

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ IBN-KHALDOUN DE TIARET**

**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

**DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE**



# **Mémoire de fin d'études**

**Pour l'obtention du diplôme de master**

**Domaine : Science et technologie.**

**Filière : électronique.**

**Spécialité :**

**Electronique des systèmes embarqués.**

**Thème**

**Étude et conception d'une carte d'acquisition multifonctions.**

**Présenté par : MEKKI RACHA.**

**Membres de jury :**

<b>Nom et prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>Mr. Y.Belhadji</b>	<b>MCB UNIVERSITE DE TIARET</b>	<b>Président.</b>
<b>Mr. R.Othmani</b>	<b>MAA UNIVERSITE DE TIARET</b>	<b>Examineur.</b>
<b>Mr. A. Abdiche</b>	<b>PROF UNIVERSITE DE TIARET</b>	<b>Encadreur.</b>

**PROMOTION 2020.**

## Remerciements :

Le mot merci est insuffisant pour exprimer la gratitude est notre appréciation.

Nous remercions Dieu pour tous ce qu'il nous à donner.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à notre cher professeur et encadrant M .ABDICHE AHMED, pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période du projet.

Et pour le temps qu'elle a consacré et pour les précieuses informations qu'elle m'a prodiguées avec intérêt et compréhension.

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Et sans oublier ma famille pour le support et la motivation jour après jour.

Il me donne la confiance pour continuer et progresser plus en plus.

Un grand merci pour ma mère ma source d'énergie et mon premier supporteur.

# **Merci.**

## **Dédicace :**

Je dédie ce modeste travail à :

➤ A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler, je leur serai à jamais reconnaissant. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

➤ Ma mère qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde ;

- Mes frères NADIR et NOUH qui sont pour moi la meilleure chose dans ma vie.
- A mon meilleur professeur Mr ABDICHE.
- Tous les collègues de promotion 2020.
- Tous les enregistrements durant les 5 ans.
- à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

**Je vous dis merci.**

**MEKKI RACHA.**

# Sommaire

Remerciement.....	2
Dédicace.....	3.
Liste des figures.....	8.
Liste des tableaux.....	11.
Introduction générale.....	13.

## Chapitre I

<b>La chaine d'acquisition.....</b>	<b>14.</b>
Introduction.....	15.
I.1 Définition.....	15.
1.1 Chaine d'acquisition.....	15.
1.2 Structure de la chaine.....	15
1.3 Description des blocs de la chaine d'acquisition des données.....	16
9. Performances globales.....	18
10. Résolution de la chaine.....	19
II.1 Système d'acquisition à une voie.....	19.
II.2 Système d'acquisition à N voies.....	20
2.1 Acquisition séquentielles.....	20
2.2 Acquisition simultanée décalée.....	21
2.3 Acquisition parallèle.....	21
II.3 Architecture des chaines.....	22
1. Architecture A.....	22
2. Architecture B.....	22
3. Architecture C.....	23
4. Architecture D.....	23.
IV. Conditionnement des signaux.....	24
V. Structure d'une chaine d'E/S numérique.....	26

1. Adaptation.....	28
2. Isolement.....	31
3. Etage Tampon.....	35
<b>Conclusion.....</b>	<b>37.</b>

## Chapitre II

<b>Les capteurs.....</b>	<b>38</b>
1. Présentation et définition.....	39.
II.1 Capteurs.....	39
II.2 Mesurande, grandeur physique à mesurer.....	40
II.3 Chaîne de mesure.....	40
II.4 Type de grandeurs physiques.....	42
II.5 Classification des capteurs.....	42
1. Capteur analogique.....	42
2. Capteur numérique.....	43
3. Capteur TOR.....	43
Capteur passif.....	44
Capteur actif.....	44
Capteur intelligent.....	46
4. Caractéristiques des capteurs.....	47
III. Types des capteurs et méthodes de transduction.....	51
1. Transduction.....	51
1 .Capteur de force.....	52
2. Capteur de pression .....	52
3. Capteur d'accélération.....	53
4. capteur pneumatique à seuil.....	53
5. Détecteur fluide de proximité.....	53
6. Capteur à fuite.....	54
7. Capteur capacitif.....	55.
8. Capteur inductif.....	55
9. Capteur optique.....	56.

