments de la liaison est en mouvement, le support dans ce cas est une onde hertzienne.

### **Conclusion :**

Une bonne acquisition ne peut être effectuée qu'avec un soigneux choix de composants et une bonne structuration de la chaîne d'acquisition.

## *Chapitre II*

### *L'interface GSM*

## II.1 introduction:

L'usage d'un téléphone portable est bien entendu destiné à l'être humain. Il dispose d'interfaces qualifiées d'homme-machine.

L'utilisateur agit par appuis sur le clavier, lecture sur écran, parler au micro et/ou entendre à travers le haut parleur. Mais il existe un autre type d'interface machine-machine ; physiquement cette interface prend la forme d'un connecteur multibroche. De nombreux accessoires prennent place sur ce connecteur. Parmi ces accessoires, le cordon d'adaptation RS 232 qui permet d'accéder à toutes les fonctions du téléphone, un simple PC muni lui aussi d'un port RS232 et équipé d'un logiciel terminal standard, (tel que hyper terminal intégré sur Windows), suffit alors à prendre le contrôle du processeur central du téléphone. Les commandes que l'on utilise pour accéder aux différents services sont définies par un standard Européen (ETS) qui spécifie une liste de commandes AT.

**II.2 La norme GSM :** (*Global System for Mobile communications*), le standard le plus utilisé en Europe à la fin du XX<sup>e</sup> siècle, supporté aux Etats-Unis. Ce standard utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz.

Dans un réseau GSM, le territoire est découpé en petites zones appelées cellules. Chaque cellule est équipée d'une station de base fixe munie de ses antennes installées sur un point haut.

Les cellules sont théoriquement de forme hexagonale mais la portée réelle des stations dépend de la configuration du territoire arrosé et du diagramme de rayonnement des antennes d'émission. Dans la pratique, les cellules se recouvrent donc partiellement.

Dans une cellule GSM typique (macrocellule), les mobiles peuvent être situés jusqu'à 35 km de la station de base pour le GSM900 et 2 km (minicellule) pour le DCS1800 (puissance plus faible, atténuation plus importante avec la distance).

Lorsqu'on téléphone à partir d'un mobile GSM :

- Le mobile transmet par radio la communication vers la station de base de sa cellule.
- la conversation est ensuite acheminée de façon plus classique (câble, fibre optique...) vers le correspondant s'il est raccordé au réseau téléphonique filaire, ou à sa station de base s'il est équipé d'un mobil.
- cette station de base transmet finalement la conversation par radio au correspondant.

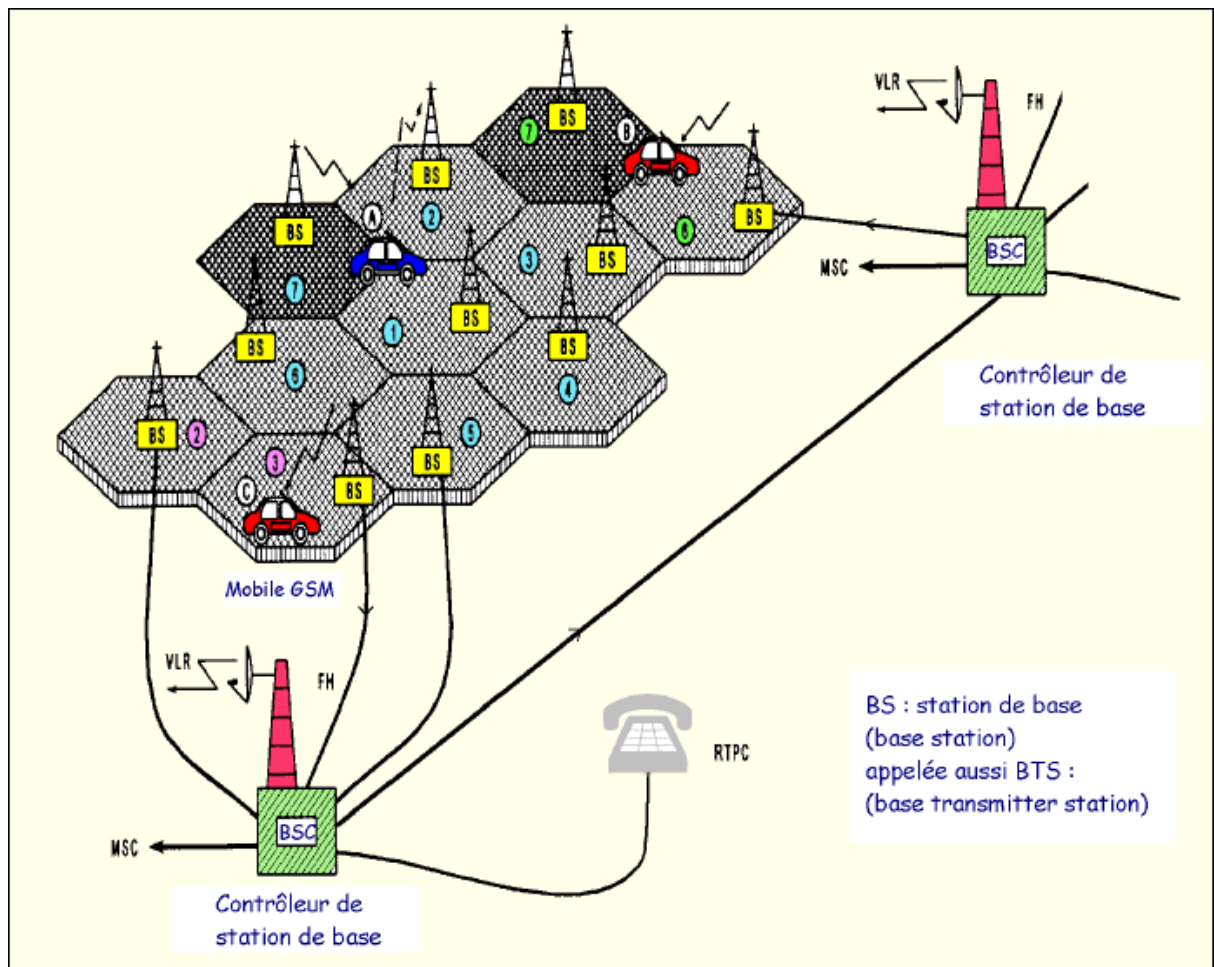
Même si deux personnes se trouvent dans la même cellule et se téléphonent, la conversation ne passe jamais directement d'un GSM à l'autre.

Au cours d'un déplacement, il est possible qu'on sorte d'une cellule. Il est nécessaire alors de changer la station de base tout en maintenant la communication : c'est le transfert intercellulaire ou handover. Pour gérer ce transfert :

- le téléphone GSM mesure en permanence la force du signal radio reçu de la station de base et écoute aussi régulièrement les stations de base des cellules voisines.

- lorsqu'il constate qu'il reçoit mieux une autre station de base que celle avec laquelle il échange les signaux, il en informe sa station de base.
- la station de base décide alors de passer le relais à la station de base voisine et met en œuvre la procédure de handover.

Ce processus oblige tous les mobiles GSM à écouter les stations de base des cellules voisines en plus de la station de base de la cellule dans laquelle il se trouve.



**Figure (02):** Structure générale d'un réseau GSM

Le téléphone GSM ou station mobile est caractérisée par deux identités :

- le numéro d'équipement, IMEI (International Mobile Equipment Identity) mis dans la mémoire du mobile lors de sa fabrication.
- le numéro d'abonné IMSI (International Mobile Subscriber Identity) se trouvant dans la carte SIM (Subscriber Identity Module) de l'abonné.

Le système de communication radio est l'équipement qui assure la couverture de la cellule et comprend :

- les stations de transmission de base BTS (Base Transmitter Station)
- le contrôleur de stations de base BSC (Base Station Controller) qui gère entre 20 et 30 BTS et possède son registre d'abonnés visiteurs VLR stockant les informations de l'abonné liées à sa mobilité.

Le commutateur de services mobiles MSC est un autocommutateur qui assure les fonctions de commutation nécessaires en aiguillant les conversations vers la MSC du correspondant ou vers d'autres réseaux (téléphonique, Internet...) à travers des interfaces appropriées.

Le registre des abonnés nominaux ou HLR (Home Local Register) est une base de données utilisée pour la gestion des abonnés mobiles et contenant deux types d'informations :

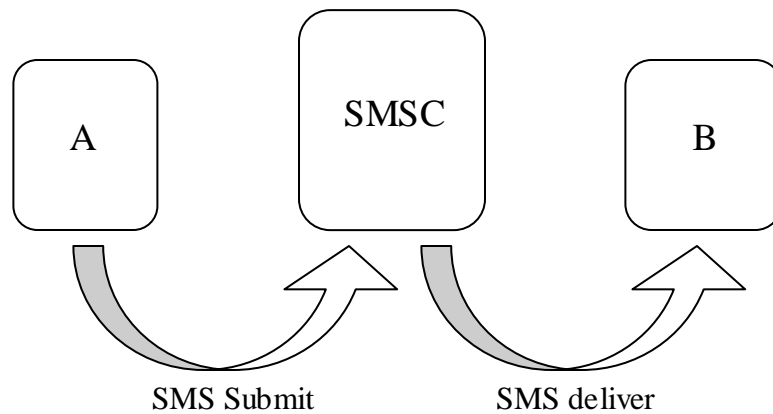
- les informations d'abonnés, le numéro d'abonné (IMSI)
- les informations sur la localisation de l'abonné, permettant aux appels entrant dans le réseau d'être acheminés jusqu'à ce mobile.

**II.3 Le service SMS :** Un des services offert par le GSM est la gestion des minis-messages ou SMS (Short Message Service). Il ne s'agit plus de la transmission de sons mais d'un texte limité théoriquement à 160 caractères. Chaque message envoyé transmis vers un centre de messagerie baptisé SMSC (SMS Center) où il est temporairement stocké. Dès que le destinataire est disponible, c'est-à-dire lorsque le mobile est sous tension et présent dans une zone couverte par le réseau GSM, le message est transmis.

Le message peut exceptionnellement rester sur le SMSC durant plusieurs jours, mais en situation normale on peut considérer que l'envoi d'un SMS est instantané à condition que le mobile de destination soit opérationnel. Les SMSC sont identifiés par un numéro d'appel spécifique à chaque opérateur.

**II.3.1 Le mode TEXT et le mode PDU :** il y a deux façons de transmettre un SMS, soit par le mode PDU qui est le mode de base, ou par le mode TEXT. Le mode PDU est une suite de caractères hexadécimaux qui codifie le SMS. Le mode TEXT n'est rien d'autre qu'une représentation sous forme de texte de données qui composent le SMS. Il y a différents types d'alphabets utilisés pour passer du mode PDU au mode TEXT, c'est le téléphone portable qui détermine automatiquement le type d'alphabet à utiliser.

Lorsqu'un mobile A envoie un SMS au mobile B, le message transite obligatoirement par un centre de messagerie (SMSC). Dans son message, l'utilisateur du mobile A doit définir deux adresses : celle du SMSC qu'il souhaite utiliser et celle du mobile B.



**Figure (03) : Acheminement d'un SMS**

L'acheminement du dit message du mobile A à destination du SMSC est baptisé SMS-SUBMIT.

Une fois le message traité par le SMSC, il est délivré au mobile B, on parle alors de SMS-DELIVER.

Le SMS-SUBMIT et le SMS-DELIVER sont des protocoles PDU, il existe d'autres d'importance moindre et qui permettent de signaler :

- D'éventuelles erreurs d'acheminement.

Les trames codant le SMS diffèrent suivant le type de PDU mis en œuvre. Mais en général, les trames sont constituées de plusieurs champs ayant des tailles différentes selon le protocole.

- Chaque champ est à son tour divisé en plusieurs parties, et contient des informations codées.
- La taille maximale de la trame est de 173 octet.
- Le champ le plus important en termes de taille est le champ qui codifie le corps du message qui peut atteindre 140 octets.

**II.3.2 La trame PDU SMS-SUBMIT (du GSM vers le SMSC) :**

1-10 octets   1 octet   1 octet   2-12   1   0-7   1   1   0-140 octets

SCA	PDU	MR	DA	PID	DCS	VP	UDL	UD
-----	-----	----	----	-----	-----	----	-----	----

**SCA :** Service Center Adresse (Adresse du centre de messagerie) ce champ n'a pas de taille fixe, et divisé en trois parties :

LEN	Type Number	Numéro SMC
-----	-------------	------------

LEN : lenth (longueur du numéro du SMC).

Type Number : type du numéro de téléphone exemple : (001 → international)

(010 → numéro national)

Numéro SMC : numéro du centre de messagerie en BCD.

**PDU** : codé sur un seul octet, à pour fonction principale de définir s'il s'agit d'un SMS-DELIVER ou d'un SMS-SUBMIT, divisé en 6 parties :

7	6	5	4	3	2	1	0
RP	UDHI	SRR	VPF	RD	MIT		

RP	0	Il n'existe pas de chemin de replie	
	1	Il existe un chemin de replie	
UDHI	0	Le champ UD contient uniquement un message	
	1	Le champ UD contient un entête +message	
SRR	0	Un rapport d'état ne sera pas retourné	
	1	Un rapport d'état sera retourné	
VPF	0 0	Le champ VP n'est pas présent	
	0 1	X	
	1 0	Le champ VP existe et codifié en entier	
	1 1	Le champ VP existe et codé en semi-octet	
RD	0	Indique au SMSC qu'il ne doit pas recevoir un nouvel SMS portant le même MR et la même adresse de destination.	
	1	Indique au SMSC qu'il peut accepter la réception de nouvel SMS portant le même MR et la même adresse de destination.	
MTI	0	1	SMS-SUBMIT : achemine le SMS du mobile vers le SMSC.

**Tableau (01) : La trame PDU du SMS-SUBMIT**

**MR** : Message Reference (référence du message) indique le nombre de messages envoyés au même destinataire.

**DA** : Destination Address : contient le codage de l'adresse du destinataire. Ce champ est divisé en trois parties :

LEN	Type Number	Detination Adress
-----	-------------	-------------------

LEN : contient le nombre de chiffres utilisés pour le codage du numéro du destinataire.

**PID** : Protocol Identifier : ce champ est codé sur un octet et indique à quel type de service télématique est destiné le message, pour que la trame soit traitée comme un message court. Ce champ doit être à 00<sub>hex</sub>.

**DCS** : Data Coding Scheme

Le DCS indique de quelle manière est codé le champ UD qui correspond au corps du message.

**VP** : Validity Period : permet d'indiquer au SMSC la durée de validité du SMS.

**UDL** : User Data Length

Contient la taille en octets utilisé pour codifier le message UD.

**UD** : User Data

Contient le codage des données du message.

**II.3.3 La trame PDU d'un SMS-Deliver (du SMSC vers le téléphone GSM) :**

SCA	PDU	OA	PID	DCS	SCTS	UPL	UD
-----	-----	----	-----	-----	------	-----	----

**SCA** : Service Center Address (adresse du centre de messagerie)

Le codage est identique à celui présenté dans la partie SMS-Submit ; dans ce cas il indique quel est le SMSC qui a traité le SMS.

**PDU** : Protocol Data Unit

Ce champ est d'une taille d'un octet et contient 5 parties.

7	6	5	4	3	2	1
RP	UDHI	SRI	X	X	MMS	MTI

Champ	Bit	description	
RP	7	0	Il n'existe pas de chemin de replie
		1	Il existe un chemin de replie
UDHI	6	0	Le champ UD contient uniquement un message
		1	Le champ UD contient un entête en plus du message
SRI	5	0	Aucun rapport d'état ne sera retourné au mobile
		1	Un rapport d'état sera retourné au mobile
MMS	2	0	Des messages supplémentaires en attente dans SMSC
		1	Pas de message supplémentaire en attente dans SMSC
MTI	1	0	SMS-deliver Achemine le SMS du SMSC vers le mobile
	0	0	

**Tableau (02) :** La trame PDU d'un SMS-Deliver

**OA :** Originator Address

Contient le codage de l'adresse de l'émetteur et suit le principe semblable au codage de l'expéditeur dans la partie SMS-SUBMIT :

LEN	TYP Number	Numéro de l'émetteur
-----	------------	----------------------

**PID :** Protocol Identifier

Le codage est identique à celui présenté dans la partie SMS-SUBMIT sur 1 octet.

**SCTS:** Service Center Time Stamp:

Se compose de:

Année	Mois	Jour	Heure	Minute	Seconde	Fuseau
-------	------	------	-------	--------	---------	--------

7 octet contenant chacun deux champs codés en BCD et de poids inversé. Il indique au destinataire la date et l'heure à laquelle le SMS est arrivé au SMSC, le champ fuseau exprimé au quart d'heure et la différence entre l'heure locale et l'heure GMT.

**UDL:** User Data Length

**UD:** User Data

Ces deux champs sont identiques à ceux présentés dans la partie SMS-Submit.

**II.3.4 Le logiciel convertSMS :** ce logiciel est conçu afin de faciliter le passage du mode TEXT au mode PDU (ou vis versa). Son mode de fonctionnement est très simple.

- Pour passer du format texte vers le PDU, il suffit d'introduire le message et les paramètres de son codage.
- Pour la transformation inverse l'introduction de la trame permet de récupérer le message texte ainsi que les paramètres utilisés lors du codage.

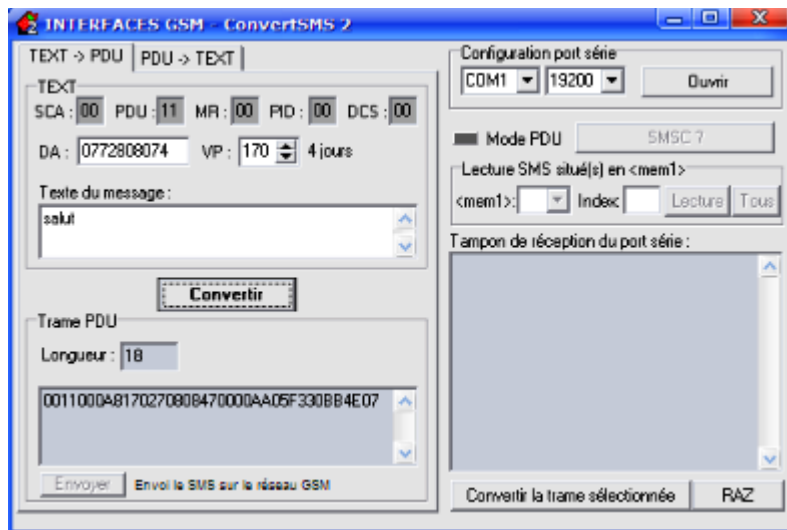


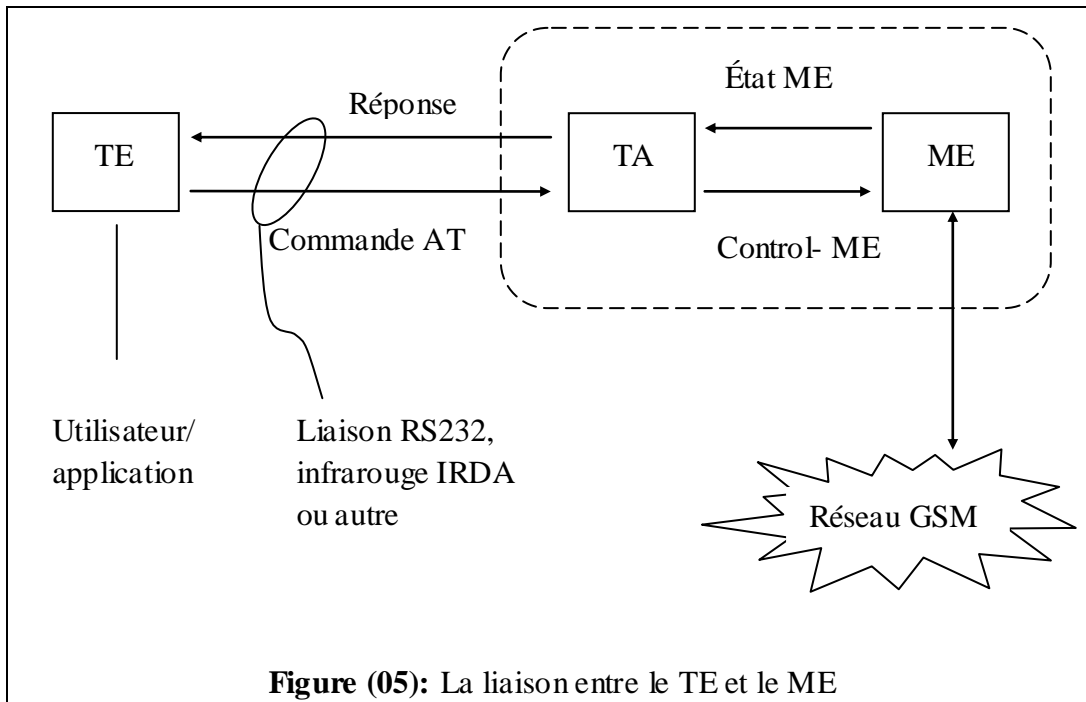
Figure (04) : Le logiciel convertSMS.

## II.4 Interfacer un Téléphone portable par un PC:

**II.4.1 Les commandes AT :** définies par le standard Hayes du nom de la société américaine qui dans les années 70 a créé une liste de commandes universelles permettant de piloter un modem. Chaque instruction débute par les caractères ASCII «AT» tirés de l'abréviation «ATtention» et se termine par un retour chariot « CR », d'où le nom souvent donné à cette série de commandes : instruction «AT».

Les constructeurs doivent fabriquer des téléphones portables qui respectent les normes du standard (ETS), la première baptisée GSM 07.07 permet l'accès aux fonctions générales du téléphone, la deuxième GSM 07.05 concerne la gestion des SMS.

Dans les textes officiels qui traitent du GSM, on retrouve les termes ME pour Mobile Equipement, qui correspond par exemple au téléphone portable, TE pour Terminal Equipement qui physiquement peut être un ordinateur ou un microcontrôleur, et TA pour Terminal Adaptor qui assure la liaison entre le ME et le TE.



Les commandes AT sont très nombreuses, nous allons citer quelques unes parce qu'elles seront utilisées dans la réalisation du projet. (Pour les autres commandes la documentation est disponible et gratuite sur internet.)

- Il existe trois manières d'envoyer une même commande AT :

Commande de test	AT+CXXX= ?	Retourne la liste de paramètres de commande CXXX
Commande de lecture	AT+CXXX ?	Retourne le ou les paramètres en cour associé à CXXX
Commande d'écriture	AT+CXXX=<CXXX>	Applique le(s) paramètre(s) <CXXX> à la commande CXXX

**Tableau (03) :** Différentes méthodes d'envoi de commande AT.

Exemple : la commande AT+CMGF= ? de la norme GSM 07.05, indique le mode supporté :

AT+CMGF = (0,1)

1 : supporte le mode TEXT.

0 : supporte le mode PDU.

AT+CMGF ? : Paramètre en cours.

AT+CMGF=1 → mode TEXT est le paramètre en cours.

AT+CMGF=0 → permet de valider le mode PDU.

