

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes
De MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et Technologies Filière : Génie électrique
Spécialité : Télécommunication et réseaux

Présenté par

SLIMANI NORA

Thème

**Conception et réalisation d'un système de
transmission de données météorologiques
sans fil**

Mémoire soutenu publiquement le 22/07/2016.devant les jurys composé de :

Mr. ZIANI Rezki	Professeur UMMTO	Président
Mr. OUALOUCHE Fethi	MCB UMMTO	Examineur
Mr. HAMMAG Slimane	MAA UMMTO	Examineur
Mr. LAZRI Mourad	MCA UMMTO	Prometteur

Remerciements

*Je remercie tout d'abord, Allah qui nous a donné
La force et le courage à fin de parvenir à élaborer ce modeste travail.*

*Je suis tenu aussi à exprimer ma reconnaissance et profonde
gratitude à mon promoteur M.LAZRI Mourad pour m'avoir encadré
durant cette année, pour sa forte présence et sa disponibilité, pour son
exigence scientifique et ses précieuses orientations méthodologiques,
pour son encouragement et sa patience.*

*J'adresse de même mes remerciements aux membres du jury et au
président du jury qui a accepté les rôles d'examineurs et surtout à
cette circonstance se fit un grand honneur pour moi. Aussi, j'adresse mes
remerciements à tous nos enseignants pour m'avoir appris le gout de
l'effort et du travail.*

*Un grand merci pour Mr Kamel CHERFA qui ma beaucoup aidé
dans la réalisation de projet.*

*Un grand merci aussi à toute personne qui de près au de loin a
contribué à ce que cet humble travail voit le jour.*

Dédicaces

Je dédie cet humble travail :

A mes chères parentes

A mes frères et mes sœurs

A toute ma famille

A toute mes amis

Nora

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	01
Chapitre I : Généralités sur la transmission	
I.1.Préambule.....	03
I.2 Des signaux pour transmettre des informations.....	03
I.2.1.Domaine temporel d'un signal	03
I.2.2. Domaine fréquentiel d'un signal	04
I.2.2.1 La représentation spectrale d'un signal	04
I.2.2.2 La bande passante.....	05
I.3. Support de transmission.....	05
I.3.1. capacité maximale d'un canal.....	05
I.4.transmission de donnée analogique et numérique.....	06
I.4.1 .Données analogique et numérique.....	06
I.5.Transmission numérique.....	07
I.5.1. principe de la transmission en bande de base.....	07
I.5.2. Mode de transmission et synchronisation.....	08
I.5.2.1. mode de transmission.....	08
I.5.2.2. Synchronisation.....	10
I.6. Transmission analogique.....	11
I.6.1. transmission en faisceaux hertziens.....	11
I.7.Multimultiplexage.....	12
I.8. Modulation.....	14
I.8.1.Type de modulation.....	15
I.8.1.1. Modulation analogique.....	15
I.8.1.2.Modulation numérique.....	17

SOMMAIRE

I.9. Amplification et filtrage.....	18
I.9.1. Amplification.....	18
I.9.2. Filtrage.....	18
I.10. Echantillonnage et convertisseurs (CAN ou CNA).....	19
I.10.1. Echantillonnage.....	19
I.10.2. convertisseurs.....	19
I.11. Discussion.....	19
 Chapitre II : Données météorologique	
II.1. préambule	21
II.2. Historique	21
II.3. Généralités sur l'atmosphérique.....	22
II.3.1. Composition de l'atmosphère.....	22
II.3.2. Structure de l'atmosphère	22
II.4. Météorologie	24.
II.4.1. Définition.....	24
II.4.2. Les variables météorologiques	24
II.4.2.1. Le rayonnement solaire.....	24
II.4.2.2. La température.....	25
II.4.2.3. La pression atmosphérique.....	26
II.4.2.5. Le vent.....	26
II.4.2.6. Les précipitations.....	26
II.5. Mesures des paramètres météorologiques au niveau de la surface terrestre.....	27
II.5.1. Les stations de mesures classiques.....	27
II.5.1.1. Le thermomètre.....	27
II.5.1.2. Le capteur d'humidité.....	28
II.5.1.3. La pression atmosphérique.....	29

SOMMAIRE

II.5.1.4. Le vent.....	29
II.5.1.5. Les précipitations.....	30
II.5.2. Les stations de mesure automatique.....	31
II.5.2.1.Les capteurs de température.....	31
II.5.2.2.Les capture d'humidité.....	33
II.5.2.3.Les capteurs de pression.....	34
II.5.2.4.Les anémomètre.....	35
II.5.2.5.Le pluviomètre à auget basculeur.....	36
II.5.2.6.Les capteurs de rayonnement.....	36
II.6.Application de la microélectronique à la construction des systèmes d'acquisition.....	37
II.7. Caractéristiques générales des instruments météorologiques.....	37
II.8.Discussion	38

Chapitre III : Les capteurs de transmission et de réception

III.1. Introduction	39
III.2.Définitions.....	39
III.2.1. Mesurande	39
III.2.2.Capteur	39
III.3.Chaine de mesure.....	40
III.4.Types de grandeur physique.....	41
III.5. Classification des capteurs.....	41
III.5.1.Capteur passifs.....	41
III.5.1.1.Capteur résistifs.....	42
III.5.1.2.Capteur capacitifs.....	42
III.5.1.3.Capteur inductifs.....	42
III.5.2.Capteur actifs.....	42
III.5.3.Capteur intégrer.....	43

SOMMAIRE

III.6.Précision sur les effets utilisés.....	43
III.7.Performances d'un capteur.....	44
III.7.1.Etendue de la mesure	44
III.7.1.1.Zone nominale d'emploi.....	44
III.7.1.2.Zone de non détérioration	44
III.7.1.3.Zone de non-destruction.....	44
III.7.2.Résolution.....	44
III.7.3.Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur.....	44
III.7.4.Sensibilité.....	45
III.7.5.Finesse.....	45
III.7.6.Linéarité.....	45
III.7.7.Caractéristiques statistique d'un capteur.....	46
III.7.7.1.Fidélité.....	46
III.7.7.2.Justesse.....	46
III.7.7.3.Précision.....	47
III.7.8.Rapidité.....	47
III.7.9.Etalonnage.....	47
III.8.Conditionneur associé.....	47
III.8.1.Capteur actifs.....	48
III.8.1.1.Capteur source de tension.....	48
III.8.1.2.Capteur source de courant.....	48
III.8.1.3.Capteur source de charge.....	49
III.8.2. Capteur passif.....	49
III.8.2.1.Montage potentiométrique.....	49
III.8.2.2.Montage en pont.....	49
III.8.2.3.Montage oscillants.....	50
III.9.Capteur de température.....	51

SOMMAIRE

III.9.1.Le capteur LM 335.....	51
III.9.1.1.Description.....	51
III.9.1.2. Schéma électrique de capteur LM 335.....	52
III.9.1.3.Principe de fonctionnement.....	52
III.9.1.4.Caractéristique $U=F(I)$ d'un capteur LM 335.....	52
III.10.Le capteur de pression.....	53
III.10.1.Le capteur MPX 2202.....	54
III.10.2.Amplificateur AD 620.....	55
III.11.Discussion.....	56
Chapitre IV : La réalisation des deux cartes de transmission et réception	
IV.1.Préambule.....	57
IV.2.Partie émission.....	57
IV.2.1. Le traitement des signaux issus des capteurs.....	58
IV.2.2.Les pics	58
IV.2.2.1.Structure d'un pic.....	58
IV.2.2.2. Identification d'un PIC.....	59
IV.2.2.3.Le choix du microcontrôleur.....	59
IV.2.2.4.Le microcontrôleur pic 16F88.....	59
IV.2.2.5.Caractéristiques générale.....	60
IV.2.2.6. Schéma fonctionnelle de PIC.....	61
IV.2.2.7. brochage de PIC 16F88.....	61
IV.2.2.8.Organisation du 16F88.....	62
IV.2.2.9. Programmation de pic.....	65
IV.2.2.10.Les outils de développement de programme.....	65
IV.2.3.Le MAX 233.....	70
IV.2.4.Les filtre anti-repliement.....	71

SOMMAIRE

IV. 2.5.Le transmetteur TX SAW 433/S-Z.....	71
IV.2.6.Le schéma de principe la carte d'émission.....	72
IV.2.7.Les différentes étapes de réalisation de la carte.....	73
IV.2.7.1.Première étape : réalisation de typon.....	73
IV.2.7.2. Deuxième étape : le travail de la plaque de cuivre.....	74
IV.2.8. L'alimentation.....	74
IV.2.8.Principe de fonctionnement.....	75
IV.3.Partie réception.....	76
IV.3.1. Le récepteur.....	76
IV.3.2.La liaison série RS232.....	77
IV.3.3.L'application.....	80
IV.4.Discussion.....	80
Conclusion générale.....	81

Liste des figures

Figure. I.1 : exemple d'un signal analogique.....	03
Figure I.2 : exemple d'un signale numérique.....	04
Figure I.3 : représentation spectral d'un signal carre.....	04
Figure I.4 : bande passante d'une voie.....	05
Figure I.5 : exemple d'une transmission numérique.....	07
Figure I.6 : quelques codes utilisés en transmission en bande de base.....	08
Figure I.7 : exemple d'une transmission parallèle.....	09
Figure I.8: exemple d'une transmission série.....	09
Figure I.9: transmission simplex.....	09
Figure I.10: transmission half duplex.....	10
Figure I.11: transmission full duplex.....	10
Figure I.12: Trame asynchrone.....	11
Figure I.13 : illustration de la transmission a faisceaux hertziens.....	12
Figure I.14 : multiplexage et démultiplexage.....	12
Figure I.15: multiplexage fréquentiel.....	13
Figure I.16: multiplexage temporelle.....	14
Figure I. 17 : Modulation d'amplitude.....	16
Figure I.18 : Modulation de fréquence.....	16
Figure I.19 : Modulation numérique.....	17
Figure I.20 : catégories de filtres.....	19
Figure I.21 : l'échantillonnage.....	19
Figure II.1 : Structure verticale de l'atmosphère.....	23
Figure II 2: Thermomètre à mercure.....	28
Figure II.3: Psychomètre.....	28

Figure II. 4: Baromètre à mercure.....	29
Figure II.5 : Capteur pour la mesure de direction et vitesse de vent.....	30
Figure II.6: pluviomètre.....	30
Figure II. 7 :schema fonctionelle d'une chaine d'aquisition.....	31
Figure II.8: Hygromètre capacitif.....	33
FigureII.9 :Psychromètre à thermistance.....	34
Figure II.10 : Capteur de pression à capsule anéroïde.....	34
Figure II .11 : Capteur de pression à jauge de contrainte.....	35
Figure II.12 : Anémomètre à fil chaud.....	36
Figure II. 13: Anémomètre sonique.....	36
Figure III.1 : principe d'un capteur.....	39
Figure III. 2 : constitution d'une chaine de mesure classique.....	40
Figure III.3 : Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif.....	45
Figure III.4: Exemple de linéarisation de caractéristiques.....	46
Figure III.5 : caractéristiques statistiques d'un capteur.....	47
Figure III.6 : exemple de conditionneur.....	47
Figure III.7 : modèle du capteur type source de courant.....	48
Figure III.8 : capteur source de charge, modèle complet.....	49
Figure III.9 : montage en pont.....	50
Figure III.10 : Schéma électrique d'un montage astable à circuit R-C.....	50
Figure III.11 : Schéma électrique de capteur LM 335.....	52
Figure III.12 : comparaison entre les trois types de pression.....	53
Figure III.13 : principe de fonctionnement d'un capteur de pression absolu piézorésistif.....	54
Figure III.14 : Une coupe transversale d'une cellule piézorésistive avec résistances implantées Pour mesurer la pression absolue.....	55
Figure III.15 : schéma électrique du capteur de pression MPX2202AP	55
Figure III.16: L'amplificateur d'instrumentation AD620.....	56
Figure IV.1 schéma synoptique de la carte de transmission.....	57
Figure IV.2 : schéma d'une chaine d'acquisition.....	58

Figure IV.3 : Le PIC 16F88.....	60
Figure IV.4 : schéma fonctionnelle de PIC 16F88.....	61
Figure IV.5 : brochage de PIC 16F88.....	61
Figure IV.6 : organisation de mémoire programme.....	62
Figure IV.7 : structure de l'oscillateur interne.....	64
Figure IV.8.Outil de développement pour un PIC.....	66
Figure IV.9 : Environnement MATLAB IDE.....	66
Figure IV. 10: création d'un nouveau projet en MPLAB.....	67
Figure IV.11 : deuxième étape de création d'un projet en MPLAB.....	68
Figure IV.12 : la troisième étape de création d'un projet en MPLAB.....	68
Figure IV.13 : la quatrième étape de création d'un projet en MPLAB.....	69
Figure IV.14 : résumé de projet qui a été crié.....	69
Figure IV.15: compilation et exécution de programme.....	70
Figure IV.16 : Brochage de RS233.....	70
Figure IV.17 : conversion des niveaux de tension en utilisant le MAX233.....	71
Figure IV.18 : Le transmetteur TX SAW 433/S-Z.....	72
Figure IV.19 : le schéma fonctionnel de transmetteur.....	72
Figure IV.20 : Schéma électrique de la carte d'émission.....	72
Figure IV.21 : Le typon de la carte de transmission.....	73
Figure IV.22 : Implantation de composants de la carte de transmission.....	74
Figure IV.23 : Le schéma synoptique de la carte de réception.....	76
Figure IV.24 : Le schéma théorique de la carte de réception et son typon.....	76
Figure IV.25 : Le récepteur.....	77
Figure IV.26 : composition de la trame à transmetre.....	77
Figure IV.27 : Le connecteur DB9.....	78
Figure IV.28 : Le câble croisé.....	78
Figure IV.29 : le convertisseur RS232/USB.....	79
Figure IV.30 : L'installation de l'adaptateur série USB ATEN.....	79
Figure IV.31 : la carte de réception branchée à un ordinateur.....	79
Figure IV.32 : l'application ADC 108.exe.....	80

Liste des tableaux

Table II.1 : Caractéristiques électrique des capteurs de température.....	32
Table III.1 : Les effets utilisés pour réaliser la mesure en fonction de mesurande.....	41
Table III.2 : les principes physiques mis en jeu pour un capteur actif.....	42
Tables III.3 : La caractéristique $U= F(I)$ de capteur LM 335.....	53
Tableau IV .1 : caractéristiques de PIC 16F88.....	60

RESUME

RESUME

L'objectif de ce mémoire de Master en réseaux et Télécommunication est la réalisation de deux cartes. La première carte a le rôle de mesurer des variables physique : température, pression et humidité, Comme il s'agit d'une station météorologique, les éléments primaires qui permettent de recueillir les informations des mesurandes sont les capteurs. On a deux capteurs différents types :

- Le capteur de température LM135 a été choisi par rapport à sa sensibilité et sa précision.
- Le capteur de pression, pour cela nous avons au début choisis le MPX2200AP, qui est un capteur de pression Absolu .Malheureusement nous étions contraints d'utiliser une autre référence le MPX2202AP, cela revient à la non disponibilité du model choisi en premier. les caractéristiques du deuxième choix sont proches du premier.
- Conditionneurs : Ces capteurs délivrent à la sortie une tension faible, ce qui nécessite pour chaque capteur un amplificateur pour rendre cette tension exploitable.

À la sortie du conditionneur de chaque capteur, on a ainsi un signal analogique suffisamment important pour être utilisé. Comme le signal est analogique, pour l'envoyer vers le microcontrôleur, il faut maintenant le convertir en numérique. Pour cela nous avons besoin d'un convertisseur A/N.

- ADC : Ce bloc a pour rôle de convertir le signal analogique en un signal Numérique.

Le microcontrôleur : Nous avons fait le choix sur le PIC16F88, car il offre plusieurs avantages dont l'un est le ADC intégré à l'intérieur.

Un programme en assembleur est nécessaire pour que le PIC fonctionne. Ainsi il lui faut un programme pour gérer les entrées sorties.

De Pic 16F88, maintenant le résultat obtenu à la sortie du PIC on a besoin de MAX233 qui servira d'interface entre le PIC et l'ordinateur. Le MAX233 convertit le signal venant du PIC, en norme RS232 exploitable par l'ordinateur. Ce dernier, comme notre projet consiste à transmettre les données sans utiliser le système filaire, en utilisant le système Hertzien (sans fils), on transmet le signal à la sortie de MAX233 vers un Emetteur Numérique avec oscillateur intégrés fonctionnant à 433Mhz. La référence de l'émetteur est le TX-SAW 433.

La portée est proportionnel a la tension d'alimentation, sa portée peut atteindre quelques kilomètres avec sa tension max. l'émetteur nécessite une antenne externe.

A la réception, l'antenne de récepteur capte le signale et le transmis vers l'ordinateur. On utilise l'interface RS232 qui sert à envoyer les bits à l'ordinateur via un convertisseur RS232/USB. Ce dernier nécessite un adaptateur pour qu'il fonctionne.

Pour l'affichage et l'acquisition des donnés on utilise une application qui sert d'interface entre l'ordinateur et l'être humain.

Les mots clés utilisés :

ADC : Convertisseur analogique numérique.

RS232 : La norme série asynchrone.

TX SAW 433 : Transmetteur 433 MHZ.

RS232/USB : convertisseur de la norme RS232 vers la norme USB.

Introduction générale

Introduction générale

De tout temps l'homme a cherché à percer les mystères des phénomènes atmosphériques. Ces dernières conditionnent en effet grandement la vie, voire même la survie, de l'être humain. Dès l'antiquité ces phénomènes sont omniprésents dans la vie des peuples. Plus tard, les courants humanistes ont eu une approche plus scientifique afin d'expliquer ces phénomènes. A cette époque est né alors le thème météorologie, désignant la science qui étudie le phénomène atmosphérique.

Les premières stations apparues étaient des stations filaire, la liaison entre capteur extérieur et centrale s'effectuant par du câble plat, à 4 ou 6 conducteurs RJ11 ou RJ12. Ce type de liaison offre une bonne garantie de fiabilité pour la transmission des signaux, mais la longueur des câbles et leurs relative fragilité mécanique est un facteur limitant pour l'installation.

Avec la naissance du système hertzien, les problèmes liés aux inconvénients de système filaire sont remédiés. Ce type de transmission a pris une importance considérable au cours de ces dernières années et les mini-stations n'ont pas échappé à cette tendance. En première approche, cette technique est très séduisante puisqu'elle dispense l'utilisateur de toutes les tâches de fixation et de dissimulation d'un câblage peu esthétique. D'un point de vue du fonctionnement optimal de la station il faut cependant prendre en compte d'autres aspects. Le principe général consiste à utiliser une onde porteuse pour véhiculer les informations entre capteurs et central d'acquisition.

Notre projet est l'étude et la réalisation d'un système d'émission et de réception des données météorologiques sans fil.

Le but du projet s'agit de piloter à l'aide d'un microcontrôleur de la série PIC 16F88 une carte électronique qui transmet des informations notamment celle de la température, de la pression atmosphérique. Un programme écrit en langage assembleur se charge d'interroger la carte et d'envoyer ces données via un transmetteur hertzien vers une autre carte de réception. Un circuit d'interface permet de relier le port série de PC et la carte de réception et enfin, d'exploiter ces données par l'ordinateur à l'aide d'un logiciel.

Afin de mener à bien notre projet, nous avons réparti le contenu de notre travail en quatre chapitres, ainsi :

- Premier chapitre sous le nom « généralités sur la transmission de données » qui a pour objectif d'étudier les différentes techniques de transmission ainsi que les étapes dont un signal passe pour être exploitable.
- Le deuxième chapitre sous le nom « les données météorologiques », ce chapitre a été fait pour étudier les données météorologiques et les différents instruments de mesures classiques et automatiques, ainsi que l'utilisation de la microélectronique dans le domaine de la météo.

- Le troisième chapitre sous le nom « les capteurs de transmission », ce chapitre est consacré pour les capteurs en parlant sur les différents types et caractéristiques des capteurs, ainsi on a décrit les deux capteurs utilisés pour la carte d'émission.
- Le quatrième chapitre sous le nom « réalisation des cartes d'émission et de réception », ce chapitre est destiné pour la réalisation des deux cartes tout en décrivant chaque composant utilisé à la réalisation, ainsi que la programmation de PIC, et le principe de fonctionnement de chaque carte.

Enfin, on termine par une conclusion générale qui résume l'apport essentiel de notre projet.

Chapitre I

Chapitre I : Généralités sur la transmission des données

I.1.préambule

La transmission permet l'échange des données entre les différents systèmes éloignés suivants leur organisation, architecture, les distances, les vitesses de transmission et la nature des informations transmises. Ces informations peuvent provenir de plusieurs sources comme un capteur de nature physique variable, sous forme analogique ou numérique et peut être transmises par le biais de supports de transmission divers vers différents blocs de réceptions. Il faut alors adapter le signal initial au canal envisagé, afin de transmettre l'information le plus fidèlement possible. Ce chapitre traite des généralités sur la transmission des données. D'abord on a présenté un peu de théorie sur un signal, ensuite les différents modes et types de transmission et synchronisation, ainsi que les différentes techniques de multiplexage modulation, amplification, filtrage, échantillonnage et convertisseurs, en fin on termine par une discussion sur le chapitre.

I.2 Des signaux pour transmettre des informations [1]

On appelle signal toute variable ou source d'information évoluant en fonction du temps. Un signal peut être exprimé en fonction du temps, mais il peut aussi l'être en fonction de fréquence, sachant qu'on peut le décomposer en multiples composantes harmoniques.

I.2.1. Domaine temporel d'un signal

Le signal vu en fonction du temps peut être analogique ou numérique, (voir figure I.1 et figure I.2).

A)-Signal analogique : un signal analogique est un signal variant continuellement dans le temps.

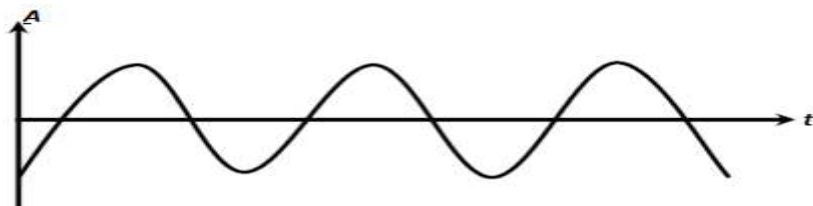


Figure. I.1 : exemple d'un signal analogique

B)-Signal numérique : un signal numérique est un signal variant de façon discontinue dans le temps.

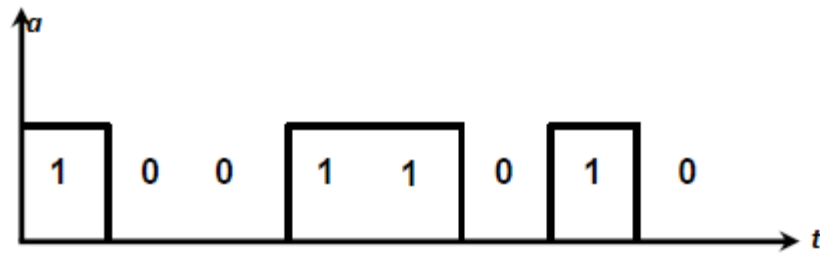


Figure I.2 : exemple d'un signal numérique

I.2.2 Domaine fréquentiel d'un signal [1]

Le physicien Français **Joseph Fourier** a montré qu'un signal périodique quelconque $s(t)$ ayant pour période T pouvait être décomposé en une suite de fonction périodiques sinusoïdales de caractéristique bien précises appelées composantes harmoniques. Grâce à l'analyse de Fourier, il a été démontré que tout signal périodique est constitué de plusieurs composantes, chacune étant une sinusoïde possédant une fréquence propre. En ajoutant suffisamment de sinusoïdes, chacune avec une amplitude, une fréquence et une phase appropriées, il est possible de reproduire n'importe quel signal périodique.

I.2.2.1 La représentation spectrale d'un signal [1]

Un signal sinusoïdal après avoir été décomposé en une série de Fourier peut être représenté en fréquence c'est ce qu'on appelle la représentation spectrale. (Voir figure I.3).