2. Erreur de mesure.....	56
1. Erreurs systématiques.....	56.
2. Erreurs aléatoires.....	57.
3. Erreurs accidentelles.....	57
IV. Intérêt des traitements embarqués.....	57
1. Principales grandeurs d'influences.....	58
1. Influence de température.....	58
2. Classification des capteurs de température.....	59
2. Problème d'utilisation.....	60
3. Choix de capteur.....	60
4. Domaine d'utilisation .....	62.
5. Capteur idéal.....	62
V. Fusion des données multi capteurs.....	62
<b>Conclusion.....</b>	<b>62</b>

## Chapitre III

<b>Réalisation de la carte.....</b>	<b>63</b>
Introduction.....	64
III.1 Structure générale de la carte.....	64
1. Unité d'adaptation.....	65
1. Liaison RS232.....	65
2. Circuit MAX 232.....	67
2. Unité d'entrée.....	68
2.1 .Circuit d'adaptation de tension.....	68
2.2Le microcontrôleur.....	69
1. Présentation de PIC16F877.....	70.
2. Principales caractéristiques de PIC16F877.....	71
3. Brochage de PIC.....	73
4. Architecture interne de PIC.....	75
Organisation de RAM.....	76
Etude de CAN.....	78
5. Afficheur LCD.....	80
6. Circuit de conversion parallèle/série.....	82
3. Unité de sortie.....	82
1. Circuit de conversion série/parallèle.....	83

Convertisseur numérique analogique DAC.....	84
2. Le schéma de la carte.....	85
1. Présentation de la carte.....	85
2. Principe de fonctionnement.....	85
3. Schéma électrique de la carte.....	86
4. Algorithme de fonctionnement.....	87
4.1 L'organigramme de fonctionnement.....	90
4.2 Brochage de la carte.....	91
4.3 Schéma synoptique de la carte .....	92
5. Représentation de la carte.....	92
6. Programmation du système d'acquisition .....	93.
Conclusion.....	93
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	94
Résumé.....	95
Bibliographie.....	96.

## Liste des figures.

### **Chapitre I**

Figure I.1 : Schéma de la chaîne d'acquisition d'une mesure.....	15
Figure I.2 : Structure de l'acquisition de donnée numérique.....	15
Figure I.3 : Structure de la chaîne de restitution.....	16
Figure I.4 : Représentation de l'échantillonneur bloqueur.....	16
Figure I.5 : Représentation de fonctionnement de l'échantillonneur bloqueur.....	17
Figure I.6 : Evolution des tensions en entrée et sortie d'un E/B (Sample and Hold).....	17
Figure I.7 : Système d'acquisition des données à une voie.....	20
Figure I.8 : Structure séquentielle décalée.....	20
Figure I.9 : Structure séquentielle simultanée.....	21
Figure I.10 : Structure parallèle.....	21
Figure I.11 : Représentation d'architecture A.....	22
Figure I.12 : Représentation d'architecture B.....	22
Figure I.13 : Représentation d'architecture C .....	23
Figure I.14 : Représentation d'architecture D.....	23
Figure I.15 : Les différentes possibilités de mise en place des fonctions de conditionnement de signaux.....	24
Figure I.16 : Les différentes approches des systèmes de conditionnement de signaux.....	25
Figure I.17 : Interface d'Entrée/Sortie numérique.....	27
Figure I.18 : Adaptation de puissance par relais électromagnétique : gain en puissance de $10^4$ .....	28
Figure I.19 : Adaptation de puissance par relais statique.....	28
Figure I.20 : Représentation schématique d'un Triac.....	29
Figure I.21 : Adaptation de niveau par pont de diviseur.....	30
Figure I.22 : Adaptation de niveau par amplificateur.....	30
Figure I.23 : Transformation du type d'un signal.....	30



Figure I.24 : Schéma d'un coupleur optoélectronique, sa chaîne de transmission et la courbe de transmission CTR (I entrée).....	31
Figure I.25 : Connexion d'une fibre optique à un émetteur ou à un détecteur.....	32
Figure I.26 : Schéma de protection contre les courants inverses.....	32
Figure I.27 : Schéma pour l'écrêtage d'un signal .....	33
Figure I.28 : Schéma pour limiter l'amplitude d'un signal.....	33
Figure I.29 : Représentation de filtre selon la nature.....	34
Figure I.30 : Représentation de filtre selon le type.....	34
Figure I.31 : Symbole et table de vérité d'un étage Tampon.....	35
Figure I.32 : Symbole et table de vérité d'un Tampon à 3 états.....	36