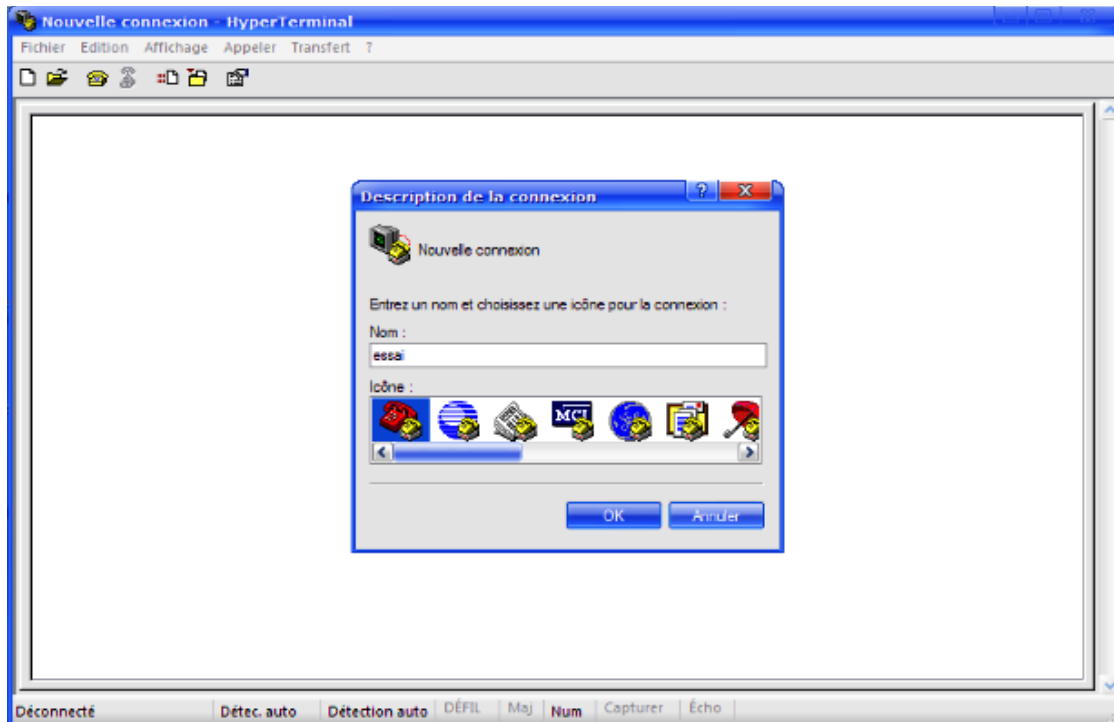
GSM 07.07	La commande	Le rôle
	AT+ CCLK =?	-Retourne la date et l'heure.
	AT+IPR	-Configurer la vitesse de la transmission RS232.
	AT+CPIN=" "	-Entrer le code PIN.
GSM 07.05	AT+CPMS=?	-Sélection zone mémoire pour lecture et écriture SMS (ME, SM)
	AT+CMGF	-Choix du mode (TEXT/ PDU)
	AT+CMGS	-Envoie SMS
	AT+CMGW	-Ecrire un message en brouillon
	AT+CMCR	-Lire un SMS en mémoire.

**Tableau (04) :** Exemples de commandes AT

**II.4.2 Le logiciel Hyper terminal :** le logiciel Hyper terminal est livré en standard avec Windows. Il est utilisé pour envoyer les commandes AT (tirées des normes GSM 07.05 et GSM 07.07.) de l'ordinateur vers le téléphone portable ou le module GSM qui lui est relié.

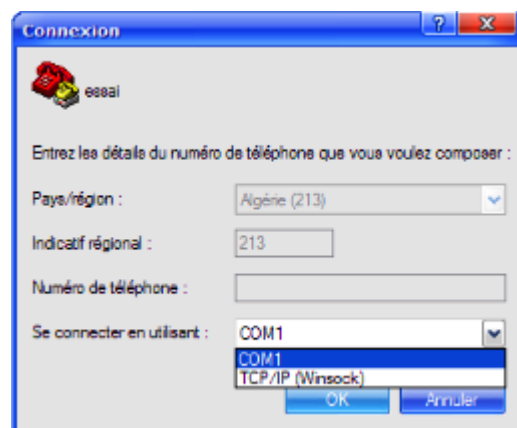
#### **II.4.3 Etapes de l'interfaçage :**

- Lier le téléphone portable au PC via le port RS 232.
- Ouvrir une session du logiciel Hyper terminal
- Donner un nom à la connexion et choisir une icône qui sera associée à la connexion, puis valider par OK.



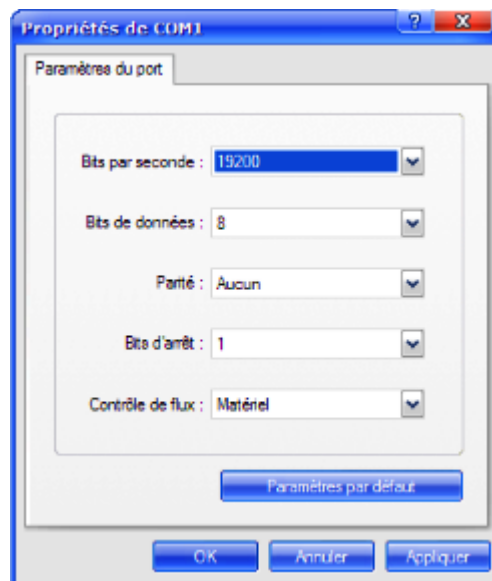
**Figure (06) :** Lancement d'une connexion sur Hyper terminal

Une deuxième fenêtre s'ouvre, dans la liste déroulante «se connecter en utilisant» on choisit le port COM1, ainsi, les autres fenêtres vont se griser. Valider avec "OK".



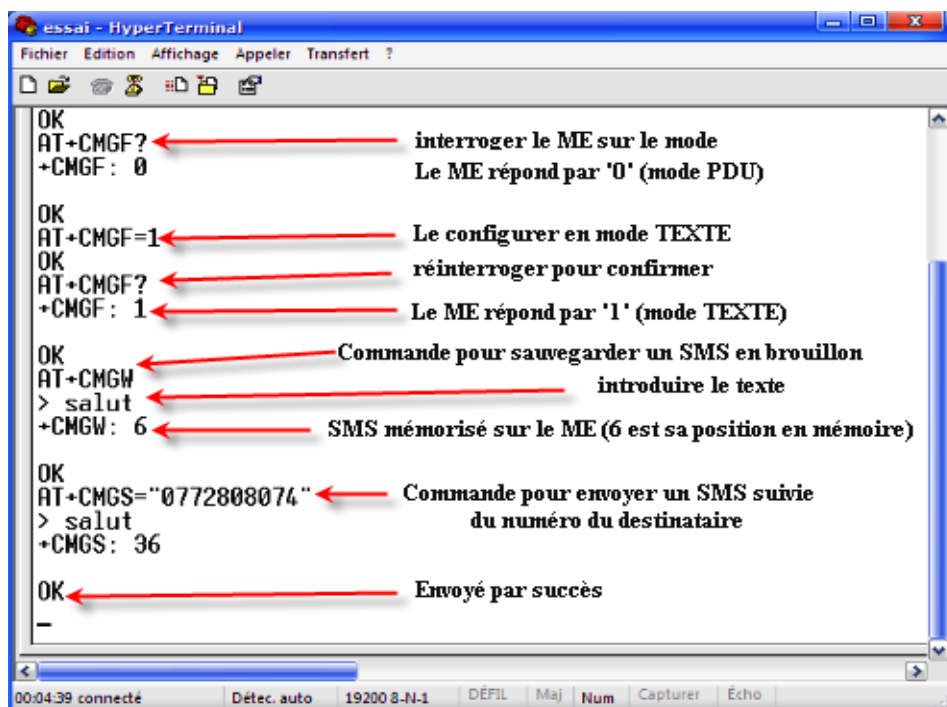
**Figure (07) :** Choix du port à utiliser

La troisième fenêtre permet de choisir les paramètres de la liaison RS 232.

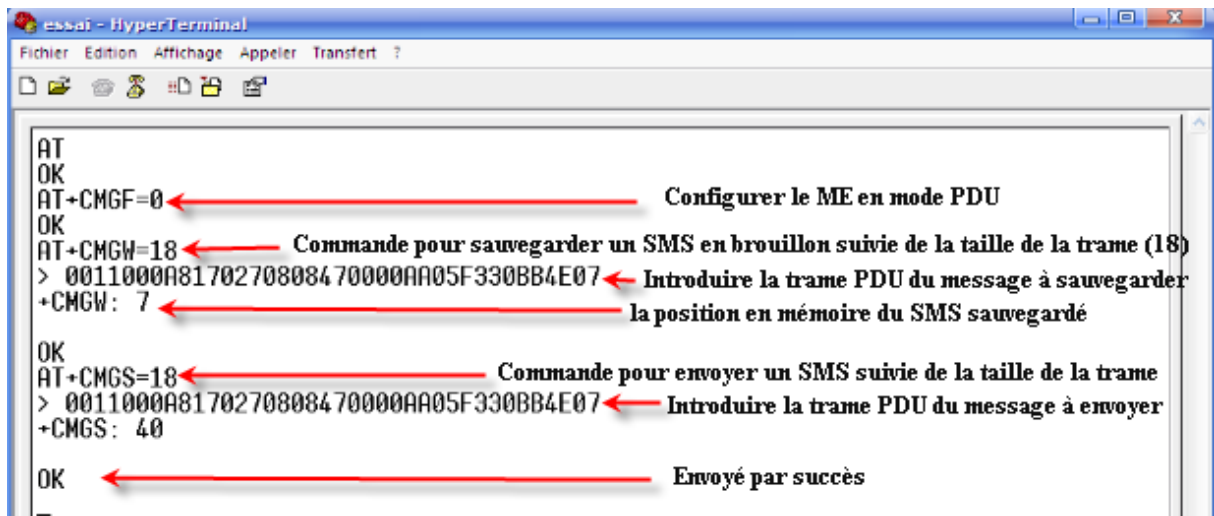


**Figure (08) :** Configuration du port série

Une fois la connexion est réalisée la communication avec le téléphone portable (ou le module GSM) devient possible. A titre d'exemple nous allons montrer les étapes à suivre pour envoyer un SMS en mode texte et en mode PDU sur les figures (09) et (10).



**Figure (09) :** Envoi et sauvegarde d'un SMS en mode texte



```
essai - HyperTerminal
Fichier Edition Affichage Appeler Transfert ?
[Icons]
AT
OK
AT+CMGF=0 ← Configurer le ME en mode PDU
OK
AT+CMGW=18 ← Commande pour sauvegarder un SMS en brouillon suivie de la taille de la trame (18)
> 0011000A8170270808470000AA05F330BB4E07 ← Introduire la trame PDU du message à sauvegarder
+CMGW: 7 ← la position en mémoire du SMS sauvegardé
OK
AT+CMGS=18 ← Commande pour envoyer un SMS suivie de la taille de la trame
> 0011000A8170270808470000AA05F330BB4E07 ← Introduire la trame PDU du message à envoyer
+CMGS: 40
OK ← Envoyé par succès
-
```

**Figure (10) :** Envoie et sauvegarde d'un SMS en mode PDU

**Remarque :** lorsqu'ils sont interfacés par un PC, la plupart des téléphones portables ne supportent pas le mode TEXTE. Cette remarque a été aussi mentionnée par la plupart des ouvrages que nous avons consulté.

### Conclusion :

La voie GSM est l'une des voies les plus utilisées dans la transmission des données pour sa fiabilité et sa confidentialité. Un téléphone portable ou un module GSM peut être utilisé comme une antenne émettrice et réceptrice de données par la voie GSM. L'utilisation du service SMS pour l'envoi des données présente l'inconvénient du coût, et d'être limiter en taille.

## Chapitre III

### *Conception matérielle et logicielle*

### III.1 Introduction :

Le chapitre intitulé "Conception matérielle et logicielle" constitue le compte rendu de la manipulation pratique effectuée durant la réalisation du système de mesure qui fait l'objet de ce travail et contient :

- Une étude descriptive du PIC 18F452.
- Une présentation de l'environnement de simulation et de développement "Proteus" et du compilateur C de CCS.
- Des notions sur la pluviométrie et le programme d'interruption permettant de compter les interruptions issues du pluviomètre.
- Une présentation du capteur de température/humidité SHT15, et le programme qui permet sa mise en œuvre.
- Une présentation du DS1302 et une simulation du circuit relatif au fonctionnement du RTC.

Vers la fin, l'assemblage des différentes composantes du système pour concevoir le circuit final.

### III.2 Le pic 18F452 :

**III.2.1 Définition :** C'est un microcontrôleur de la fameuse société "Mirochip". Il est classé dans la famille "High Performance" et cela grâce à sa richesse en ressources matérielles internes et de la capacité très importante de sa mémoire vive et de sa mémoire de programme. Il fait partie des PIC qui sont mieux adaptés à la programmation en langage C.

Le 18F452 est sous forme d'un boîtier DIL (*Dual In-Line Package*) opaque (en plastique) qui comporte 40 pins, dont 34 pins d'entrée/sortie, deux paires de pins pour l'alimentation ( $V_{ss}$  et  $V_{dd}$ ), une entrée reset et deux pins pour l'oscillateur ; une comme entrée et l'autre comme sortie. Cette dernière peut être configurée comme Entrée/ Sortie dans le cas où elle n'est pas utilisée par l'oscillateur. Il dispose de 5 ports d'entrées/sorties qui sont : le port A, B, C, D et E. La figure suivante représente le brochage de ce microcontrôleur :

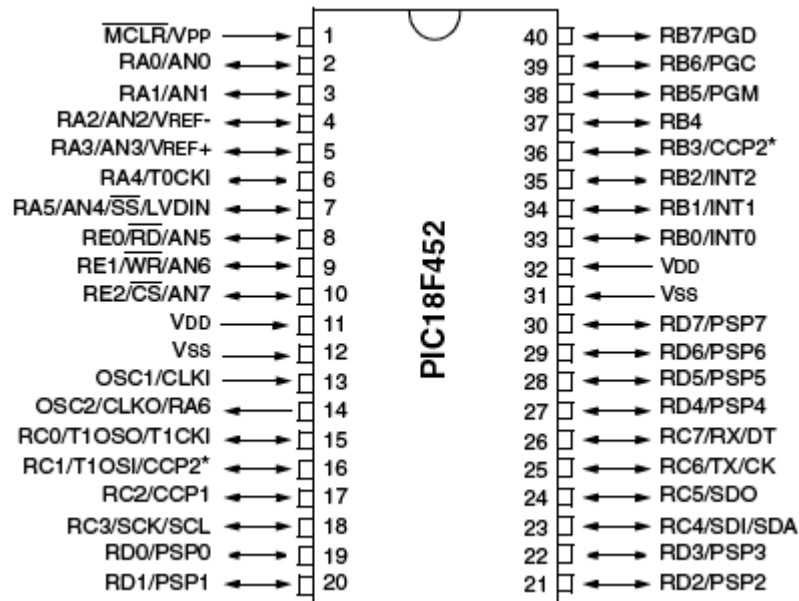


Figure (11) : Brochage du PIC 18F452

### III.2.2 Caractéristiques principale :

Ce microcontrôleur possède une mémoire de programme de type FLASH qui peut supporter jusqu'à 100000 cycle d'effacement /écriture, et une mémoire de données qui supporte 1000000 cycle d'effacement /écriture. La durée de rétention minimale de l'information est de 40 ans. Ce PIC peut fonctionner avec un oscillateur qui peut atteindre 40 MHz, ou un oscillateur de 4 – 10 MHz dans le cas où le PLL est activé.

$$1 \text{ cycle machine} = 4 \times \text{cycle d'horloge} \quad \boxed{T = 4/F}$$

D'où avec un oscillateur de 40MHz on aura un cycle de 100ns.

Il dispose de 3 sources d'interruptions externes qui peuvent être classées en niveaux de priorité. Il est muni en interne d'un convertisseur Analogique/Numérique qui permet la conversion de signaux analogiques issus de ses entrées analogiques. La conversion s'effectue même en mode sommeil. Il comporte un chien de garde qui possède son propre oscillateur. Il est muni de 2 modules de transmission série qui sont :

- Le MSSP (*Master Synchronous Serial Port*) qui possède deux modes de fonctionnement :
  - a) Le SPI (3 wire) ;
  - b) Le I2C (en mode maître ou esclave).
- Le USART (RS232 et RS485).

Afin de protéger son programme contre la relecture et la copie frauduleuse à partir d'un programmeur extérieur, il est muni d'un code de protection qui peut être activé ou non. Il supporte la programmation en circuit sous forme série ou ICSP, ce qui permet de modifier le contenu de sa mémoire de programme sans devoir l'enlever de l'application où il est installé.

### III.2.3 Les ports d'Entrées/Sorties parallèles :

Le port A dispose de 7 pins d'entrées/sorties de RA0 à RA6. Chacun des ports B, C et le D comportent 8 pins d'entrées/sorties, tandis que le port E est doté de 3. Le port A et le port E peuvent être programmés en entrées analogique (sauf les pins RA4 et RA6). Le port B contient 3 entrées d'interruptions externes (RB0, RB1 et RB2). Le port D peut être utilisé comme un port parallèle esclave (PSP).

### III.2.4 Organisation de la mémoire :

Le PIC contient de la mémoire de programme et de la mémoire de données. La structure Harvard des PICs fournit un accès séparé à chacune. Ainsi, un accès aux deux est possible pendant le même cycle machine.

**III.2.4.1 La mémoire programme :** C'est elle qui contient le programme à exécuter. Elle est de type Flash et de 32Kbytes, une instruction est codée sur 2 octets, ce qui lui permet d'enregistrer 16 K de mots d'instruction. Le programme est implanté dans la mémoire flash à l'aide d'un programmeur.

**III.2.4.2 La mémoire de données :** Elle se décompose en deux parties : une RAM et une zone EEPROM. La première est de 1536 bytes et contient les SFRs (*Special Function Registers*) qui permettent de contrôler les opérations sur le circuit, la deuxième est de 256 bytes contient des registres généraux, libres pour l'utilisateur.

La figure suivante montre l'architecture interne du 18f452 :

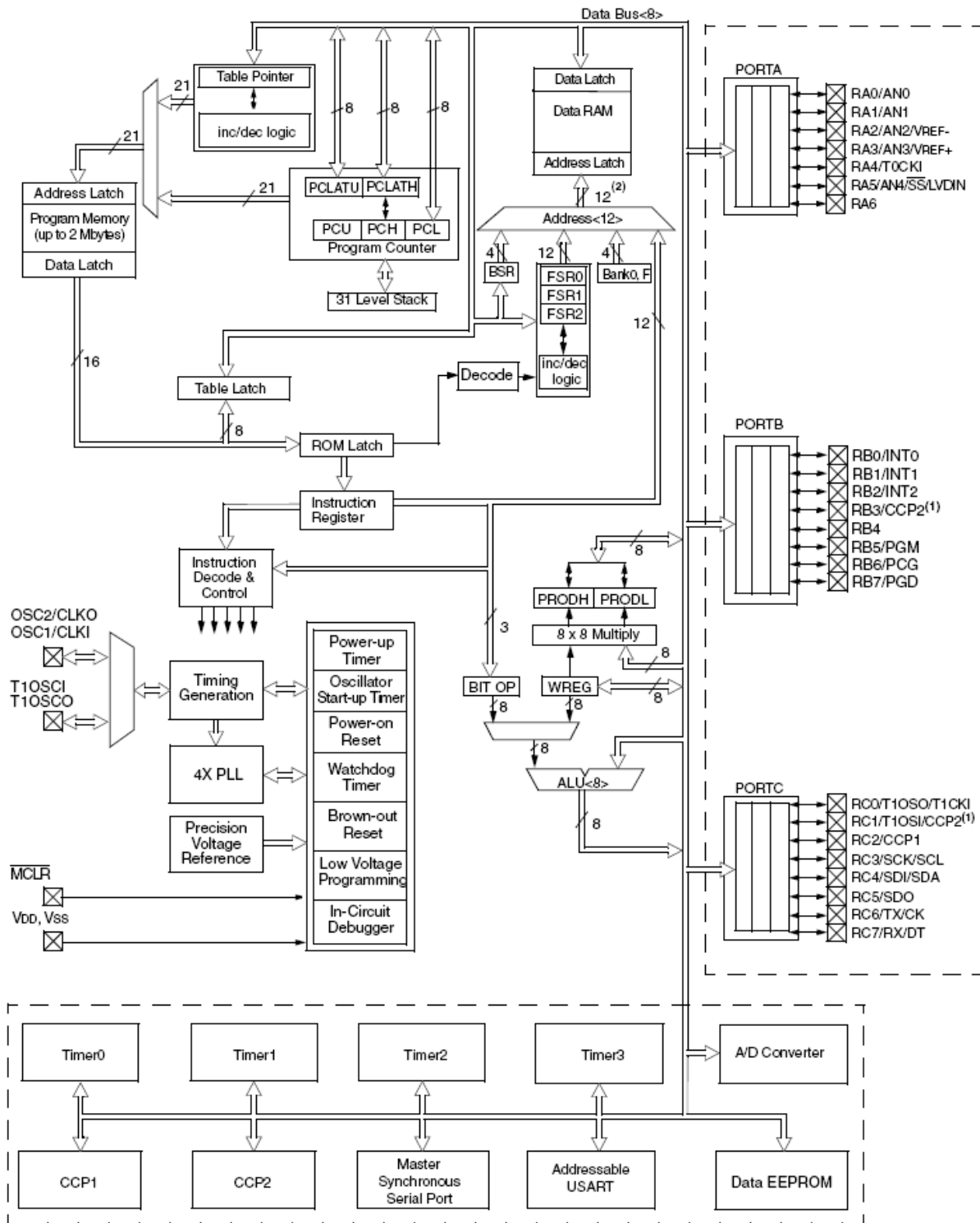


Figure (12) : Architecture interne du PIC18F452

### III.2.5 Tension d'alimentation du PIC 18F452 :

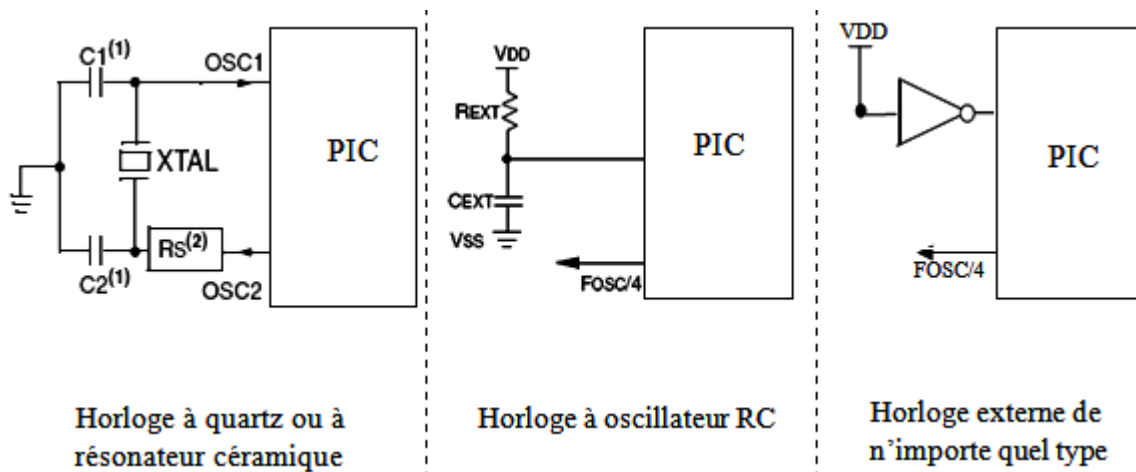
Pour un fonctionnement normal du PIC, il faut lui appliquer sur son entrée  $V_{DD}$  une tension d'alimentation qui doit être comprise entre 4,2 et 5,25 V. Il peut consommer moins de 1,6mA sous 5V à 4MHz et 25 $\mu$ A sous 3V à 32KHz. Il possède une large plage de tension d'alimentation (2.0V à 5.5V). Sa mémoire vive ou RAM peut conserver son contenu lorsque le circuit est placé en mode sommeil, (une tension d'alimentation qui peut aller jusqu'à 1,5 V.) Le positif de la tension d'alimentation est appliqué à la pin  $V_{dd}$  du boîtier et la masse à la pin  $V_{ss}$ . Ces pins d'alimentation doivent être découplées au plus près du circuit au moyen d'un condensateur de 22 à 100nF de type céramique multicouches.