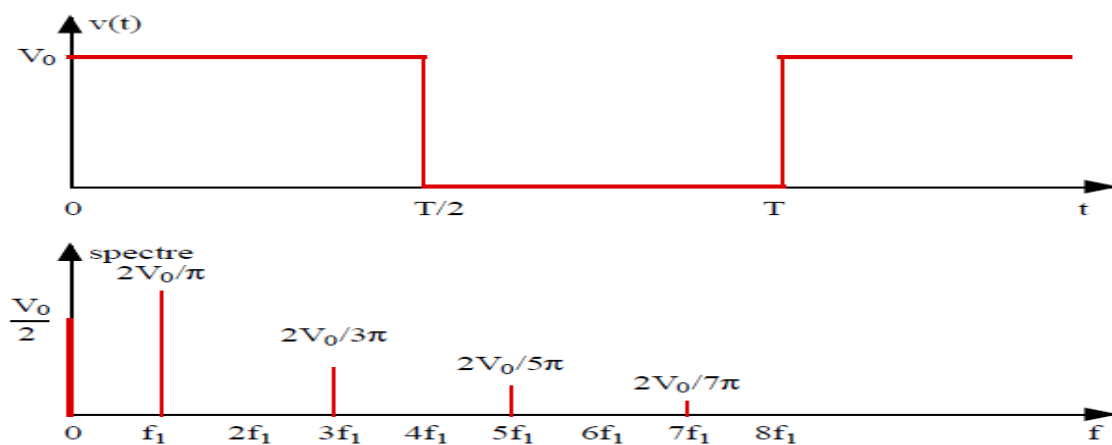


Figure I.3 : représentation spectral d'un signal carré

I.2.2.2 La bande passante [1]

La largeur de la bande passante est la caractéristique essentielle d'un support de transmission, qui se comporte généralement comme un filtre qui ne laisse passé qu'une bande limitée de fréquence appelée bande passante. Toute fréquence dehors de cette bande sont fortement affaiblie. La figure I.4 illustre la bande passante.

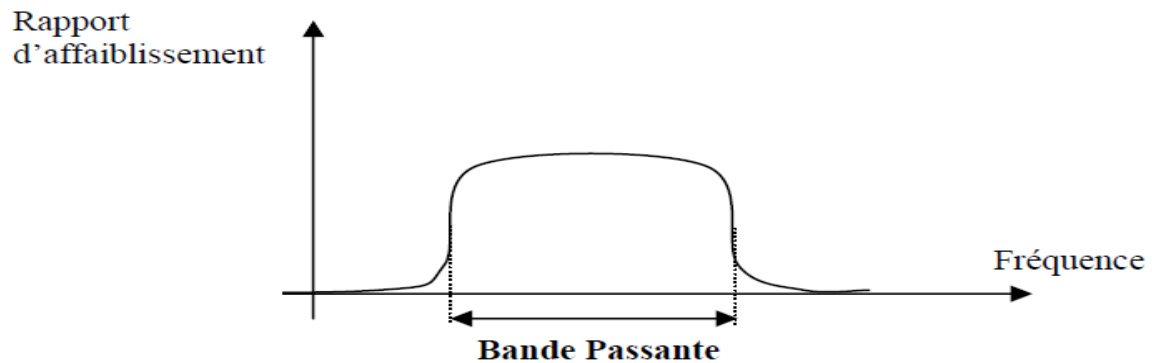


Figure I.4 : bande passante d'une voie

I.3. Support de transmission [1]

Un système de transmission de données, le support de transmission, appelé aussi média, est le chemin physique entre l'émetteur et le récepteur. ce support est soit guidé soit non guidé dans les deux cas, la communication se fait par voie d'ondes électromagnétiques. Avec un support à guide physique, les ondes se propagent le long d'un conducteur solide tel qu'un câble de cuivre à paires torsadée ou coaxial, ou un câble fibre optique. L'atmosphère et l'espace extra atmosphérique sont des exemples de support sans guide physique. Ces milieux permettent de transmettre les signaux mais ne les guident pas. on emploie couramment le terme transmission sans fil pour désigner ce type de communication.

I.3.1. capacité maximale d'un canal [1]

Il existe diverses sources de dégradations d'un signal. Par exemple, le bruit un phénomène courant qui peut être causé par un signal parasite venant se combiner au signal de départ, peut modifier le signal et provoque une mauvaise réception de données. En ce qui concerne les données numériques, la question est de savoir jusqu'à quel point les dégradations du signal peuvent limiter le débit praticable. Le débit maximal auquel des

données peuvent être transportées dans certaines conditions sur un canal de transmission est appelé capacité du canal ce concept est étroitement lié aux suivants :

- **Débit** : c'est le débit exprimé en bits /seconde (bit/s), auquel des données peuvent être communiqués.
- **Bande passante** : c'est la bande de fréquences couverte par le signal transmis, telle que limitée par le dispositif émetteur et la nature du média de transmission, exprimée en cycles par seconde ou hertz(HZ).
- **Bruit** : dans cette section nous nous intéressons au niveau moyen de bruit d'un canal de transmission.
- **Taux d'erreur** : C'est le taux auquel les erreurs de transmission se produisent c'est – à – dire lorsque un chiffre binaire reçu a la place d'un autre.

Ainsi, compte tenu de ce qui précède, l'objectif visé est d'exploiter une bande passante le plus efficacement possible pour des données numériques, cela signifie qu'il faut tenter d'atteindre le meilleur débit possible avec la bande passante disponible sans dépasser un certain taux d'erreurs.

I.4.transmission de donnée analogique et numérique [2]

Des données peuvent être simplement définies comme étant des éléments véhiculant une information, les signaux sont des représentations électrique ou électromagnétique des données. La transmission est le transport de données à l'aide de la propagation et du traitement de signaux.

I.4.1 .Données analogique et numérique [2]

Les concepts de données analogique et données numérique sont relativement simple .les premier prennent des valeurs continues dans un intervalle de temps données .par exemple ,la voix ou la vidéo sont des variations continues d'intensité .de même ,la plupart des informations collectées par des capteurs ,telles que la température ou la pression ,représentent aussi des valeurs continues .Les seconds prennent des valeurs discontinues ou discrètes ainsi que les nombre entier.

I.5. Transmission numérique [2]

Cette transmission correspond au codage de l'information sous forme d'une succession de 1 et de 0. Ces éléments sont transmis sous forme de signal électrique dont la valeur est adaptée au type de composants utilisés. La figure I.5 représente un schéma fonctionnel d'une chaîne de transmission numérique.

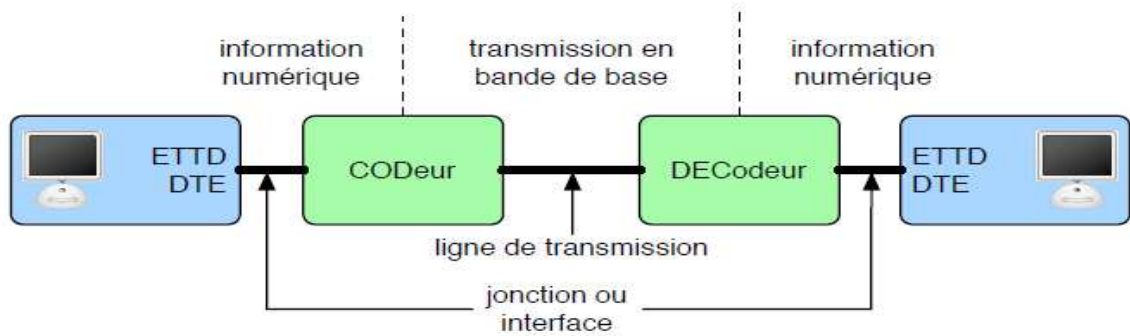


Figure I.5 : exemple d'une transmission numérique

I.5.1. principe de la transmission en bande de base [2]

La représentation des données par des suites de '0' et de '1'. Ils englobent la transmission de ces données, leur mémorisation dans des mémoires de stockage et en fin leur utilisation. La première étape consiste donc à ramener les informations que nous voulons échanger à un ensemble d'informations binaires à l'aide de techniques de codage. Pour cela, on utilise des codes, qui font correspondre à chaque caractère une suite précise d'éléments binaires. La longueur de code va dépendre du nombre de caractère que l'on veut représenter, on sait par exemple qu'avec deux éléments binaires, on peut obtenir quatre configurations (00, 01, 10, 11) et donc on peut coder quatre caractères.

En généralisant un code à 'n' bits permet de représenter 2^n caractères distincts. Après l'étape de codage intervient l'étape de la transmission, c'est-à-dire l'envoi des suites binaires de caractères vers l'utilisateur final de ses informations. Pour transmettre ces informations binaires sur un canal de transmission nécessaire de les transformer au préalable en un signal électrique. La méthode la plus simple consiste à représenter l'élément binaire '0' par une tension v_0 , et l'élément binaire '1' par une autre tension v_1 , le signal électrique ainsi obtenu prend la forme d'une suite d'impulsion (signal rectangulaire) qui donne une correspondance directe entre les informations binaires élémentaires (ou bits) et les impulsions les représentant. La figure I.6 illustre quelques exemples des codes utilisés en transmission en bande de base.

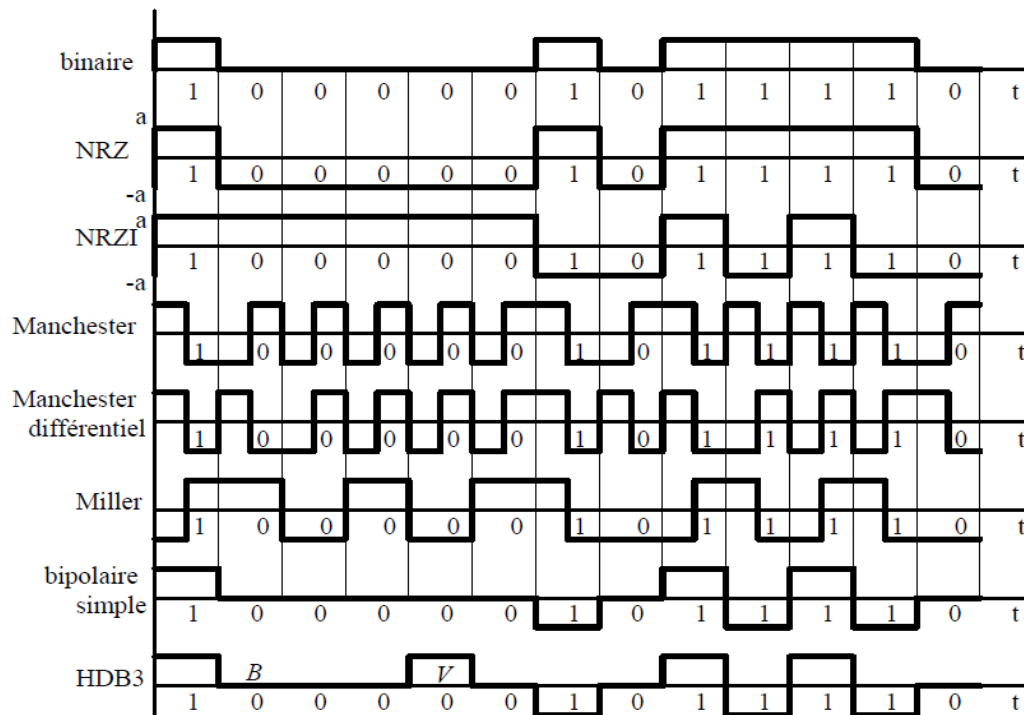


Figure I.6 : quelques codes utilisés en transmission en bande de base

I.5.2. Mode de transmission et synchronisation [3]

I.5.2.1. mode de transmission

Les données informatiques se présentent sous forme de bits groupés en mots généralement de 8 bits (un octet). Pour transmettre un mot entre deux ETTD ou un ETTD et un ETCD, on peut procéder :

- Bit par bit et reconstituer les mots du côté réception.
- mot par mot.

Le premier type est dit, transmission série, la seconde transmission parallèle.

La transmission peut aussi être dans un seul sens ou dans les deux sens.

A)-Transmission parallèle

La transmission se fait sous forme de lot de bits émis simultanément sur le canal (voir figure I.7). Pour émettre un caractère de n bits il faut un Dt.

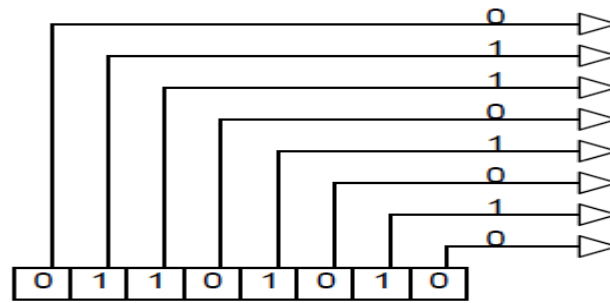


Figure I.7 : exemple d'une transmission parallèle

B)-transmission série :

Les bits d'un mot sont transmis un à un sur une ligne unique, les 0 et les 1 sont représentés par des signaux électriques d'amplitude et d'intervalle de temps connus. Pour émettre un caractère de n bits il faut $n \cdot \Delta t$ (Δt étant le temps de transmission d'un bit).

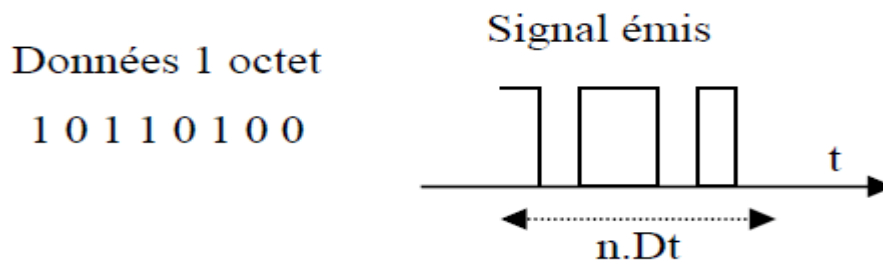


Figure I.8: exemple d'une transmission série

C)-Transmission simplex :

Les données circulent dans un seul sens (émetteur vers récepteur), comme la montre la figure I.9.

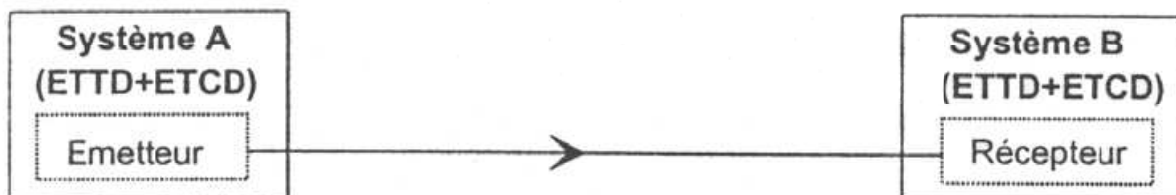


Figure I.9: transmission simplex

D)-transmission half duplex:

Les données circulent dans les deux sens mais pas simultanément. (Voir figure I.10).

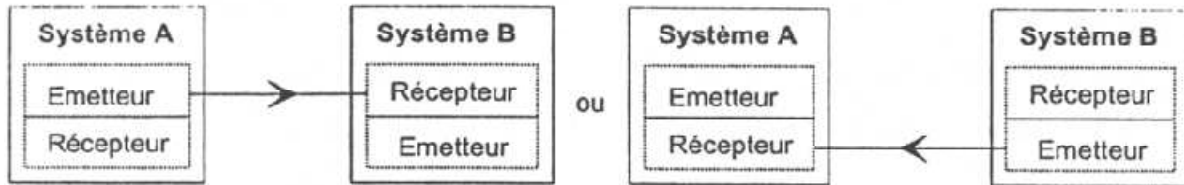


Figure I.10: transmission half duplex

E)-Transmission full duplex:

Les données circulent de manière bidirectionnelle et simultanément, (voir figure I.11).

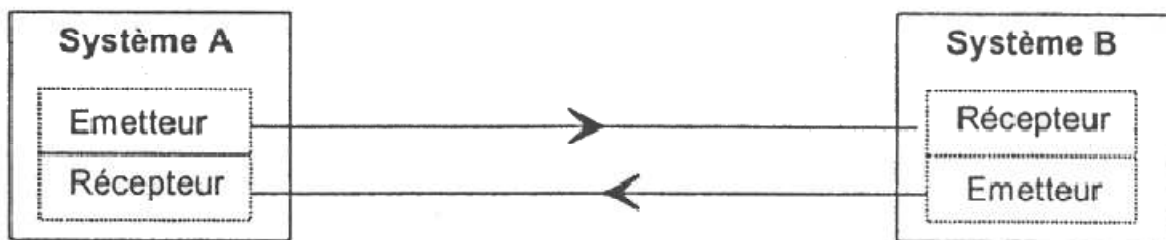


Figure I.11: transmission full duplex

I.5.2.2. Synchronisation: [3]

La transmission d'information sous forme numérique exige, en général un synchronisme précis entre l'émetteur et le récepteur. Cette synchronisation est essentielle pour la reconstitution des données, et consiste à déterminer les instants d'échantillonnage du signal transmis pour reconnaître les bits dès que le récepteur reçoit bien les bits d'information, il doit encore reconnaître les caractères c'est la synchronisation caractère.

A)-Cas d'une transmission asynchrone :

Dans la transmission asynchrone, l'horloge de l'émetteur et récepteur sont indépendantes, la synchronisation des caractères se fait évidemment par reconnaissance des signaux de départ (start) et des signaux d'arrêt (stop) qui délimitent chaque caractère . En effet, dans le récepteur le signal start d'éclanche au début de chaque caractère, la mise en

Directionnelle et omnidirectionnelle. Dans une configuration directionnelle, l'antenne émettrice projette un faisceau électromagnétique concentré. Les deux antennes, émettrice et réception, doivent donc être soigneusement alignées. Dans une configuration omnidirectionnelle, les signaux émis se propagent dans toutes les directions et peuvent en conséquence être reçus par de nombreuses antennes. La transmission sans fil est concernée par trois plages générales de fréquence. Les fréquences allant d'environ 1GHz (10^9 Hz) à 100Hz sont qualifiées de fréquence micro-ondes et permettent la formation de faisceaux hautement directionnels. Les micro-ondes conviennent aussi bien pour les liaisons point à point que pour les communications point à multipoint à diffusion par satellite. Les fréquences qui s'étendent de 30MHz à 1Ghz correspondent à ce que l'on appelle communément des ondes radio et de prêtent aux applications omnidirectionnelles. La troisième plage de fréquence important est la portion infrarouge du spectre, qui s'étend approximativement de $3 \cdot 10^{11}$ à $2 \cdot 10^{14}$ Hz. Les ondes infrarouges sont utiles pour les applications point à point.

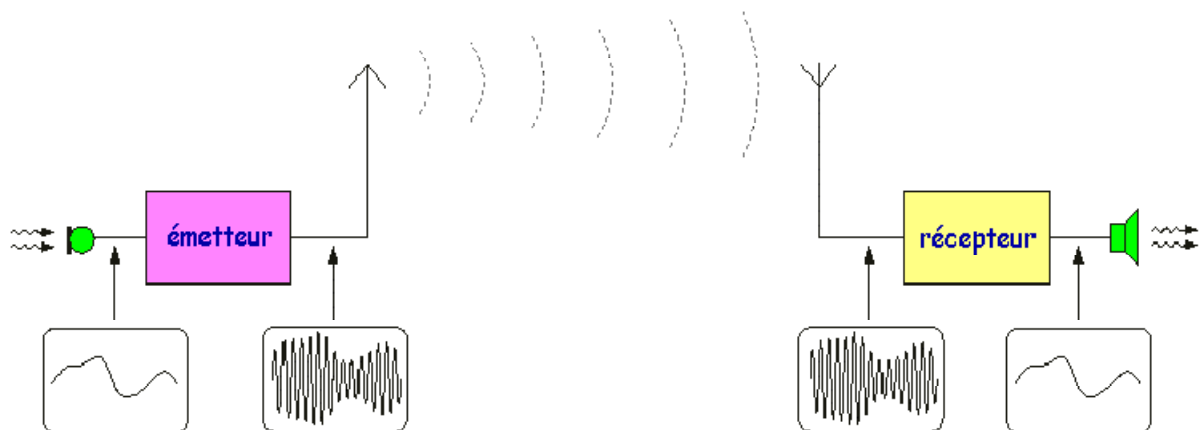


Figure I.13 : illustration de la transmission à faisceaux hertziens.

I.7. Multiplexage [2]

Afin d'exploiter efficacement le système de transmission, on recourt donc à une fonction permettant de transporter simultanément plusieurs signaux sur un même support.

Un multiplexeur (MUX) comprend n entrées et est raccordé par un lien de données à un démultiplexeur (DEMUX), comme la montre la figure I.13. Ce lien est capable de transporter n canaux de données distincts. Le multiplexeur combine les données provenant des n lignes en entrées et les envoie sur le lien la plus forte capacité. Le démultiplexeur accepte le flux de

données multiplexées, sépare les données de chaque canal et les expédie sur les lignes appropriées en sortis.

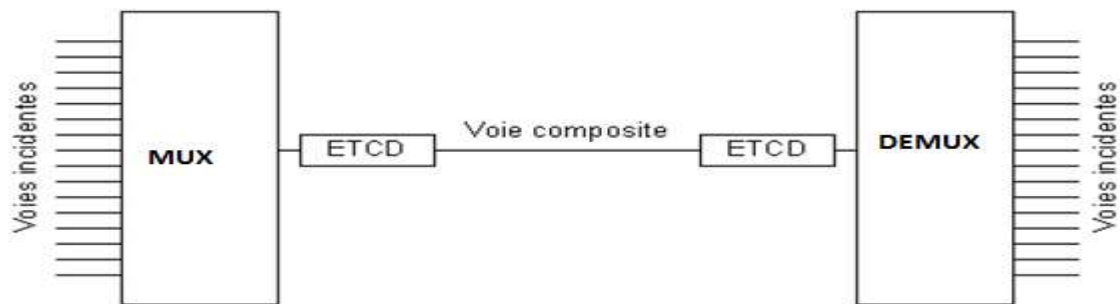


Figure I.14 : multiplexage et démultiplexage

Il existe deux types de multiplexage :

A)-Multiplexage fréquentiel (FDM) :

La technique FDM tire parti du fait que la bande passante utile du support excède la bande passante requise pour un signal donnée. De nombreux signaux peuvent être transportés simultanément si chacun d'eux est modulé sur une fréquence porteuse différente et si ces fréquences porteuses sont suffisamment espacées de sorte que les bandes passantes des signaux ne se chevauchent pas. La figure I.14 représente le multiplexage fréquentiel.



Figure I.15: multiplexage fréquentiel

B)-Multiplexage temporel(TDM) : [2]

La technique TDM tire parti de fait que le débit binaire praticable du support excède le débit brut requis pour un signal numérique .De nombreux signaux numérique peuvent être transportés sur un seul chemin de transmission en entrelaçant des portions de chaque signal dans le temps .La figure I.15 représente le multiplexage temporelle.

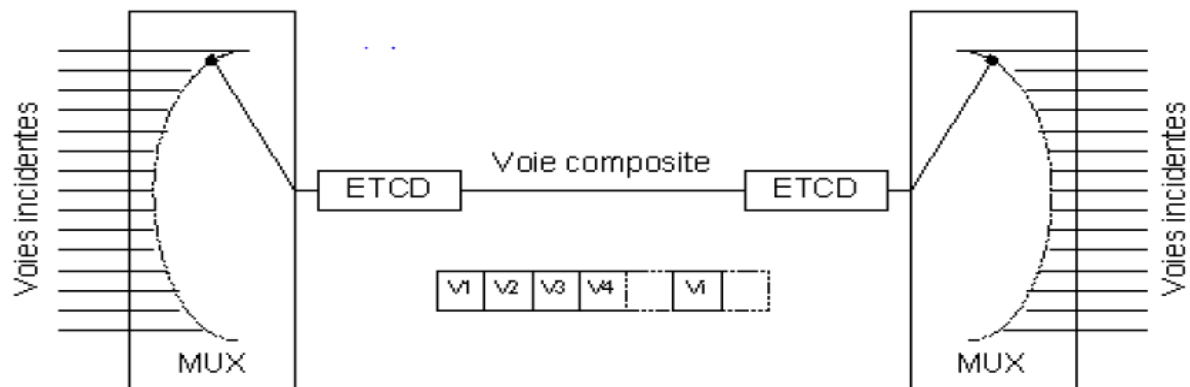


Figure I.16 : multiplexage temporelle

I.8. Modulation [15]

Un signal d'information, ou message est de basse fréquence est rarement adapté à la transmission directe par le moyen choisi (transmission en bande de base) parce que si on essaye de transmettre l'information telle quelle sans traitement particulier, on est confronté à un certain nombre de problèmes parmi lesquels :

- Dimensions d'antennes : les fréquences basses se prêtent mal à la transmission par voie hertzienne surtout à cause du problème d'antenne puisque en système de transmission pour transmettre un signal de fréquence f_0 , il faut une antenne de longueur minimal $L = \lambda / 4$
- Problème de sélectivité au niveau des récepteurs qui seront incapables de séparer deux signaux issus de deux émetteurs différents du moment qu'ils émettent dans la même gamme de fréquences.
- Obtention l'amplification et le filtrage efficace de faibles signaux de basse fréquences en s'affranchissant en particulier du bruit de fond qu'est fonction de $(1/f)$.

Pour résoudre ce problème, on doit faire un traitement spécial ce qu'on appelle la modulation. Cette opération peut être définie comme le processus par lequel un signal est transformé de sa forme originale en une forme adaptée au canal de transmission en faisant varier les paramètres d'amplitude ou arguments (phase ou fréquence) d'un signal haute fréquence (HF) appelé porteuse suivant des fonctions linéaires du signal basse fréquence (B.F) à transmettre.