## **Chapitre II**

Figure II.1 : Schéma d'un capteur.....	39
Figure II.2 : Schéma d'une mesure.....	40
Figure II.3 : Constitution d'une chaîne de mesure classique.....	40
Figure II.4 : Les éléments de la chaîne de mesure .....	41
Figure II.5 : Représentation de la chaîne de mesure.....	42
Figure II.6 : Représentation de signal d'un capteur analogique.....	42
Figure II.7 : Représentation de signal d'un capteur numérique.....	43
Figure II.8 : Représentation de signal d'un capteur TOR.....	43
Figure II.9 : Représentation effet piézo-électrique.....	45
Figure II.10 : Représentation effet hall.....	46
Figure II.11 : Les composants d'un capteur intelligent.....	47
Figure II.12 : Etendu de mesure d'un capteur.....	48
Figure II.13 : Domaine de linéarité d'un capteur.....	49
Figure II.14 : Différentes types de répartition des résultats de mesure.....	50
Figure II.15 : Représentation d'un capteur de force.....	52
Figure II.16 : Représentation d'un capteur de pression.....	52

Figure II.17 : Représentation d'un capteur d'accélération.....	53
Figure II.18 : Représentation d'un capteur à seuil de pression pneumatique.....	53
Figure II.19 : Exemple d'un capteur fluidique.....	54
Figure II.20 : Exemple d'un capteur à fuite.....	54
Figure II.21 : Représentation d'un capteur capacitif.....	55
Figure II.22 : Représentation d'un capteur inductif.....	55
Figure II.23 : Représentation d'un capteur optique.....	56
Figure II.24 : Représentation des types d'erreurs .....	57
Figure II.25 : Une photo du capteur.....	59
Figure II.26 : Explication de fonctionnement d'AD590.....	59

### **Chapitre III**

Figure III.1 : Diagramme bloc général de la carte d'interface.....	64
Figure III.2 : Représentation de la norme RS232.....	65
Figure III.3 : Représentation selon des trames de la norme RS232.....	66
Figure III.4 : Structure interne du MAX238.....	67
Figure III.5 : Branchement du MAX238 avec RS232 et 7404DM.....	67
Figure III.6 : Schéma de branchement circuit d'adaptation tension du capteur.....	68
Figure III.7 : La signification de PIC16F877.....	70
Figure III.8 : Les éléments constituant le PIC.....	71
Figure III.9 : Les pins du PIC 16F877.....	72
Figure III.10 : Brochage de l'oscillateur à quartz.....	74
Figure III.11 : Architecture interne de PIC 16F877.....	74
Figure III.12 : L'organisation de la mémoire RAM.....	75
Figure III.13 : L'organisation de DRAM et SRAM.....	77
Figure III.14 : Représentation de LCD.....	80
Figure III.15 : Représentation de CMOS4021.....	81
Figure III.16 : Représentation de CMOS4094.....	82

Figure III.17 : Représentation de CNA.....	83
Figure III.18 : Architecture interne duDAC0800.....	83
Figure III.19 : Représentation de schéma de la carte.....	84
Figure III.20 : Représentation de schéma électrique de la carte.....	85
Figure III.21 : Représentation de L’organigramme de fonctionnement.....	89
Figure III.23 : Synoptique de la carte.....	90
Figure III.24 : Représentation de la carte d’acquisition.....	91
Figure III.25 : Représentation de la carte d’acquisition réelle.....	91

## Liste des tableaux :

Tableau II.1 : Les capteurs passifs.....	42
Tableau II.2 : Les capteurs actifs.....	42
Tableau II.3 : Les différents types de capteur.....	59
Tableau III.1 : Comparaison entre l'adaptation des données (avant/après).....	64
Tableau III.2 : Bits de configuration du registre ADCON0.....	77
Tableau III.3 : Sélection des canaux.....	77
Tableau III.4 : Configuration de la fréquence de conversion.....	78
Tableau III.5 : Bits de configuration du registre ADCON1.....	78

## **Introduction générale :**

La technologie évolue rapidement dans le domaine de l'acquisition des données que ce soit dans l'industrie, la science ou le grand public. A cet effet, des systèmes d'acquisition des données sont de plus en plus utilisés pour collecter de l'information, et le transmettre

En général, ce sont systèmes embarqués dans des applications comme des drones, domotique, robotique etc. L'élément de base de ces systèmes est le microcontrôleur.

Le microcontrôleur est en fait un système à microprocesseur mais qui rassemble dans un seul circuit intégré. C'est un composant complètement autonome qui, dès qu'il est alimenté va exécuter le programme présent dans sa mémoire morte.