**III.2.6 L'horloge :** Le PIC peut utiliser soit une horloge interne ou externe :

**III.2.6.1 L'horloge interne :** Il dispose en interne de deux horloges :

- La première utilise un oscillateur de fréquence de 8 MHz. Elle peut être utilisée telle quelle ou réduite jusqu'à 31KHz, par un diviseur programmable. La boucle à verrouillage de phase (PLL) permet de multiplier par 4 la fréquence d'horloge interne. Cette multiplication ne s'applique qu'aux fréquences d'horloge interne de 4 et 8 MHz, ce qui permet de faire fonctionner le circuit, respectivement, à 16 ou à 32 MHz sans recours au moindre composant externe.
- La deuxième est indépendante de celle de 8 MHz, elle fonctionne à 31 KHz et utilise un oscillateur RC interne. Elle peut servir d'horloge principale à l'unité centrale lorsque, par exemple, on peut se satisfaire de sa faible fréquence et que l'on souhaite ainsi, bénéficier d'une consommation très réduite. Elle est également utilisée par le timer chien de garde (WDT).

**III.2.6.2 Horloge externe :** Deux pins d'horloge sont présentes sur le boîtier, se sont OSC1/CLKI (pin 13) et OSC2/CLKO (pin 14). Compte tenu des différents types d'horloges, il existe trois schémas de principe :



**Figure (13):** Brochage de l'horloge externe du pic 18f452.

Le 18F452 peut fonctionner sous huit types d'horloges différents qui sont :

- LP (*Low Power*): horloge à quartz basse vitesse. Elle fait consommer le moins de courant au circuit en raison de sa lenteur.
- XT : Pour tout quartz de fréquence comprise entre une centaine de KHz et de 4 MHz.
- HS (*High Speed*) : horloge à quartz ou à résonateur céramique haute vitesse. pour toute fréquence  $>4$  MHz.
- HSPLL : horloge à quartz ou à résonateur céramique haute vitesse avec utilisation de la boucle de verrouillage de phase PLL interne. (PLL : *Phase Locked Loop*).
- RC ou *External RC*: Pilotée par un ensemble résistance capacité connecté sur l'entrée CLKI. La sortie du signal d'horloge à une fréquence divisé par 4 sur la sortie CLKO.
- RCIO : Pilotée par un ensemble résistance capacité externe connecté sur l'entrée CLKI tandis que CLKO (RA6) sert d'entrée/sortie à usage générale.
- EC : pour l'utilisation d'un signal d'horloge externe appliqué à CLKI avec sortie du signal d'horloge à une fréquence divisée par 4 sur la sortie CLKO (RA6).
- ECIO : Une source d'horloge externe est appliquée sur CLKI. CLKO (RA6) est une pin d'E/S du port parallèle.

Pour sélectionné une d'entre elles, l'utilisateur doit configurer 3 Bits (FOSC2, FOSC1, FOSC0) du registre de configuration (CONFIG1H). La manipulation de ces bits de configuration est très rare, car elle est assurée par tous les bons logiciels de programmation des PIC qui demande de choisir le type d'horloge souhaité (LP, XT,...).

### III.2.7 Le Reset :

Le Reset est relativement important. En effet, lorsque le système à des ratés, ou se plante, il est utile de pouvoir le réinitialiser. Il est également possible et utile parfois d'effectuer un Reset lors de la mise sous tension. Il s'effectue en mettant un "0" logique sur la

patte 1 du microcontrôleur. Il existe plusieurs types de reset : le reset manuel, l'automatique et le mixte.

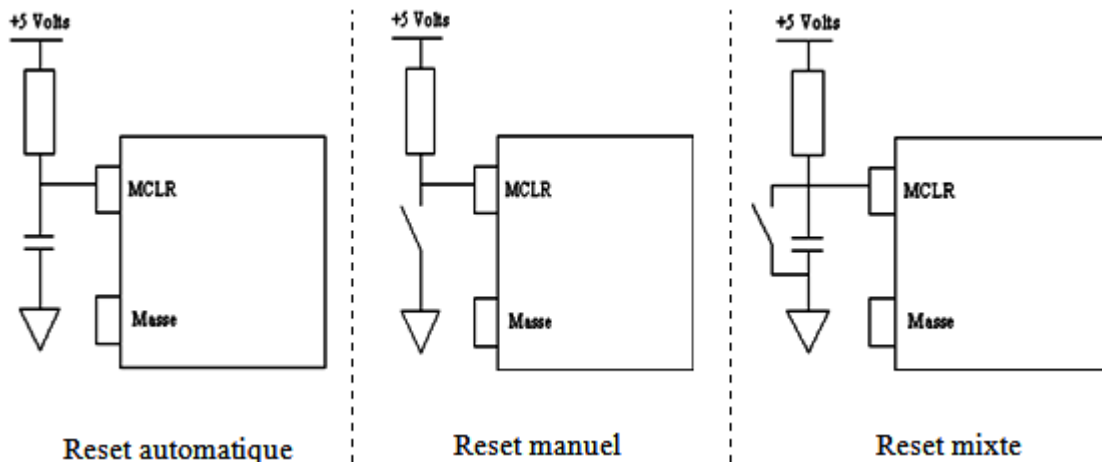


Figure (14) : Les différents types de Reset

Ce PIC dispose de huit sources potentielles de reset distinctes qui sont :

- Un reset à la mise sous tension du circuit appelé POR (*Power On Reset*) ;
- Un reset par action sur la pin  $\overline{\text{MCLR}}$  alors que le circuit est en mode normal ;
- Un reset par action sur la pin  $\overline{\text{MCLR}}$  alors que le circuit est en mode sommeil ;
- Un reset par débordement du Timer chien de garde (*WDT : Watch Dog Timer*) ;
- Un reset par détection d'une chute anormale de la tension d'alimentation, même temporairement, appelé BOR (*Brown Out Reset*) ;
- Un reset suite à une exécution de l'instruction de même nom (reset) ;
- Un reset suite à une saturation de la pile (pile pleine) ;
- Un reset suite à un débordement inférieur de la pile (tentative de retirer une donnée de la pile alors qu'elle est vide).

### III.2.8 Le Timer chien de garde (WDT) :

C'est un système de surveillance du bon déroulement du programme et de protection contre son blocage. Il s'agit d'un compteur incrémenté au rythme d'une horloge RC interne indépendante de l'horloge système. Ce compteur est réinitialisé régulièrement dans le cas d'un fonctionnement normal du programme. Mais dans le cas d'un dysfonctionnement ou blocage, le compteur va jusqu'au bout et provoque alors un débordement. Deux situations sont possibles :

- Si le  $\mu\text{c}$  est en fonctionnement normale, le WDT provoque un RESET.
- Si le  $\mu\text{c}$  est en mode SLEEP, le Watchdog Timer provoque un WAKE-UP, l'exécution du programme continue normalement là où elle s'est arrêtée avant de rentrer en mode SLEEP.

### III.2.9 Le mode SLEEP :

Grâce à l'instruction SLEEP, le PIC est mis en sommeil, lorsqu'il n'a rien à faire, afin de limiter sa consommation. Dans ce mode, l'horloge système est arrêtée, ce qui arrête l'exécution du programme. Et pour en sortir, il faut provoquer un WAKE-UP, pour cela il y a 3 possibilités :

- a) RESET externe dû à la mise à 0 de l'entrée MCLR du PIC.
- b) Timeout du chien de garde (débordement) si celui-ci est validé.
- c) Interruption sur RB0, RB1 ou RB2 (si l'interruption est validée).

### III.2.10 Le port séries synchrone maître ou MSSP :

Le module MSSP (*Master Synchronous Serial Port*) est une interface de communication série avec des périphériques ou des microcontrôleurs. Ces périphériques peuvent être des mémoires EEPROMs série, des convertisseurs A/N,... Le module MSSP peut fonctionner soit en mode SPI ou I2C.

#### III.2.10.1 Le MSSP pour SPI :

Il permet d'envoyer et de recevoir des données sur 8 bits d'une manière synchrone et simultanée. Pour assurer la communication, 3 pins sont utilisés :

- Sortie série de données (SDO) - RC5,
- Entrée série de données (SDI) – RC4/SDA,
- Horloge série (SCK) – RC3/SCL/LVDIN.

**III.2.10.2 Le MSSP pour I2C :** permet de faire des transmissions au format I2C en tant que maître ou esclave. Il utilise pour cela seulement deux fils, le premier (SDA) pour le transfert de données et l'autre (SCL) pour l'horloge. Il utilise les pins 3 et 4 du port C: PC3 pour SCL et PC4 pour SDA.

#### III.2.11 Le USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*) :

Appelé aussi SCI (*Serial Communication Interface*). C'est un module de transmission série qui peut fonctionner comme une interface série asynchrone classique en full duplex, afin de communiquer avec des dispositifs utilisant le même mode comme par exemple un micro-ordinateur, ou comme une interface série synchrone en half-duplex afin de communiquer avec des dispositifs externe comme les mémoires série EEPROMs, Elle utilise la pin RC6/TX pour l'émission de données et RC7/DX pour la réception.

L'USART peut être configuré comme une interface :

- Asynchrone (*full-duplex*),
- Synchrone-Master (*half-duplex*),

- Synchrone-Slave (*half-duplex*).

### III.2.12 Convertisseur Analogique/Numérique :

Il est constitué d'un module convertisseur à 8 entrées. Les 5 premières entrées sont sur le port A en RA0, RA1, RA2, RA3, RA5. Les 3 entrées supplémentaires sont sur le port E en RE0, RE1, RE2.

Le résultat de la conversion est codé sur 10 bits. Le convertisseur A/D fonctionne même si le PIC est en mode sommeil, la conversion s'effectue en utilisant une horloge RC interne.

Le temps de conversion d'un bit est  $T_{AD}$ . Pour une conversion totale des 10 bits il faut :  $12.T_{AD}$ . Pour que la conversion soit correcte il faut que  $T_{AD}$  soit au minimum de  $1,6\mu s$ . Avec l'oscillateur interne RC on a :  $T_{AD} = 4\mu s$  typique (entre 2 et  $6\mu s$ ).

### III.2.13 La programmation en circuit ou ICSP :

Ce mode de programmation particulier que le 18F452 supporte, permet de programmer la mémoire du microcontrôleur alors que celui-ci est déjà installé dans l'application finale. Il permet aussi de mettre très facilement à jours des produits existants en remplaçant le programme contenu dans leur mémoire par une version plus récente. Cela se fait grâce à deux lignes du port parallèle qui sont RB6 pour l'horloge et RB7 pour le transfère de données et trois autres ligne pour l'alimentation, la masse et la tension de programmation.

Pour faire passer le PIC en mode programmation, il faut maintenir ses lignes de port parallèles RB6 et RB7 au niveau bas pendant que l'on fait monter la tension sur l'entrée de reset  $\overline{MCLR}$  jusqu'à  $13,25V$  et que la tension d'alimentation positive  $V_{DD}$  soit à  $5V$ .

### III.3. Le compilateur C de CCS :

#### III.3.1 Présentation du compilateur C de CCS:

Le système de développement C de la société CCS (Custom Computer Services) comporte un compilateur C adapté aux microcontrôleurs Pics de Microchip. Il existe actuellement sous plusieurs versions (PCB, PCM, PCH, PCW, PCWH, PCWHD...) qui diffèrent par le type de Pics supportés et la présence de fonctionnalités additionnelles telle que le Wizard (magicien) de génération de projets et l'outil de dialogue via le port série du PC... Voir le tableau ci-dessous :

Caractéristiques	PCB	PCM	PCH	PCW	PCWH	PCWHD	PCDIDE
Compilateur ligne de commande	X	X	X	X	X	X	X
Fonctions spécifiques intégrées	X	X	X	X	X	X	X
Exemple de programmes	X	X	X	X	X	X	X
Pilotes de périphériques	X	X	X	X	X	X	X
Interface avec MPLAB	X	X	X	X	X	X	X
Environnement de développement sous Windows	-	-	-	X	X	X	X
Editeur orienté langage C	-	-	-	X	X	X	X
«Wizard» (magicien) de génération de projet	-	-	-	X	X	X	X
«Débugger» intégré	-	-	-	X	X	X	X
Editeur de paramètres de circuits	-	-	-	X	X	X	X
Arbre d'appel de fonctions et cartographie mémoire	X	X	X	X	X	X	X
Statistiques	-	-	-	X	X	X	X
Outil de dialogue via le port série du PC	-	-	-	X	X	X	X
Support des PIC 12 bits	X	-	-	X	X	X	-
Support des PIC 14 bits	-	X	-	X	X	X	-
Support des PIC 16 bits	-	-	X	-	-	X	-
Support de la famille PIC 18	-	-	X	-	X	X	X
Support des PIC 24 bits	-	-	-	-	-	X	X

**Tableau (05) :** Les caractéristiques des différentes versions du compilateur C de CCS.

Afin de faciliter la tâche à l'utilisateur (programmeur), le compilateur C de CCS contient des bibliothèques et des Drivers qui peuvent être inclus dans le programme ainsi que des fonctions structurelles qui permettent l'accès aux périphériques du microcontrôleur, telles que READ\_ADC qui lit une valeur provenant du convertisseur Analogique/Numérique du hardware du Pic, GETC et PRINTF permettant d'utiliser la liaison série asynchrone RS232.

### III.3.2 Les fonctions du compilateur C de CCS:

Pour connaître les fonctions du compilateur C de CCS, on peut utiliser la rubrique d'aide propre à ce compilateur qui se trouve à droite de la fenêtre. En cliquant sur "help" puis sur "Built in functions", le compilateur nous donne toutes les fonctions. Et chaque clique sur n'importe quelle fonction, l'aide donne des explications suffisantes et des exemples pour les utiliser.

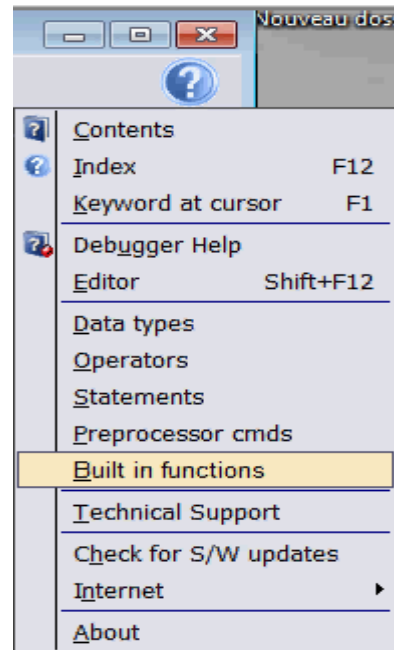


Figure (15) : La rubrique d'aide de CCS

### III.3.3 Utilisation de l'IDE du compilateur C pour Pics de CCS (PCWHD):

#### III.3.3.1 Les étapes à suivre pour écrire un programme :

Au lancement de l'environnement de développement intégré (IDE) du compilateur C pour Pics on obtient la fenêtre suivante:

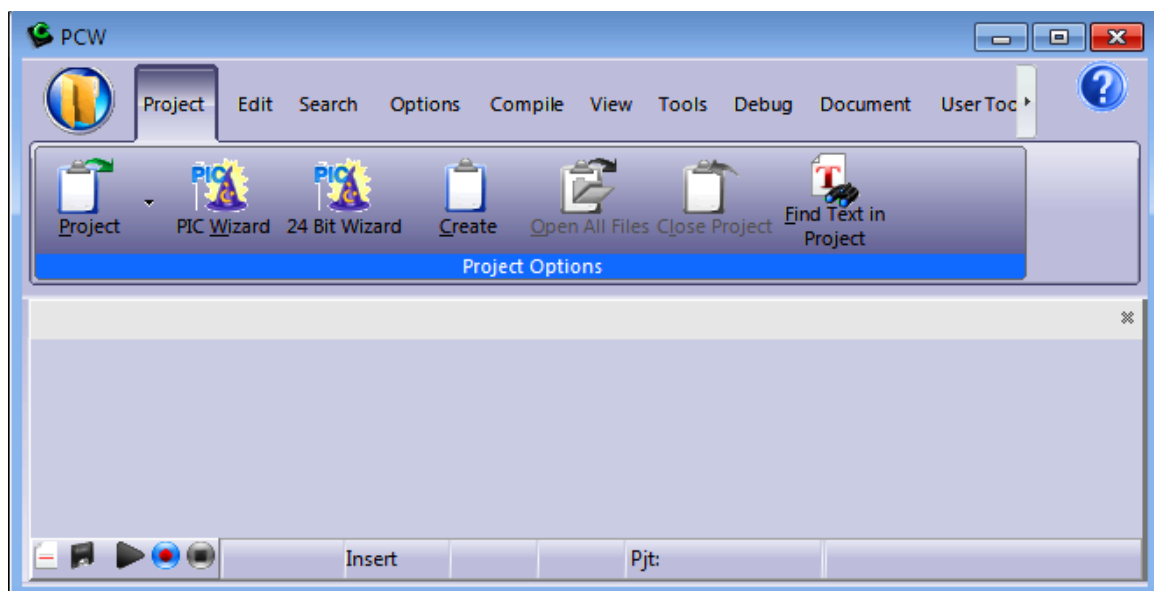



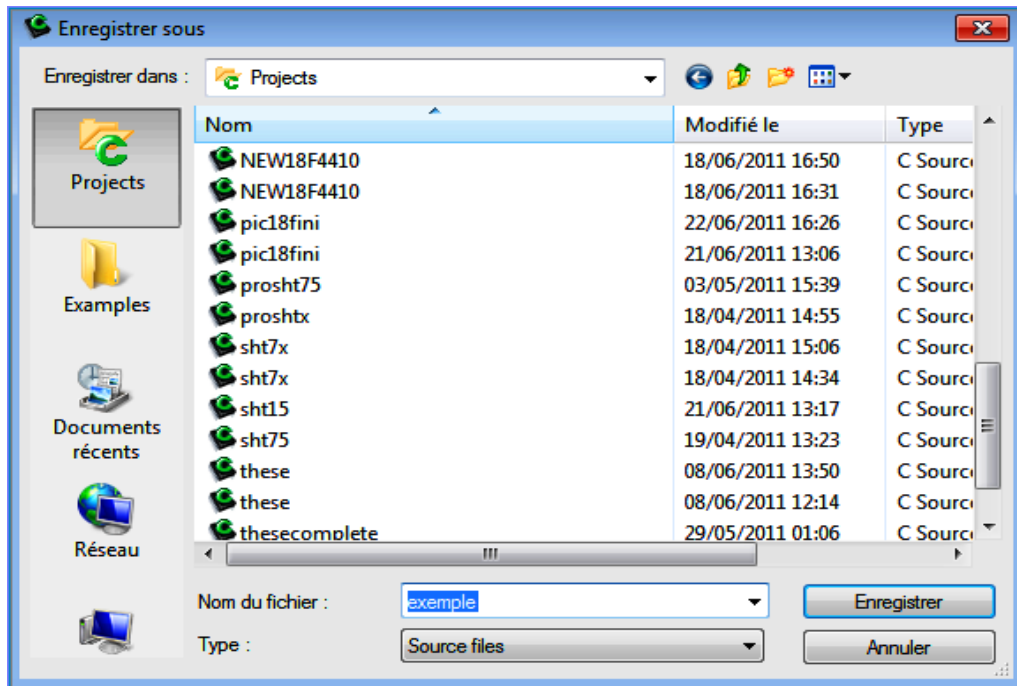
Figure (16) : La fenêtre principale de l'environnement de développement PCWHD.

- Ce logiciel fonctionne avec un système d'onglet permettant d'accéder aux différentes fonctions de l'environnement de développement.

Pour créer un programme il y a deux méthodes : soit manuellement ou bien en utilisant le magicien (Wizard).

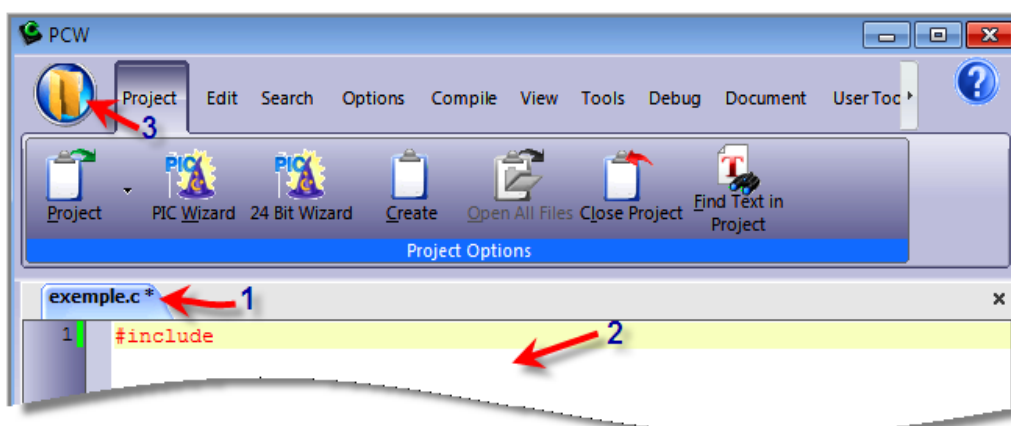
#### a. La méthode manuelle :

On clique sur la première icône qui présente un dossier ouvert . Choisir « new » puis « Source File». La fenêtre suivante apparaît afin d'enregistrer un nouveau fichier.