La porteuse va servir comme véhicule du signal B.F de l'émetteur vers le récepteur, selon le paramètre varié de la H.F.

I.8.1.Type de modulation

On distingue deux types de modulation :

- Modulation analogique
- Modulation numérique

I.8.1.1. Modulation analogique

L'une des formes de codage de l'information parmi les plus simples et les plus anciennes, consiste à effectuer une translation en fréquence du signal informatif. Il est d'usage de distinguer trois types de modulation analogique :

- Modulation d'amplitude AM
- Modulation de phase PM
- Modulation de fréquence FM

Ces deux dernières modulations sont des modulations angulaires

Le fonctionnement de ces trois modulations repose sur la modification d'une des caractéristiques (fréquence, phase ou amplitude) d'un signal sinusoïdal haute fréquence qui est transmis tel quel en l'absence de signal informatif. Ce signal prend la dénomination de porteuse et sa fréquence est appelée fréquence porteuse. Elle sera notée f_p (la pulsation porteuse $\omega_p = 2\pi f_p$).

A)-Modulation d'amplitude

Elle consiste à modifier l'amplitude de la porteuse par une fonction linéaire du signal à transmettre (voir figure I.16).

Remarque :

La bande occupée correspond à la largeur de bande d'information nécessaire à la transmission du signal après la modulation.

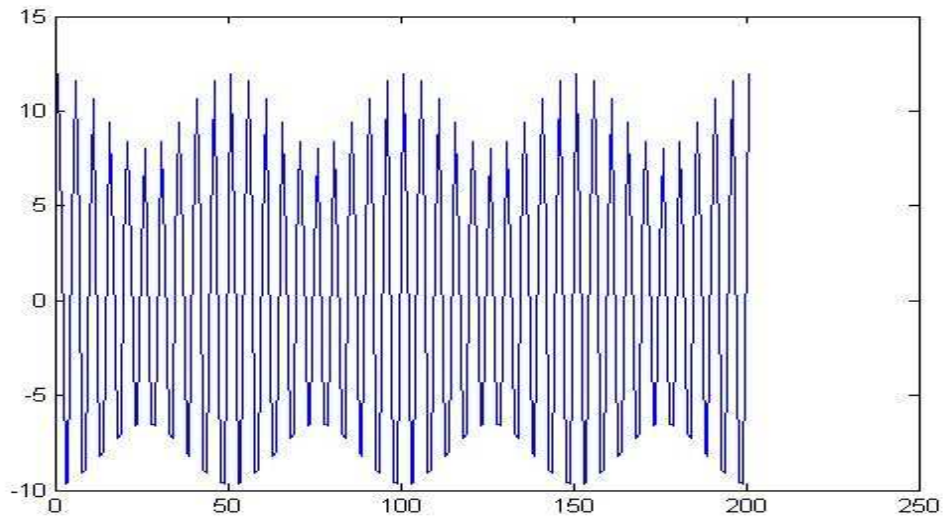


Figure I.17: Modulation d'amplitude

B)-Modulation de fréquence :

Pour la modulation de fréquence, le signal modulant modifie la fréquence de la porteuse en modifiant la phase de signal (voir figure I.17).

Avec la phase qui varie linéairement par rapport au signal à transmettre.

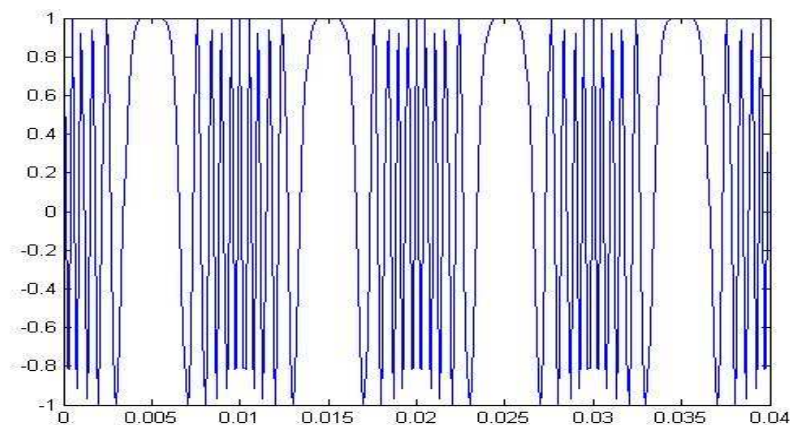


Figure I.18 : Modulation de fréquence

C)- Modulation de phase :

Pour la modulation de phase, la phase de la porteuse est modifiée en fonction de signal modulant, autrement dit le signal modulant modifie la phase de la porteuse par une fonction linéaire.

Avec la phase qui varie linéairement par rapport au signal à transmettre.

I.8.1.2. Modulation numérique [15]

On distingue trois modulation numérique sont :

A)-Modulation d'amplitude (ASK) : L'amplitude de signal vari de simple ou double suivant que l'on veuille transmettre un 0 ou un 1

B)-Modulation de fréquence (FSK): La fréquence de signal vari de simple ou double suivant que l'on veut transmettre un 0 ou un 1.

C)-Modulation de phase (PSK) : La phase de fréquence vari en fonction de bit à envoyer. La figure I.18 illustre ces trois types de modulation.

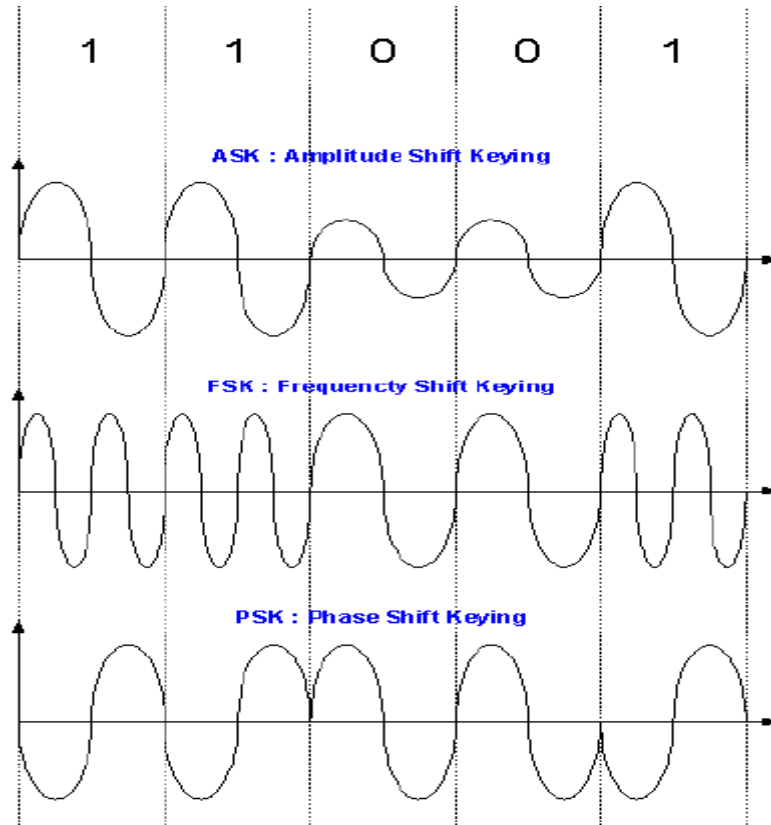


Figure I.19 : Modulation numérique

I.9. Amplification et filtrage [14]

Ces deux opérations consiste à rendre un signale plus fort on l'amplifiant et pour éliminer le bruit en filtrant ce signale.

I.9.1. Amplification

Lorsque les signaux électriques issus des capteurs ont de faible amplitude, il peut être nécessaire de les amplifier pour les adapter à la chaîne de transmission. Il faut savoir que l'amplification (en tension ou en puissance) du signal électrique issu du capteur est un phénomène bruyant, elle s'accompagne d'une dégradation du rapport signal sur bruit. Les amplificateurs d'instrumentation sont conçus de manière à optimiser le rapport signal sur bruit. Ils sont caractérisés par un gain d'amplification et un facteur qui quantifie la dégradation du rapport signal sur bruit.

I.9.2. Filtrage [14]

C'est une opération qui consiste à séparer les composantes d'un signal selon leurs contenus fréquentiels ce qui va permettre d'isoler une fréquence particulière ou d'éliminer des fréquences parasites.

Le but principale de l'opération de filtrage est de nettoyer le signal traité en éliminant le plus de bruit possible tout en préservant le maximum d'informations utiles du signal.

Il existe deux types de filtres :

- **Les filtres passifs** : Ils ne sont composés que d'éléments passifs (résistances, condensateurs, bobines).
- **Les filtres actifs** : Il y a en plus une amplification du signal d'entrée par un élément actif (Amplificateur opérationnel, Transistor).

Selon la bande rejetée on distingue quatre catégories des filtres (voir la figure I.19) :

A)-Filtre passe bas :

Comme son nom l'indique, ne laisse passer que les signaux ayant une fréquence inférieure ou égale à sa fréquence de coupure haute.

B)-Filtre passe haut :

Ne laisse passer que les signaux dont la fréquence est supérieur ou égale à la fréquence de coupure basse.

C)-Filtre passe bande :

Ne laisse passer que les signaux qui ont une fréquence comprise entre la fréquence de coupure haute de filtre et sa fréquence de coupure basse.

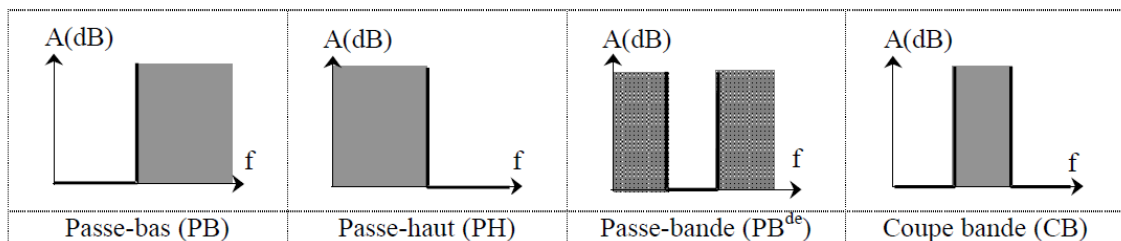
D)-Filtre coupe bande(ou réjecteur):

Figure I.20 : catégories de filtres

I.10.Echantillonnage et convertisseurs (CAN ou CNA) [13]**I.10.1.Echantillonnage**

Les signaux porteurs d'informations sont pratiquement toujours de type analogique. Si l'on veut traiter un signal par voie numérique, il faut le représenter au préalable par une suite de valeurs ponctuelles prélevées régulièrement (à pas constant) ou irrégulièrement (à pas variable). La figure ci-dessous présente l'échantillonnage.

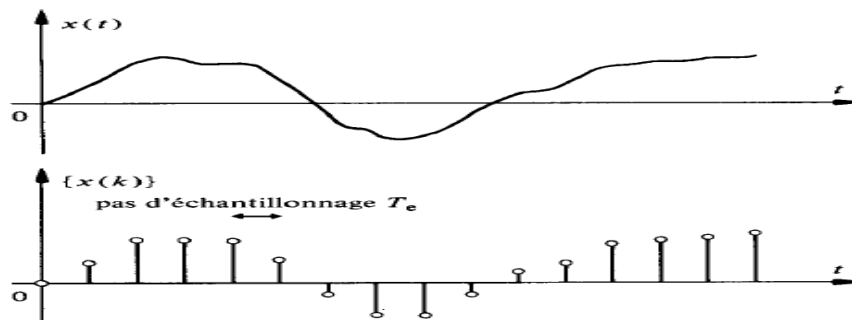


Figure I.21 : l'échantillonnage

I.10.2.convertisseurs

Il existe deux catégories de convertisseurs.

A)- convertisseurs Analogique-Numérique (CAN) :

Qui vont transformer les tensions analogiques en signaux logique aptes à être traités par microprocesseur (numérisation des signaux).

B)- convertisseurs Numérique-Analogique :

Qui vont convertir les signaux logiques en tension analogique.

I.11.Discussion

Dans ce chapitre, nous avons fait une étude générale sur la transmission tout en présentant un peu de théorie de signal, en parlant aussi sur les deux transmissions analogique et numérique ainsi que les différentes techniques de transmission, à savoir la transmission sans fil, la modulation, le multiplexage, le filtrage, l'amplification, terminant par l'échantillonnage et la convertirons d'un signal analogique vers numérique et numérique vers analogique.

Chapitre II

Chapitre II : Données météorologique.

II.1.préambule [4]

La couche atmosphérique qui entoure notre planète permet la vie sur terre, elle a une épaisseur d'environ 500 Km dont seulement 10 à 20 Km intéressent les météorologistes. La connaissance de l'atmosphère a été et restera toujours la préoccupation de la communauté scientifique surtout à notre époque où d'importants bouleversements sont observés. En outre, beaucoup de domaines comme l'agriculture, la navigation, l'aéronautique, le génie civil et bien d'autres ont besoin des données très précises sur l'état de l'atmosphère. La nécessité de connaître les mécanismes qui régissent les lois, les mouvements et l'évolution de cet espace gazeux a permis l'émergence d'une nouvelle science : « La météorologie ».

On va voir dans ce chapitre une représentation générale sur l'atmosphère, la définition de la météorologie, les différentes variables de la météo, les différents instruments de mesures classiques et automatiques, ainsi que leurs caractéristiques et on finira par l'application de la microélectronique à la construction des systèmes d'acquisition de données.

II.2.Historique [4]

Des inscriptions rupestres découvertes par des archéologues, sous forme de dessins peints en rouge brun sur des roches, représentent la pluie et le soleil, révèlent ainsi tout l'intérêt que portaient nos ancêtres aux phénomènes atmosphériques.

Ce fut Aristote qui, en 350 avant J-C, rédigea le premier ouvrage sur la météorologie.

Au cours des siècles qui suivirent, marins et paysans notaient les variations du vent, des nuages et des comportements des animaux. Aucun instrument de mesure n'existait à proprement parler. En 1592, Galilée inventa le thermomètre à air. En 1644, Torricelli perfectionna le thermomètre à mercure pour calculer la pression atmosphérique. L'hygromètre et l'anémomètre permirent par la suite d'établir des bulletins plus complets en matière de caractérisation du climat. En 1847, J. Henry mit au point le premier système d'observations météorologiques aux USA.

II.3. Généralités sur l'atmosphérique [5]

II.3.1.Composition de l'atmosphère

L'atmosphère qui entoure la terre est source de vie. Elle se compose d'un mélange gazeux dont la masse totale est égale à $5,3 \cdot 10^{15}$ tonnes. On considère sa constitution est la suivante :

- 78% de diazote (N₂) ;
- 21% de dioxygène(O₂) ;
- 1% de gaz divers (Ar, CO₂,...).

D'après les données d'exploration jusqu'à 100 Km de la surface de la terre. L'atmosphère ou l'air se compose essentiellement d'azote, d'oxygène, et d'argon. On décèle également des gaz carboniques, d'hydrogène, d'hélium, et néon, et d'autres gaz ainsi que la vapeur d'eau. [5]

II.3.2.Structure de l'atmosphère [5]

L'atmosphère terrestre s'étend sur une épaisseur de l'ordre 10 000 Km. Cependant 99 % de sa masse se concentre dans les 25 à 30 premiers kilomètre, ce qui est infime en comparaison du rayon terrestre (6400 km). Elle est divisée en une succession de couches sphériques concentriques (voir figure.1) chacune d'entre elle étant défini par ses propriétés physiques (température, pression, densité de l'air).

-La troposphère

C'est la partie la plus basse et la plus significative de l'atmosphère, son épaisseur est d'environ 5 km au pôle et 10 km à la l'équateur.

La troposphère est le siège des hydrométéores (nuages, pluie, neige...) et se caractérise par une décroissance constante de la température avec l'altitude.

-La stratosphère

Elle est d'une épaisseur d'environ 30 km, elle est caractérisée par une température sensiblement constante.

-La mésosphère

Elle est située au-delà de 100 km, dans cette région, les molécules les plus légères échappements à la pesanteur et s'élèvent lentement vers l'espace.

-La thermosphère

Elle est située à la plus haute altitude dont la température est proportionnellement à l'altitude.

-La magnétosphère

Elle entoure la couche atmosphérique, elle est caractérisée par la dissipation de gaz de l'atmosphère vers l'espace.

Cette dissipation est en freinée par le champ magnétique de la terre qui maintient les particules ionisées dans cette couche.

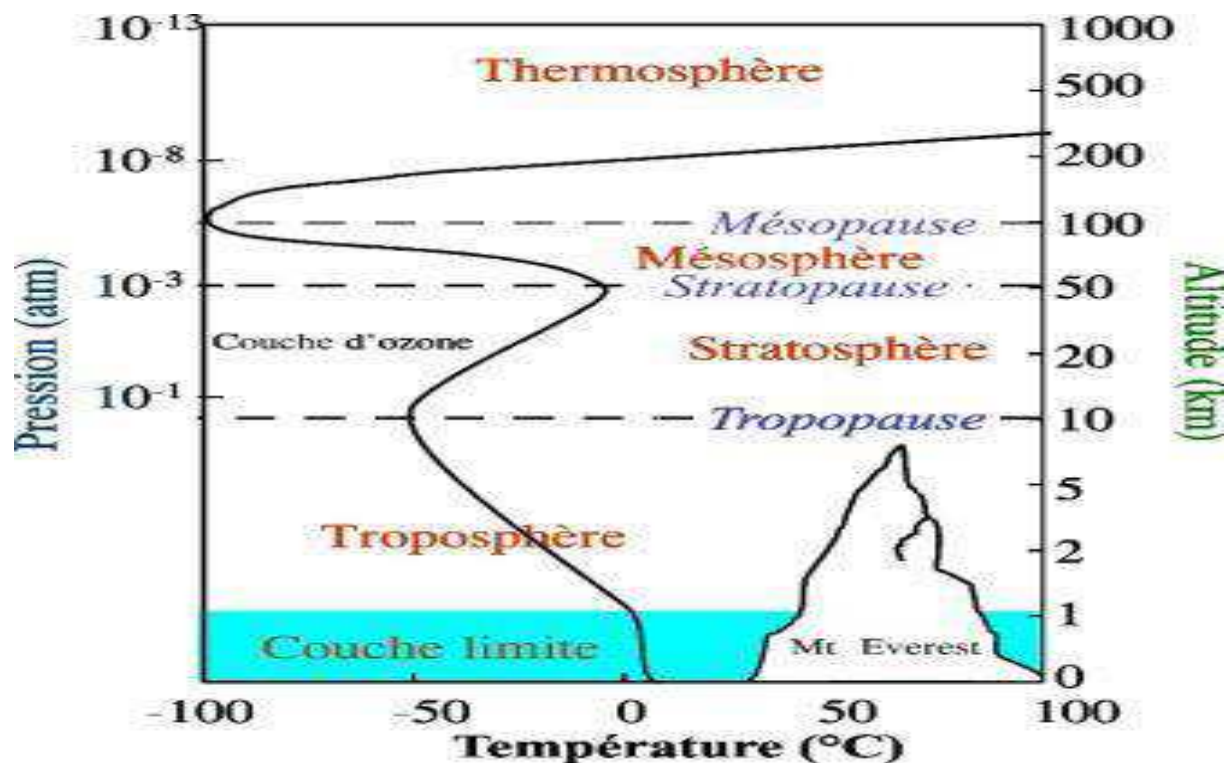


Figure II.1 : Structure verticale de l'atmosphère.

II.4.Météorologie [4]

II.4.1.Définition

La météorologie est une science qui étudie les différents phénomènes qui caractérisent l'atmosphère, à savoir :

- La variation de l'insolation, de la température, de la pression,... ;
- Les mouvements de l'eau (évaporation, rosée, brouillard, nuages, pluie,...) ;
- Les mouvements de l'air (vent, tempête, ouragan) ;
- Les phénomènes électriques (foudre).

Le but de la météorologie est de prévoir l'état futur du climat à la suite d'une analyse de l'état présent, car de cet état même peut dépendre le type du temps.

II.4.2.LES variables météorologiques

Les phénomènes atmosphériques mesurés dans les stations météorologiques sont essentiellement le rayonnement solaire, la température, l'insolation, la pression atmosphérique, le vent et la vapeur d'eau.

II.4.2.1.Le rayonnement solaire [4]

Le soleil est la principale source d'énergie dont dispose notre globe. C'est la répartition de cette énergie à la surface de la Terre et ses variations au cours du temps qui sont la cause de tous les phénomènes météorologiques mis en jeu dans l'atmosphère. L'énergie solaire dont l'aspect immédiatement apparent est l'échauffement de notre globe, se répartit sous diverses formes. Le maximum de radiation solaire captée au sol se produit dans le visible, entre 0.3 à 0.4 μm . Un rayonnement infrarouge est aussi émis par le système terre-atmosphérique. Ce rayonnement se situe dans la gamme allant entre 4 à 100 μm . Les différences composantes du soleil exprimées en Wh/m^2 , sont :

- ◆ Le flux global d'irradiation solaire **G** provenant à la fois du soleil et de la totalité de la voûte céleste, mais aussi du relief terrestre.
- ◆ Le flux direct **I** issu en totalité du disque solaire.
- ◆ La composante diffuse **D** du rayonnement qui arrive de la voûte et du relief terrestre.

Les trois composantes G, I et D sont reliées par la relation suivante :

$$G = I \cdot \sin h + D \quad (1)$$

Où h est la hauteur du soleil, exprimée en degrés.

D'autres grandeurs caractérisent le rayonnement solaire, ce sont

- ◆ L'albédo ou le rapport du rayonnement incident et du rayonnement réfléchi.
- ◆ L'insolation ou le temps pendant lequel le soleil est visible. C'est aussi la durée de l'ensoleillement lorsque la radiance solaire est supérieure ou égale à 100 W/m². Exprimée en heures et dixièmes heures, elle est mesurée par la plupart des stations météorologiques.

II.4.2.2. La température

La température de l'air exprimée en °C, est l'élément météorologique le plus important car il influence grandement toute forme de vie. Sa distribution dans les sens horizontal et vertical dépend des divers changements atmosphériques. En général, la température varie avec la hauteur. Cette variation est irrégulièrement jusqu'à 800m, c'est-à-dire aux altitudes occupées par le relief terrestre. Puis dans la troposphère, on observe une décroissance moyenne de 0,98°C tous les 100 m. Cette variation est due à quatre mécanismes essentiels :

La compression et la détente adiabatique.

- ◆ La libération ou l'absorption de la chaleur par condensation ou par vaporisation.
- ◆ L'effet de serre et la pollution atmosphérique.
- ◆ Les processus radiatifs.

II.4.2.3. La pression atmosphérique

C'est la force que le gaz atmosphérique exerce en raison de son poids par unité de surface, Elle s'exprime en pascal, en millibars ou en mm de mercure. La répartition de la pression atmosphérique au niveau de la surface (anticyclones et dépressions) détermine la situation météorologique qui règne dans chaque région du globe. Les prévisions du temps et dans l'espace. En général, une baisse de pression est d'un temps gris ou de pluie alors qu'une remontée de celle-ci annonce le beau temps. [3]

II.4.2.4.L' humidité de l'air

C'est la masse d'eau contenue dans l'unité de masse d'air. Comme cette grandeur n'est pas directement accessible à la mesure, on considère plutôt soit le taux d'humidité absolue, soit le point de rosée.

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle P_v de la vapeur d'eau et la pression de la vapeur saturante P_s pour une température et un volume d'air donné. Cette valeur changera si on change la température ou la pression.

L'humidité absolue définit comme le rapport de la masse de vapeur d'eau, généralement en g sur le volume d'air humide en m^3 à la pression et température considérées.

Notons que la quantité d'eau maximale collectée au sol et la pression de vapeur saturante augmentent avec la température alors que l'humidité absolue reste constante.

II.4.2.5. Le vent

Le vent a pour origine la différence de température observée en surface, provoquée par le rayonnement solaire. Dans la couche limite atmosphérique, le vent est un écoulement turbulent d'air, constitué d'une multitude de tourbillons de tailles diverses, imbriqués les uns dans les autres, les petits étant transportés par les plus gros, eux-mêmes transportés par le mouvement d'ensemble. La vitesse du vent en un point donné de l'espace, présente donc de fortes variations plus ou moins irrégulières d'amplitudes et de fréquences différents.

II.4.2.6. Les précipitations

Les précipitations sont les eaux qui tombent sur la surface de la terre tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) ou déposée (rosée, gelée blanche, givre...).

Les précipitations telles que la pluie, la neige et la grêle se forment à partir du refroidissement de la vapeur d'eau et de sa condensation. Quelle que soit la forme de la précipitation, on mesure la quantité d'eau tombée durant un certain laps de temps. On exprime généralement, soit en millimètres (mm) soit en litres par mètre carré l/m^2 (1mm équivalent à un litre d'eau reçu sur une surface horizontale de $1 m^2$). L'instrument utilisé pour mesurer les précipitations, est appelé : pluviomètre.