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. Ainsi, un capteur de température au sein d'un micro-processeur s'intègre dans le processus de stabilisation en température du composant de manière à assurer son bon fonctionnement.

L'objectif de cette étude est de disposer une formation scientifique, et une vision générale sur le fonctionnement de la carte d'acquisition.

On va résumer cette mémoire sur 3 chapitres :

Le premier contient la description de la chaîne d'acquisition.

Le deuxième chapitre est consacré sur les capteurs (le type, le fonctionnement,...)

Et le dernier chapitre on fait une conception et réalisation de la carte d'acquisition.

Enfin on finit avec une conclusion générale.

# CHAPITRE I

➤ La chaîne d'acquisition.

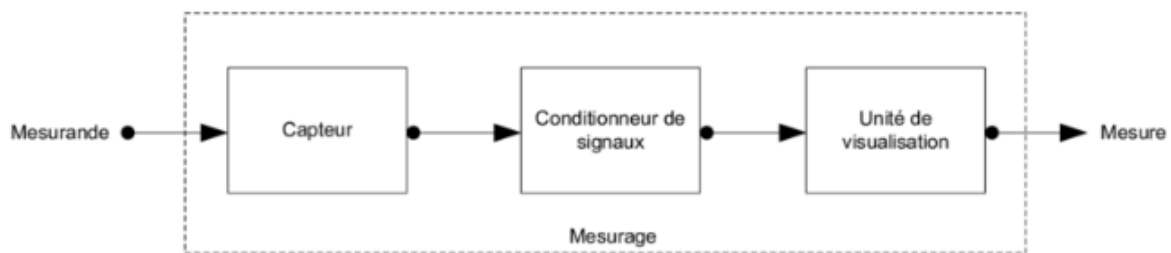
## Introduction :

Dans ce chapitre, on parle sur la chaîne d'acquisition, prendre une idée sur l'acquisition des données, son rôle, et son fonctionnement.

## I.1 Définition :

### 1.1 L'acquisition des données : [1]

La chaîne d'acquisition a pour fonction de recueillir et transformer la grandeur à mesurer sous une forme adaptée à son exploitation. Le capteur peut à la fois réaliser la mesure et faire partie du conditionnement (comme dans un montage en pont de Wheatstone) ou bien être dissocié.

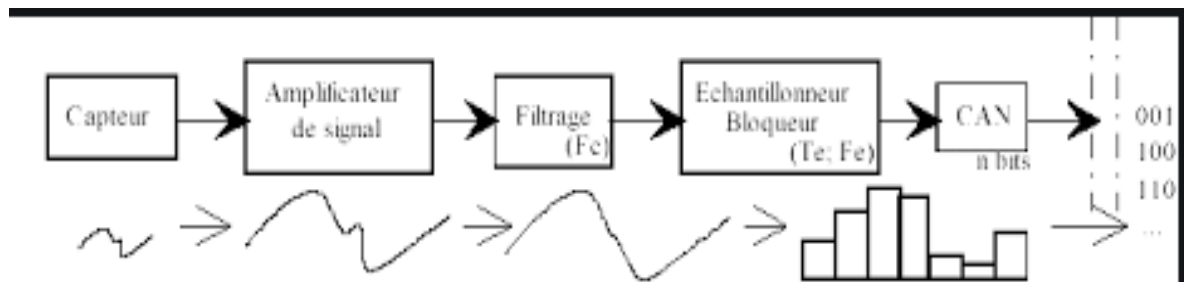


**Figure I.1 : Schéma de la chaîne d'acquisition d'une mesure.**

L'association capteur-conditionneur détermine les caractéristiques du signal de sortie. La chaîne d'acquisition doit être considérée dans son ensemble, ses caractéristiques sont déterminées de manière à répondre à l'application visée. Les divers dispositifs constituant la chaîne d'acquisition et sa structure doivent permettre le mesurage, le traitement et la restitution de la mesure avec les caractéristiques nécessaires à l'application : résolution, précision, rapidité et immunité aux parasites.