**Figure (17) :** La fenêtre qui permet d'enregistrer un nouveau programme

Il faut choisir l'emplacement de l'enregistrement, saisir son nom puis valider avec le bouton « enregistrer ». Ainsi, la fenêtre principale, dans laquelle on doit écrire le programme est prête :




**Figure (18) :** La fenêtre principale prête à saisir le programme

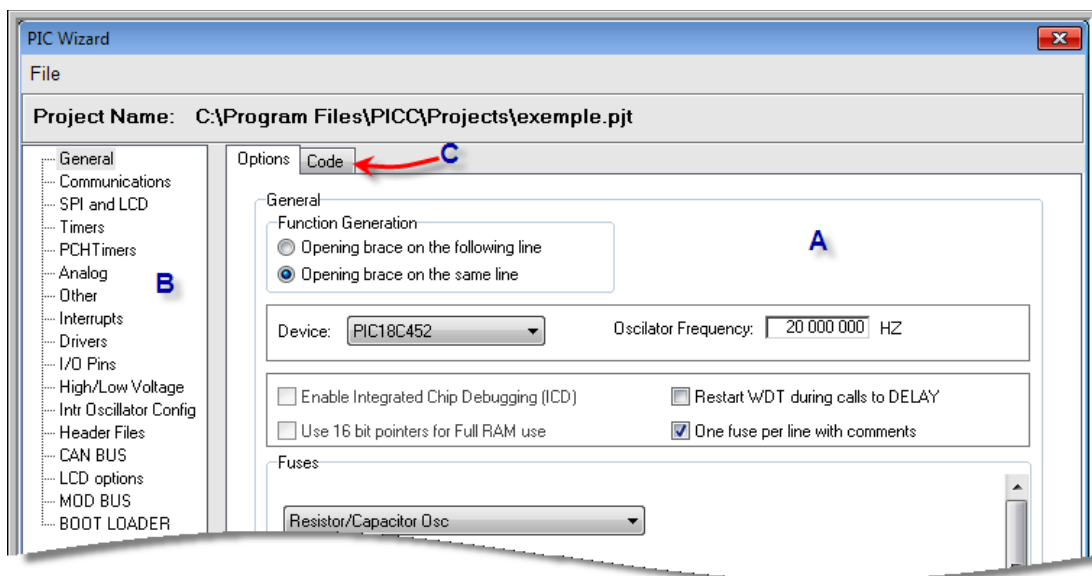
Avant de saisir le programme, on doit vérifier que le nom de notre fichier source apparaît dans (1). On a choisit (exemple.c).

(2) Représente la zone d'édition dans laquelle on écrit le programme. (Lors de la programmation, les lignes sont numérotées automatiquement).

A la fin de la saisie, on sauvegarde le fichier avec « Save » contenu dans (3).

### b. Utilisation du Wizard:

On choisit "PIC Wizard"  du menu " Project " avec le bouton gauche de la souris. La même fenêtre que celle de la méthode manuelle, permettant de choisir l'emplacement du programme ainsi que son nom apparaît. Après avoir validé, la fenêtre si dessous s'affiche :




**Figure (19) :** Fenêtre du PIC WIZARD permettant de configurer le PIC

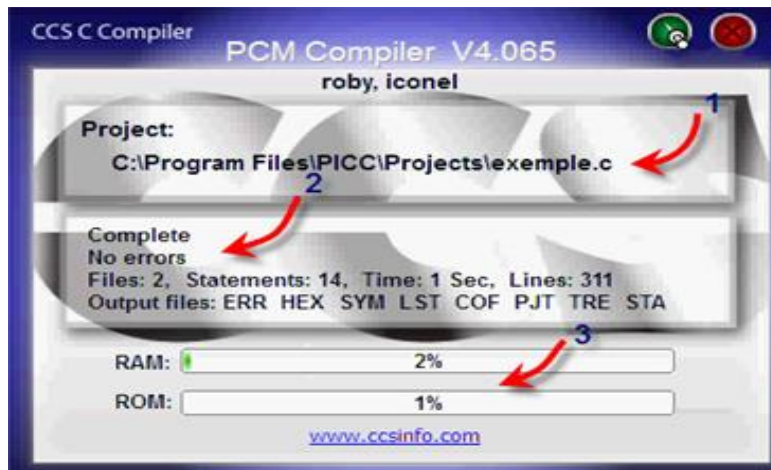
Dans la zone (A) on choisit le PIC à utiliser, la fréquence de l'oscillateur, ... La colonne à gauche (B) contient toute les options du PIC choisi (WDT, Interruption, RS232, I2C,...). Par exemple, si on veut choisir la liaison série RS232, il faut cliquer sur «Communications» il nous donne le choix des paramètres de la liaison (vitesse de transmission, parité, la pin de réception et celle de la transmission,...). Ensuite, on coche des cases d'une manière très simple.

A chaque fois qu'on effectue un choix, son équivalent en langage C, peut être visualisé dans (C) "code".

### III.3.3.2 Compilation :


Pour compiler le programme, on doit cliquer sur l'onglet « compile », puis sur l'icône « compile » .

Si la compilation c'est déroulée correctement on obtient la fenêtre ci dessous qui est sous forme d'un rectangle contenant un ensemble d'informations concernant notre fichier :



**Figure (20):** Les paramètres du programme en cours de compilation

- (1) Rappelle le nom du fichier compilé ainsi que son emplacement,
- (2) Indique le nombre d'erreurs (errors) et d'avertissements (warnings) dans le programme,
- (3) Indique l'espace mémoire du microcontrôleur occupé par le programme.

Après compilation, on peut ouvrir tous les sous programmes et les drivers auxquels on a fait appel dans le programme principal avec "Open all files"  contenu dans "Project". La fenêtre précédente nous indique l'emplacement de l'enregistrement du programme écrit en C qui est le même que celui en Hexa qu'on doit injecter dans le PIC. Dans le cas contraire (cas d'erreur), un message d'erreur sera affiché en bas de la fenêtre principale, la ligne contenant l'erreur est indiquée.

### III.3.3.3 Communication via le port série du PC :

Le compilateur C de CCS permet de communiquer via le port série du PC et cela en choisissant "Tools" puis "Serial port monitor".

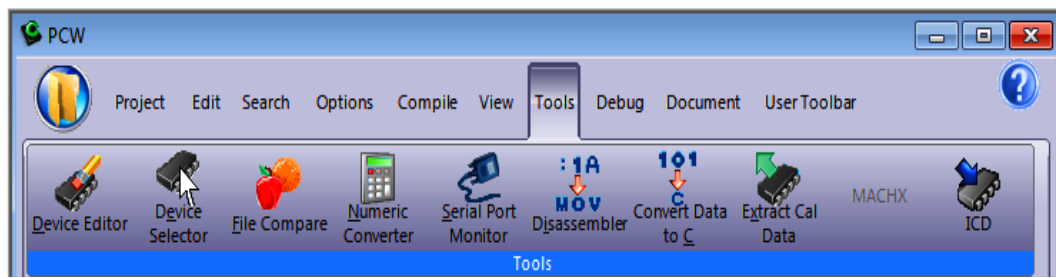


Figure (21) : Le menu tools de l'IDE de CCS

Afin de faire la liaison, on doit configurer les paramètres de transmission de données.

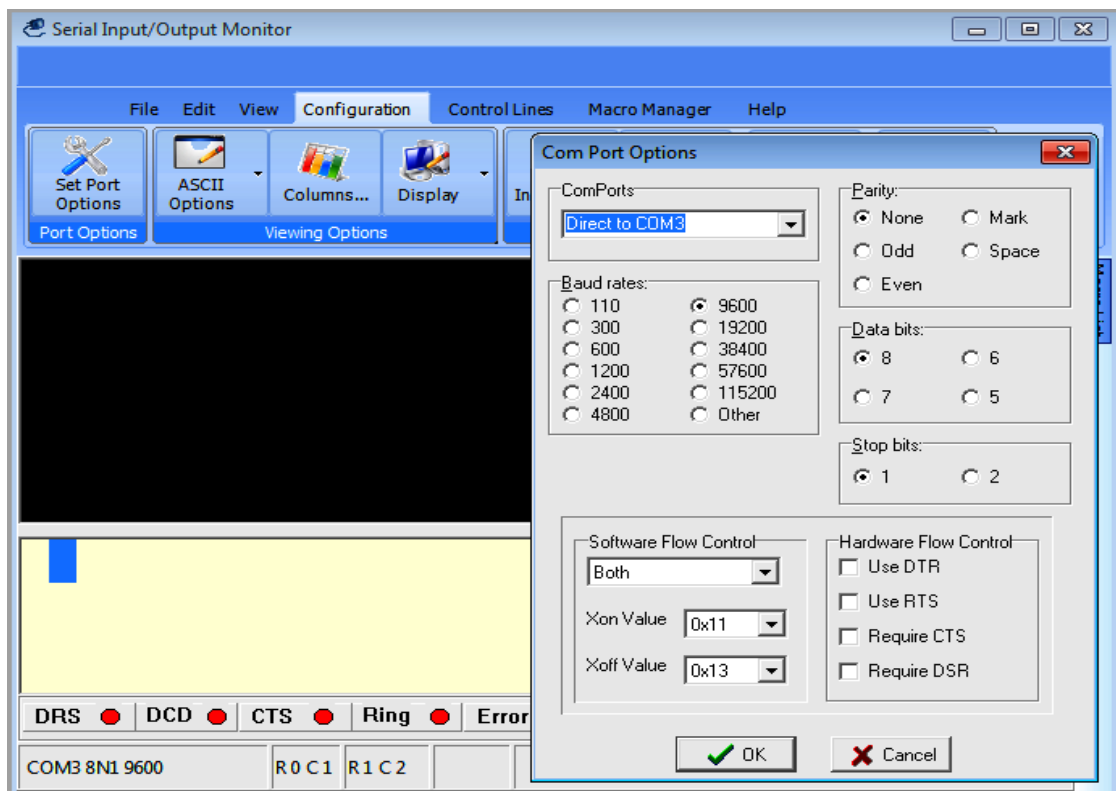


Figure (22) : Configuration de la liaison série

**III.4 Proteus** : c'est un logiciel destiné au développement et à la simulation des circuits électroniques. Développé par la société Labcenter Electronics, composé de deux parties principales : ISIS et ARES.

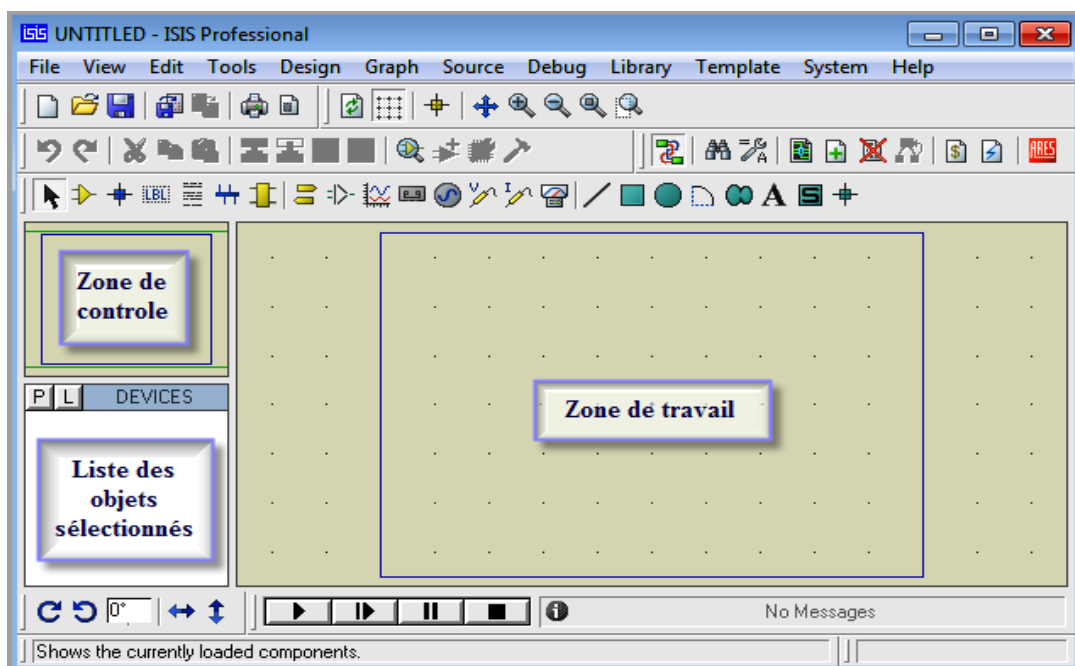
### III.4.1 Isis:

C'est un logiciel principalement utilisé pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, il permet également de les simuler et de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Il offre la possibilité de suivre le bon déroulement du programme de la simulation. Il dispose d'un certain nombre de travaux pratiques (Tutorial) afin de se familiariser avec les techniques de son utilisation.

#### III.4.1.1 Les étapes à suivre pour simuler un circuit :

##### a) Démarrer le logiciel :

Au lancement d'Isis, la fenêtre ci dessous apparaît :






**Figure (23) :** La fenêtre principale d'ISIS

Elle est composée de plusieurs parties :

- La zone de travail (Editing window) dans laquelle on saisit le circuit,
- Sélecteur d'objets (Object selector) dans lequel sont affichés l'ensemble des objets sélectionnés pour la réalisation du schéma,
- La zone de contrôle (Overview window) qui permet de visualiser le composant sélectionné dans la "Liste des objets sélectionnés" et de se déplacer d'un endroit à un autre dans la zone de travail,
- La barre des menus située au sommet de l'écran.

##### b) Création de la liste des composants :

Pour choisir un composant, on doit sélectionner l'icône composant (Component mode) , puis dans la fenêtre du sélecteur d'objets, on clique sur la lettre P (Pick from libraries) . La fenêtre "Pick devices" s'affiche donnant ainsi le choix de composants (Il faut choisir ceux possédant un "Package"). La validation se fait par . Ainsi le composant s'ajoute automatiquement à "Object selector".

Afin de placer tous les éléments du circuit dans cette dernière, on doit refaire la même procédure (Car le choix des composants se fait l'un après l'autre).

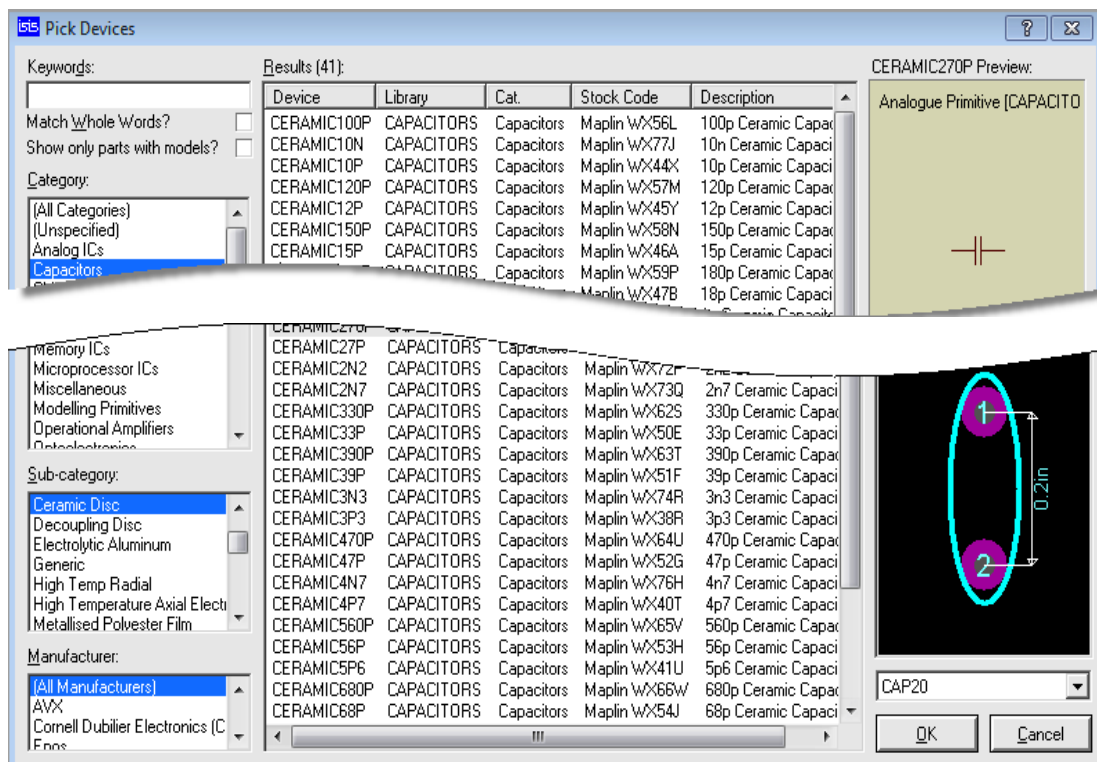

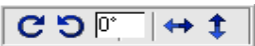



Figure (24) : La fenêtre de choix de composants "Pick Devices"


### c) Insertion des composants dans la zone de travail :

Pour placer les composants dans la zone de travail, la touche composant  doit être préalablement sélectionnée. Un clique sur la référence d'un élément dans "Object Selector" permet sa visualisation dans "Over View Window", le double clique avec le bouton gauche dans "Editing Window" permet de le placer là où on veut. Pour choisir son orientation, on doit activer les touches suivantes : .

### d) Insertion des différentes connexions externes :


En sélectionnant "Terminals Mode" , les bornes disponibles apparaissent dans "Object Selector". Pour placer une borne, on clique sur le type souhaité dans la zone de sélection, elle apparaît alors sur l'écran de contrôle. On choisit son orientation puis, on la met à sa place.

#### e) Insertion des alimentations et générateurs :


Pour placer un générateur, on sélectionne "Generator Mode"  et on choisit celui qui convient. Ensuite, on clique sur le schéma pour le placer. Il faut lui donner un nom et régler les différents paramètres qui sont en fonctions du type de générateur choisi.

#### f) Réalisation des liaisons :


En plaçant le curseur à l'extrémité de la borne de l'élément considéré, une croix rouge s'affiche donnant ainsi le signe de la possibilité de faire une liaison. On clique avec le bouton gauche au point de départ, puis au point d'arrivée, le logiciel fait le tracé.

**Remarque :** La configuration de chaque composant est indispensable; le double clic avec le bouton gauche sur un élément permet de visualiser ses propriétés (nom, valeur, package, fréquence d'horloge,...). Les composants programmables (PIC) nécessitent d'indiquer le chemin de leurs programmes : .


#### g) Insertion des instruments de mesure :

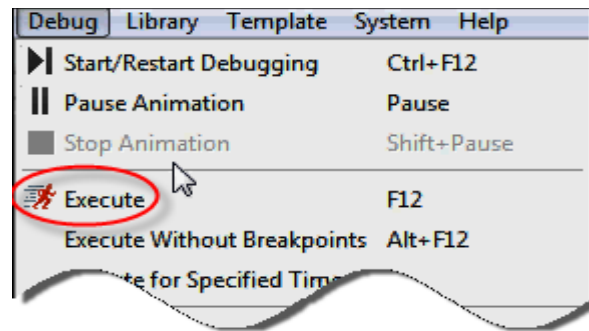
Il faut choisir le(s) appareil(s) de mesure que l'on souhaite utiliser en cliquant sur : .

- ISIS de PROTEUS offre la possibilité de simuler en temps réel en reliant le circuit au port physique du PC (ordinateur) en utilisant le composant "COM PIM" (Dans le cas de PIC, il doit être relié à "RX" et "TX"). Le port DB9 de l'ordinateur doit être relié à un modem, un téléphone ou tout élément utilisant la norme RS232 pour la communication.

Le "Virtual Terminal" se trouvant dans "Virtual Instruments Mode" , nous offre la possibilité de visualiser la conversation entre le PIC et le port physique (téléphone).

#### h) Simulation :

Pour lancer la simulation, soit on appuie sur le bouton "Play" situé en bas de la fenêtre  ou bien, aller dans le menu "Debug" puis "Execute".



**Figure (25) :** Exploration du menu Debug.

En cas d'erreurs, un message s'affiche en bas de la fenêtre principale.

Pour faire le routage du circuit, il faut enregistrer. Et pour assurer la liaison entre ISIS et ARES, il est important d'appeler ce dernier depuis ARES et cela en cliquant sur le menu "Tools" puis sur "Netlist to ARES ". Ainsi, ARES sera lancé automatiquement en conservant le même nom pour le schéma et pour le typon.

### **III.4.2 ARES :**

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Il est possible de l'utiliser sans avoir au préalable créé de schéma dans ISIS. Cette fonctionnalité permet de réaliser très rapidement des circuits de faible complexité. Il offre la possibilité de tracer le circuit électronique en tenant compte des dimensions réelles des composants (grâce au package) d'où une grande précision. Au lancement de ARES la fenêtre suivante sera affichée :

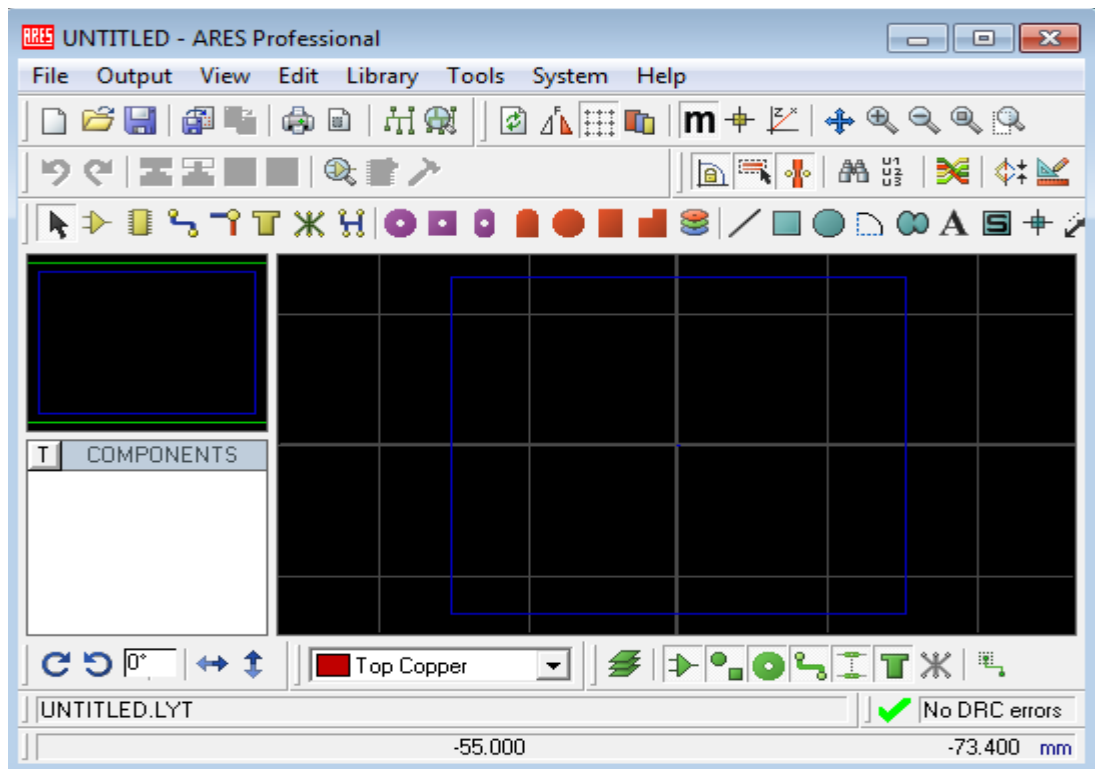







Figure (26) : Fenêtre principale de ARES

La fenêtre de ISIS est semblable à celle de ARES. Elle est constituée principalement, d'un sélecteur d'objets, d'une zone de contrôle, d'une barre d'outils, d'un clavier sous forme d'icônes et d'une zone de travail dans laquelle on met l'ensemble des "Packages" des composants et sur laquelle on fait le Routage.

### III.4.2.1 Le routage d'un circuit avec ARES :

Au début, il faut créer la zone dans laquelle on doit poser les composants en utilisant le bouton "2D Graphics Box Mode"  et choisir sa couleur avec "Layer Selector" . Un appui sur "Component Mode"  permet de charger tous les composants utilisés dans le circuit fait dans ISIS. On les place un par un dans "Editing Window". Le bouton "Track Mode"  permet de tracer les liaisons (pistes) entre composants. Le clic sur "Edit"  donne le choix de l'épaisseur des pistes. Vers la fin, on doit mettre les pastilles convenables afin de localiser les places du perçage et sur lesquelles doit se placer l'étain lors de la soudure.