II.5. Mesures des paramètres météorologiques au niveau de la surface terrestre

Les stations d'observation météorologique sont des structures destinées à mesurer ou évaluer les éléments météorologiques en un endroit. Elles sont capables de satisfaire certains besoins en matière d'observation en surface. Ce type d'observation est réalisé soit par des stations classiques (station avec personnel) ou des stations automatiques.

II.5.1. Les stations de mesures classiques

Ce type de station est géré par un personnel qualifié qui relève les variables météorologiques enregistrées par des capteurs classiques à chaque heure de la journée. Ceci représente sans doute la contrainte la plus sévère car une personne seule ne peut pas assurer la permanence des observations météorologiques étant donné que celles-ci ne doivent pas s'interrompre à aucun moment, ni durant la nuit, ni durant les vacances. En effet, ces observations doivent avoir lieu toutes les heures, toutes les six heures et surtout, à chaque fois que sévères perturbations se produisent (pluie, averse, orage,...). Les données mesurées sont alors portées dans un bulletin spécialisé et sont communiqués à l'Office National de la Météorologie, situé, en général, dans la capitale de chaque pays.

II.5.1.1. Le thermomètre

Tous les appareils mesurant la température fonctionnent sur un principe similaire. Un élément de référence possède des caractéristiques connues qui variant selon la température. Pour illustrer ce propos, prenons le cas du thermomètre à mercure.

Le thermomètre à mesure est le principal instrument de mesure de la température de l'air utilisé dans les stations avec personnel et par les observations bénévoles. Cet instrument est très précis et capable de fournir des données permettant de surveiller tout changement minime des conditions climatologiques.

Le principe de fonctionnement est comme suit, lorsque la température est élevée, le mercure se dilate alors qu'il se contracte lors de basses températures. Dans ce cas, la caractéristique qui permet de mesurer la température est la dilatation des corps (solides, liquides et gazeux). La figure II.2 décrit un thermomètre à mercure. [11]

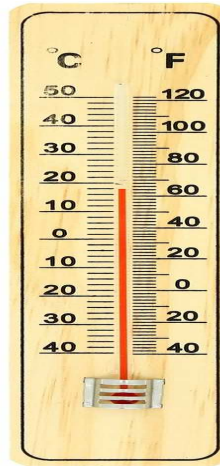


Figure II 2: Thermomètre à mercure

II.5.1.2. Le capteur d'humidité [11]

Les stations avec personnel utilisent des psychromètres (voir figure II.3) avec thermomètres sec et mouillé. Des tables appropriées permettent de déterminer le point de rosée et l'humidité relative. Le psychromètre est composé de deux thermomètres mesurant la pression partielle de vapeur d'eau par une méthode thermodynamique basée sur l'équation des gaz parfait. L'un des thermomètres mesure la température de l'air et l'autre, la température d'une surface d'eau en évaporation. Plus l'air est sec, plus l'évaporation est rapide et plus la différence de température entre les deux thermomètres est grande.

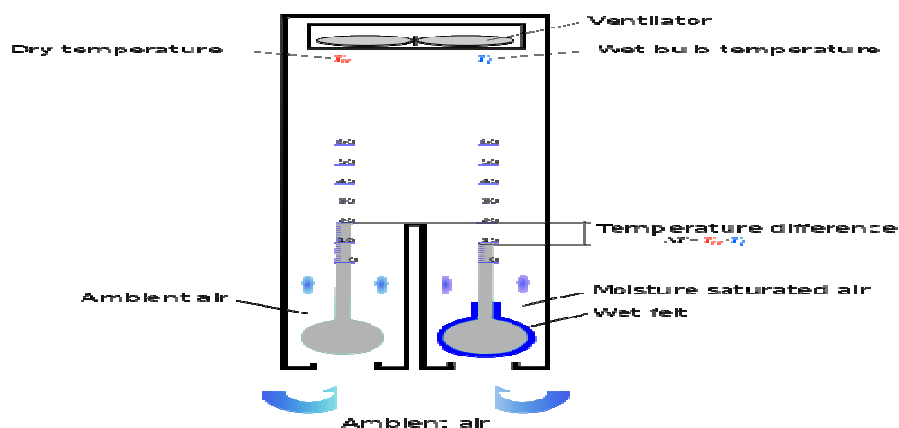


Figure II.3 : Psychromètre

II.5.1.3. La pression atmosphérique

La pression atmosphérique est équilibrée par rapport au poids d'une colonne de mercure mesurant environ 75 cm de longueur et débouchant à sa base sur une petite cuvette. Dans les stations d'observations météorologiques, la lecture de la hauteur de la colonne est faite au moyen d'une règle graduée en hectopascals ($hpa=100pa$). Un certain nombre de corrections sont ensuite appliquées à la valeur observée pour déterminer la valeur réelle de la « pression à la station ». Les corrections incluent un facteur d'étalonnage de chaque baromètre et un ajustement de la température puisqu'elle influe aussi sur la hauteur de la colonne en causant la dilatation ou la compression du mercure. Une fois que la pression à la station est calculée, on détermine la pression au niveau moyen de la mer et le calage altimétrique au moyen de tables appropriées. La figure II.4 décrit le baromètre classique.

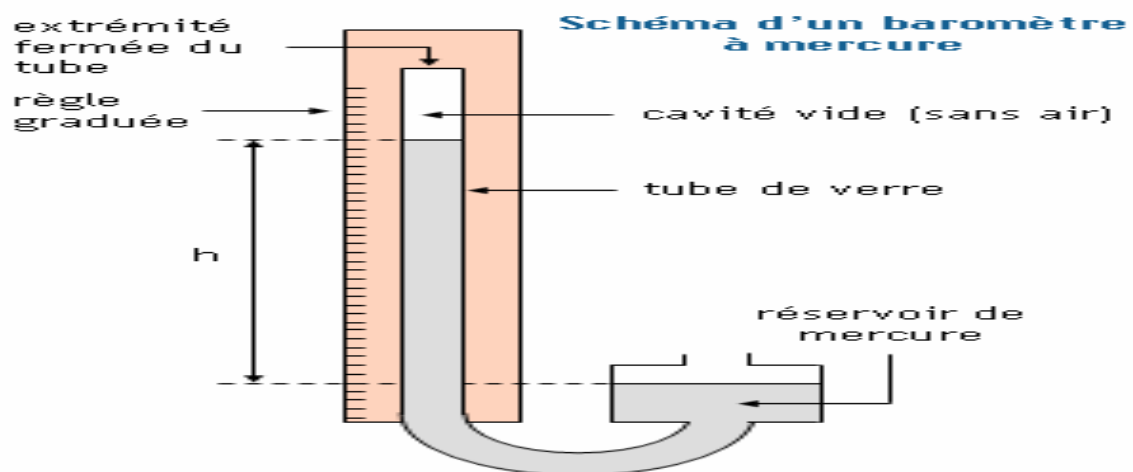


Figure II. 4: Baromètre à mercure

II.5.1.4. Le vent

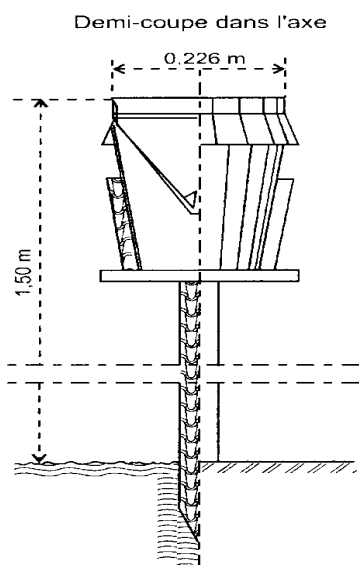
Le système classique de mesure du vent est formé de deux capteurs distincts (voir figure II.5). L'un mesure la vitesse et l'autre, la direction. On détermine la vitesse à partir de la tension de sortie d'un générateur de courant continu actionné par un moulinet à coupelles qui est entraîné, à son tour, par la force du vent. La direction du vent est calculée à partir de la tension de sortie d'un moteur synchronisé en position et commandé par une girouette. Le système nécessite un bloc d'alimentation externe. Les lectures de la vitesse et la direction du vent sont transmises à des indicateurs à cadrans.



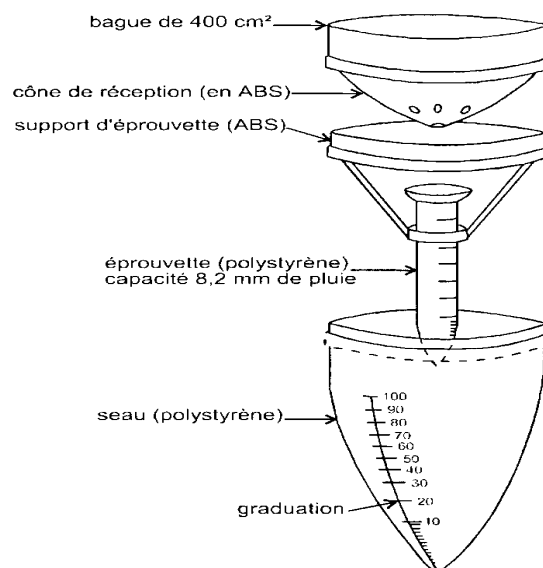
Figure II.5 : Capteur pour la mesure de direction et vitesse de vent

II.5.1.5. Les précipitations

La mesure de la hauteur des précipitations est effectuée grâce à un pluviomètre qui capte la pluie dans un réservoir en forme de cône et qui totalise la quantité de l'eau tombée pendant une certaine période. La lecture de cette hauteur se fait directement sur une échelle graduée. (Voir figure II.6). [3]



Pluviomètre "Association"



Pluviomètre SPEIA (Météo-France)

Figure II.6 : pluviomètre

II.5.2. Les stations de mesure automatique [3]

Grâce aux innovations de l'électronique et au développement des circuits numériques, il est devenu possible d'acquérir et de traiter automatiquement les données météorologiques à différentes échelles de temps. A cet effet, les stations automatiques de collecte de données météorologiques sont toutes pilotées par une unité de calcul électrique. Cette dernière peut être un ordinateur, un microprocesseur, ou un microcontrôleur... . L'intérêt principal de ces stations est qu'on se substituant aux météorologues, elles permettent une surveillance du climat dans une région donnée 24 h sur 24 h. La figure II.7 représente un schéma fonctionnel d'une chaîne d'acquisition.

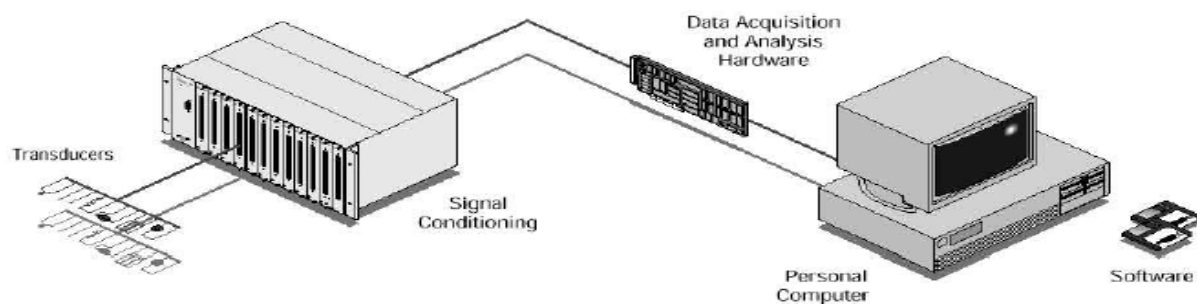


Figure II. 7 :schema fonctionnelle d'une chaine d'acquisition

II.5.2.1. Les capteurs de température [3]

Il existe plusieurs types de capteurs de température à sortie électrique. Ce sont :

- ◆ **Le thermomètre thermoélectrique :** Le capteur est constitué de deux fils métallique de matière différentes et torsadés l'un avec l'autre à leurs extrémités . Les deux jonction ainsi obtenues, sont ensuite mises à des températures différentes. Il se produit alors une f.e.m de thermocouple qui est proportionnelle à la différence de température et qui engendre un courant dans le circuit composé des deux conducteurs.
- ◆ **Le thermomètre résistif :** Il fait appel à la variation de résistance par rapport à un conducteur électrique en fonction de la température. On distingue les résistances métalliques (Platine, Nickel, cuivre) et les thermistances (formées de semi-conducteurs) dont la résistance décroît d'une façon exponentielle en fonction de la température.
- ◆ **Le thermomètre piézoélectrique :** L'élément sensible est formé d'une lame de quartz qui se déforme sous l'effet de la température. En plaçant le quartz dans un circuit oscillant, on obtient une fréquence propre de résonance qui dépend de la température.

- ◆ **Le thermomètre à semi- conducteur :** On peut utiliser une diode ou un transistor puisque les courants obtenus varient en fonction de la température.

En guide d'illustration, la table I1 donne les caractéristiques des divers éléments sensibles à la température.

Type de capteur	Thermistance	Sonde au silicium	Sonde à Résistance métallique	Sonde au platine
Matériau de base	Résistance CTN Couche d'oxydes dopés	Résistance CTP Couches de Si dopé	Résistance CTP Couches ou fil bobiné	Couches ou fil
Domaine de température(°C)	-50 à +150	-50 à +150	-50 à +180	-50 à +550
Précision	1 à 2°C	1 ,3 à 4°C	1°C	0,3°C
Sensibilité (% / °C)	-0,4	0,8	0,5	0,4
Sensibilité (V/°C)	0,11V/°C pour 0,5mA et 500Ω	0,016V/°C pour 1mA et 2 KΩ	0,005V/°C pour 2mA et 500Ω	0 ,0016V/°C pour 4mA et 100Ω
Linéarité	Non linéaire : Corrections nécessaires	Non linéaire : Corrections par résistance parallèle	Non linéaire : Corrections par résistance parallèle	Linéaire : 0,4°C/100°C
Loi de variation R= f (T)	Exponentielle	Quasi linéaire	Quasi linéaire	Quasi linéaire
Erreur de non linéarité sur 100 °C	1°C	0.5°C	2°C	-0,4°C

Table I.1 : Caractéristiques électrique des capteurs de température.[3]

II.5.2.2. Les capture d'humidité [3]

Ce sont principalement :

- ◆ **L'hygromètre capacitif** : Dans son principe, un hygromètre capacitif est constitué d'une lame de polymère hygroscopique sur laquelle sont déposées deux électrodes métallique poreuses, l'ensemble constituant un condensateur. Lorsque le polymère absorbe les molécules d'eau, son volume augmente et la distance entre les électrodes s'accroît : ce qui se traduit par une variation de capacité du condensateur. Le signalé mesuré correspond aux variations de fréquence du capteur. (voir figure II. 8).

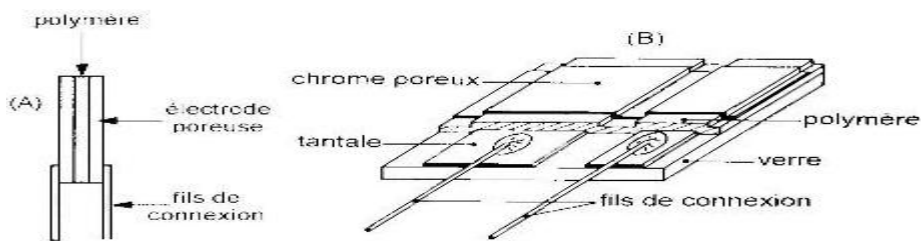


Figure II.8: Hygromètre capacitif.

- ◆ **L'hygromètre à condensation** : Ce dernier comporte un petit miroir refroidi. Il est éclairé par une diode électroluminescente et lorsqu'il n'est pas recouvert de buée, le faisceau de lumière incident est réfléchi vers le boîtier de l'hygromètre. Lorsque la buée apparait, le miroir diffuse la lumière qui impressionne alors un détecteur (phototransistor). Ce détecteur est relié à un circuit de régulation de la température et commande alors le réchauffement du miroir. La rosée disparaît et entraîne de nouveau la commande de refroidissement et ainsi de suite. (voir figure II. 9).

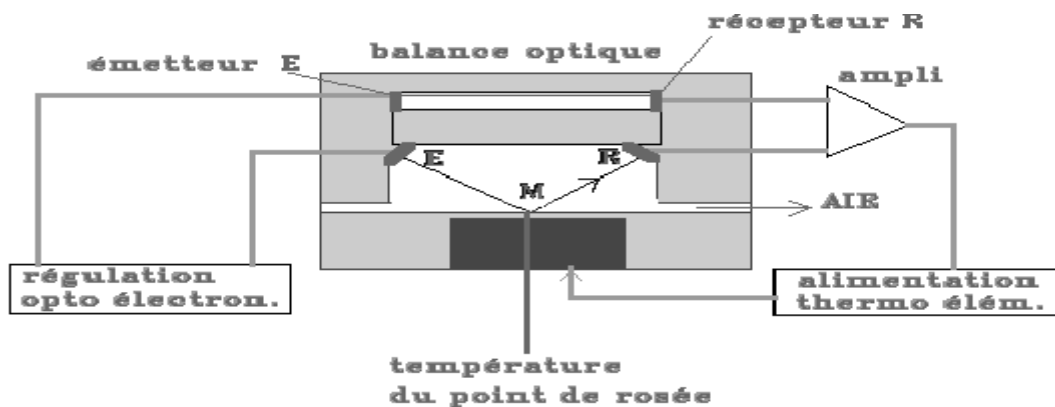
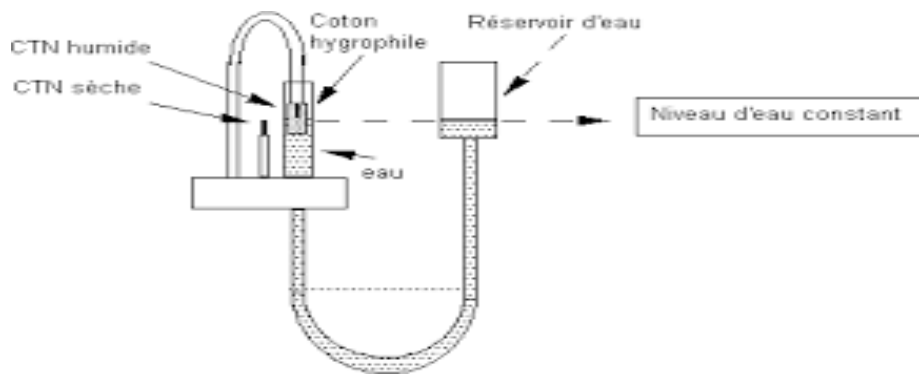


Figure II.9 : Hygromètre à condensation. [12]

- ♦ **Le psychromètre :** Le psychromètre est un instrument formé par l'association de deux thermomètres dont l'un est entouré d'une mousseline mouillée en permanence et l'autre est sec. Avec ce principe simple, nous pouvons remplacer les capteurs classiques par des capteurs à sortie électrique comme une thermistance ou des capteurs à semi-conducteur. La figure II. 10 décrit un psychromètre à thermistance.



FigureII.10 :Psychromètre à thermistance.

II.5.2.3.Les capteurs de pression [3]

Ils génèrent un signal électrique analogique ou numérique en fonction de la pression atmosphérique. Ils sont en générale associés soit à un module de visualisation, soit directement, soit après une mise en forme, à une station de mesure automatique. On distingue :

- ♦ **Le capteur anéroïde :** Son principe est donné par la figure II. 11. Appelé aussi capteur de Vidie, il est associé à un transducteur qui est un condensateur qui est un condensateur interne dont la capacité électrique est fonction de la valeur de la contrainte exercée, dont la pression atmosphérique.

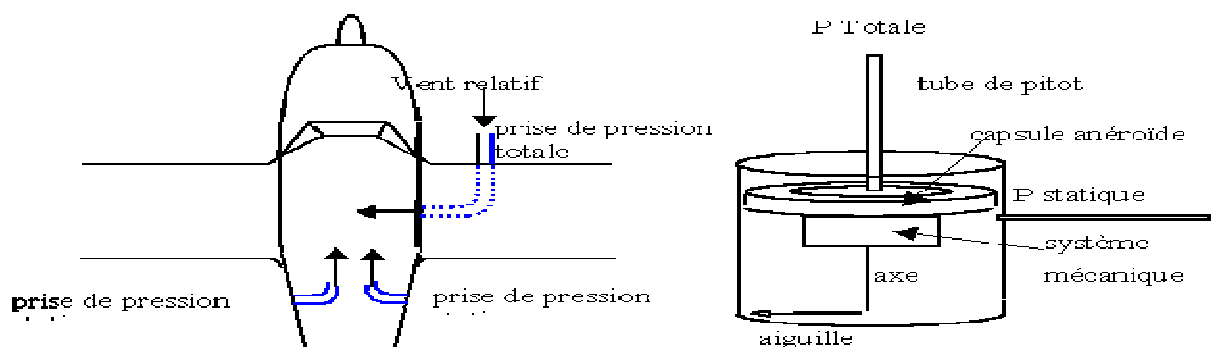


Figure II.11 : Capteur de pression à capsule anéroïde. [12]

- ◆ **Le capteur de pression à jauge de contrainte :** Ce capteur est constitué d'un corps d'épreuve qui se déforme sous l'effet de pression atmosphérique et d'un élément sensible solidaire (jauge de contrainte) dont la résistance électrique est fonction de la déformation (voir figure II. 12). Beaucoup de ces capteurs sont réalisés avec du silicium sur lequel il est facile de déposer des jauges de contrainte semi-conducteur. Ces capteurs sont piézo-résistifs.

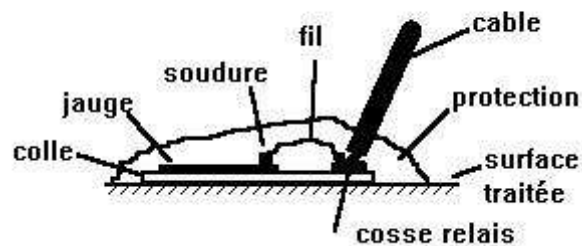


Figure II .12 : Capteur de pression à jauge de contrainte

II.5.2.4. Les anémomètre [3]

Il existe plusieurs instruments de mesure du vent. La vitesse de vent en générale, déterminée à partir de la tension de sortie d'un générateur de courant continue ou d'un codeur incrémental, actionné par un moulinet à coupelles qui est entraîné, à son tour, par la force du vent. La direction de vent est obtenue en fonction de la tension de sortie d'un moteur commandé par une girouette et synchronisé en position. D'autres anémomètres à sortie électrique sont aussi utilisés. On distingue :

- ◆ **Les anémomètres à trainée :** pour déterminer la vitesse du vent il est possible de mesurer la trainée résultant du mouvement d'un corps dans l'air. La principale difficulté rencontrée u de la mise au point de tels anémomètre, est de trouver un corps dont le coefficient de trainée est constant dans une large gamme de vitesse de vent. Ceux qui sont le plus souvent utilisés, sont équipés soit de sphères rugueuses ou perforées, soit de cylindres rugueux.
- ◆ **Les anémomètres à fil chaud** (voir figure II. 13): En générale, les fils chauds sont constitués d'un fil en platine dont la longueur est de quelques millimètres et dont le diamètre est inférieur à $10\mu\text{m}$. Leurs principaux inconvénients sont, d'une part, leurs très grandes fragilités, et d'autre part, la nécessité de les doter d'une chaîne de mesure de conception complexe et de cout le plus souvent élevé.

- ◆ **Les anémomètres soniques** (voir figure 14): Ces capteurs sont basés sur le fait que la vitesse de propagation du son dans l'air dépend de la composante longitudinale du vent dans la direction considérée. Ce type d'anémomètre se compose de trois couples d'émetteur/ récepteur placés dans des directions orthogonales et mesurant chacun une composante du vent.

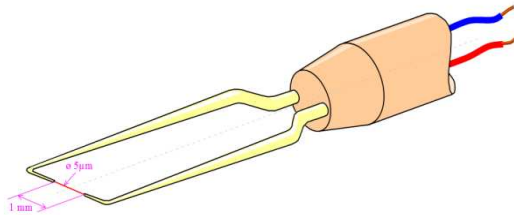


Figure II.13 : Anémomètre à fil chaud.

Figure II. 14 : Anémomètre sonique.

II.5.2.5. Le pluviomètre à auget basculeur [12]

Le dispositif à auget basculeur est constitué de deux récipients ou augets de section triangulaire, accolés l'un à l'autre par l'un de leur côté. Ces augets tournent autour d'un axe horizontal. Ils possèdent deux positions de repos symétrique. Lors qu'il pleut, l'un des augets peut se remplir progressivement et à cause de sa section triangulaire, le centre de gravité de l'ensemble mobile se déplace et entraîne le basculement en position basse. Ensuite, l'auget se vide et est remplacé par l'autre. Chacun des augets entraîne avec lui un petit aimant qui à chaque basculement, passe en face d'un interrupteur à lames souples et ferme un contact. Le mouvement d'ouverture et de fermeture du contact est alors enregistré par un circuit électrique approprié.[3]

II.5.2.6. Les capteurs de rayonnement [12]

Les capteurs de rayonnement à sortie électrique sont basés soit sur l'effet photovoltaïque ou photo thermique

Rappelons que l'effet photovoltaïque est le phénomène qui se traduit par l'apparition d'une force électromotrice au contact soit d'un métal et d'un semi-conducteur, soit de deux semi-conducteur de types opposés lorsque ce contact est éclairé par le rayonnement solaire.