## 1.2 Structure de la chaîne :

Une chaîne d'acquisition numérique peut se représenter selon la figure suivante :



**Figure I.2 : Structure de l'acquisition de donnée numérique.**

Elle est souvent associée à une chaîne de restitution :

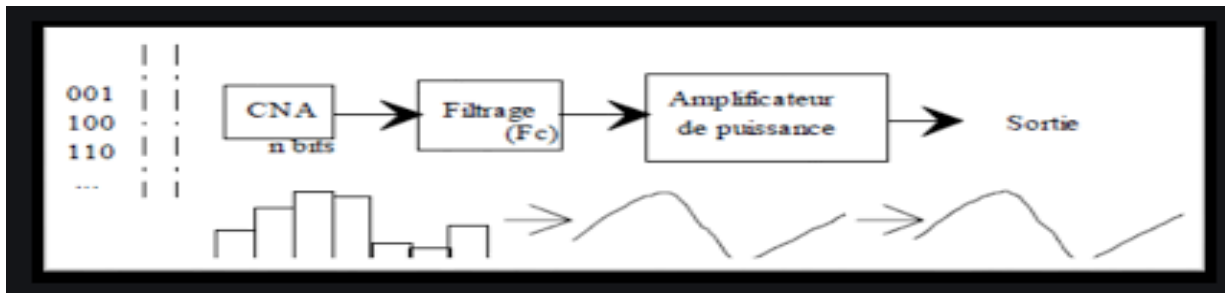


Figure I.3: Structure de la chaîne de restitution.

### 1.3 Description des blocs de la chaîne d'acquisition de donnée :

On peut définir très simplement le rôle de chacun de ces éléments.

#### 1- Le capteur :

Il est l'interface entre le mode physique et le mode électrique. Il va délivrer un signal électrique image des phénomènes physiques que l'on souhaite numériser.

#### 2- Amplificateur de signal :

Cette étape permet d'adapter le niveau du signal issu du capteur à la chaîne globale d'acquisition. L'amplificateur utilisé est le plus souvent un amplificateur d'instrumentation.

#### 3- Filtre d'entrée :

Ce filtre est communément appelé filtre anti-repliement. Son rôle est de limiter le contenu spectral du signal aux fréquences qui nous intéressent. Ainsi il élimine les parasites.

#### 4- L'échantillonneur :

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

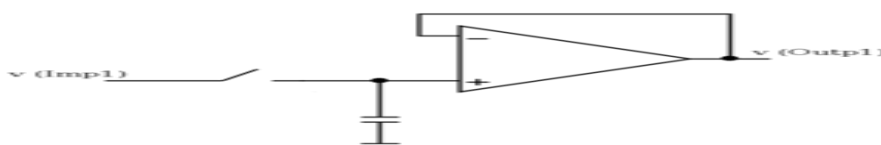
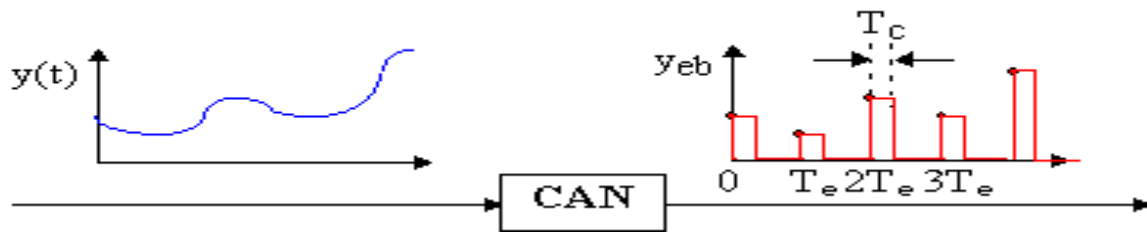


Figure I.4: Représentation de l'échantillonneur bloqueur.



L'échantillonneur bloqueur est un échantillonneur réel, qui ne réalise pas la conversion analogique numérique instantanément, mais après un temps  $T_c$  nécessaire à la conversion. Pendant ce temps, la sortie du convertisseur reste constante.