Du fait de la relation existant entre les deux logiciels ISIS et ARES, le routage du circuit dans ce dernier suit les liaisons faites dans le premier d'où pas de risque d'erreurs.

### III.4.2.2 Visualisation en 3D :

Lorsqu'on termine le routage, on peut visualiser le circuit en 3 dimensions en choisissant "3D visualisation" dans le menu "Output".

### III.4.2.3 Impression du circuit :

L'impression du circuit peut être : soit directement avec "print" si l'ordinateur est connecté à une imprimante, ou bien, créer un fichier d'extension convenable afin de le déplacer sur une autre machine (PC). (On a choisi l'extension «.PDF» comme le montre cette figure).

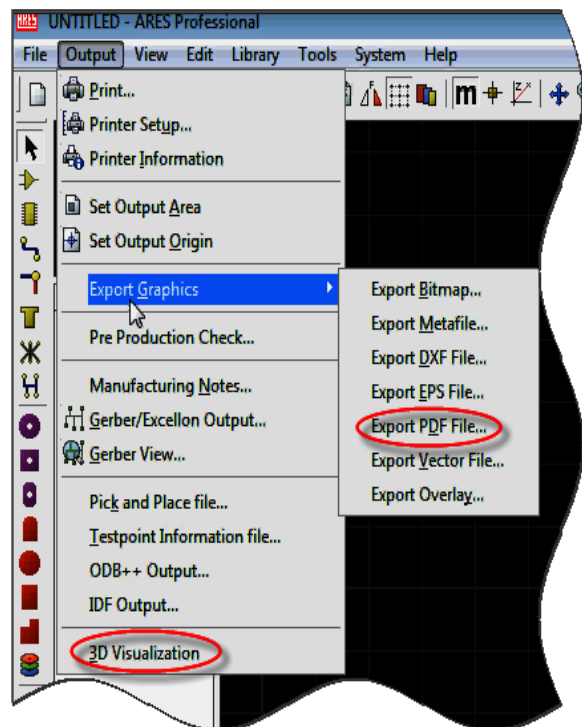


Figure (27) : Exploration du menu Output

**Application :** Ecriture d'un programme sur l'IDE CCS qui permet d'envoyer un SMS en utilisant les commandes AT et simulation de l'envoi sur Proteus :

```
printf("AT+CMGF=0");
putchar(0x0D);
delay_ms(50);
printf("AT+CMGS=");

        printf("20");
        delay_ms(10);

putchar(0x0D);
delay_ms(200);

        putchar(0x0D);

printf("\n0011000A8170270808470000AA07E2B75BFDAECB01");

putchar(0x1A);
delay_ms(10);

        putchar(0x0D);
```

Figure (28) : Programme pour l'envoi d'un SMS en mode PDU

```

envoi_sms.c  18f452.h  flex_lcd.c
25      delay_ms(500);
26
27
28          printf("AT");
29          delay_ms(50);
30          putchar(0x0D);
31          delay_ms(50);
32          printf("AT+CMGF=1");
33          putchar(0x0D);
34          delay_ms(50);
35          printf("AT+CMGS=");
36          putchar(0x22);
37          for(l=0;l<=9;l++)
38          {
39              n=num[l];
40              printf("%u",n);
41              delay_ms(10);
42          }
43
44          putchar(0x22);
45          putchar(0x0D);
46          delay_ms(200);
47
48
49
50
51          printf("\n Bonjour");
52
53
54
55          putchar(0x1A);
56          delay_ms(10);

```

Figure (29) : Programme pour envoi d'un SMS en mode TEXT

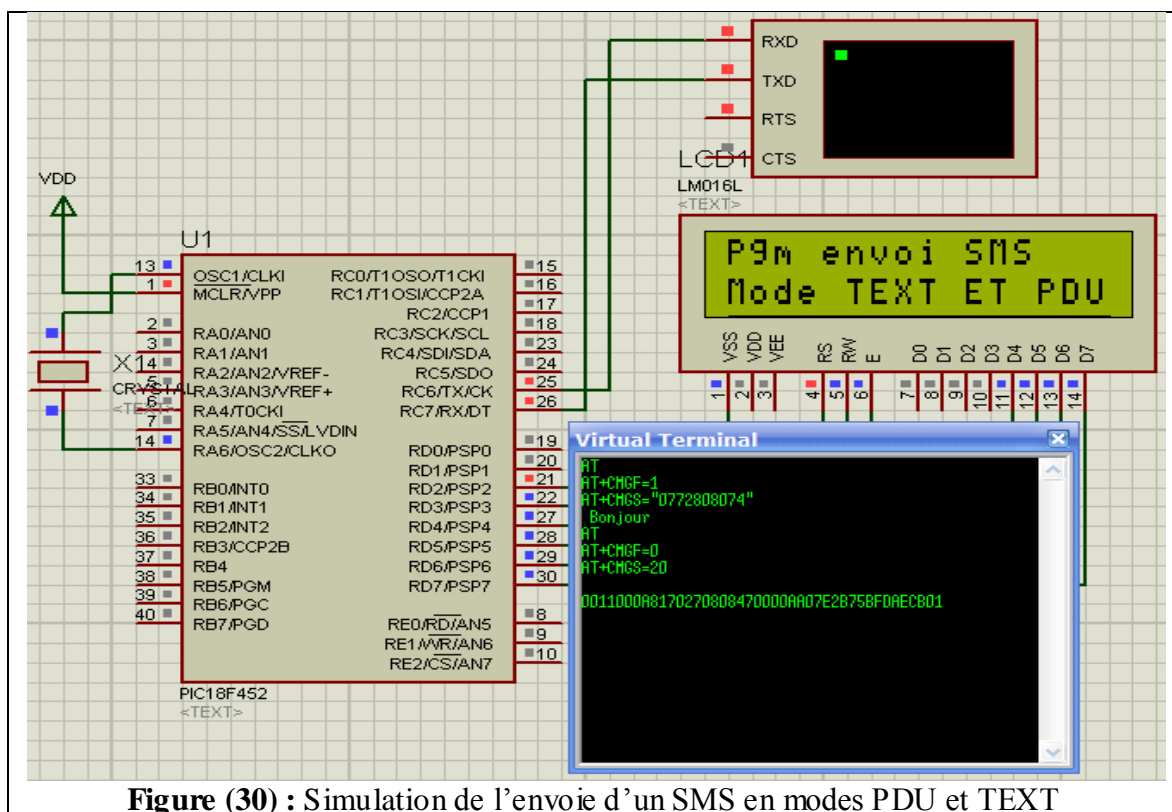


Figure (30) : Simulation de l'envoi d'un SMS en modes PDU et TEXT

### III.5 Présentation du circuit intégré DS1302

**III.5.1 Définition :** le circuit intégré DS1302 de chez MAXIM est un calendrier /horloge temps réel, ayant une RAM statique de 31 octet alimenté par une pile automatiquement rechargeable ; Il a une très faible consommation, et peut retenir les informations d'horloge à moins d'un microwatt.

Le DS1302 communique avec le microprocesseur via une interface série synchrone à trois fils, il permet de compter les secondes, minutes, heures, jour, date, mois et année avec une prise en considération des mois ayant moins de 31 jours et des années bissextiles.

L'heure est donnée en format 24h ou en format 12h avec un indice AM/PM.

Le transfert des données entre le microprocesseur et le DS1302 peut se faire octet par octet ou par blocks (de 31 octet maximum) à la fois et on parle du mode Burst (Rafale).

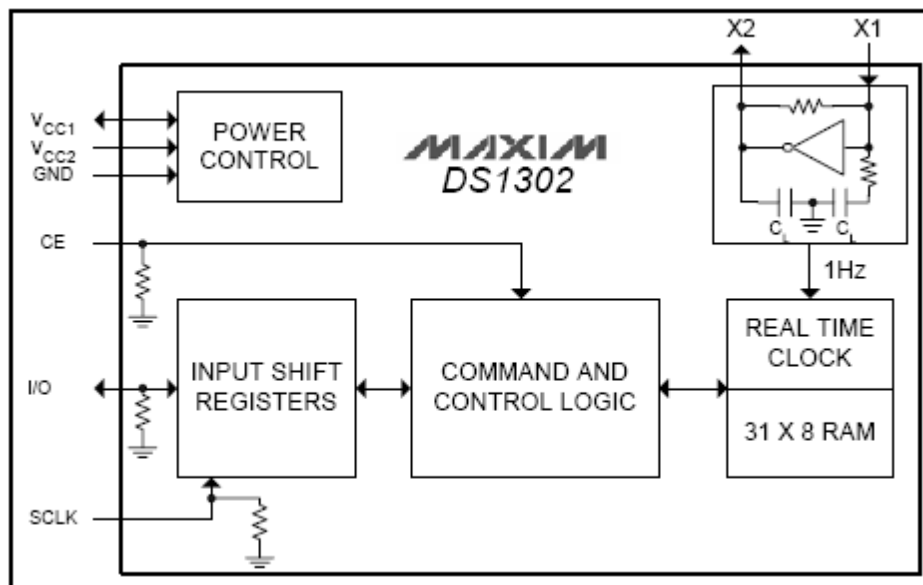


Figure (31) : Diagramme en bloc du DS1302

**III.5.2 Brochage et description des pins :** la figure suivante montre le montage typique du DS1302 ; le tableau contient le nom et une brève description pour chacune de ses pins.

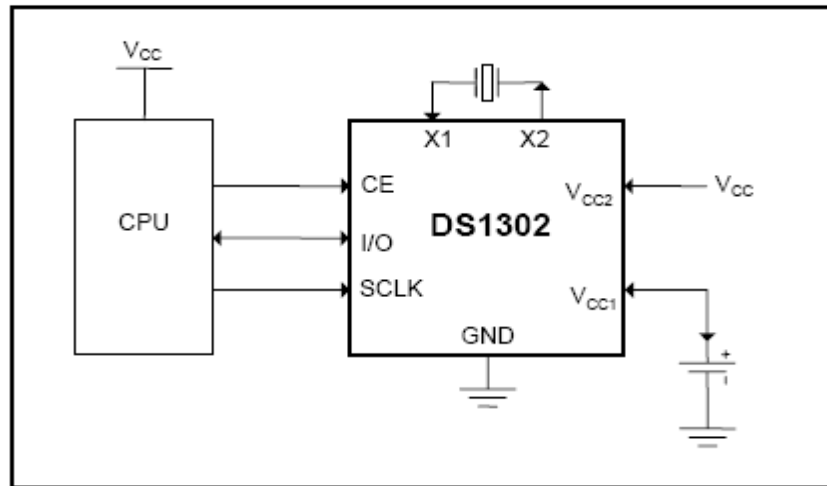


Figure (32) : Brochage du DS1302

Pin	Nom	Fonction
1	Vcc <sub>2</sub>	Entrée d'alimentation, sollicité sans condition en absence de batterie sur Vcc <sub>1</sub> ; si non à la condition $V_{cc2} > (V_{cc1} + 0.2v)$
2	X <sub>1</sub>	Connexions d'un Crystal en quartz de 32.768khz
3	X <sub>2</sub>	
4	GND	Masse
5	CE	Entrée pour le contrôle des transmissions ; elle doit être mise au niveau haut durant toute lecture ou écriture. A l'état repos elle est forcée à zéro par une résistance interne de 40kΩ
6	IO	Voie bidirectionnelle pour le transfert des données sur l'interface trois fils. A l'état repos elle est forcée à zéro par une résistance interne de 40kΩ
7	SCLK	Entrée série du signal de d'horloge pour synchroniser le transfert des données sur l'interface trois fils. A l'état repos elle est forcée à zéro par une résistance interne de 40kΩ
8	Vcc <sub>1</sub>	Pin pour batterie 3v, a un double rôle : - Entrée d'alimentation du Ds1302 en absence de Vcc <sub>2</sub> . - Sortie pour recharge de batterie lorsque $V_{cc2} > V_{cc1} + \Delta V$ . (ou $\Delta V$ varie selon la configuration).

Tableau (06) : Description des pins du DS1302

### III.5.3 Communication entre le Ds1302 et microcontrôleur:

**III.5.3.1 Le mot de commande :** un mot de commande est la succession de huit bit ayant chacun une signification, qui précède toute opération de lecture ou d'écriture.

	7	6	5	4	3	2	1	0
1	RAM		A4	A3	A2	A1	A0	RD
	$\overline{CK}$							$\overline{WR}$

Le bit du poids fort (bit 7) doit être à (1) pour valider le transfert, et à (0) pour l'arrêter.

Le bit (6) est mis à (1) pour accéder à la RAM et à (0) pour accéder à l'horloge/calendrier.

Les bits de (5 à 1) contiennent l'adresse du registre auquel on veut accéder.

Le bit (0) spécifie le type d'opération à effectuer, il est à (0) pour une lecture et à (1) pour une écriture.

### III.5.3.2 L'entrée CE et le contrôle d'horloge :

Une mise au niveau haut de l'entrée CE doit précéder tout transfert de données.

L'entrée CE à un double rôle :

- le premier est l'activation de l'unité de contrôle logique qui à son tour réserve l'accès au registre shift (de passage), pour la sauvegarde des adresses et des données.
- le second est d'ignorer tout les signaux qui ne lui sont pas destinés.

Le signal d'horloge est une succession de fronts montants suivis de fronts descendants et séparé de temporisations égales et bien déterminées, il est généré par le microcontrôleur.

### III.5.3.3 L'opération de lecture et l'opération d'écriture :

Elle est gérée par le signal d'horloge ; les commandes et les données envoyées par le microcontrôleur (écriture) sont introduites sur le front montant, du signal d'horloge par contre, la réception de données (lecture) se fait sur les fronts descendants. La lecture commence par le bit  $D_0$ .

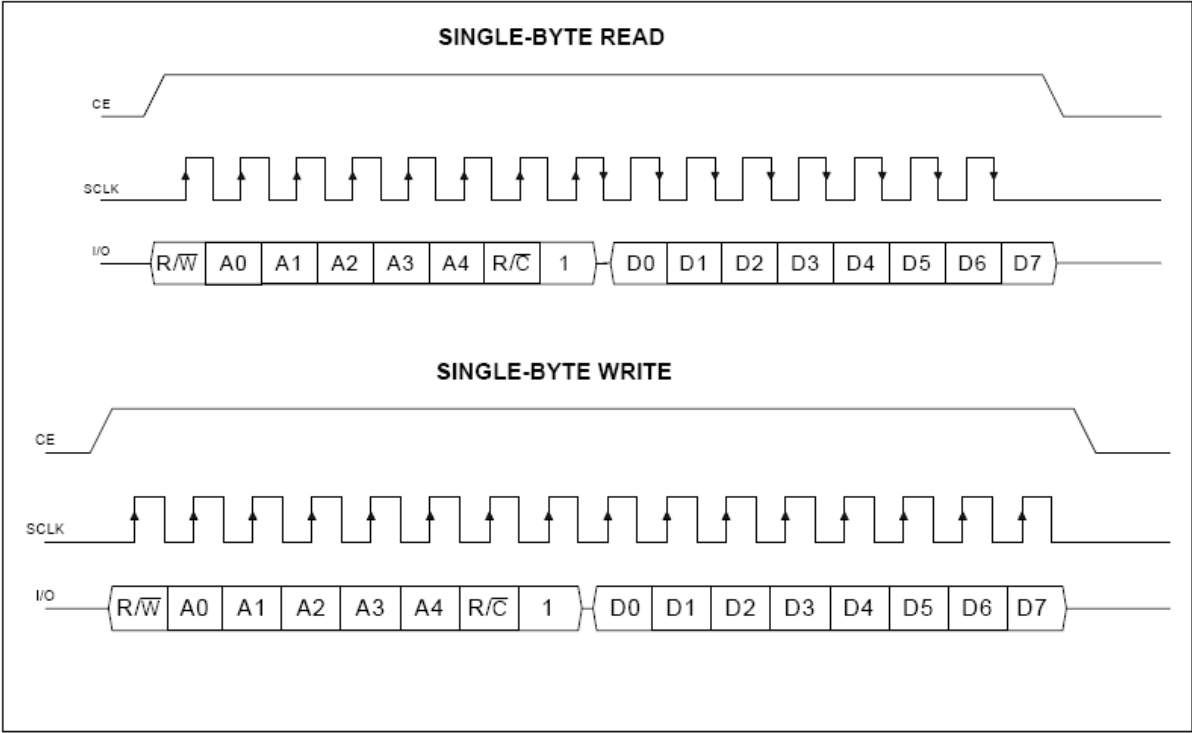


Figure (33) : L'opération de lecture et d'écriture de données

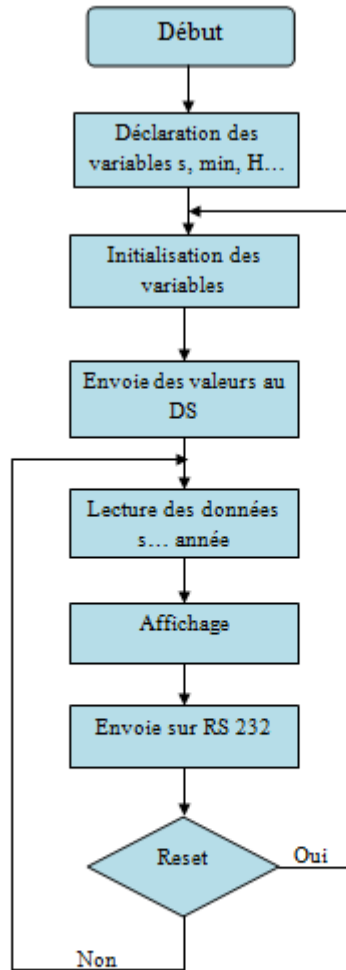


Figure (34) : Algorithme du programme du DS1302

Programme de fonctionnement du DS1302 :

```

while(true)
{
    rtc_get_date( day, mth, year, dow);
    rtc_get_time( hour, min, sec );
    lcd_putc('\f');
    printf(lcd_putc, "%2u/%2u/%2u\n%2u:%2u:%2u", mth, day, year, hour, min, sec);
    printf("%2u/%2u/%2u", mth, day, year);
    putchar(0x0D);
    printf("%2u/%2u/%2u", hour, min, sec);
    putchar(0x0D);
    delay_ms(1000);

    lcd_putc('\f');
}
    
```

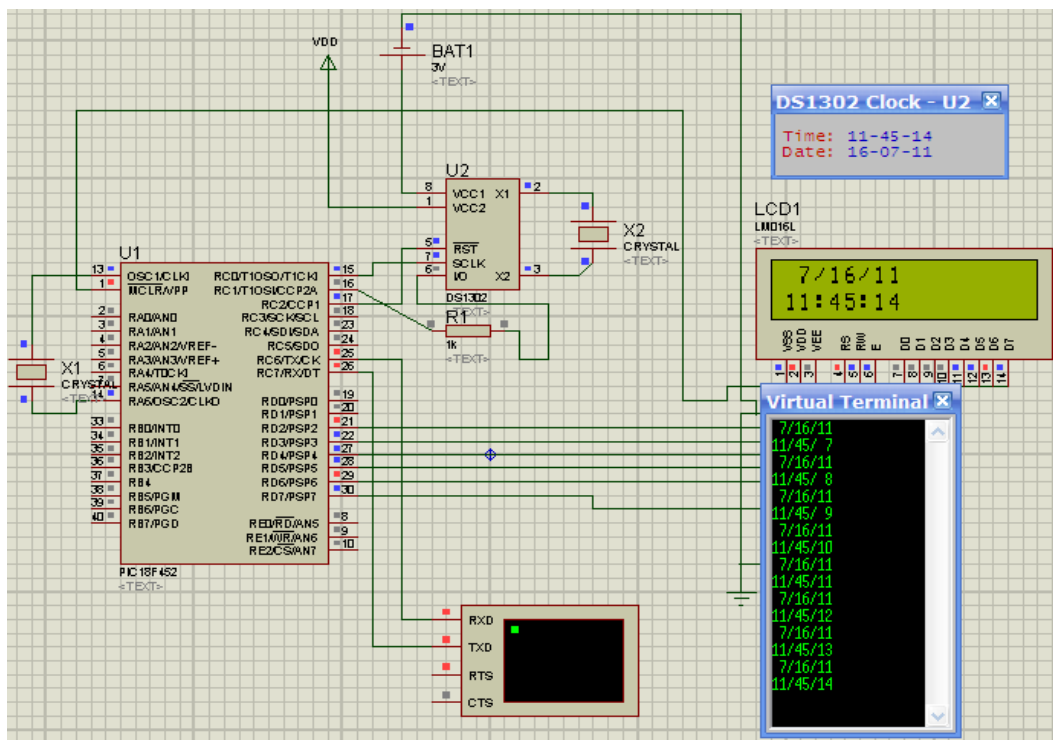


Figure (35) : Simulation du fonctionnement du DS1302

## III.6 Mesure de température et d'humidité :

### III.6.1 Présentation du sht15 :

Le SHT15 appartient à la famille SHT1x de capteurs d'humidité relative et de température à montage de surface de chez Sensirion (Comprenant aussi le SHT10 et SHT11). Ce type de capteur contient en une seule puce les éléments sensibles (sonde de température, sonde d'humidité) et tous les éléments nécessaires pour le traitement de signal ainsi qu'une sortie numérique calibrée. Les deux capteurs sont simultanément reliés à un convertisseur analogique numérique à 14 bit et à un circuit d'interface série cela permet d'obtenir une très bonne qualité de signal, un faible temps de réponse et une faible sensibilité aux bruits.

Chaque élément de la famille est individuellement étalonné dans une chambre à humidité précisée. Les coefficients d'étalonnage sont introduit dans une mémoire de type OTP (One Time Programmable) intégrée à la puce. La mesure peut se faire sur 8 ou 12 bit pour la température et sur 12 ou 14 bit pour l'humidité selon la précision désirée. L'interface série à 2 fils, ainsi que le circuit de régulation de voltage permet une intégration facile du capteur.

Les faibles dimensions et la consommation réduite font de la famille SHT1x un choix ultime dans de nombreuses applications.

### III.6.2 Brochage du SHT15 :

Pin	Nom	Commentaire
1	GND	Ground / référence
2	DATA	Transfert de données série / bidirectionnelle
3	SCK	Horloge série / en entrée uniquement
4	VDD	Source de tension

Tableau (07) : Nom et signification des pins du SHT15

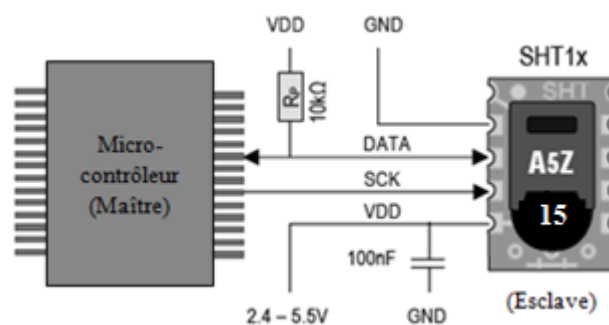


Figure (36) : Montage typique en circuit du SHT15

**III.6.2.1 Les pins d'alimentation :** la tension appliquée entre  $V_{DD}$  et GND peut varier entre 2,5 et 5,5 Voltes, mais la valeur recommandée est de 3,3 Volte, les deux pins doivent être découplées par une capacité de 100nf.