La mesure de l'insolation peut se faire en utilisant deux cellules dont l'une reçoit le rayonnement solaire globale et dont l'autre masqué par un écran, détecte uniquement le rayonnement diffus. Lorsque le soleil apparaît, l'ensemble des deux cellules délivre à partir d'une seule donnée, un signal proportionnel à la différence des composantes globale et diffuse du rayonnement solaire.

Une autre méthode de mesure de l'insolation revient à imprimer un mouvement de rotation à une cellule photovoltaïque de façon à détecter le contraste existant entre la luminance du ciel et celle de soleil.

II.6. Application de la microélectronique à la construction des systèmes d'acquisition [3]

Lorsqu'on fait appel aux techniques de la microélectronique, l'utilisation du silicium devient un dénominateur commun pour la réalisation de capteurs miniatures ou micro capteurs. Grâce à la technologie des circuits intégrés au silicium, il est possible de produire en masse de tels capteurs à faible coût. Les différents capteurs de type SOI sont réalisables avec les processus standards de la microélectronique. La structure SOI et le silicium poly cristallin sont en effet déjà largement employés en technologie MOS. L'importance de la compatibilité de étapes de réalisation d'un capteur avec les processus standards de la microélectronique apparaît clairement dans le cas de la réalisation de capteur intelligent (smart sensors). En plus de sa fonction de transducteur, un capteur intelligent possède des fonctions telles que l'alimentation du capteur, l'amplification, le filtrage et la conversion du signal, le processeur de contrôle, le traitement numérique du signal, l'interface et l'autodiagnostic.

II.7. Caractéristiques générales des instruments météorologiques [5]

Pour que les instruments soient parfaits à la mesure, ils satisfont les caractéristiques suivantes :

a- Temps de réponse

Le temps de réponse, appelé réponse transite, des instruments météorologiques est le laps de temps nécessaire aux instruments pour indiquer la nouvelle valeur d'une variable météorologique.

b- La précision

Un instrument de mesure est précis si sa réponse est compatible avec l'échelle du son étalonnage.

c- La sensibilité

La sensibilité d'un instrument est le rapport entre la variation de la sortie et la variation de l'entrée.

d- La fiabilité

Les instruments doivent être conçus de telle façon qu'ils fonctionnent avec un taux de panne et de casse aussi faible que possible

e- La spécificité de réponse

On dit qu'un instrument à une bonne spécificité de réponse s'il est insensible à toute variable exceptée la mesure pour laquelle il a été conçu.

II.8.Discussion

Les changements d'états des variables météorologiques renseignent les météorologistes, sur l'état du climat, leur étude selon certaines méthodes élaborées leur permet de définir les différents climats en chaque point de la terre et de prédire l'état futur du climat.

On a étudié dans ce chapitre les différents variables météorologiques et leurs instruments de mesures classique et automatique.

Chapitre III

Chapitre III : Les capteurs de transmission

III.1. Introduction

Lorsque l'on souhaite traduire une grandeur physique en une autre grandeur, on fait appel à ce que l'on nomme classiquement capteur. Son rôle est de donner une image interprétable d'un phénomène physique de manière à pouvoir l'intégrer dans un processus plus vaste.

Ce chapitre est destiné pour étudier les capteurs, leurs types, leurs caractéristiques et conditionnement, ainsi que la description des références de capteur utilisé dans notre projet.

III.2. Définitions [17]

III.2.1. Mesurande

C'est la grandeur physique que l'on peut souhaite connaître

III.2.2. Capteur

Un capteur est dispositif transformant une grandeur physique (température, pression concentration, position, etc....) en un signal électrique qui renseigne sur cette grandeur. On parle aussi de transducteur, la grandeur physique d'entrée (le mesurande) étant transformée en une autre grandeur physique de sortie ou en un signal électrique. La figure III.1 représente le principe d'un capteur.

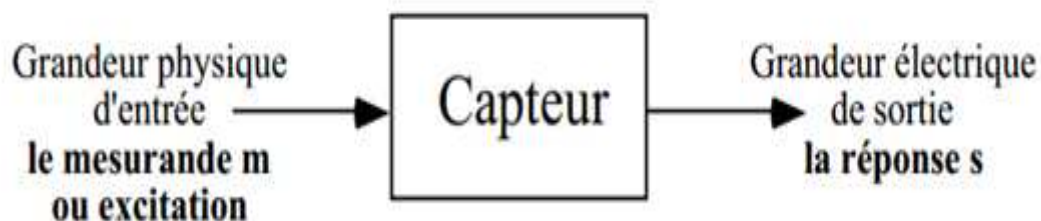


Figure III.1 : principe d'un capteur

Généralement, on obtient une grandeur de sortie du type électrique .Elle peut être soit :

- Une charge.
- Une tension.
- Un courant.
- Une impédance (R, L, C).

III.3.Chaine de mesure [17]

Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaîne de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents. De manière classique la sortie d'une chaîne de mesure est du type électrique. La figure III.2 illustre les trois éléments qui constituent cette chaîne de mesure.

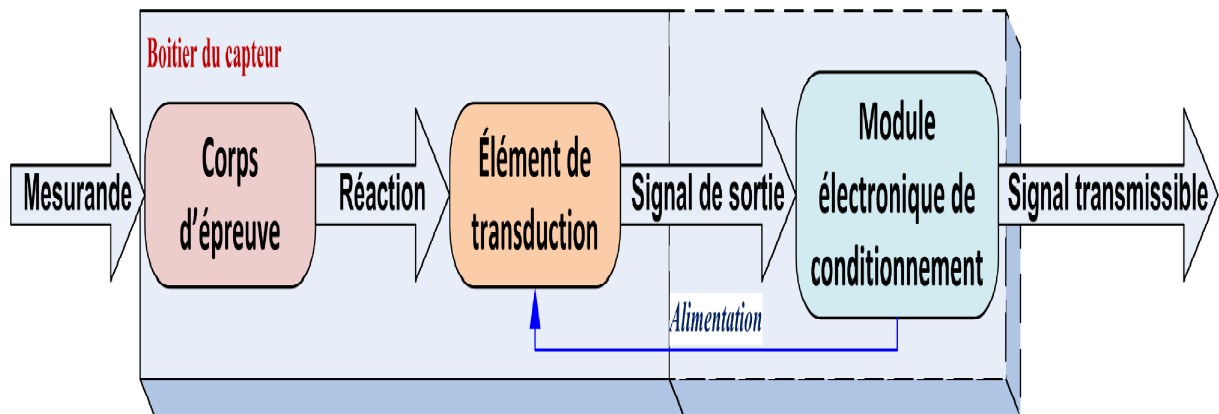


Figure III. 2 : constitution d'une chaîne de mesure classique

- **Corps d'épreuve** : élément mécanique qui réagit à la grandeur à mesurer, son but est de transformer la grandeur à mesurer en une autre grandeur physique dit mesurable.
- **Élément de transduction** : élément sensible lié au corps d'épreuve. Il traduit les réactions de corps d'épreuve en une grandeur électrique constituant le signal de sortie.
- **Module électronique de conditionnement** : il a, selon les cas, les fonctions suivantes :

Alimentation (si nécessaire), mise en forme et amplification, filtrage et conversion de signal (CAN).

III.4.Types de grandeur physique [17]

On peut classer les grandeurs physiques en six familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces six familles :

- Mécanique : déplacement, force, masse, débit ...
- Thermique : température, capacité thermique, flux thermique ...
- Electrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique...
- Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique ...
- Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes ...
- Chimique : humidité, gaz ...

III.5. Classification des capteurs

On classifie les capteurs en deux grandes familles en fonction de la caractéristique électrique de la grandeur de sortie. Cette classification influe sur le conditionneur qui lui est associé.

III.5.1.Capteur passifs [18]

Le capteur se comporte en sortie comme un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif. Le tableau ci-dessous résume, en fonction du mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure.

MESURANDE	EFFET UTILISE (GRANDEUR DE SORTIE)	MATERIAUX
Température	Résistivité	Platine, nickel, cuivre, semi-conducteurs
Très basse température	Cste diélectrique	Verre
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteur
déformation	Résistivité Perméabilité	Alliage nickel Alliage ferromagnétique
Position	Résistivité	Magnétorésistance : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Table III.1 : Les effets utilisés pour réaliser la mesure en fonction de mesurande

III.5.1.1. Capteur résistifs

Ces capteurs peuvent être :

- **Resistance métallique** : Ces résistances ont une valeur qui croit avec la température selon une loi mathématique.
- **Thermistance** : Les thermistances n'ayant pas une caractéristique linéaire mais étant très sensibles. On appelle CTN les thermistances à coefficient de température négatif : leur résistance diminue lorsque la température augmente et CTP celles à coefficient de température positif.

III.5.1.2. Capteur capacitifs

Ces capteurs font appel à un condensateur plan ou cylindrique.

III.5.1.3. Capteur inductifs

Ces capteurs comportent des enroulements de mesure traversés par un flux d'induction magnétique en fonction de mesurande.

III.5.2. Capteur actifs [17]

Dans ce cas, la sortie du capteur est équivalente à un générateur. C'est un dipôle actif qui peut être du type courant, tension ou charge. Les principes physiques mis en jeu sont présentés ci- dessous.

MESURANDE	EFFET UTILISE	GRANDEUR DE SORTIE
Température	Thermoélectricité (thermocouple)	Tension
Flux optique	Photoémission pyroélectricité	Courant Charge
Force, pression, accélération	Piézoélectricité	Charge
Position	Effet Hall	Tension
Vitesse	Induction	Tension

Table III.2 : les principes physiques mis en jeu pour un capteur actif

III.5.3. Capteur intégré [18]

C'est un composant réalisé par les techniques de la micro-électronique et qui regroupe sur un même substrat de silicium commun, le capteur a proprement dit, le corps d'épreuve, et l'électronique de conditionnement.

III.6. Précision sur les effets utilisés

A)- Thermoélectricité :

C'est le principe de tout thermocouple. C'est un circuit constitué de deux conducteurs de nature chimique différente et dont les jonctions sont à des températures différents T_1 et T_2 . Il apparaît aux bornes de ce circuit une tension (force électromotrice) liée à la différence de température ($T_1 - T_2$).

B)- Pyroélectricité :

Certains cristaux présentent une polarisation électrique proportionnelle à la température. Ainsi, en absorbant un flux de rayonnement, le cristal pyroélectrique va s'échauffer et ainsi sa polarisation va se modifier entraînant une variation de tension détectable.

C)- piézoélectricité :

L'application d'une force sur ce type de matériau (le quartz par exemple) engendre l'apparition de charge électrique créée par la déformation du matériau.

C'est un phénomène réversible.

D)- Induction :

La variation d'un flux magnétique engendre l'apparition d'une force électromotrice..

E)- photoélectricité :

Sous l'influence d'un rayonnement lumineux, le matériau libère des charges électriques et celles-ci en fonction du rayonnement.

F)- Effet Hall :

Un semi-conducteur de type parallélépipède rectangle, placé dans une induction B et parcouru par un courant I , voit l'apparition, dans la direction perpendiculaire au courant et à l'induction, d'une différence de potentiel.

III.7.Performances d'un capteur [18]

De manière à classer les capteurs en fonction de leurs performances, on est amené à définir des paramètres qui permettent de les sélectionner en fonction de l'application.

III.7.1.Etendue de la mesure

Elle définit la zone dans laquelle les caractéristiques du capteur sont assurées par rapport à des spécifications données. On peut classer cette zone en trois familles.

III.7.1.1.Zone nominale d'emploi

Zone dans laquelle le mesurande peut évoluer sans modification des caractéristiques du capteur.

III.7.1.2.Zone de non détérioration

Valeurs limites des grandeurs influençant le capteur (mesurande, température, environnante, etc. ...) sans que les caractéristiques du capteur ne soient modifiées après annulation de surcharges éventuelles.

III.7.1.3.Zone de non-destruction

Elle définit les limites garantissant la non-destruction du capteur mais dans laquelle il peut y avoir des modifications permanentes des caractéristiques du capteur.

III.7.2.Résolution

Elle correspond à la plus petite variation du mesurande que le capteur est susceptible de détecter.

III.7.3.Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur

Elle donne la relation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée. Elle est donnée classiquement par une courbe en régime permanent. Elle ne donne

pas d'information sur les caractéristiques transitoires du capteur. La figure III. 3 illustre un exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif.

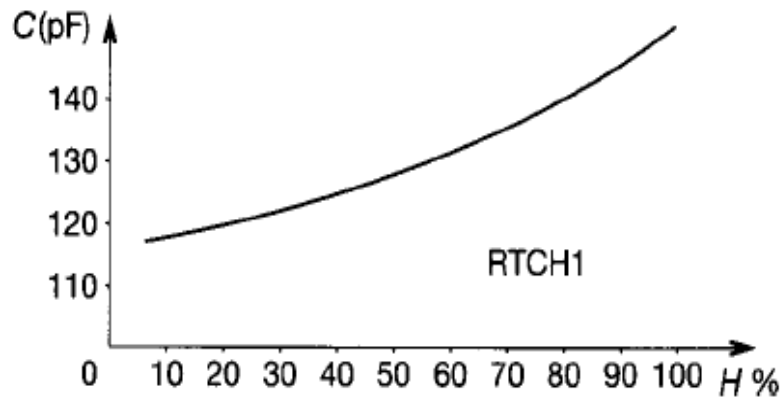


Figure III.3 : Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif

III.7.4.Sensibilité

Elle détermine l'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée en un point donné. C'est la pente de la tangente à la courbe issue de la caractéristique du capteur.

Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante.

$$\text{Sensibilité} = \frac{d(\text{grandeur de sortie})}{d(\text{mesurande})} \quad (2)$$

Il faut noter que la sensibilité d'un capteur peut être fonction du conditionneur auquel il est associé.

III.7.5.Finesse

La finesse permet d'évaluer l'influence du capteur sur la mesure. On la définit non seulement vis-à-vis du capteur mais aussi vis-à-vis de l'environnement d'utilisation du capteur. Par exemple, dans le cas d'une mesure thermique, on cherchera un capteur à faible capacité calorifique vis-à-vis des grandeurs l'entourant.

III.7.6.Linéarité

Zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur du mesurande.

Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle de capteur.

On définit à partir de cette droite l'écart de linéarité qui exprime en % l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchant la courbe. La figure III. 4 est un exemple de linéarisation de caractéristique.

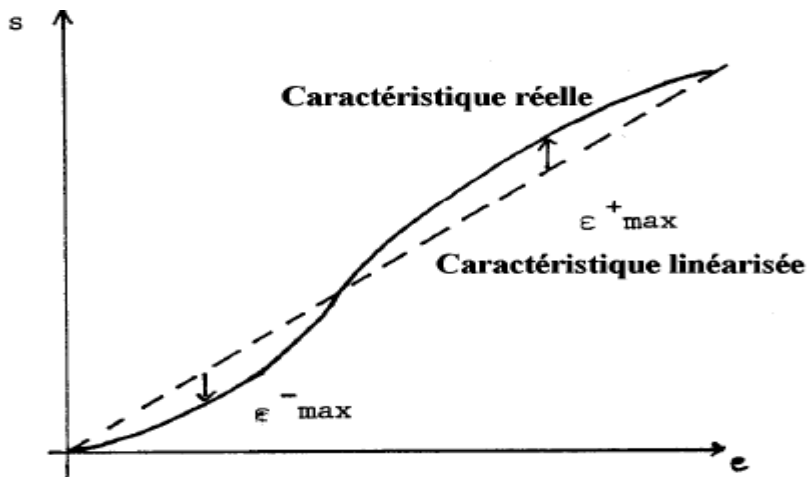


Figure III. 4: Exemple de linéarisation de caractéristiques

III.7.7. Caractéristiques statistique d'un capteur

Ces paramètres permettent de prendre en compte la notion d'erreurs accidentelles qui peuvent survenir sur un capteur.

III.7.7.1. Fidélité

Elle définit la qualité d'un capteur à délivrer une mesure répétitive sans erreurs. L'erreur de fidélité correspond à l'écart type obtenue sur une série de mesures correspondant à un mesurande constant.

III.7.7.2. Justesse

C'est l'aptitude d'un capteur à délivrer une réponse proche de la valeur vraie et ceci indépendamment de la notion de fidélité. Elle est liée à la valeur moyenne obtenue sur un grand nombre de mesure par rapport à la valeur réelle.

III.7.7.3.Précision

Elle définit l'écarte en % que l'on peut obtenir entre la valeur réelle et la valeur obtenue en sortie du capteur. Ainsi un capteur précis aura à la fois une bonne fidélité et une bonne justesse. La figure III. 5 représente ces trois caractéristiques.

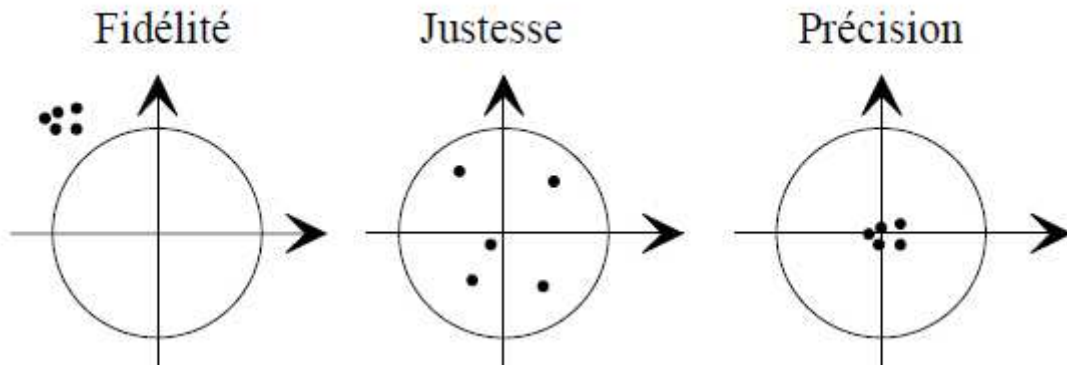


Figure 11.5 : caractéristiques statistiques d'un capteur

III.7.8.Rapidité

C'est la qualité d'un capteur à suivre les variations du mesurande. On peut la chiffrer de plusieurs manières :

- Bande passante de capteur (à 3 dB par exemple).
- Fréquence de résonance du capteur.
- Temps de réponse (à x %) à un échelon du mesurande.

III.7.9.Etalonnage

L'étalonnage permet d'ajuster et déterminer, sous forme graphique ou algébrique, la relation entre le mesurande et la grandeur électrique de sortie. Très souvent l'étalonnage n'est valable que pour une seule situation d'utilisation du capteur.

III.8.Conditionneur associé [18]

Le conditionneur de la mesure consiste à rendre exploitable la mesure issue du capteur. L'association capteur-conditionneur détermine le signal électrique et ses caractéristiques.

On effectue une adaptation de la source du signal à la chaîne de mesure complète.

III.8.1. Capteur actifs

Le capteur se comporte comme une source.

III.8.1.1. Capteur source de tension

On utilisera des dispositifs à forte impédance d'entrée de manière à obtenir une tension en sortie du conditionneur aussi proche que la tension en sortie du capteur. On pourra utiliser un montage suiveur (inverseur ou non), ou un amplificateur différentiel plus classiquement appelé amplificateur d'instrumentation (voir la figure III.6).

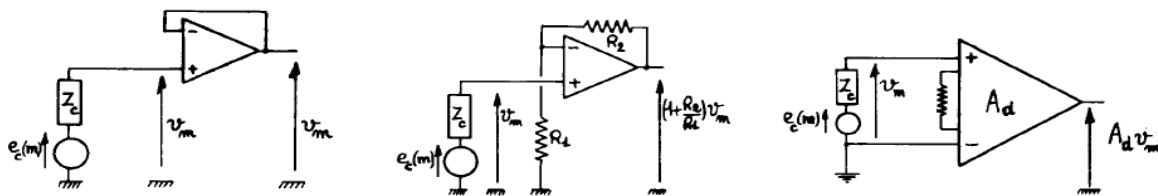


Figure III.6 : exemple de conditionneur

III.8.1.2. Capteur source de courant

Dans ce cas, le capteur peut se modéliser par une source de courant avec une impédance en parallèle.

On fait appel dans ce cas à un convertisseur courant-tension de manière à obtenir une tension proportionnelle au courant de sortie du capteur. La figure III.7 représente un modèle du capteur type source de courant.

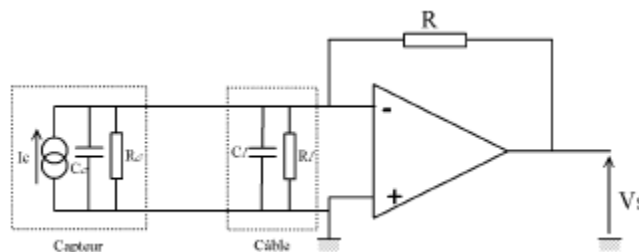


Figure III.7 : modèle du capteur type source de courant

III.8.1.3. Capteur source de charge

Le capteur en tant que générateur présente une impédance interne capacitive. C'est le cas d'un cristal piézo-électrique. Il faut faire attention dans le cas où l'on vient brancher une impédance équivalente résistive à ses bornes. Cette résistance peut engendrer une décharge trop rapide de la capacité empêchant toute mesure.

Dans ce cas, il est préférable d'utiliser un amplificateur de charge dont le principe est présenté ci-dessous.

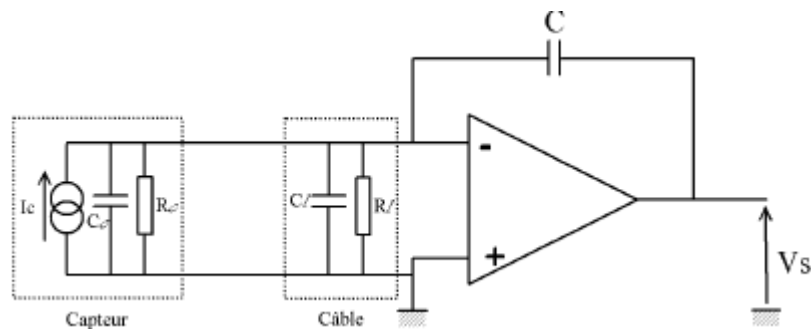


Figure III.8 : capteur source de charge, modèle complet

III.8.2. Capteur passif

Ce capteur donne une image du mesurande par l'intermédiaire d'une impédance. On associe donc toujours une source externe de tension ou de courant au capteur.

Deux grands principes de conditionneurs peuvent être employés :

- Montage en pont : on récupère alors une tension proportionnelle au mesurande.
- Montage oscillant : la fréquence du signal de sortie est modulée par le mesurande.

III.8.2.1. Montage en pont

L'utilisation d'un montage potentiométrique présente le défaut d'avoir en sortie la présence d'une tension continue, et ceci en l'absence de variations du mesurande. L'emploi d'un montage en pont présente l'avantage de s'affranchir de cette tension continue. La figure ci-dessous présente le montage en pont.

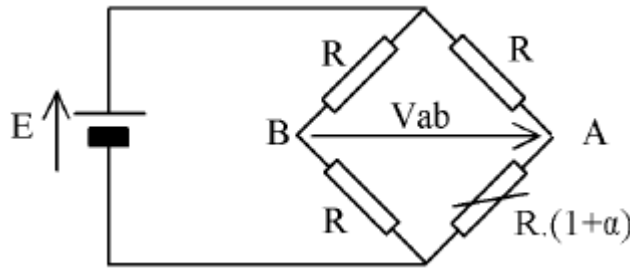


Figure III.9 : montage en pont

III.8.2.3.Montage oscillants

Un circuit oscillant (LC) présente une fréquence de résonance F0 telle que :

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{3}$$

Si on insère un capacitif ou inductif dans un tel circuit, ses variations entraîneront une variation Δf de la fréquence d'oscillation du circuit. En supposant des petites variations on obtient une évolution :

$$\frac{\Delta f}{F_0} = \frac{\Delta L}{2L_0} \quad \text{Ou} \quad \frac{\Delta f}{F_0} = -\frac{\Delta C}{2C_0} \tag{4}$$

La période des oscillations est directement liée à la valeur de la capacité par la relation suivante :

$$T = 2RC \log \left(1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) \tag{5}$$

Dans le cas d'un capteur capacitif, on peut utiliser un oscillateur à relaxation. Voir la figure ci-dessous.