**III.6.2.2 Entrée du signal d'horloge (SCK) :** l'entrée SCK est utilisée pour synchroniser la communication entre le  $\mu c$  et le SHT15. Comme l'interface se base sur une logique statique, il n'y a pas de fréquence minimale pour le signal d'horloge.

**III.6.2.3 Entrée de donnée :** une pin à trois états (lecture, écriture et repos) utilisée pour le transfert de données du  $\mu c$  vers le capteur et vis versa. Pour envoyer une commande au capteur les données sont validées sur le front montant du signal d'horloge, l'entrée DATA ne doit changée d'état qu'après un front descendant de SCK.

**III.6.3 Performances et caractéristiques électrique :** les performances et caractéristiques électrique sont résumé dans le tableau et les figures suivantes :

- **Humidité relative :**

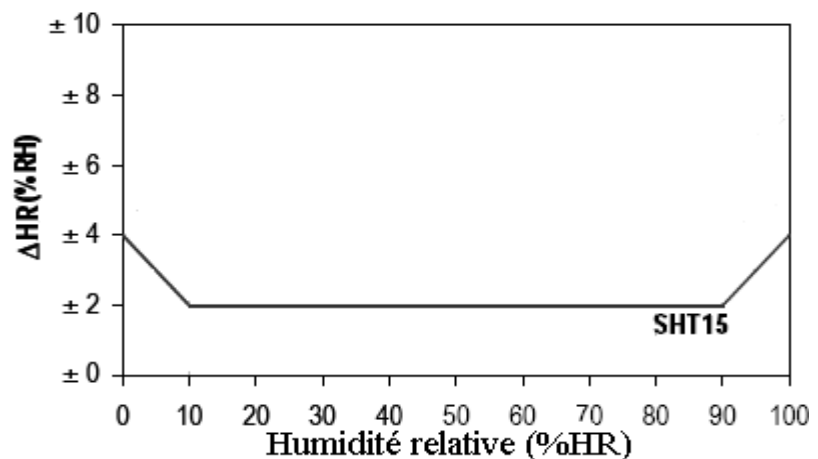


Figure (37) : Courbe de tolérance maximale de l'humidité relative

- **Température :**

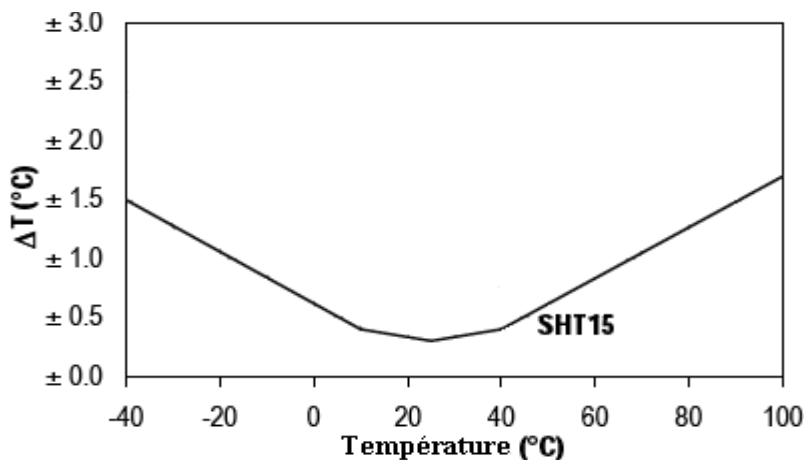


Figure (38) : Courbe de tolérance maximale de la température

- **Electrique :**

<i>Paramètre</i>	<i>Conditions</i>	<i>Min</i>	<i>Typ</i>	<i>Max</i>	<i>Unités</i>
Tension d'alimentation DC		2,4	3,3	5,5	V
Courant d'alimentation	Mesure		0,55	1	
	Moyenne	2	28		mA
	Sommeil		0,3	1,5	µA
Faible niveau de tension de sortie	$I_{OL} < 4 \text{ mA}$	0		250	mV
Haut niveau de tension de sortie	$R_p < 25K\Omega$	90%		100%	VDD
Faible niveau de tension d'entrée	Négatif et va de	0%		20%	VDD
Haut niveau de tension d'entrée	Positif va de	80%		100%	VDD

**Tableau (08) :** Caractéristiques électrique du SHT15

Pour la lecture, la donnée doit être validée après un front descendant de SCK et le reste jusqu'au prochain front montant.

**Remarque :** le capteur SHT15 ne peut pas être adressé par le protocole I<sup>2</sup>C, pourtant le capteur peut être connecté sur le bus I<sup>2</sup>C avec protection du phénomène d'interférence et il appartient au contrôleur de différencier les protocoles (mode d'adressage, taille des trames).

### III.6.4 Communication avec le capteur :

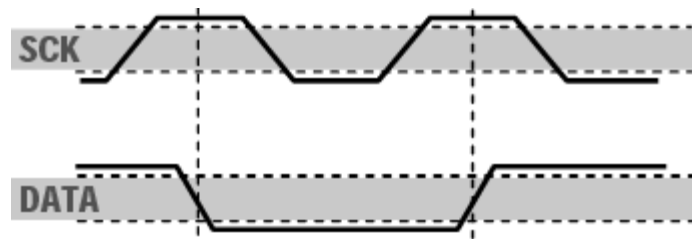
**III.6.4.1 Mise en marche du capteur :** la première étape est la mise sous tension, l'augmentation de la tension de 0 à V<sub>DD</sub> ne doit pas dépasser 1V/ms.

Après une mise en marche le capteur à besoin de 11 ms pour être entré en mode sommeil, aucune commande ne lui doit être envoyée avant cette durée.

#### III.6.4.2 Envoi de commande :

Pour faire une transmission, un signal d'initialisation doit être généré, il consiste à mettre au niveau bas la ligne DATA lorsque SCK est au niveau haut.

Une mise au niveau bas puis retour au niveau haut de SCK, puis une mise au niveau haut de DATA, comme le montre cette figure :



**Figure (39) :** Séquence de début de transmission

L'octet de commande contient 3 bit d'adresse et 5 bit de commande propre. Le SHT15 indique la réception de la commande par un bit (ACK) qui consiste à une mise au niveau bas de l'entrée DATA après le front descendant de la 8<sup>ème</sup> impulsion du signal d'horloge puis la remise au niveau haut de cette ligne après le front montant de l'impulsion de SCK.

### III.6.5 Mesure de l'humidité relative et de la température :

Après avoir envoyé une commande de mesure (00000101 pour l'humidité relative, 00000011 pour la température) le contrôleur doit attendre le temps nécessaire pour effectuer la mesure qui prend au maximum 20/80/320ms pour mesurer sur 8/12/14bit. Le temps varie avec la fréquence d'horloge et peut être réduit de 30%. Pour signaler la fin de la mesure, le SHT15 met au niveau bas la pin DATA, le contrôleur doit alors attendre ce signal pour recommencer à générer le signal d'horloge sur SCK et recevoir les données. Les résultats de la mesure sont sauvegarder jusqu'à ce qu'ils soient lus alors le contrôleur peut s'occuper d'autre tâches.

Deux octets de données de mesure, et un octet d'acquiescement (optionnel) sont alors envoyés par le sht15, le contrôleur doit marquer chaque octet par une mise à niveau bas de la ligne DATA. Les bits du poids fort sont donnés en premier, pour la mesure sur 12bit le MSB correspond au 5<sup>ème</sup> front d'horloge et pour la mesure sur 8bit, le 1<sup>er</sup> octet n'est pas utilisé.

- La communication se termine par un acquiescement, sinon par génération d'un ACK (variation de l'état de DATA avant de varier SCK) et le SHT15 se remet en mode sleep automatiquement à la fin de la mesure.

**Remarque :** pour éviter l'influence de l'auto-échauffement, (de 0,1°C) le SHT15 ne doit pas être activé pour plus de 10% de temps (par exemple, 1 mesure par seconde à une précision de 12bit est effectuée au maximum).

La figure suivante illustre un cycle complet pour la mesure de l'humidité relative sur 12bit :

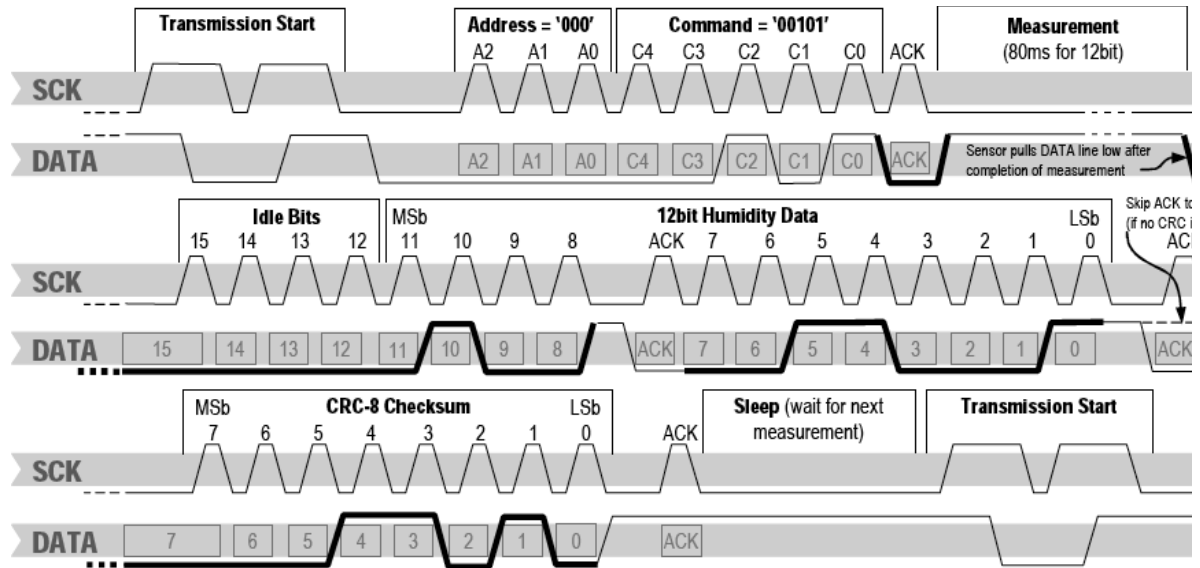


Figure (40) : Séquence d’une mesure d’humidité sur 12bit

**III.6.6 Conversion du signal :**

A noter que le SHT15 ne donne pas directement la valeur de la température ou de l’humidité relative mais, des valeurs entière qui permettent de les calculer.

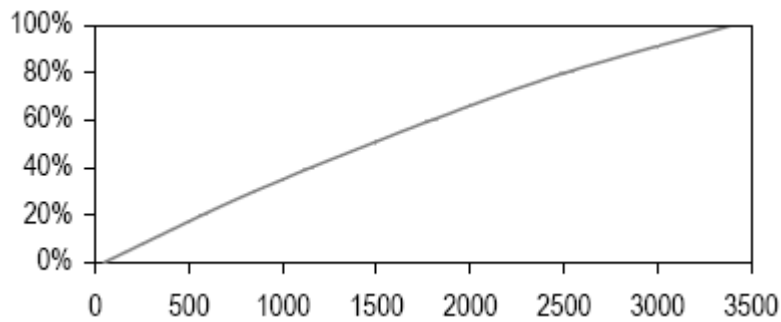
▪ **Humidité relative :**

Pour la compenser la non linéarité de l’humidité (figure) et pour obtenir la précision complète du capteur, il est recommandé de convertir la valeur lue ( $SO_{HR}$ ) de l’humidité relative par la formule suivante avec les coefficients figurés sur le tableau suivant :

$$HR_{linéaire} = C_1 + C_2 \cdot SO_{HR} + C_3 (SO_{HR})^2 (\%HR)$$

$SO_{RH}$	$C_1$	$C_2$	$C_3$
12 bit	-2,0468	0,0367	-1,5955E-6
8 bit	-2,0468	0,5872	-4,0845E-4

Tableau (09) : Les coefficients optimisés pour la linéarisation de l’humidité



**Figure (41) :** La courbe de linéarisation de l'humidité

▪ **Compensation de l'effet de la température sur l'humidité relative :**

Pour des températures significativement différentes de 25 °C (~77°F), le signal de l'humidité doit avoir une compensation, la correction de l'effet de la température est d'environ 0,12%HR/ °C pour une humidité de 50%, les coefficients de la compensation sont donnés par le tableau si dessous :

$$HR_{vraie} = (T_{°C} - 25)(t_1 + t_2 \cdot SO_{HR}) + HR_{linéaire}$$

SO <sub>HR</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>
12 bit	0,01	0,00008
8 bit	0,01	0,00128

**Tableau (10) :** Les coefficients de compensation de la température

- **Température :** le capteur de température est d'une très bonne linéarité. La formule suivante permet de convertir la valeur obtenue (SO<sub>T</sub>) en température.

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

Les valeurs de d<sub>1</sub> et d<sub>2</sub> sont donnés par le tableau suivant :

VDD	d <sub>1</sub> (°C)	d <sub>1</sub> (°F)	SO <sub>T</sub>	d <sub>2</sub> (°C)	d <sub>2</sub> (°F)
5V	-40,1	-40,2	14 bit	0,01	0,018
4V	-39,8	-39,6	12 bit	0,04	0,072
3.5V	-39,7	-39,5			
3V	-39,6	-39,3			
2,5V	-39,4	-38,9			

**Tableau (11) :** Les coefficients de conversion de la température

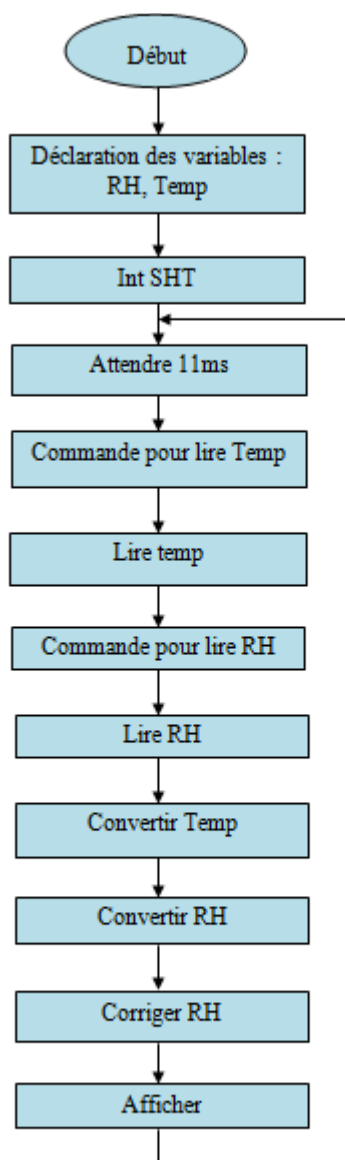


Figure (42) : Algorithme de fonctionnement du SHT15

```

projesms.c 16F877.h sht15.c flex_lcd.c
1 #include <16F877.h>
2 #define TxD PIN_C6
3 #define RxD PIN_C7
4 #define CLOCK_SF 4000000
5
6 #fuses HS
7 #fuses NOLVP, NOWDT
8 #fuses NOPROTECT
9 #use delay (clock=CLOCK_SF)
10 #use rs232 (baud=19200,parity=N,xmit=TxD,rcv=RxD,bits=8,stream=PC_COM)
11
12
13 #include<flex_lcd.c>
14 #include<sht15.c>
15
16 void main(void)
17 {
18     float restemp, truehumid;
19     lcd_init();
20     sht_init();
21
22     while (TRUE)
23     {
24         sht_rd (restemp, truehumid);
25         // lcd_gotoxy(1,1);
26         printf(lcd_putc, "Temp : %3.1f %cC ", restemp, 223);
27         printf(lcd_putc, "\nRH : %3.1f %% ", truehumid);
28         printf("\r\nTemp : %3.1f %cC ", restemp, 223);
29         printf("\r\nRH : %3.1f %% ", truehumid);
30         printf("\r\n- - - - -");
31         delay_ms(500);
32     }
33 }
    
```

Figure (43) : Programme de fonctionnement du SHT15

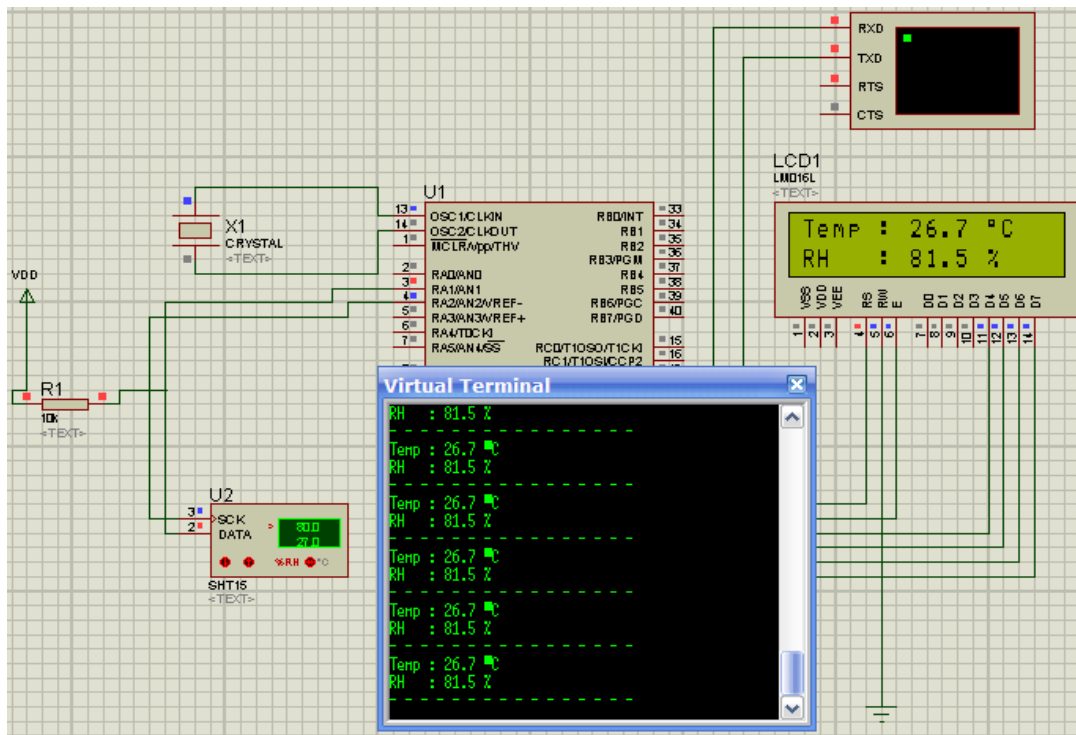


Figure (44) : Simulation du fonctionnement du SHT15

### **III.7 Mesure de précipitations :**

#### **III.7.1 Histoire de la mesure de précipitations:**

Les premières mesures des quantités de pluie connues ont été faites par les Grecs vers 500 av. J.-C. Cent ans plus tard en Inde, les gens utilisaient des bols pour recueillir l'eau de pluie et la mesurer. Dans les deux cas, la mesure de pluie aidait à estimer le rendement futur des cultures.

En Palestine, à partir du II<sup>ème</sup> siècle av J.-C. des écrits religieux mentionnent la mesure des pluies pour des besoins agricoles.

En 1441 en Corée, le premier pluviomètre standard en bronze, appelé « Cheugugi », a été développé par le scientifique Jang Yeong-sil pour usage à travers un réseau couvrant tout le pays.

En 1639, Benedetto Castelli, disciple de Galilée, effectua les premières mesures de précipitations en Europe pour connaître l'apport en eau d'un épisode pluvieux pour le lac de Trasimène. Il avait étalonné un récipient en verre cylindrique grâce à une quantité d'eau connue et repéré le niveau correspondant sur le cylindre. Il avait ensuite exposé le récipient à la pluie et marqué toutes les heures, par un repère, le niveau atteint par l'eau.

En 1662, l'anglais Christopher Wren, mit au point le premier pluviomètre à augets, ou pluviographe, qu'il associa l'année suivante à un météo graphe, un appareil qui enregistre plusieurs paramètres météorologiques tels que la température de l'air, la direction du vent et les précipitations. Son pluviomètre était constitué d'un entonnoir récepteur et de trois compartiments qui récupéraient chaque heure à tour de rôle les précipitations. En 1670, Robert Hooke utilise lui aussi un pluviomètre à augets.

Avec le développement de la météorologie, la prise de mesures des différents paramètres de l'atmosphère se répand. Les pluviomètres se perfectionnent mais les principes de base demeurent les mêmes.

#### **III.7.2 lame d'eau, taux de précipitation :**

La quantité de précipitation s'exprime comme l'épaisseur (ou la hauteur) d'eau liquide couvrant un sol horizontal. On appelle aussi cette épaisseur une lame d'eau. Par exemple s'il tombe une lame d'eau de 1mm et que l'on récolte cette pluie sur une surface de 1m<sup>2</sup>, on obtiendra 1 litre d'eau.

La lame d'eau est une quantité intensive elle ne dépend pas de la surface sous laquelle on la mesure. Si on mesure sous un même orage avec un pluviomètre de surface de captation de 1m<sup>2</sup> et avec un autre de surface de captation de 0.5m<sup>2</sup> on obtiendra la même valeur de lame d'eau. Si on divise cette lame d'eau sur le temps d'exposition du pluviomètre on obtient une intensité de précipitation appelée taux de précipitation (mm/h).

### III.7.3 Description d'un pluviomètre :

Un pluviomètre est constitué de deux parties importantes :

- un collecteur en forme d'entonnoir le plus large possible, afin de représenter une surface importante de collecte.
- un contenant étalonné ou mécanisme qui reçoit cette eau.