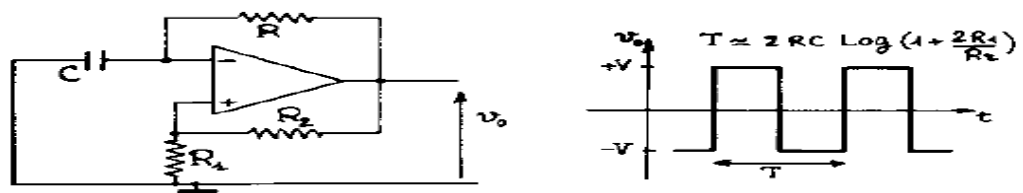


Figure III.10 : Schéma électrique d'un montage astable à circuit R-C

III.9. Capteur de température [3]

Les techniques de la microélectronique permettent la fabrication de circuits intégrés constitué de transistors appariés. Lorsqu'on se base sur la mesure de l'évolution thermique de la différence des tensions base-émetteur, on voit que ces circuits conviennent tout à fait pour être utilisés en tant que capteurs de température. En effet, ces capteurs délivrent un courant et par suite, une tension proportionnelle à la température absolue avec une très bonne linéarité dans la gamme de température allant de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$: ce qui est largement suffisant pour les mesures météorologie.

III.9.1. Le capteur LM 335[7]

Pour choisir le capteur, nous avons pris en compte le prix et les caractéristiques de capteur. Le capteur convenant le mieux à nos exigences dans le projet était le capteur de température LM335 car il avait une gamme de mesure très convenable et intéressante.

III.9.1.1. Description

Le LM335 est un capteur de température de type intégré précis et facile à étalonner. Fonctionnant comme deux terminal Zener, le LM335 a une tension de claquage directement proportionnelle à la température absolue de $10\text{ mV}/^{\circ}\text{K}$ avec moins de 1Ω d'impédance dynamique, le dispositif fonctionne sur une plage de $400\text{ }\mu\text{A}$ jusqu'à 5 mA avec pratiquement aucun changement dans les performances lorsqu'il est étalonné. A 25°C , le LM135a généralement moins de 1°C d'erreur sur une plage de température de 100°C . Contrairement à d'autres capteurs, le LM335 a une sortie linéaire et, fonctionne sur une plage de température de -55°C à $+155^{\circ}\text{C}$ avec une très grande précision et d'un gain de $10\text{mV}/^{\circ}\text{k}$ ($\text{K} = \text{kelvin} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$).

III.9.1.2. Schéma électrique de capteur LM 335[7]

La figure suivante représente le schéma électrique de capteur LM335

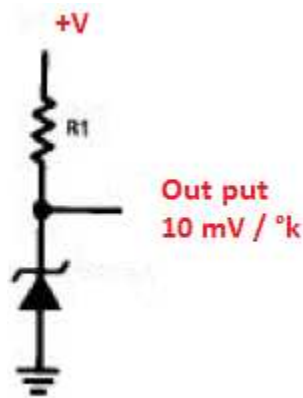


Figure III.11 : schéma électrique de capteur LM 335.

III.9.1.3.Principe de fonctionnement [7]

Pour effectuer une mesure de température, il faut, dans un premier temps, convertir la température en tension puis, dans un second temps, convertir cette tension en valeur numérique. La conversion de la température en tension analogique s'effectue grâce à un transducteur. Le capteur LM 335 en est un. Il délivre entre ses bornes une tension proportionnelle à la température. Pour fonctionner, il doit être traversé par un courant minimum de $400\mu\text{A}$ ne dépasse pas les 5mA .

III.9.1.4.Caractéristique $U=F(I)$ d'un capteur de température au silicium LM 335. [8]

Les tables suivantes représentent la caractéristique tension en fonction de courant.

- Pour 55°C :

U (mV)	0	1,6	3,1	5	6,5
I (mA)	0	2	4	6	8

- Pour 25°C :

U (mV)	0	1	2	3	4
I (mA)	0	2	4	6	8

- Pour 125 °C :

U (mV)	0	0,8	1,6	2,4	3,1
I (mA)	0	2	4	6	8

Tables III.3 : La caractéristique $U = F(I)$ de capteur LM 335.

III.10. Le capteur de pression [3]

Les capteurs de pression sont réalisés en reproduisant quasiment la géométrie d'un capteur traditionnel à membrane d'acier, muni de jauges collées, c'est-à-dire, essentiellement, en formant une membrane en silicium. L'innovation principale pour ces capteurs réside dans la réalisation d'un pont de jauges non plus collé sur la membrane mais intégré dans celle-ci : ce qui revient à créer un pont de résistance. La déformation de ces jauges se transforme en variation de résistance.

Pour choisir un bon capteur de pression, il convient de tenir compte, outre la plage de pression, le type de pression à mesurer. En général ces capteurs mesurent une pression d'utilisation par rapport à une pression de référence et sont classés selon leur type : en capteurs de pression absolu, relative, ou différentiel (voir figure III.12).

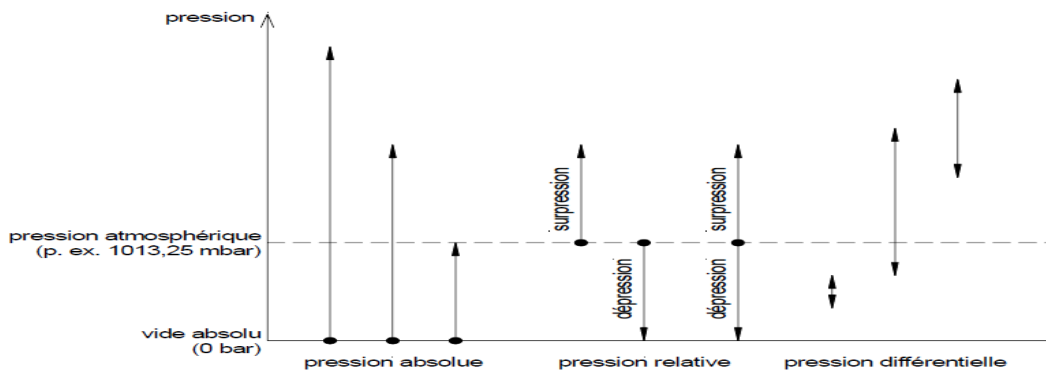
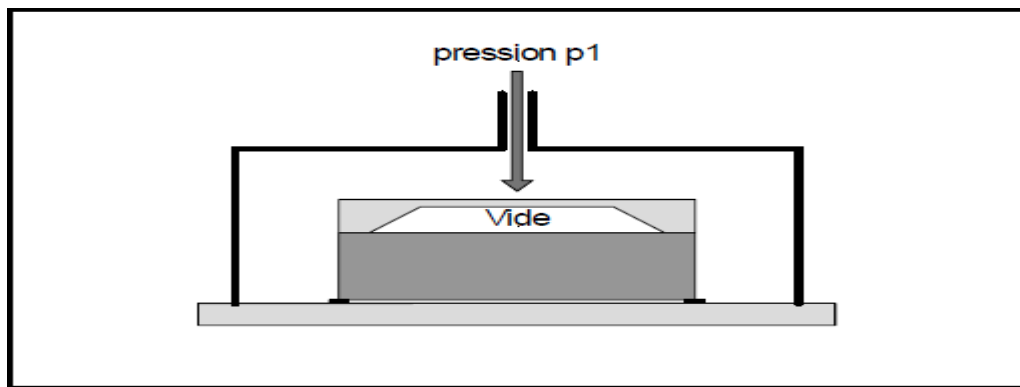


Figure III.12 : comparaison entre les trois types de pression

La pression absolue correspond à la pression mesurée par rapport au vide (zéro absolu de pression). Les capteurs de pression absolue mesurent la pression par rapport à une référence de vide scellé dans le capteur (voir figure III.13). Dans ce cas, le vide doit être négligeable par rapport à la pression à mesurer.

Les capteurs de pression absolue sont principalement utilisés dans le but de mesurer la pression de l'air en météorologie.



III.13 : principe de fonctionnement d'un capteur de pression absolue piézorésistif

III.10.1. Le capteur MPX 2202AP [7]

C'est un capteur de pression absolue piézorésistif, est composé d'une cellule de mesure montée sur substrat, du système de traitement des signaux ainsi que d'un boîtier équipé de raccords de pressions et des connexions électriques. La figure ci-dessous montre une coupe transversale d'une cellule piézorésistive avec résistances implantées utilisées pour mesurer la pression absolue P_1 , l'illustration montre une pression $P_1 = P_2$, donc au vide.

De l'effet piézorésistif de la cellule monocristalline résulte le signal V_{out} proportionnellement à la pression exercée à la sortie des ponts de résistance implantés.

L'amplificateur d'instrumentation du système de conditionnement des signaux amplifie le signal de sortie pour le rendre plus puissant.

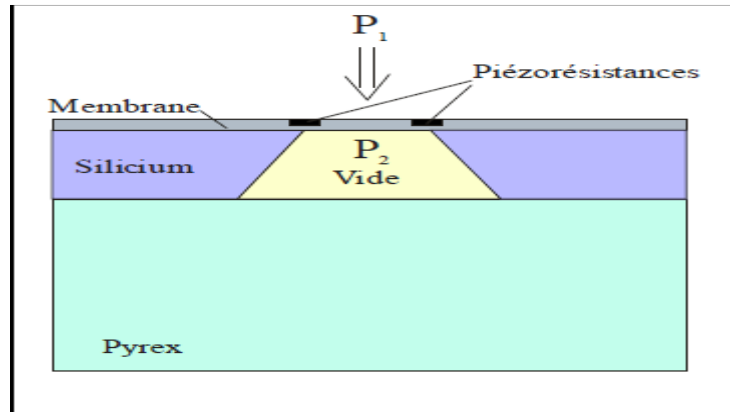


Figure III.14 : Une coupe transversale d'une cellule piézorésistive avec résistances implantées pour mesurer la pression absolue

La figure suivante présente le schéma électrique de capteur de pression MPX2202AP et son conditionneur AD 620.

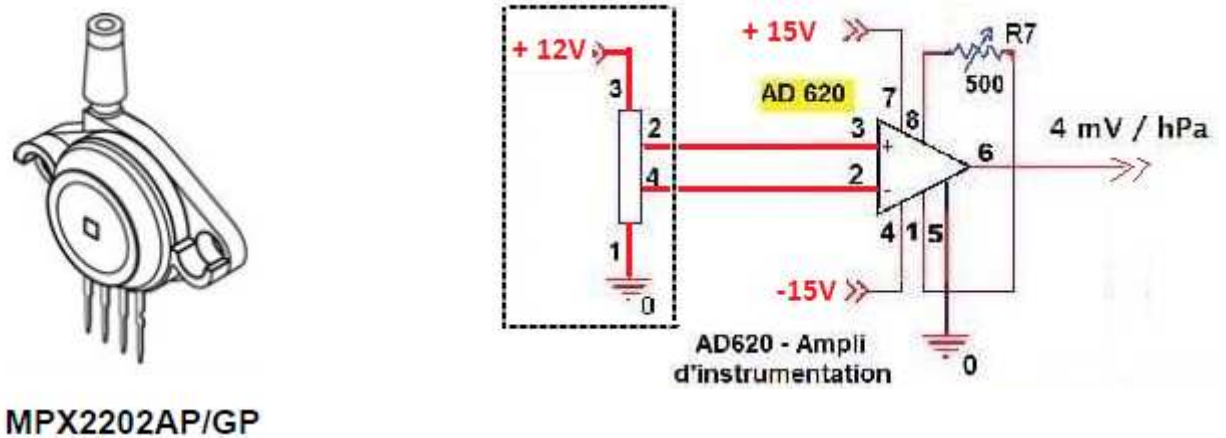


Figure III.15 : schéma électrique du capteur de pression MPX2202AP

III.10.2. Amplificateur AD 620 [7]

Comme le voltage produit par le capteur de pression est très petit, on a besoin d'amplifier ce signal pour des échantillonnages supplémentaire. On utilise l'amplificateur d'instrumentation AD620 (voir figure III.16).

L'amplificateur d'instrumentation AD620 permet une meilleure adaptation en impédance et une meilleurs réjection du mode commun.

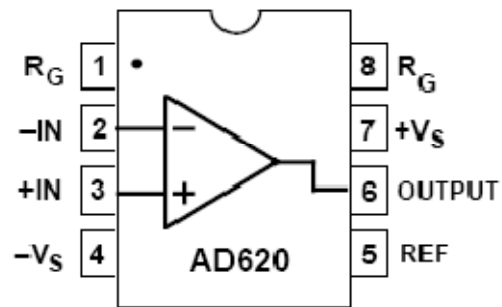


Figure III.16 : L'amplificateur d'instrumentation AD620

III.11.Discussion

On a présenté dans ce chapitre les caractéristiques et les différents types des capteurs, ainsi que la description des références utilisés dans le projet et leurs conditionneurs.

Chapitre IV

Chapitre IV : La réalisation des deux cartes d'émission et de réception

IV.1.Préambule

Dans le cadre de notre projet, nous avons pour but de réaliser un système de transmission de données météorologique sans fil. Nous nous sommes fixés comme objectif de réaliser un système mesurant la température, la pression, et éventuellement l'humidité.

Ce chapitre va être décomposé en deux parties, la première sera consacrée pour le côté système d'émission. On va présenter les différents circuits et composants nécessaires pour la station ainsi que son principe de fonctionnement. La deuxième partie sera consacrée pour le côté réception et acquisition de données reçues et le côté logiciel de notre système.

IV.2.Partie émission

Cette partie contient notre système d'émission. La figure suivante représente le schéma synoptique de cette carte.

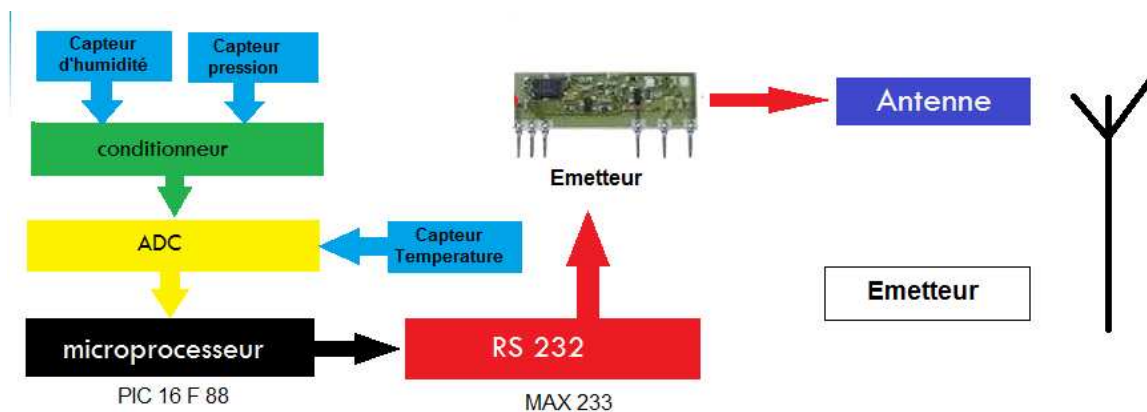


Figure IV.1 schéma synoptique de la carte de transmission

IV.2.1. Le traitement des signaux issus des capteurs

➤ La chaîne d'acquisition

Le système d'acquisition des données (S.A.D) est un ensemble d'éléments matériel et logiciel destiné à recueillir des données physiques par l'intermédiaire de capteurs.

Elle est constituée de :

- ✓ Une source d'information.
- ✓ Les capteurs capables de transformer l'information physiologique en une grandeur électrique.
- ✓ Les circuits de mise en forme réalisant les fonctions d'amplification, de filtrage, de calibration etc...
- ✓ La carte d'acquisition des données proprement dite permettant l'interfaçage homme machine.
- ✓ Un support logiciel réalisant l'acquisition, l'affichage, le traitement et la transmission des données conformément à un protocole de communication.

Une chaîne d'acquisition peut se représenter selon le Schéma bloc suivant :

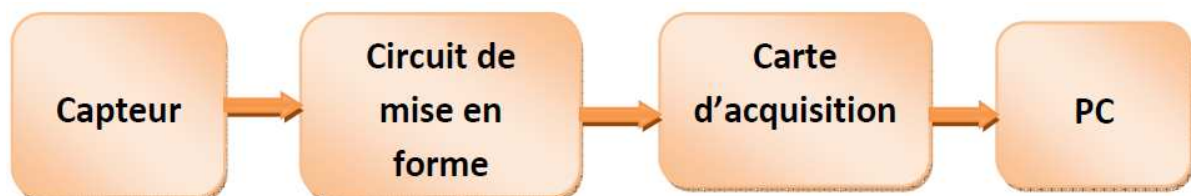


Figure IV.2 : schéma bloc d'une chaîne d'acquisition

IV.2.2. Les pics [21]

IV.2.2.1. Structure d'un pic

Les PIC, au même titre que les microprocesseurs, sont composés essentiellement de registres ayant chacun une fonction bien définie. Les PIC possèdent également des périphériques intégrés, tels qu'une mémoire EEPROM, un timer, des ports d'entrées/ sorties ou bien encore un convertisseur analogique/numérique.

Selon le type de PIC utilisé, on retrouvera en interne un certain nombre de registres et périphériques possédant des caractéristiques différentes. Les différences de caractéristiques selon le PIC utilisé sont :

- La taille de la RAM interne.

- La mémoire EEPROM intégrée.
- Le type de mémoire programme : FLASH, EPROM ou OTP et la taille de celle-ci.
- Le timer intégré.
- Les convertisseurs analogique/numérique intégrés.

IV.2.2.2. Identification d'un PIC :

La famille des Pics est subdivisée en 3 grandes familles : La famille **Base-Line**, qui utilise des mots d'instructions de 12 bits, la famille **Mid-Range**, qui utilise des mots de 14 bits, et la famille **High-End**, qui utilise des mots de 16 bits.

Pour identifier un PIC, nous utilisons simplement son numéro : les 2 premiers chiffres indiquent la catégorie du PIC, **16** indique un PIC Mid-Range, **18** indique PIC high-Range.

Vient ensuite parfois une lettre **L** : Celle-ci indique que le PIC peut fonctionner avec une plage de tension beaucoup plus tolérante. Ensuite, nous trouvons : **C** indique que la mémoire programme est une EPROM ou plus rarement une EEPROM, **CR** pour indiquer une mémoire de type ROM ou **F** pour indiquer une mémoire de type FLASH. À ce niveau, on rappelle que seule une mémoire FLASH ou EEPROM est susceptible d'être effacée. Finalement nous trouvons sur les boîtiers le suffixe « -XX » dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir. Par exemple 04 pour un 4MHz. Notons dès à présent que les PICs sont des composants STATIQUES, c'est à dire que la fréquence d'horloge peut être abaissée jusqu'à l'arrêt complet sans perte de données et sans dysfonctionnement.

IV.2.2.3. Le choix du microcontrôleur

Le choix d'un microcontrôleur est primordial car c'est lui que dépendent en grande partie les performances, la taille, la facilité d'utilisation et le prix du montage.

Le pic 16F 88 possède en plus des instructions très puissantes donc un programme à développer réduit, une programmation simple grâce au mode série. En fait la cause principale du choix du 16F88 est qu'il dispose de l'option de convertisseurs A/D pour satisfaire coté acquisition.

IV.2.2.4. Le microcontrôleur pic 16F88 [20]

Nous allons maintenant s'intéresser à la structure interne du PIC 16F88, avec lequel nous avons travaillé.

Le PIC 16F88 est un microcontrôleur de MICRCHIP, fait partie intégrante de la famille des Mind-Range (16) dans la mémoire programme est de type flash (F) de type 88 et capable d'accepter une fréquence d'horloge maximale de 20 Mhz

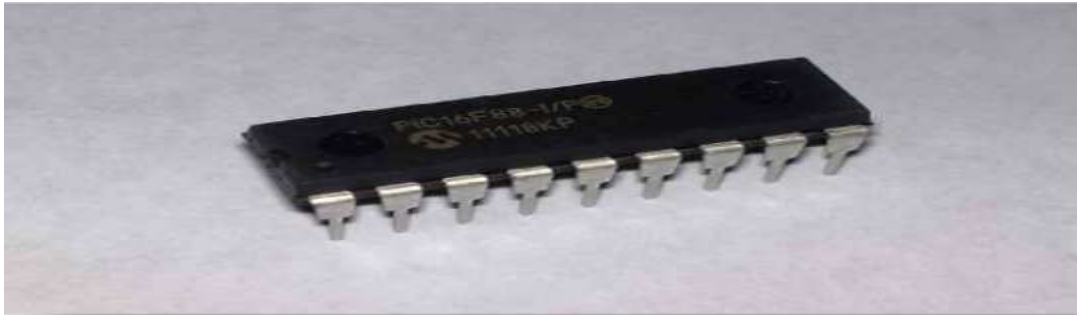


Figure IV.3 : Le PIC 16F88

IV.2.2.5.Caractéristiques générale [7]

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de pic 16F88

Caractéristiques	16F88
Broches	18
E/S max	16
Mémoire flash	4 ko
Mémoire EPROM	256 O
CAN	7
TIMER	3
PWM	1 à 10 bits
Comparateur	2
Interruption	13
Oscillateur	20 MHZ MAX

Tableau IV .1 : caractéristiques de PIC 16F88

Ce microcontrôleur, possède jusqu'à 16 broches configurable, réparties sur 2 ports, le tout en boîtier DIL 18 broches.

IV.2.2.9. Organisation du 16F88

La mémoire du 16F88 est divisée en 3 parties. Pour mieux le connaître regardons de près son Schéma fonctionnel.

✓ La mémoire programme :

La mémoire programme est constituée de 14 bits. C'est dans cette zone que nous allons écrire notre programme voir figure IV.6).

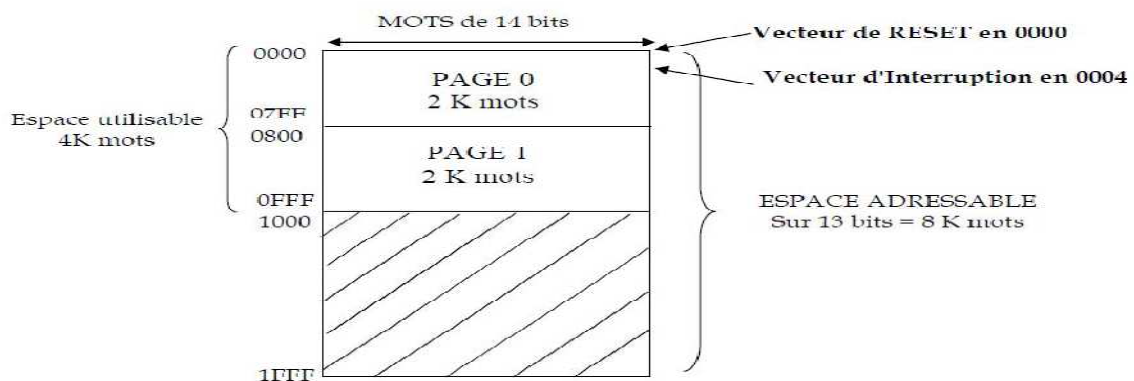


Figure IV.6 : organisation de mémoire programme

- ✓ **La mémoire EPROM :** La mémoire EPROM (Effaçable Programmable Read Only Memory), est constituée de 256 octets que nous pouvons lire et écrire depuis notre programme. Ces octets sont conservés après une coupure de courant.
- ✓ **La mémoire RAM:** La mémoire RAM est celle que nous allons sans cesse utiliser. Toutes les données qui y sont stockées sont perdues lors d'une coupure de courant. La mémoire RAM disponible du 16F88 est de 368 octets.
- ✓ **Watch dog :** Cette fonction est capable de surveiller le bon fonctionnement du programme que le micro contrôleur exécute. Le rôle du Watch dog (ou chien de garde) est de reseter le micro contrôleur si l'on ne remet pas à zéro périodiquement (à intervalle définissable) un registre interne grâce à l'instruction clrwtd (clear watch

dog), si le programme tourne par exemple dans une boucle sans fin (qui est un bug dans le programme) la fonction de watch dog va permettre de remettre à 0 le micro contrôleur afin de relancer le programme.

✓ **Les ports entrées /sortie :** On dispose de 16 broches d'entrées/ sortie, chacune configurables soit en entrée soit sortie (PORTA, PORTB).

Dans cette partie, nous allons voir les différentes possibilités de chaque patte, en les désignant par le numéro. A noter, qu'une seule fonction est disponible à la fois par patte.

- Patte 1 : E/S numérique RA2, CAN2, CVref (référence comparateur), Vref -(référence basse CAN), entrée + de comparateur 2.
- Patte 2 : E/S numérique RA2, CAN3, Vref +(référence haute CAN), sortie du comparateur 1, entrée + de comparateur 1.
- Patte 3 : E/S numérique RA4, CAN4, entrée de comptage timer 0, sortie de comparateur 2.
- Patte 4 : E numérique RA5, reset.
- Patte 5 : masse .
- Patte 6 : E/S numérique RB0, interruption externe, sortie PWM.
- Patte 7 :E/S numérique RB1, entrée data SPI, data IC.
- Patte 8 : E/S numérique RB2 sortie data SPI, entrée asynchrone, detection synchrone.
- Patte 9 : E/S numérique RB3, sortie PWM.
- Patte 10 : E/S numérique RB4, horloge SPI, horloge IC.
- Patte 11 : E/S numérique RB5, sélection esclave SPI, sortie asynchrone, horloge synchrone.
- Patte 12 : E/S numérique RB3, CAN5, sortie oscillateur timer1, entrée horloge timer 1.
- Patte 13 : E/S numérique RB7, CAN6, entrée oscillateur extreme timer 1.
- Patte 14 : Alimentation positive, 5V.
- Patte 15 : S numérique RA6, entrée quartz, sortie horloge.
- Patte 16 : E numérique RA7, entrée quartz, entrée horloge externe.
- Patte 17 : E/S numérique RA0, CAN 0, entrée - du comparateur 1.
- Patte 18 : E/S numérique RA1, CAN 1, entrée - du comparateur 2

Les entrées sorties se configurent via les registres TRISA, TRISB.

- ✓ **L'oscillateur** : Le mode est configurable sur 3 bits de registre CONFIG, de 16 bits, dédiée à la configuration de pic. Dans le cas d'un quartz, on peut utiliser horloge XT (jusqu'à 4 MHz), ou HS (jusqu'à 20 MHz). Le 16F88 possède un bloc oscillateur interne (voir figure IV.7) qui produit un signal de 31,25 KHz et un signal de 8 MHz. Le premier sert à piloter le "Watch dog". Le signal à 8 MHz qui passe à travers un pré diviseur, peut servir d'horloge système. L'oscillateur étant divisé par 4, on aura une horloge cycle maximum de 2 MHz soit un temps de cycle de 500 ns.

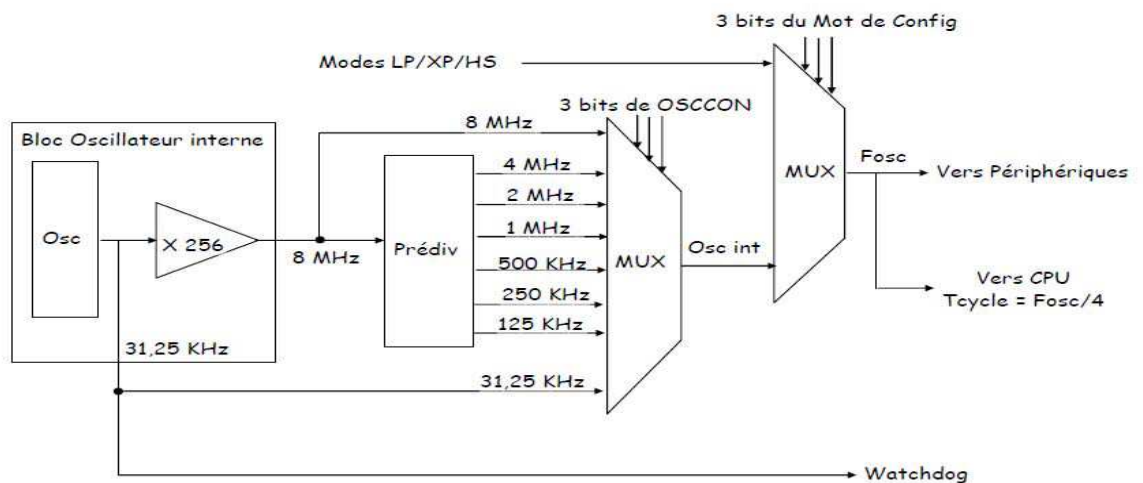


Figure IV.7 : structure de l'oscillateur interne

- ✓ **Les interruption** : A chaque source d'interruption activée, correspond un drapeau, un « flag », permettant de savoir si l'interruption a eu lieu. Dans les registre, les bits terminant par un E, sauf précision contraire, correspondent à une interruption. Les bits terminant par F correspondent aux drapeaux. Chaque drapeau, une fois passé à 1 est à remettre à zero de manière logicielle. Ainsi pour savoir si une interruption a eu lieu, il suffit de surveiller le flag de l'interruption concernée.
- ✓ **Les timers** : ils sont au nombre de 3. Un timer permet de compter le temps, ou des impulsions. Chaque timer possède des spécificités précises.
- ✓ **L'USART, IC, SPU** : sous ces noms se cachent 2 grands principes : la communication série asynchrone (USART/AUSART), et série synchrone (SSP pour l'IC et le SPI).

- ✓ **La tension de référence** : le 16F88 possède une tension de référence interne, utilisant un réseau de résistances.
- ✓ **La PWM** : la PWM pour Pulse Width Modulation, ou en français MLI pour Modulation en Largeur d'Impulsion, permet de gérer l'énergie transmise à l'extérieur. En effet, si un signal continu correspond à 100% d'énergie, un signal carré dont la durée d'état haut égale celle d'état bas correspond à 50% d'énergie. Le pourcentage d'énergie transmis se calcule en faisant le rapport de la durée d'état haut sur la durée de la période.
- ✓ **Le CAN** : Le pic dispose de 7 CAN, répartis sur ses entrées. 3 registres permettent la configuration de ses convertisseurs, et 2 autres registres permettent de récupérer les résultats (sur 10 bits).

IV.2.2.10 Programmation de pic

Ce programme est chargé dans le pic en format HEX. Il permet de sélectionner les différents canaux de pic.

Pour programmer le pic on a utilisé le langage assembleur. Le langage assembleur est ce qu'on appelle un langage « bas niveau », c'est-à-dire un langage extrêmement proche du fonctionnement du système. Très difficile à appréhender. Un programme écrit en assembleur doit respecter une certaine syntaxe et un certain nombre de règles afin qu'il soit facile à lire et à déboguer.

IV.2.2.10. Les outils de développement de programme [9]

Comme toute solution programmable, le microcontrôleur nécessite un outillage informatique et éventuellement un programmeur. A chaque microcontrôleur correspond son outil de développement.

Pour développer une application fonctionnant à l'aide d'un microcontrôleur, il faut disposer de :

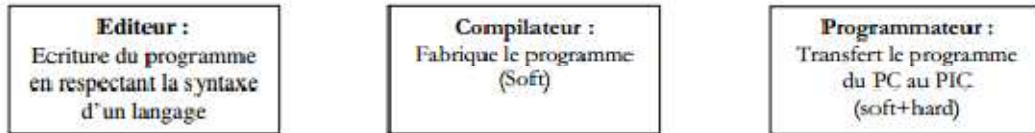


Figure IV.8. Outil de développement pour un PIC

- **Le compilateur** : Logiciel traduisant un programme écrit dans un langage donné (C, Basic, assembleur) en langage machine.

- **Le programmeur** : Transfert le programme compilé (langage machine) dans la mémoire du microcontrôleur. Il est constitué d'un circuit branché sur le port série du PC, sur lequel on implante le PIC, et d'un logiciel permettant d'assurer le transfert. Il existe différents logiciels, nous utiliserons Icprog.

Les microcontrôleurs PIC utilisent la plate-forme logiciel de développement MPLAB Integrated Development Environment IDE.



Figure IV.9: Environnement MATLAB IDE

MPLAB permet :

- La rédaction du fichier source en langage assembleur (fichier .ASM).
- Compiler ce programme avec l'assembleur MPASM fourni par Microchip. Le résultat est un fichier avec l'extension .HEX contenant une suite d'instruction compréhensible par le pic.
- L'ensemble des fichiers nécessaires à ces opérations est regroupé dans un espace (fichier .PJT).

- Transplanter le fichier .HEX dans la mémoire programme du PIC (mémoire flash) à l'aide d'un programmeur adéquat.

Pour créer un projet en langage assembleur on suit les étapes suivantes :

- Après avoir lancé MPLAB on choisit dans le menu « Project » l'option « Project Wizard... » voir la figure suivante.

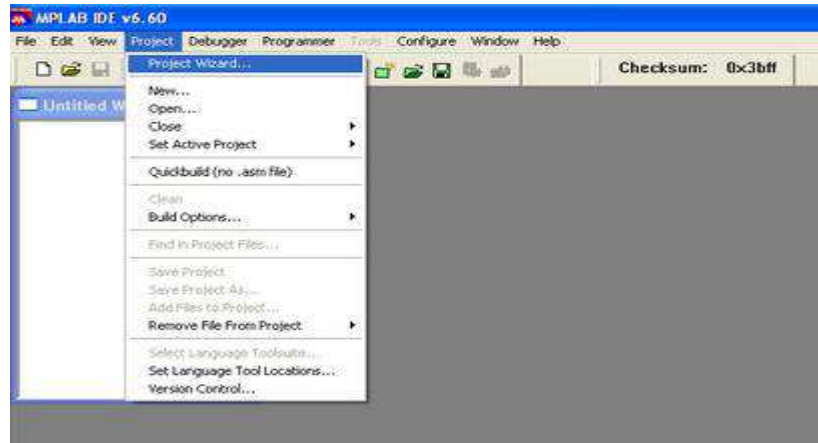


Figure IV. 10: création d'un nouveau projet en MPLAB

- La première étape consiste à indiquer la référence du microcontrôleur qui sera utilisé (dans notre cas c'est le pic 16F88).
- La deuxième étape (voir la figure IV.11) consiste à indiquer le langage qui sera utilisé pour la programmation en assembleur.

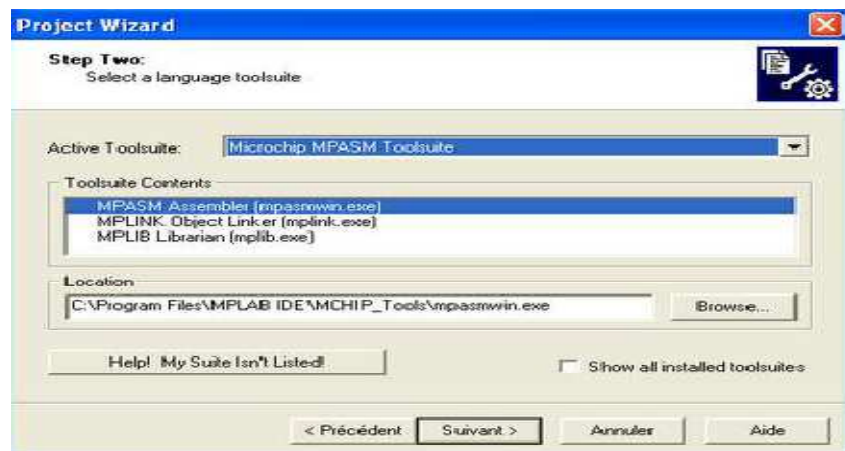


Figure IV.11 : deuxième étape de création d'un projet en MPLAB

- La troisième étape (voir figure IV.12) consiste à indiquer le nom du projet ainsi que son emplacement.

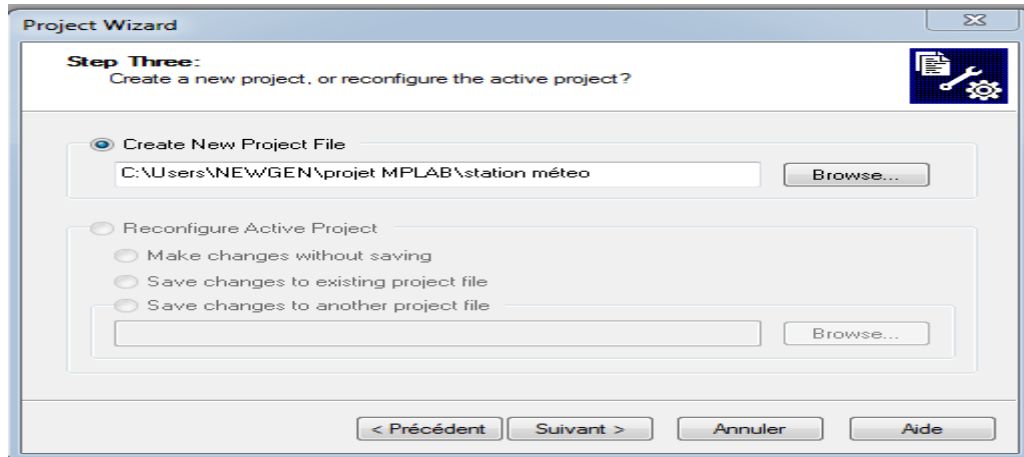


Figure IV.12 : la troisième étape de création d'un projet en MPLAB

- La quatrième étape permet d'ajouter au projet un fichier source existant. Dans le cas où aucun fichier source n'est à incorporer au projet on clique directement sur « suivant ».

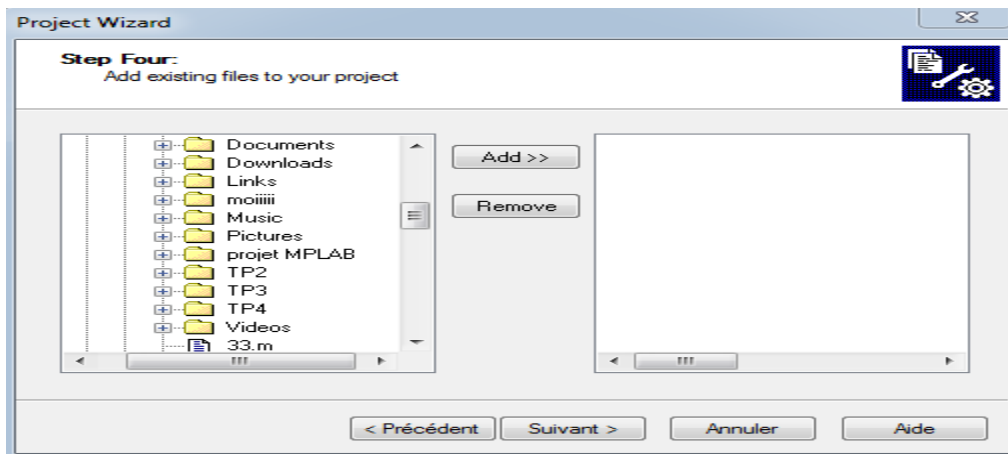


Figure IV.13 : la quatrième étape de création d'un projet en MPLAB

L'assistant de création de projet affiche un résumé de celui-ci : différentes informations Présentées (voir la figure IV.14).

IV.2.3. Le MAX 233 [7]

Le MAX 233 est un circuit intégré. Le brochage de ce circuit est donné par la figure suivante :

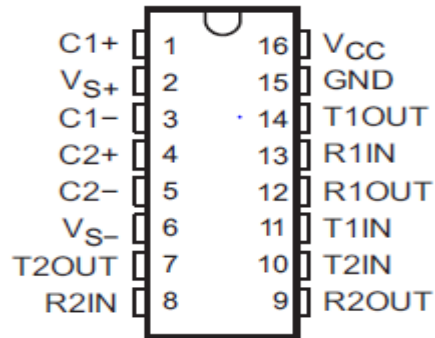


Figure IV.16 : Brochage de RS233

Dans cette partie, on mettra en œuvre une communication en série depuis le PIC vers une liaison série. D'un point de vue électrique, les niveaux de tension et le débit binaire de telles liaisons sont normalisés. Le terminale attend des niveaux de tension à la norme « RS232 » ('0' : -12V, '1' : +12V). Le pic générant sur ses sorties des niveaux 0/5V, on doit insérer un composant adaptateur (MAX233) qui réalise cette conversion de niveaux (voir la figure IV.17).

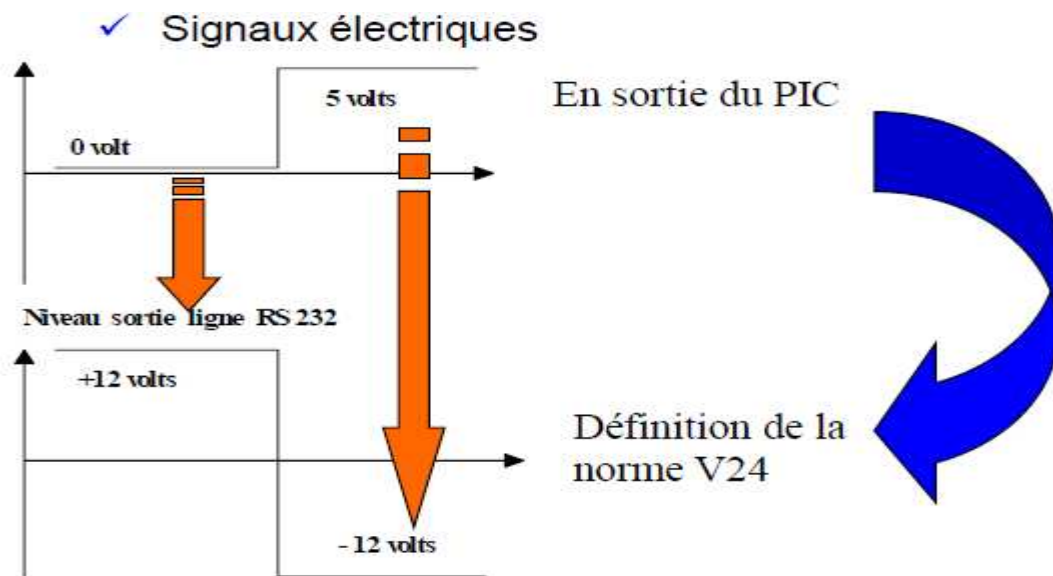


Figure IV.17: conversion des niveaux de tension en utilisant le MAX233

IV.2.4. Les filtre anti-repliement

C'est un filtre analogique passe-bas de fréquence de coupure $F_c/2$ (dans l'idéale). Il est utilisé généralement en amont de convertisseur analogique-numérique pour éliminer le problème de repliement de signal.

Le filtre anti-repliement permet de travailler dans la zone « utile » du filtre numérique, c'est-à-dire dans la bande de fréquence située entre 0Hz et 500Hz.

IV.2.5. Le transmetteur TX SAW 433/S-Z

Émetteur SAW équipé d'une antenne externe permet de créer un champ électromagnétique à grande distance. Idéal pour moduler un signal numérique. La figure ci-dessous représente le transmetteur TX-SAW433/S-Z.



Figure IV.18 : Le transmetteur TX SAW 433/S-Z

Ses caractéristiques techniques sont les suivantes :

- Circuit hybride SIL haute performance.
- Fréquence de fonctionnement 433.92 MHz obtenue par un résonateur SAW.
- Puissance de sortie 10 mV avec une charge de 50Ω sur la patte 11.
- Emission RF parasites – 50 dB par rapport à la fondamentale.
- Modulation de fréquence 4 KHz max.
- Dimension 38.1*13.2.3 mm.
- Pas : 2.54 mm.

Son schéma fonctionnel est le suivant :

IV.2.7. Les différentes étapes de réalisation de la carte

IV.2.7.1. Première étape : réalisation de typon

Le typon est un élément nécessaire lors de la fabrication de la carte. Un typon représente les pistes de cuivre que l'on souhaite fixer sur la plaque d'époxy photosensible. La réalisation de typon commence par la validation de la conception de la carte. Pour la valider il faut s'assurer que les pistes respectent bien les règles de conception, que le schéma est correcte avec le typon et que les empreintes des différents composants sont correcte est bien orientées. En parallèle il faut commander les composants afin de vérifier le typon avec les composants réels avant sa réalisation. Dans notre cas, le typon est imprimé sur une feuille transparente (voir figure IV.21).

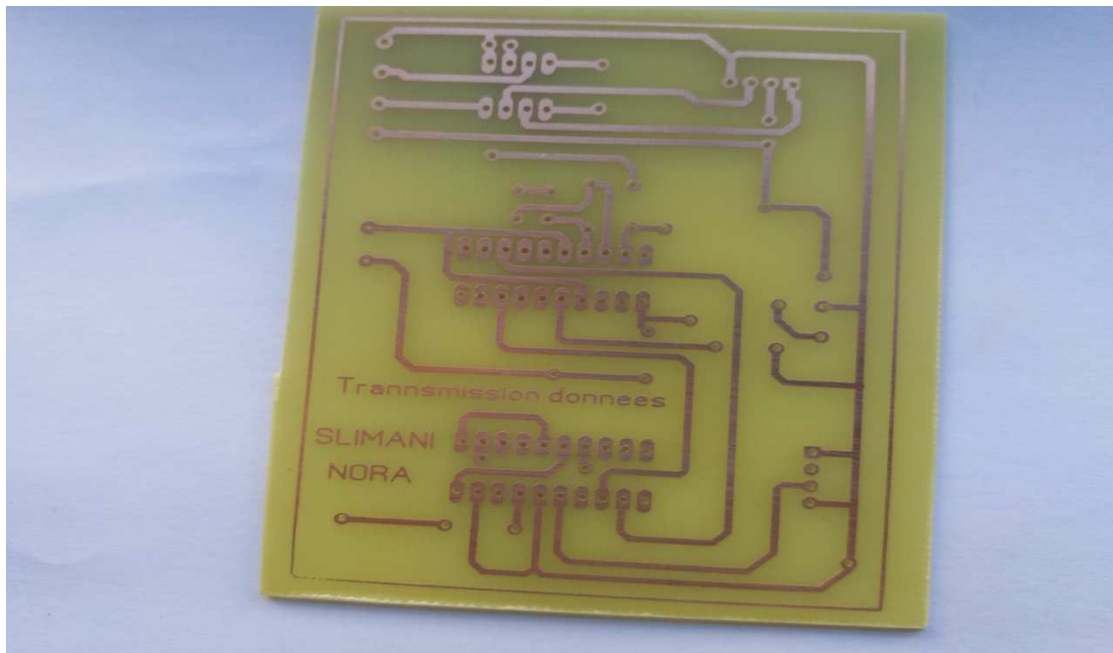


Figure IV.21 : Le typon de la carte de transmission

IV.2.7.2. Deuxième étape : le travail de la plaque de cuivre

Cette étape consiste à fabriquer les pistes. Pour cela nous récupérons le typon que l'on place sur une plaque à vernis photosensible. Ensuite, cette plaque est placée dans une insoleuse. L'insoleuse est une machine qui envoie des rayons Ultraviolet (UV) afin de sensibiliser le vernis qui protège les parties de cuivre à retirer correspondantes aux zones transparentes du typon.

Après une minute et trente seconde sous l'insoleuse, nous plaçons la plaque dans un révélateur afin d'enlever uniquement le vernis qui a été exposé aux UV. Une fois que le vernis ne protège plus le cuivre à enlever, nous plaçons la plaque dans la graveuse. La graveuse envoie des perchlorures de fer sur la plaque pendant trois minutes et trente secondes. Le cuivre en trop est donc retiré de la plaque. Avant de récupérer la plaque, la graveuse effectue un rinçage car le perchlorure de fer est particulièrement corrosif.

Ensuite, nous la plaçons dans un bain d'éliminateur. Ce liquide permet d'enlever le vernis qui protégeait le cuivre. Enfin, il ne reste plus qu'à rincer la plaque (voir la figure IV.22).

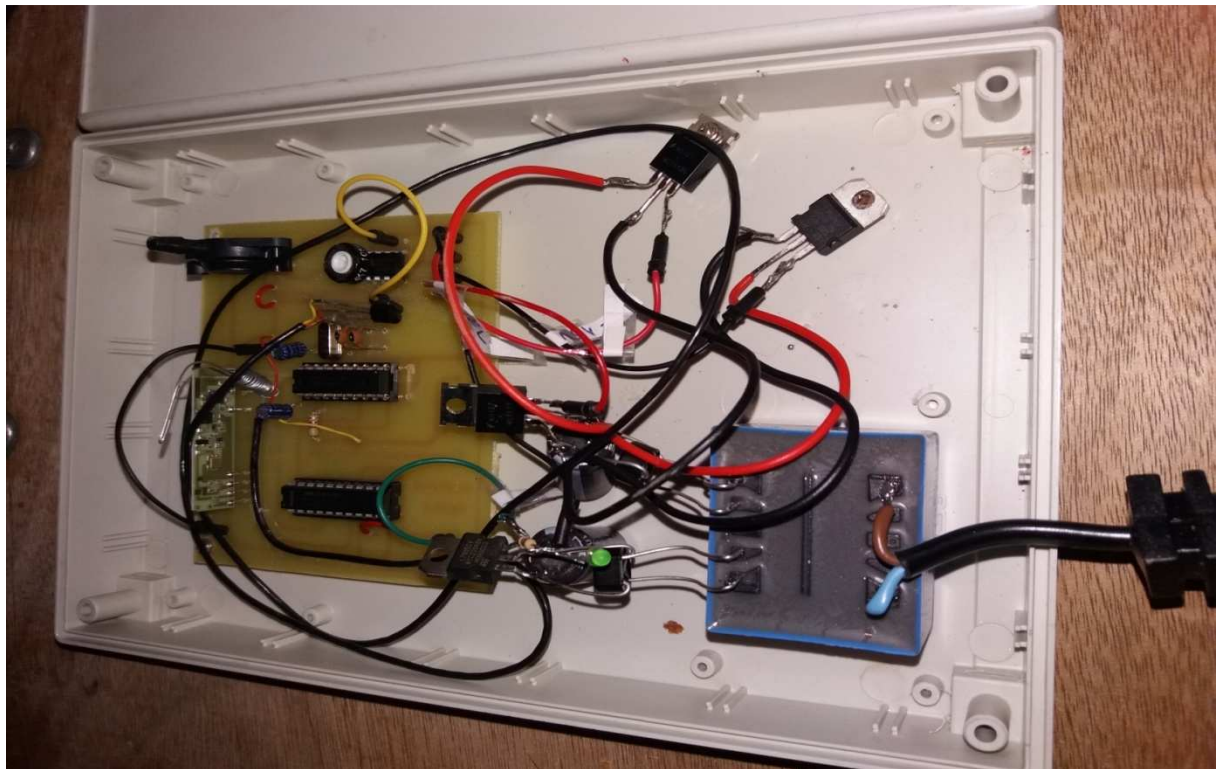


Figure IV.22 : la carte de transmission

IV.2.8. L'alimentation

Pour l'alimentation de la carte de transmission on a utilisé un transformateur 19 V, quatre régulateurs de tension puisque on a besoin de quatre tensions pour alimenter le pic, le MAX 233, le transmetteur et les capteurs.