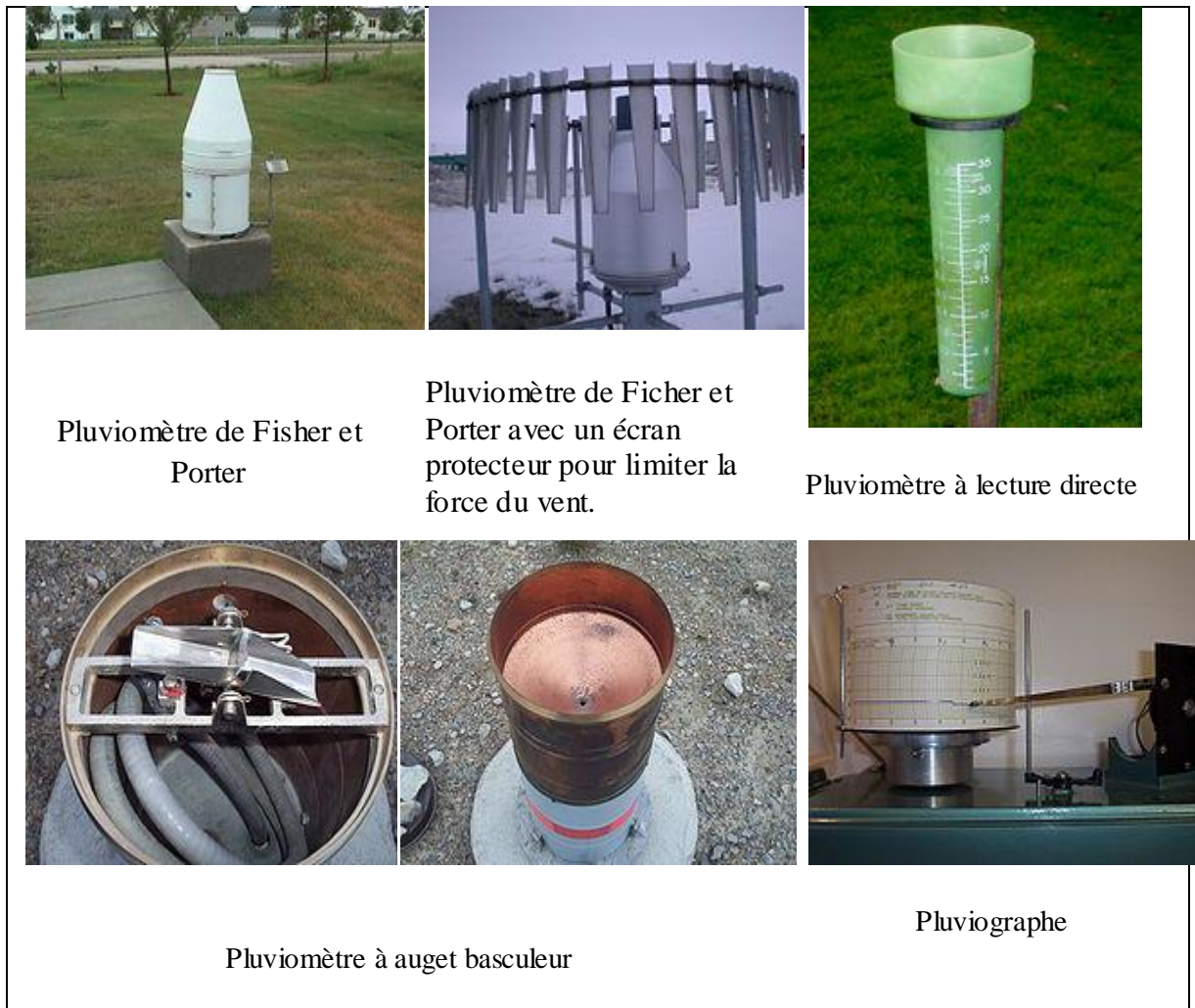
L'effet d'entonnoir permet de diminuer l'erreur de mesure en augmentant la distance entre chaque unité de la graduation. L'intérieur du pluviomètre est constitué d'un revêtement particulier pour limiter le mouillage. Le cône de l'entonnoir doit être assez profond, ce qui permet à l'eau de s'écouler sans risque de rejaillissement. Un grillage filtre les débris et évite que le pluviomètre ne se bouche.

Le collecteur doit être placé à une hauteur suffisante, généralement un mètre du sol, et à une distance de plusieurs mètres des autres objets afin qu'on n'y retrouve pas d'eau provenant du rebond sur le sol ou ces objets. Les bords du collet du pluviomètre doivent être biseautés sur l'extérieur pour limiter l'incertitude provenant de gouttes ruisselant de l'extérieur du cône de collecte.

#### Remarque :

On c'est basé sur cette description pour crée notre pluviomètre à un seul auget basculeur dont le principe de fonctionnement sera expliqué plus loin (voir la figure (46))

**III.7.4 Types des pluviomètres :** les pluviomètres étaient à l'origine manuels, c'est-à-dire qu'un technicien en météorologie devait venir relever régulièrement la hauteur de pluie tombée et vider l'appareil. Aujourd'hui, ils sont souvent dotés de senseurs électroniques qui permettent d'enregistrer en continu et à distance les données. Cependant, les pluviomètres manuels sont encore utilisés par des amateurs ou les observateurs volontaires de réseaux climatologiques. Il existe quatre types de pluviomètres/pluviographes : à cylindre gradué (dit à lecture directe), à auget basculeur, à balance (ou de *Fisher et Porter*) et optique.



**Figure (45) :** Les différents types de pluviomètres

### III.7.4.1 Pluviomètre à lecture directe :

Le pluviomètre standard a été développé au tournant du XX<sup>e</sup> siècle et consiste en un cylindre gradué dans lequel le collecteur se déverse. Dans la plupart de ces pluviomètres la graduation est à chaque 0,2 mm jusqu'à 25 mm. S'il tombe trop de pluie dans l'appareil principal, le surplus est dirigé vers un autre récipient.

Lors de la prise de mesure, le technicien note la hauteur atteinte sur le cylindre pour connaître la quantité de pluie tombée. S'il y a de l'eau dans le récipient de surplus, il doit la transvider dans un autre cylindre gradué pour l'ajouter à la mesure. Le technicien doit vider le pluviomètre entre chaque lecture.

Les pluviomètres utilisés dans les stations peu souvent visitées, comme une station de montagne, contiennent de l'antigel et un liquide comme de l'huile empêchant l'évaporation de

l'eau. Ils sont de plus grande capacité car les relevés peuvent être faits hebdomadairement ou mensuellement.

### III.7.4.2 Pluviographe:

Les pluviomètres ci-dessous sont tous munis d'un système d'enregistrement. À l'origine, le pluviographe était un stylet inscrivant en continu les données - hauteur de précipitations et temps écoulé - sur un papier gradué se trouvant près de l'appareil. Par la suite, le signal provenant du pluviomètre a été transmis par fil à un enregistreur similaire situé dans le bureau du technicien en météo prenant les relevés. Ceci permettait à ce dernier de faire des observations plus rapidement et à n'importe quel moment sans avoir à chaque fois à se déplacer à la station météorologique.

Les données sont maintenant envoyées à un enregistreur numérique qui peut transmettre ces informations à un réseau de distribution d'utilisateurs. Cela permet l'utilisation de stations météorologiques automatiques. Ces données peuvent être traitées pour donner les taux instantanés de précipitations, horaires, quantité totale, etc.

### III.7.4.3 Pluviomètre à auget basculeur :

Dans ce type de pluviomètre le collecteur dirige la pluie vers une sorte de petite balançoire formée de deux réceptacles métalliques, ou augets, de petite taille de part et d'autre d'un axe horizontal. La contenance de ces réceptacles est équivalente à 0,1, 0,2 ou 0,5 mm d'eau, selon la précision de l'appareil. Il y a toujours un auget à l'horizontale et vis-à-vis de la sortie du collecteur, l'autre fait un grand angle vers le bas. L'eau s'accumule dans celui à l'horizontale qui bascule quand il a atteint le poids nécessaire, et se décharge de son eau par gravité. La quantité de précipitations est mesurée par le nombre de basculements effectués par les augets, détectés par un système mécanique ou optique.

Dans le système mécanique, l'auget en réserve est en contact avec une tige métallique et ferme donc un circuit électrique. En basculant, c'est l'autre auget qui ferme ce circuit. Le passage d'un contact à l'autre était noté sur le graphique du pluviographe. Dans un système optique, l'auget qui bascule coupe un faisceau lumineux ce qui sera enregistré par une diode optique et fera le décompte. Comme dans le cas des pluviomètres à balance, un système de chauffage peut faire fondre la précipitation et permettre de mesurer l'équivalent en eau de neige tombée. Ce système est même nécessaire si l'appareil est utilisé en saison froide.

### III.7.4.4 Pluviomètre à balance :

À la place d'un cylindre gradué, le pluviomètre à balance, ou de *Fisher et Porter*, reçoit la pluie dans un récipient relié à une balance. Une fine couche d'huile est mise dans le récipient avant usage. Celle-ci flottera sur l'eau de pluie venant du collecteur, empêchant son évaporation. Quand l'appareil est presque plein, une valve permet de le vider

automatiquement. Durant les mois d'hiver, de l'antigel sera également ajouté pour que l'eau ne gèle pas

La variation de la masse d'eau dans le récipient est transformée en équivalent de millimètres d'épaisseur selon la densité de l'eau. Les modèles primitifs faisaient cette transformation en déplaçant la pointe d'un stylet sur un papier graphique spécialement gradué à cet effet. Avec l'avènement de l'électronique, les données sont recueillies par un capteur et transformées en valeur numériques directement dans un enregistreur de données.

Ce type de pluviomètre mesure toute la pluie tombée et peut mesurer les précipitations solides, comme la neige et la grêle, s'il est muni d'un système de chauffage. Cependant, il est plus dispendieux que le pluviomètre à lecture directe et demande plus d'entretien que celui à augets basculants.

#### **III.7.4.5 Le pluviomètre Optique :**

Le pluviomètre optique est formé d'un collecteur en entonnoir sous lequel se trouve une photodiode ou une diode laser. La précipitation est mesurée par détection d'irrégularités optiques. L'entonnoir dirige les gouttes dans le volume d'échantillonnage au sein du faisceau lumineux. En détectant l'intensité des scintillations, on peut alors déterminer le débit de la précipitation électroniquement.

#### **III.7.5 Contraintes et Sources d'erreurs de mesure :**

L'accumulation n'est représentative que de l'endroit précis où se trouve le pluviomètre et peut différer grandement d'autres sites de mesures environnants car le taux de précipitations varie grandement dans le temps et l'espace. Les relevés d'un seul pluviomètre ne sont donc pas caractéristiques de la pluie qui tombe dans toute une région. De plus, chaque appareil a sa limite de précision et les données souffrent également d'autres erreurs de mesure .

Pour pallier ces défauts, certaines corrections sont parfois utilisées et les stations météorologiques utilisent souvent deux types de pluviomètres pour la contre-vérification des données.

##### **III.7.5.1 Erreurs Dues au climat :**

Lors de situations venteuses, le taux de collecte est bien inférieur à la réalité car la pluie forme un angle avec le collecteur. La variation de pression et la turbulence près de son ouverture peuvent également repousser les gouttes vers le haut. Ceci est plus important avec un vent très fort et/ou avec des précipitations légères comme les flocons de neige. Pour remédier à l'effet du vent, il existe des écrans formés de lamelles verticales placés tout autour du pluviomètre (Voir le Pluviomètre de Ficher et Porter avec un écran protecteur). Ces erreurs sont aléatoires.

La température a divers effets. D'une part, en s'écoulant dans l'entonnoir du collecteur, les gouttes d'eau subissent une friction qui les chauffe. De plus, la chaleur accumulée par le

collecteur, s'il était au soleil antérieurement, peut être transférée à l'eau. Ces deux apports peuvent faire évaporer une partie de la précipitation, ce qui réduit donc la quantité mesurée par le pluviomètre.

D'autre part, l'eau se dilate avec la chaleur ce qui fait que pour une même masse de pluie, le volume augmente avec la température. Ainsi dans un pluviomètre à lecture directe, l'eau atteindra une hauteur différente selon la température. Il faut donc appliquer une correction pour obtenir la valeur à une température standard, généralement 15 °C. Cet effet ne s'applique pas aux autres types de pluviomètres qui mesurent essentiellement la masse.

Finalement, les précipitations sous forme solides, comme la neige et la grêle, peuvent boucher la sortie du collecteur. Même si un système de chauffage permet de les faire fondre, si le taux de précipitations est fort, il y aura un délai entre la chute de ces précipitations et le moment de leur mesure. Le taux de précipitation noté peut donc être faussé, et les horaires de début et de fin de la précipitation indiqués seront plus tardifs qu'en réalité.

### **III.7.5.2 Erreurs Dues aux caractéristiques du collecteur :**

Les caractéristiques du collecteur et du mécanisme de prise de mesure donnent des erreurs systématiques qui peuvent être en partie corrigées en utilisant des équations en tenant compte. L'eau a tendance à s'accrocher aux objets; ce phénomène du mouillage est la première de ces erreurs. Lors des précipitations, une partie de l'eau reste ainsi collée aux parois sur le cône de collecte. Cette quantité d'eau non mesurée dépend du matériel utilisé dans le pluviomètre et est toujours la même s'il est propre. La proportion de cette quantité par rapport à la quantité de pluie peut donc être importante dans le cas de précipitations faibles. La quantité d'eau se rendant dans la partie de mesure peut donc être inférieure à la résolution de l'instrument et le pluviomètre à auget peut n'enregistrer aucun basculement.

### **III.7.5.3 Erreurs dues au fonctionnement :**

En cas de très fortes précipitations, comme mentionné antérieurement, l'eau peut s'accumuler temporairement dans le collecteur à cause du faible diamètre du trou de sortie, ce qui fausse le taux instantané de précipitations. Ou bien, il y a des pertes d'eau pendant le temps de basculement des augets et le pluviomètre sous-estime la quantité totale de précipitations.

Finalement, l'ouverture du collecteur peut ne pas être complètement parallèle à l'horizontale ce qui réduit la surface de collecte et entraîne une erreur de mesure systématique.

### **III.7.5.4 Erreurs dues au placement:**

Si le pluviomètre est trop près de bâtiments ou d'arbres, le vent peut être bien différent de celui de l'environnement général et causer des sur ou sous-estimation. D'après une recommandation de l'Organisation météorologique mondiale, la surface du bord du collecteur

du pluviomètre doit se situer entre 0,5 et 2 mètres du sol et il doit être installé dans un endroit plat dont la pente du terrain environnante doit être inférieure à 19 degrés. La distance entre le pluviomètre et un obstacle devrait être supérieure à quatre fois la hauteur de cet obstacle.

### III.7.6 Notre pluviomètre :

On tenant compte des contraintes précitées et on se basant sur des modèles déjà existants nous avons essayé de réaliser notre propre pluviomètre à un seul auget basculeur et dont le principe de fonctionnement est semblable à celui à deux augets, avec une sensibilité ajustable. il est composé de deux partie :

#### 1- Partie mécanique :

Cette partie est constituée d'un collecteur en forme d'entonnoir mobile pendu sur un support métallique, la mobilité du collecteur autour de plusieurs axes lui permettra de suivre le sens du vent pour assurer un meilleur taux de collecte.

La collecte est conduite par un tuyau fin vers un mécanisme qui génère des impulsions.

Le générateur d'impulsion est constitué d'une canne capable de basculer autour d'un axe légèrement décalé de son centre.

Sur la partie la plus petite on monte un contrepoids mobile de sorte à assurer un déséquilibre (à vide) vers ce côté de la canne, et que l'autre côté soit en mesure de recevoir les gouttes d'eaux issues du collecteur et conduites par le tuyau. Lorsque la quantité d'eau ressue est suffisante la canne basculera et excitera sur sa trajectoire un contacteur qui générera une impulsion. On arrivant à l'extrémité elle se vide puis retrouve sa position initiale.

La quantité d'eau nécessaire pour le basculement est fonction de la position du contrepoids ce qui donne la possibilité de choisir la sensibilité du pluviomètre.

Les figures suivantes illustrent la composition et le fonctionnement de cette partie.

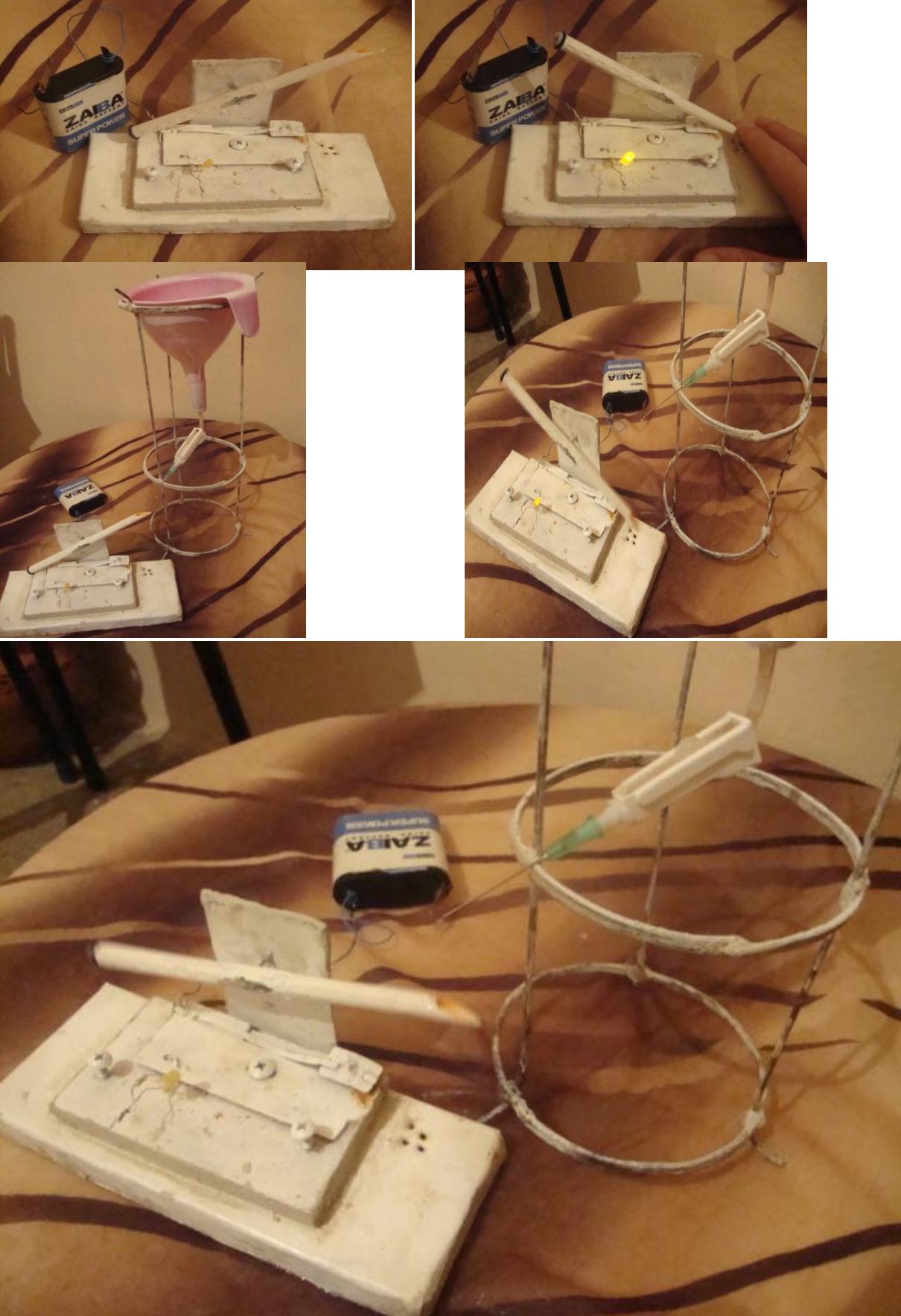


Figure (46) : Images illustratives de notre capteur de précipitations

## 2- Partie électronique :

Cette partie est un système à base d'un microcontrôleur pic18F452 qui reçoit les impulsions du mécanisme et les traduit en précipitations, et pour éviter la perte d'information au cours de l'exécution d'autres tâches les impulsions doivent être considérées comme sources d'interruption prioritaire sur la pin B<sub>0</sub> et qui engendre un branchement sur un programme d'interruption qui va incrémenter la variable « précipitation » et mémoriser sur le téléphone portable lié au système via la liaison RS232 les informations suivantes (température, température maximale, la date et l'heure à la seconde près) l'enregistrement de l'heure permettra plus tard de calculer le taux de précipitation.

L'organigramme suivant illustre le déroulement, et le déroulement du programme d'interruption.

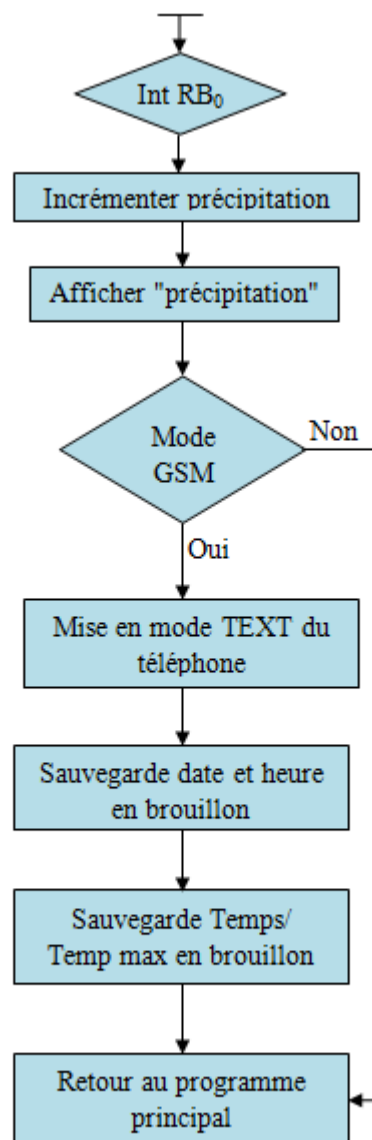


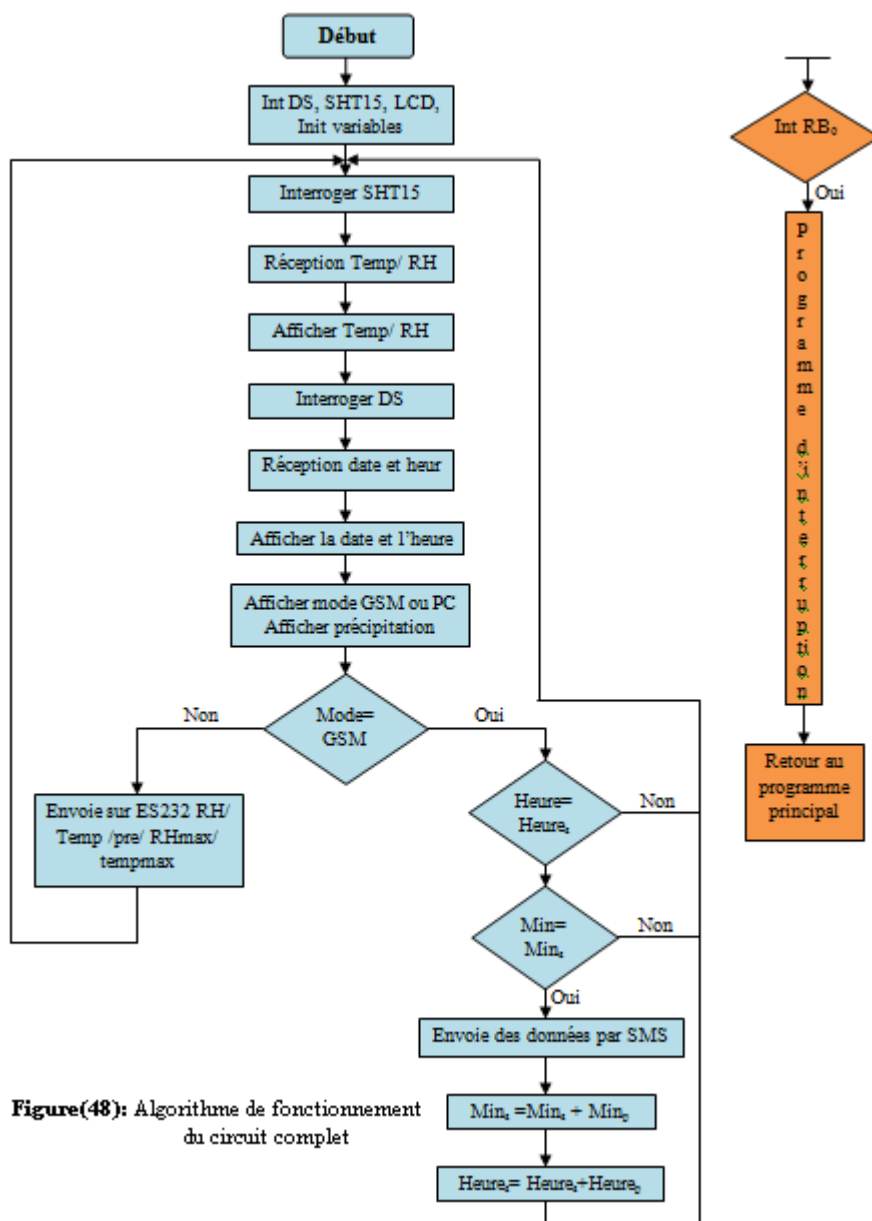
Figure (47) : Algorithme du programme d'interruption

### **III.8 Simulation et réalisation du circuit complet :**

Après avoir traité séparément les parties constituant notre circuit, le travail qui reste est de les regrouper de sorte à réaliser un système qui assure le fonctionnement exigé par le cahier des charges, rappelons qu'il s'agit d'un système à base du microcontrôleur PIC 18f452, qui permet:

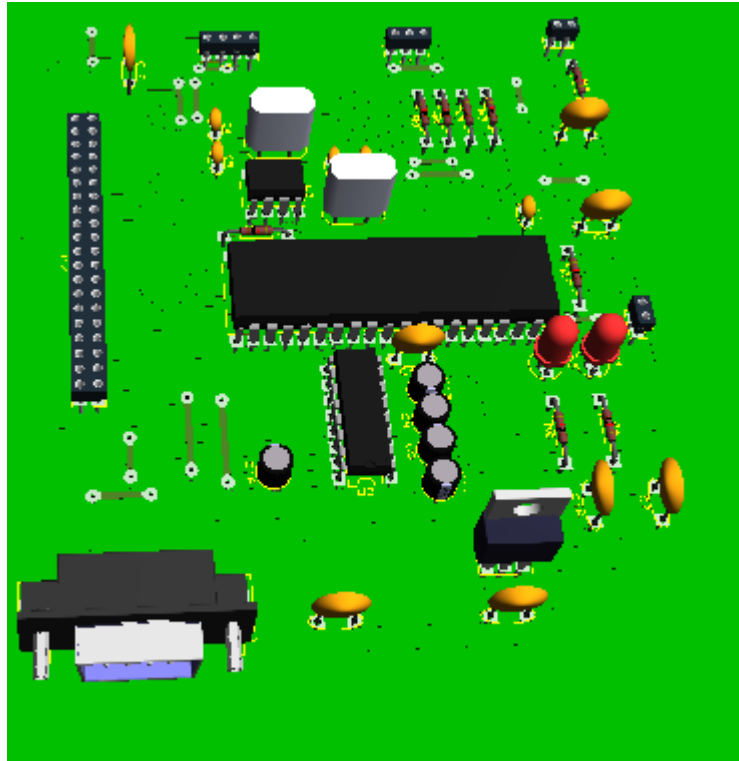
- De mesurer la température et l'humidité relative par un capteur numérique SHT15,
- Calcule de temps (date et heure) par une horloge temps réel DS1302,
- Mesure de précipitations,
- Visualisation des résultats de mesure sur un afficheur ou sur un PC,
- Envoie des résultats de mesure par SMS vers un numéro qu'on peut choisir à des temps programmables.