IV.2.9.Principe de fonctionnement

Les éléments primaires qui permettent de recueillir les informations des mesurandes sont les capteurs.

On a deux capteurs différents types :

- Le capteur de température LM335 a été choisi par rapport à sa sensibilité et sa précision.
 - Le capteur de pression, pour cela nous avons au début choisis le MPX2200AP, qui est un capteur de pression Absolu .Malheureusement nous étions contraints d'utiliser une autre référence le MPX2202AP, cela revient à la non disponibilité du model choisi en premier. les caractéristiques du deuxième choix sont proches du premier. .
- Conditionneurs : Ces capteurs délivrent à la sortie une tension faible, ce qui nécessite pour chaque capteur un amplificateur pour rendre cette tension exploitable.

À la sortie du conditionneur de chaque capteur, on a ainsi un signal analogique suffisamment important pour être utilisé. Comme le signal est analogique, pour l'envoyer vers le microcontrôleur, il faut maintenant le convertir en numérique. Pour cela nous avons besoin d'un convertisseur A/N.

- ADC : Ce bloc a pour rôle de convertir le signal analogique en un signal Numérique.

Le microcontrôleur : Nous avons fait le choix sur le PIC16F88, car il offre plusieurs avantages dont l'un est le ADC intégré à l'intérieur. Un programme en assembleur est nécessaire pour que le PIC fonctionne. Ainsi il lui faut un programme pour gérer les entrées sorties.

De Pic 16F88, maintenant le résultat obtenu à la sortie du PIC on a besoin de MAX233 qui servira d'interface entre le PIC et l'ordinateur. Le MAX233 convertit le signal venant du PIC, en norme RS232 exploitable par l'ordinateur. Ce dernier, comme notre projet consiste à transmettre les données sans utiliser le système filaire, en utilisant le système Hertzien (sans fils), on transmet le signal à la sortie de MAX233 vers un Émetteur Numérique avec oscillateur intégrés fonctionnant à 433Mhz. La référence de l'émetteur est le TX-SAW 433 S. la portée est proportionnel à la tension d'alimentation, sa portée peut atteindre quelques kilomètres avec sa tension max. l'émetteur nécessite une antenne externe.

IV.3.Partie réception

C'est la partie réception de données transmis via le transmetteur. La figure IV.23 représente le schéma synoptique de la carte réception.



Figure IV.23 : Le schéma synoptique de la carte de réception

La figure suivante représente le schéma théorique du la carte de transmission.

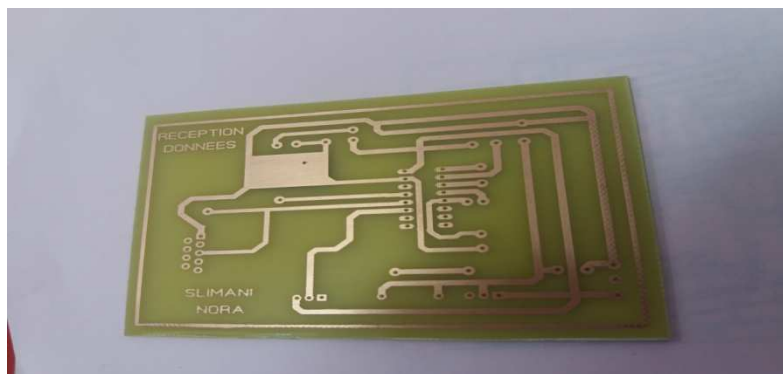
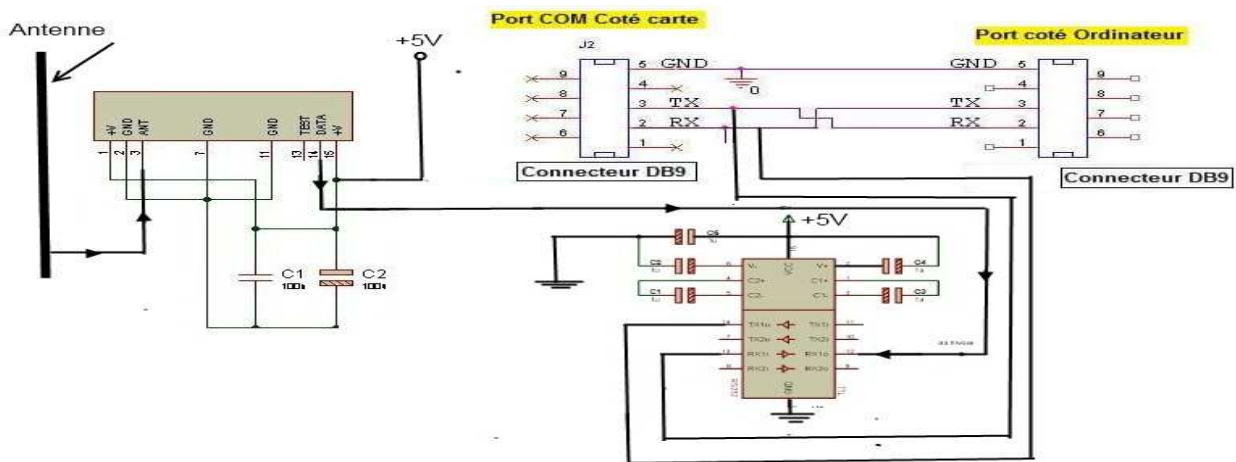


Figure IV.24 : Le schéma électrique de la carte de réception ainsi que son typon

IV.3.1. Le récepteur AUREL RX BC –NBK

Le rôle de récepteur est de capter l'onde électromagnétique via l'antenne de réception envoyée par l'antenne émettrice et convertir l'onde électromagnétique en tension ou courant.

La figure suivante représente le schéma descriptif de récepteur.

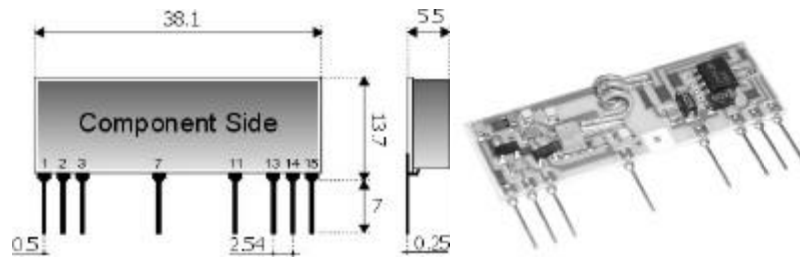


Figure IV.25 : Le récepteur

Avec : les pattes 2, 7, 11 pour la GND, la patte 3 pour l'antenne avec 50Ω d'impédance, les pattes 1 et 15 pour l'alimentation (+5V) et le pin 15 pour la sortie de récepteur.

IV.3.2. La liaison série RS232

A la réception, les données se transforment vers le PC via la liaison RS232 on utilise un connecteur DB9 (voir la figure IV.27).

La transmission entre la carte et le PC se fait par le protocole de communication liaison série RS232. La transmission est série asynchrone avec la fréquence d'échantillonnage égale à 2560 bauds ($T_e = 390.6 \mu s$). La communication via le protocole RS232 se fait à la vitesse de 9600 bauds/S. Une trame est constituée de 8 bits de données, pas de bits de parité, 1 bit de stop, pas de contrôle de flux (voir la figure IV.26).

Le début de la transmission est marqué par un bit start au niveau 0, suivi de 8 bits de données (le bit de poids faible en premier). La fin de transmission est marquée par un bit stop au niveau 1. Le rôle d'un circuit intégré de type MAX 232 est de faire l'interface.

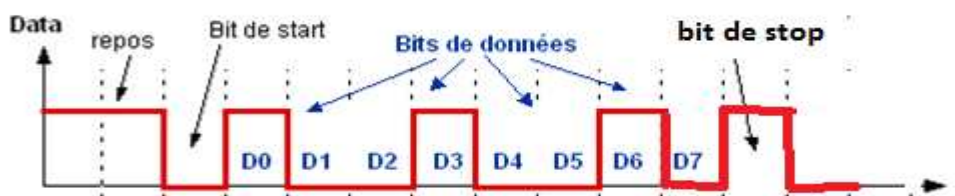


Figure IV.26 : composition de la trame à transmettre

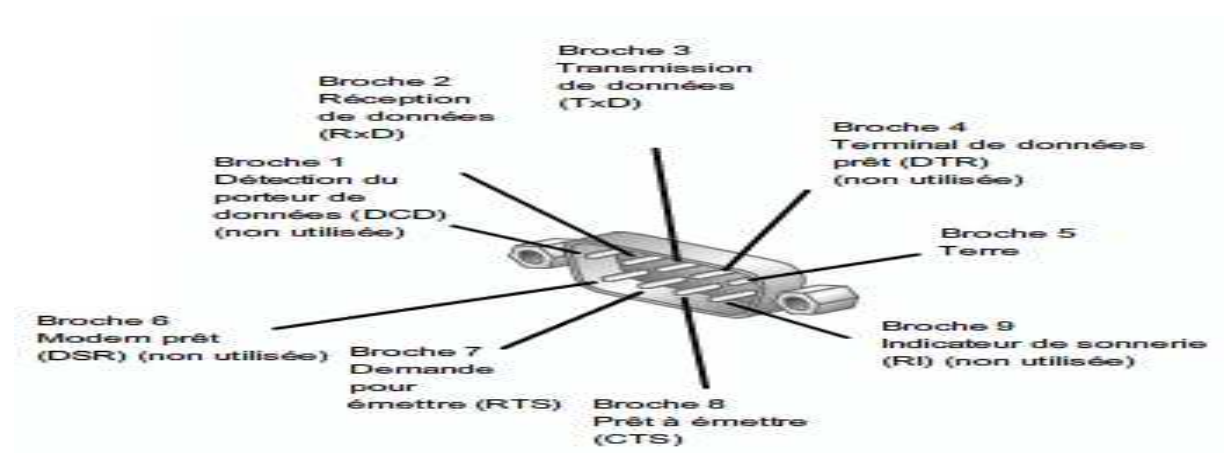


Figure IV.27 : Le connecteur DB9

Le câble utilisé vers ordinateur doit être croisé (voir la figure ci-dessous). La transmission des données se fait par la broche 2 TXD qui représente donc une sortie et la réception des données se fait par la broche 3 RXD qui représente une entrée.

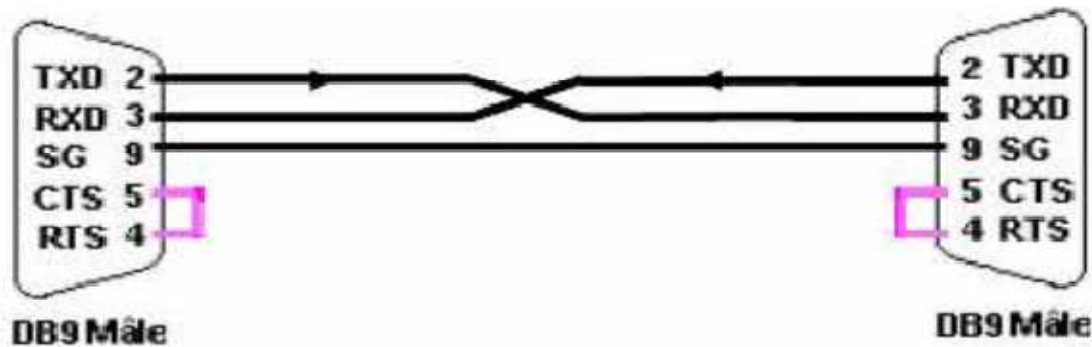


Figure IV.28 : Le câble croisé

Les nouveaux ordinateurs ne sont plus pourvus par défaut de ports COM RS232, on a donc utilisé le convertisseur USB/RS232 (voir figure IV.29), qui permette de gérer le protocole USB d'un côté et la liaison RS232 de côté de carte.

Pour que le convertisseur USB/RS232 soit bien adapté on installe un adaptateur série /USB ATEN.

Lors de l'installation de pilote les fenêtres suivantes (voir figure IV.30) apparaissent et on suit les étapes.

Lorsque le pilote est installé, le PC va détecter le matériel et indique qu'il est prêt à l'utilisation.



Figure IV.29 : le convertisseur RS232/USB

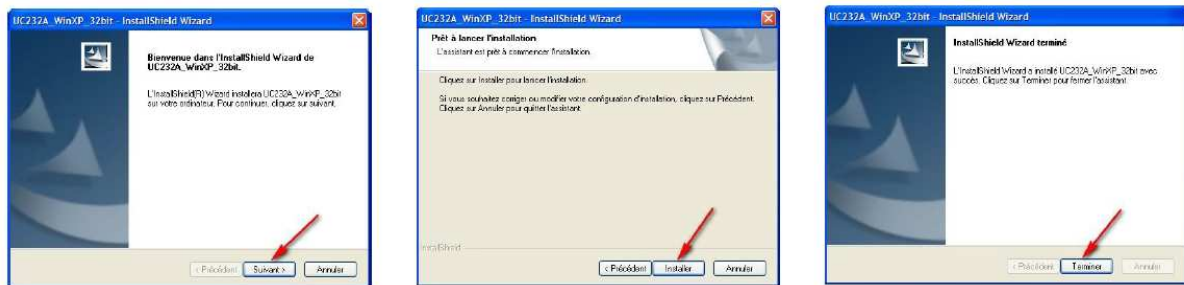


Figure IV.30 : L'installation de l'adaptateur série USB ATEN

La figure suivante représente la carte de réception branchée à l'ordinateur

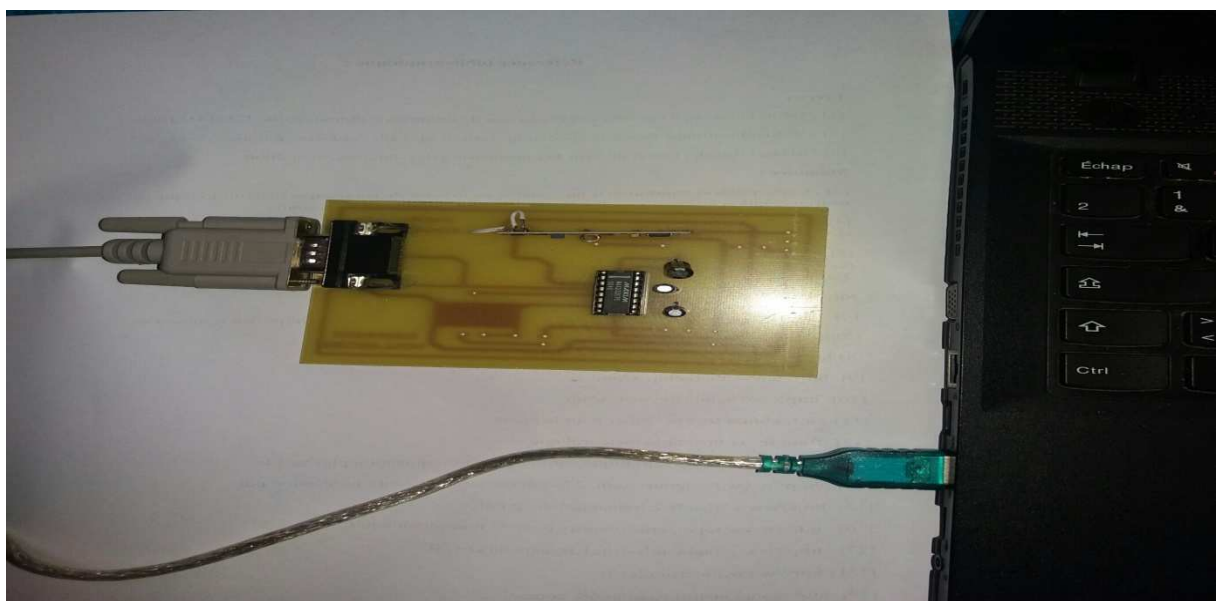


Figure IV.31 : la carte de réception branchée à un ordinateur

IV.3.3.L'application ADC 108.exe pour WINDOWS

Cette application (voir figure IV.32) a été créée avec l'environnement C++ Borland Builder 5.0. Elle est utilisée pour faire l'affichage et l'acquisition, elle joue alors l'interface entre l'être humain et l'ordinateur.

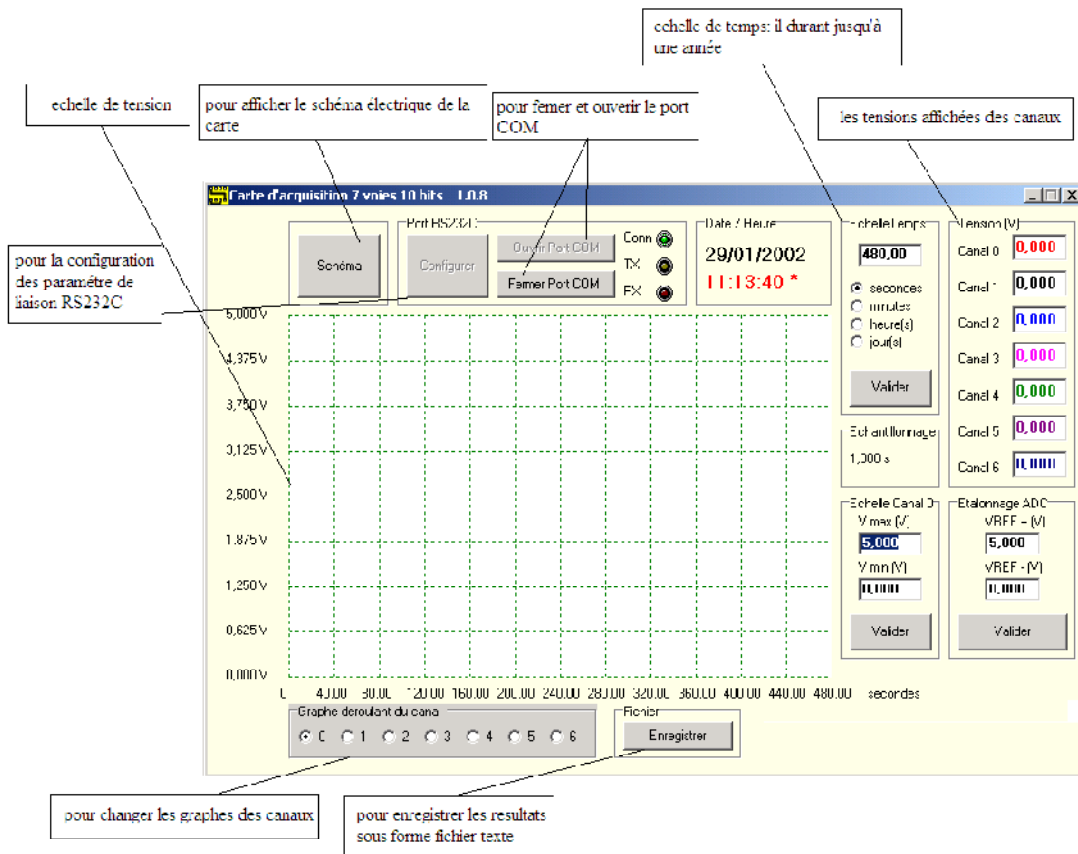


Figure IV.32 : l'application ADC 108.exe

IV.4Discussion

Ce chapitre est consacré pour la réalisation des deux cartes. On a présenté les différents circuits utilisés pour le système, ainsi que les étapes de la réalisation.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'élaboration de notre travail était dans le but d'étudier et réaliser un système de transmission et réception de données météorologique sans fil. Ce système permet de mesurer la température, la pression et envoyer ces données via un émetteur sans fil vers un récepteur. Ces données seront exploitées par un ordinateur à l'aide d'un logiciel. Pour ce faire nous avons recouru à différents matériels et logiciels pour aboutir à l'objectif de notre projet.

Notre système ainsi réalisé permet de :

- Mesurer une grandeur physique : température et pression atmosphérique par des capteurs dont leurs caractéristiques changent en fonction de la quantité de mesurande.
- Convertir le mesurande en une tension.
- Amplifier la tension de sortie de capteur.
- Conversion de signal analogique en un signal numérique par le CAN de PIC.
- Conversion des niveaux de tension par le MAX 232.
- Modulation de signal en sortie de MAX 232 par une porteuse et l'envoyant par un émetteur TX SAW 433.
- Réception de signal par le récepteur.
- Communiquer les données avec l'ordinateur en utilisant la liaison série RS232 via un câble approprié.
- Exploitation de ses données à travers un logiciel.

Ce projet nous a permis d'acquérir des nouvelles connaissances à propos du domaine de la météo, des capteurs, microcontrôleur, transmetteurs sans fil et le langage de programmation assembleur qui a été très difficile qui est vraiment un langage de base.

Enfin, on ne peut pas affirmer que notre travail est complet, donc d'où plusieurs améliorations peuvent être apportées. Mais, nous espérons au moins que nous avons réussi à donner une idée claire sur notre système qui satisfait aux besoins des futurs utilisateurs et qui convient à leurs attentes.

En guise de perspectives nous envisageons d'enrichir notre système avec de nouvelles fonctionnalités comme :

Tout d'abord, il serait intéressant d'ajouter des modules pour mesurer la vitesse et la direction de vent, ainsi que pour les insolation.

Ensuite, augmenter la portée de transmetteur pour qu'on puisse envoyer nos données météo à une distance plus importante.

Annexes

Liste des composants utilisés :

- Microcontrôleurs PIC 16f88.
- Emetteur TX-SAW433/S-Z.
- Récepteur RX-SAW433/S-Z.
- Un MAX 233, 232.
- Un capteur de température LM 335.
- Un capteur de pression MPX 2202AP.
- Un ampli d'instrumentation AD 620.
- Six résistances (quartes 4.7Ω K, une $10K\Omega$, une $8.2K\Omega$, une résistance variable 50Ω).
- Trois condensateurs 2.2MF, quatre condensateurs $10\mu\text{F}$
- Connecteur DB9.
- Un câble coaxial.
- Un convertisseur RS232/USB.
- Quatre régulateurs de tension pour l'alimentation.
- Un transformateur de tension 24 volts.

Référence bibliographique :

Livre :

- [1] : Gérard bouyer, Transmission et réseaux de données, c dunod, paris, 126-141, 1995.
- [2] : William stallings, Réseaux et communication sans fil, deuxième édition, 17-44,2005.
- [3] : Mézari Rezak , Généralité sur la transmission des données, aout 2006.

Mémoire :

- [3] : Conception et réalisation d'un système de mesure de paramètres météorologique par une instrumentation électronique. Réalisé par M^r.LAGHROUCHE Mourad.
- [4] : Modélisation des données météorologiques par les réseaux de nuerons. Réalisé par HAMMI Said et BOUKHALFA Amer.
- [5] : Etude et réalisation d'un système de mesure météorologique à base de capteurs numériques avec transmission des données par la voix GSM. Proposé et dirigé par M^r .LAGHROUCHE Mourad.

Site web :

- [6] : Informations détaillées sur les capteurs de pression AMSYS : <http://www.amsys.de>
- [7]:<http://www.all-datsheet.Com>
- [8]:<http://www.bigonoff.Com>
- [9]: <http://www.microchip .Com>
- [10]: <http://www.louisreynier .Com>
- [11] : infoclimat.fr: site Didier pour la météo.
- [12] : ffme.fr : cours sur la météorologie.
- [13] : <http://www.abcelectronique.com/bigonoff/organisation.php?2654c>.
- [14] : <http://www.bestcours.com>, 27-cours-réseaux-télécommunication.pdf.
- [15] : <http://www.irisa.fr>,2.transmission.2p.pdf.
- [16] : <http://www.repo.zenk-security.com>, la transmission.pdf.
- [17] : <http://www-lagis.univ-lille1.fr>, capteurs2-GSI.
- [18] : <http://www.incertitudes.fr>.
- [19] : <http://cours.etsmtl.ca>,gpa668, cours.

- [20] <http://ebookbrowse.com/mi/microcontrôleur-cours-pdf>.
- [21] <http://daniel.menesplier.free.fr/doc/pic%2016F88.pdf>.
- [22] http://thierryperisse.free.fr/documents/projet_linel/...projet TP- stationmétéo.pdf
- [23] http://projetpiccarteacquisition7voies\carte_acquisition7voies.htm
- [24] http://projret.PFE\fabrice.sincere.pagesperso-orange.fr\cm_electronique\projet_pic\aide-mémoire\16F88_ADC\ADC_16F88.htm