La figure suivante montre le fonctionnement du système :



Figure(48): Algorithme de fonctionnement du circuit complet

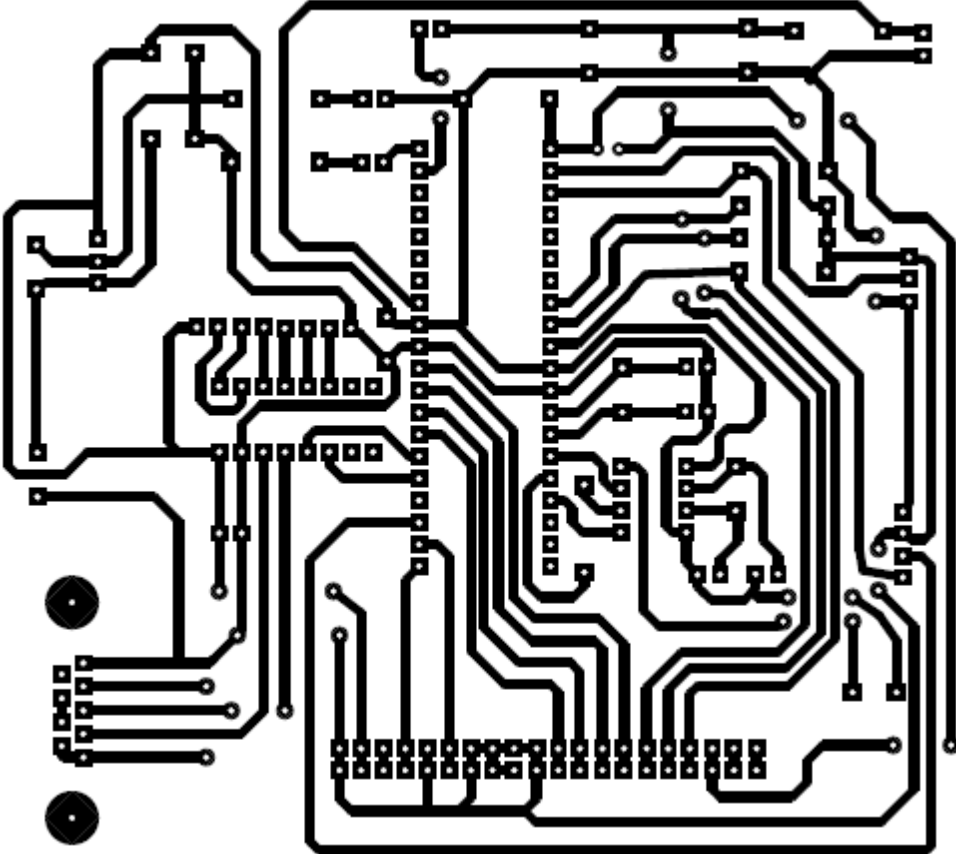




**Figure (50) :** Visualisation 3D du circuit à réaliser.

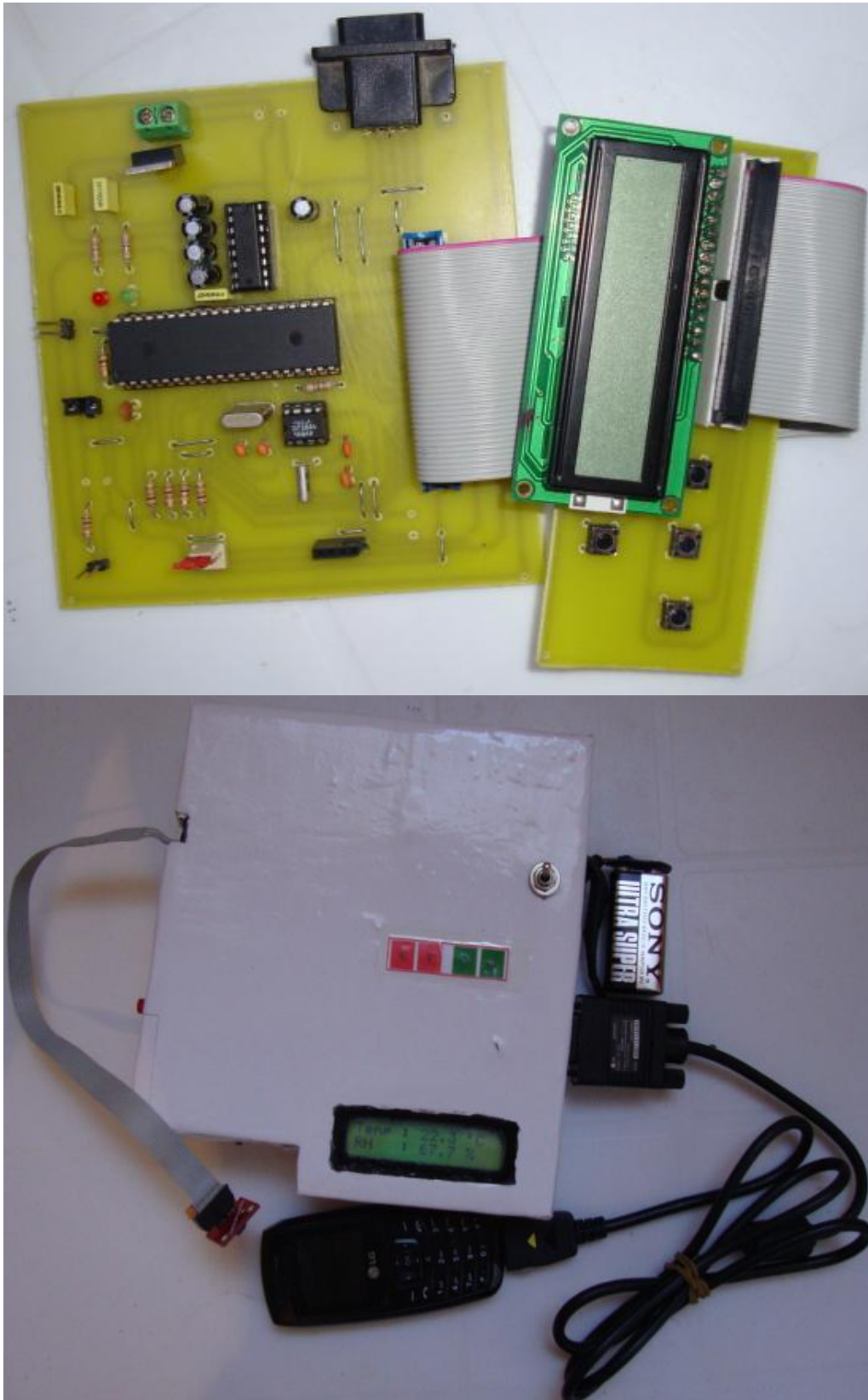
### **Circuit final :**

La figure (50) montre à quoi ressemble le circuit réalisé. Le traçage des pistes sur Ares peut se faire automatiquement avec l'inconvénient de ne pas pouvoir réaliser un circuit à une seule face, le traçage manuel des pistes sur ce logiciel permet d'obtenir le typon suivant :



**Figure (51) :** Le typon du circuit réalisé.

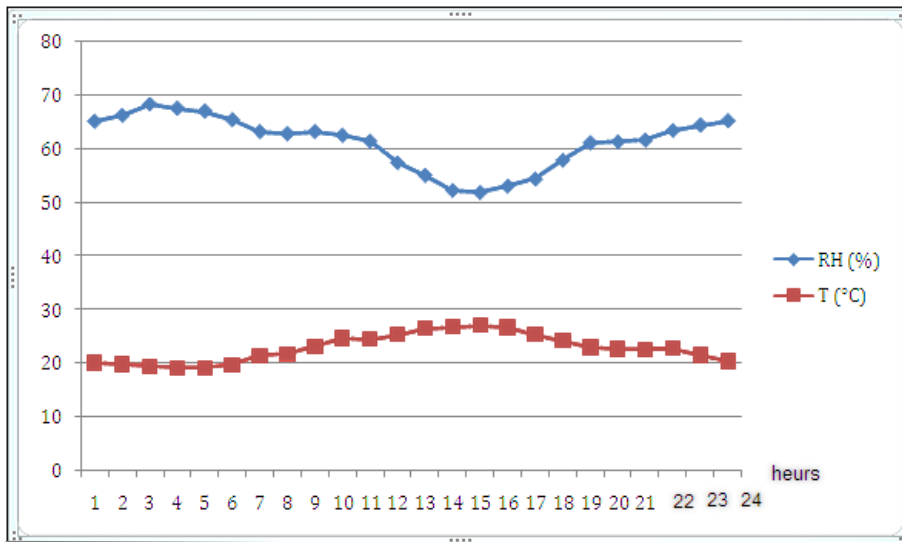
Et finalement deux photo du circuit réalisé avec et son boitier :



**Figure (52) :** Système pour la mesure de température, humidité, précipitation et transmission des données par la voie des GSM.

**Mise en œuvre du système :**

Après sa réalisation, le système est mis en œuvre pour réaliser un suivi de température et l'humidité sur 24h. les résultats obtenues sont représentés par le Graphe suivant :



**Figure (53) :** Suivi de température et d'humidité sur 24 heures le 26/09/2011.

**Conclusion :** l'outil de simulation et de développement Proteus associé au compilateur C de CCS constituent un agréable outil de travail.

L'usage des capteurs numériques et des microcontrôleurs permet de réduire en volume et en coût les chaînes d'acquisition de données.

## Chapitre IV

### *Perspectives et conclusion*

## IV.1 Perspectives :

### IV.1 .1 Problème de transmission :

Dans la partie GSM nous avons fait la remarque suivante «lorsqu'ils sont interfacés par un ordinateur, la plus part des téléphones portables ne supportent pas le mode TEXT» ce qui ne laisse qu'un seul choix qui est l'usage du mode PDU, une solution qui n'est pas vraiment applicable lorsque les paramètres du SMS, sont dynamiques (numéro de téléphone, données à transmettre ...) car ces paramètres changent à chaque fois, ce qui implique que la trame PDU à envoyer change de forme et de taille.

L'intégration dans le programme d'une application qui se charge de former la trame PDU à partir des données à envoyer, exige un espace mémoire dont ne dispose pas les plus performants des microcontrôleurs.

#### **Proposition : Alerte par trames préenregistrées**

Les problèmes précités n'excluent pas la possibilité d'utiliser un téléphone portable pour des systèmes similaire à celui qu'on a réalisé au cours de se projet, l'astuce est de prédéfinir la trame à envoyer et d'effectuer l'envoi au moment opportun à condition que le contenu du message soit invariable ou à variations limitées, comme nous allons le montrer dans le système que nous proposons si dessous.

- **Système d'alarme par envoie d'un SMS :**

L'idée consiste à réaliser un système d'alarme qui peut être installé dans des maisons, des locaux ou des véhicules.

L'élément actif est un capteur de pression lié à l'entrée analogique d'un microcontrôleur interfacé par un téléphone portable.

Une fois allumé le système effectue périodiquement des mesures de pression, et dès qu'il marque une variation brusque, il la considère comme une attaque, et procède par envoie d'une alerte par SMS vers un numéro pré enregistré. Dans ce cas, le numéro du destinataire est connu, le message à envoyer reste le même (par exemple : «alerte, votre voiture est attaquée»).

La trame PDU figure invariable en longueur et en contenu, et peut être préenregistré. La figure suivante montre une simulation d'un tel système :

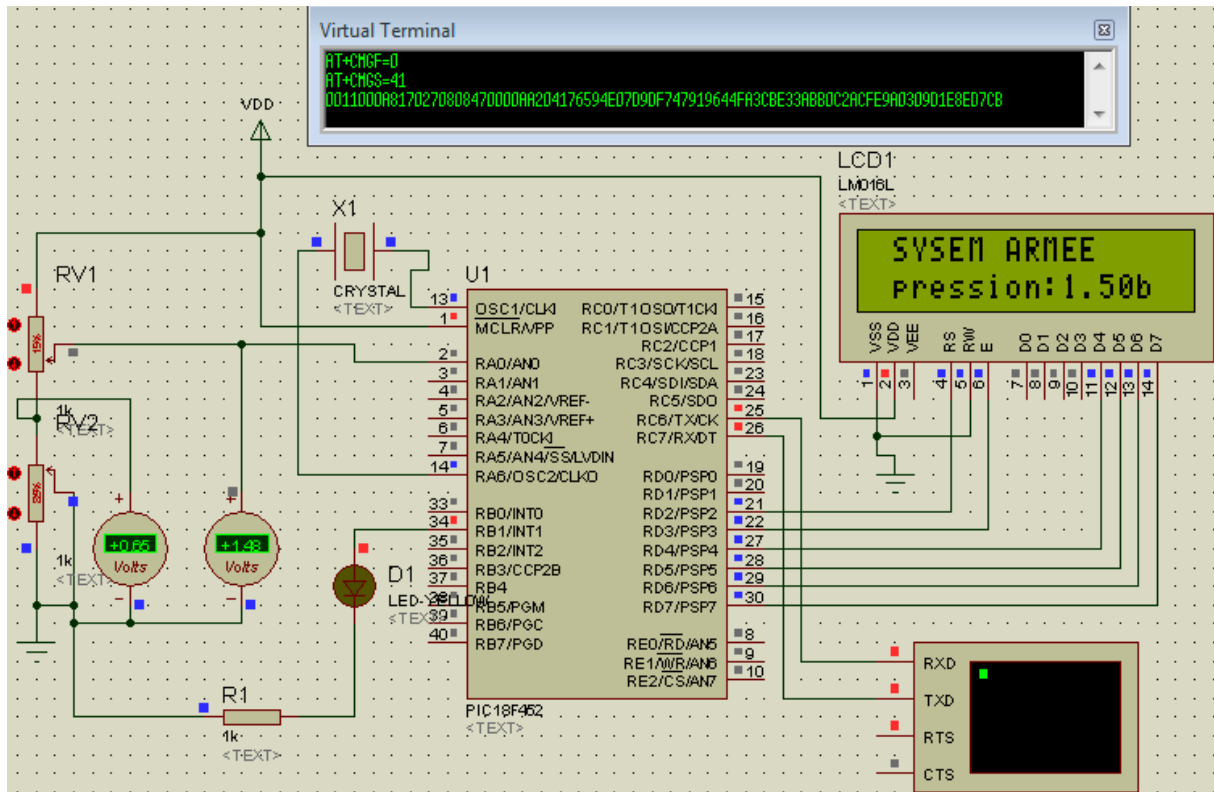


Figure (54) : Simulation sous ISIS d'un système d'alarme

**IV.1 .2Problème du coût et exploitation du service d'appels vocaux :**

Le coût du message est l'inconvénient majeur de l'exploitation du service SMS. Une meilleure solution peut être adaptée et qui consiste à exploiter le service d'appels vocaux pour le transfert de fichiers contenant les données, toujours par la voie GSM. Pour mettre en œuvre cette idée, voici les étapes à suivre :

- Envoyer au ME la commande AT "ALD" suivie du numéro du destinataire pour allouer une ligne de transmission.
- Si l'interface utilisée est un module GSM on introduit directement le fichier de données à transmettre par la liaison RS232, leur récupération se fait de la même façon sur l'autre bout de la ligne.
- Si l'interface utilisée est un téléphone portable les données seront introduites par le microphone et avant elles doivent être modulées par une porteuse ayant une fréquence vocale. A la réception, elles seront récupérées à travers le haut parleur, après démodulation.
- A la fin de la transmission, les mobiles seront déconnectés par la commande "ATH".

**IV.1 .3 Que dit-on d'un Réseau National pour la Sécurité Routière ?**

L'idée que nous voudrions exposer consiste à réaliser un Réseau National pour la Sécurité Routière se basant en principe sur un système similaire à celui qui fait l'objet de cette étude mais, à grand échelle. Pour expliquer l'idée nous devons poser quelques notions :

- a) **Les panneaux diffuseurs** : la première étape consiste à implanter sur chaque panneau du réseau routier un système électronique qui diffuse indéfiniment un message et sur une courte portée (10 m environ).

Le contenu de ce message n'est rien d'autre que la signification du panneau auquel il est relié (par exemple devant un panneau de limitation de vitesse à 30Km/h, le message à diffuser est «vitesse limitée à 30 Km»).

- b) **L'agent** : c'est un système à base de microcontrôleur lié à un module GSM, et équipé d'une antenne qui lui permettra de recevoir les messages diffusés par les panneaux.

D'autre part le microcontrôleur doit être relié aux capteurs si le véhicule en dispose, sinon il doit être équipé de ses propres capteurs pour connaître à chaque instant, l'état du véhicule (vitesse, ceinture de sécurité, des marchandises interdites, compteur de kilo mètre...).

Un agent doit être installé obligatoirement sur chaque véhicule.

- c) **Le procès numérique** : l'agent dispose d'assez d'informations sur l'état du véhicule, et de son entourage, il peut détecter tout dépassement et prendre la décision d'envoyer un message vers un centre de contrôle qui retransmet une amende d'un crédit prépayé du compte du conducteur sur qui le véhicule est enregistré, par exemple si le véhicule passe sur un panneau de limitation de vitesse à 30 Km, l'agent interroge le capteur de vitesse et compare la valeur donnée à la limite autorisée, si un dépassement est détecté, un SMS sera envoyé au centre de contrôle et l'amende sera immédiatement payée .

La scrutation s'arrête dès que l'agent rencontre un panneau de fin de limitation de vitesse.

- d) **Les stations de contrôle** : près de chaque station de contrôle déjà existante, un panneau diffuseur particulier doit être implanté, ce panneau incite l'agent à préparer un diagnostic concernant le véhicule auquel il est associé (non du propriétaire, immatriculation, marchandise suspecte...).

L'ordinateur de la station analyse ces données en se basant sur des informations disponibles sur la base de données.

Par exemple si un véhicule est volé, il suffit de le signaler à la station la plus proche, et il sera ajouté à la base de contrôle de données comme étant un véhicule interdit de circuler sur tout le territoire national.

**IV.2 conclusion générale :**

L'évolution de l'informatique n'est pas sans effet sur l'électronique, l'usage des circuits programmables et des capteurs numériques permet une réduction en coût et en volume des circuits et leur offre une souplesse jamais égalée, de sa part l'évolution de l'électronique a augmenté les performances du hardware et introduit l'informatique pratiquement dans tous les domaines de la vie, on constate alors une influence mutuelle entre les deux domaines.

L'usage du service SMS pour le transfert de données offre la fiabilité et la confidentialité dont a besoin l'information, mais présente l'inconvénient du coût élevé et de limitation de la taille des messages ; L'exploitation du service d'appels vocaux (fréquences vocales) présente une solution évidente et applicable.

Le système est réalisé et opérationnel malgré quelques défaillances au niveau de la transmission faute de la non disponibilité d'un module GSM conçu pour de telles applications. Il admet bien sûr des améliorations comme l'intégration d'un capteur de pression et un détecteur des vents pour que l'ensemble forme une station météo complète.

## Bibliographie

### Ouvrages:

- Interfacing PIC Microcontrollers embedded design by interactive simulation, de Martin Bates edition Newnes 2006
- Programming and customizing the PIC Microcontroller, de Myke Predko, edition McGraw-Hill Companies 2008
- Apprendre la programmation des PIC par l'expérimentation et la simulation, de Pascal Mayeux, édition Dunod 2005
- Programmation en C des PIC, de Chrétien Tavernier, édition DUNOD 2005
- Interfaces GSM Montages pour téléphones portables, de DAVID REY édition DUNOD 2004
- Microcontrôleurs PIC 18 Description et mise en œuvre édition DUNOD 2008
- Téléphones GSM et PC, de Patrik Gueulle
- Acquisition de données Du capteur à l'ordinateur, de Georges Asch, édition Dunod 2003
- Le langage C avec exercices corrigés, de S.Graine, édition l'Abeille 2009
- Le PIC 16f84 l'essentiel, de Galodé Alexandre 'Diablotronic' adresse de l'auteur : <http://diablotronic.bzh.bz>

### Thèses :

Acquisition et transmission de données via le réseau GSM encadré par M<sub>r</sub> M.Laghrouche promotion 2010

### Sites internet :

[www.Electronique.rivalin.voila.net/manuels/isis6.2](http://www.Electronique.rivalin.voila.net/manuels/isis6.2)

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

[www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com)

[www.sensirion.com](http://www.sensirion.com)

[www.ccsinfo.com](http://www.ccsinfo.com)