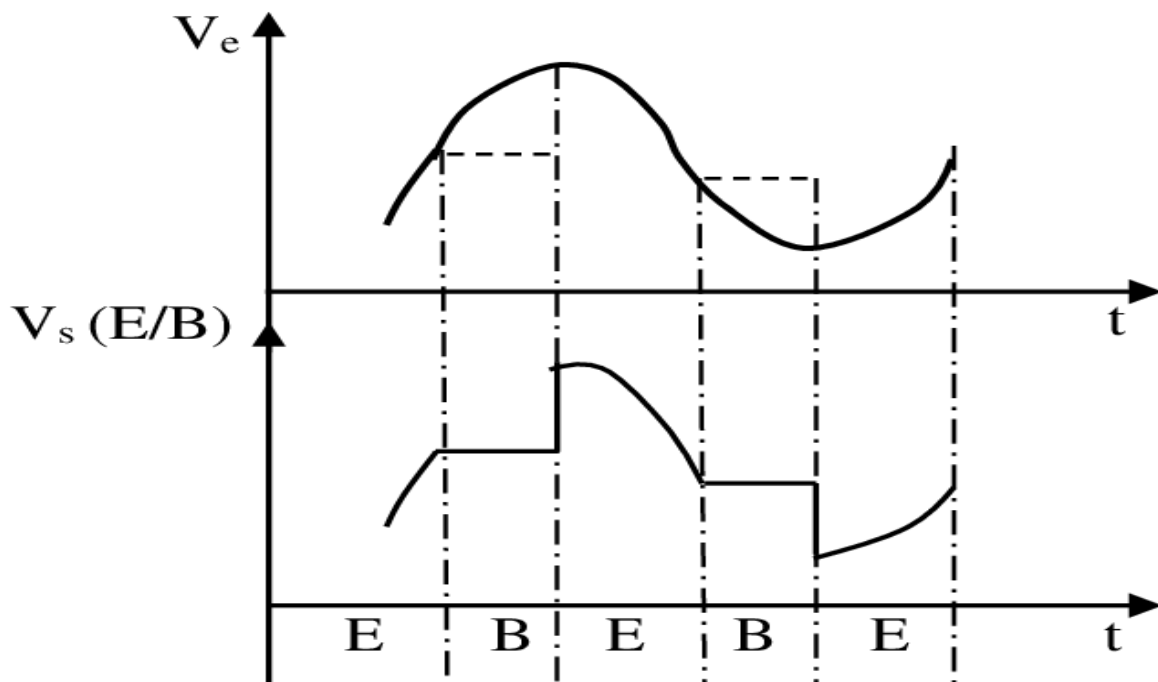
**Figure I.5: Représentation de fonctionnement de l'échantillonneur bloqueur.**

Du point de vue mathématique, l'échantillonneur bloqueur réalise la fonction:

$$y_{eb}(t) = \left( y(t) \cdot \delta_{T_e}(t) \right) * \Pi_{T_c} \left( t - \frac{T_c}{2} \right) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} y(kT_e) \cdot \Pi_{T_c} \left( t - \frac{T_c}{2} - kT_e \right)$$

c.à.d. une convolution entre le signal échantillonné idéalement et la fonction porte de largeur  $T_c$ .

L'échantillonneur-bloqueur est un circuit électronique constitué dans sa forme la plus simple d'un interrupteur commandé et d'un condensateur. On peut également retrouver un amplificateur suiveur en entrée et en sortie du montage. Il constitue généralement l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique.



**Figure I.6 : Evolution des tensions en entrée et sortie d'un E/B (Sample and Hold).**

## **5- Le convertisseur analogique numérique (CAN) :**

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

Opération inverse du CNA : L'acquisition d'un signal analogique est possible grâce au convertisseur analogique-numérique qui convertit une tension analogique en un mot de N bits.

Le circuit réalisant cette fonction est l'AD574. Il contient un seul convertisseur dans son boîtier. La conversion analogique- numérique se fera en trois étapes :

1. Déclenchement de conversion par une opération de lecture à l'adresse adconv d'un registre logique.
2. Attente fin de conversion, test du bit busy. Tant que conversion en cours, busy 'état haut'.
3. Lecture du résultat en 2 fois. On utilisera 2 registres en lecture aux adresses ADH et ADL.

## **6- La zone de stockage :**

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

## **7- Le convertisseur numérique analogique (CNA) :**

Il effectue l'opération inverse du CAN, il assure le passage du numérique vers l'analogique en restituant une tension proportionnelle au code numérique.

La conversion analogique-numérique transforme les valeurs de signaux électriques continûment variables (signaux analogiques) en nombres exploitables par l'ordinateur de manière numérique.

Cette conversion est parfois effectuée dans des appareils externes. Ces appareils externes envoient à l'ordinateur le résultat numérique obtenu par divers systèmes de communication, les plus répandus étant la liaison RS 232. On peut aussi dans certains cas utiliser la liaison parallèle prévue pour une imprimante.

## **8- Le filtre de sortie :**

Son rôle est de « lisser » le signal de sortie pour ne restituer que le signal utile. Il a les mêmes caractéristiques que le filtre d'entrée.

## **9 -Performances globale :**

### **9-1Fréquence de fonctionnement :**

On peut définir la vitesse limite d'acquisition. Elle va dépendre du temps pris pour effectuer les opérations de :

- Echantillonnage T ech.

- Conversion T conv.

- Stockage T stock.

Ainsi la somme de ces trois temps définit le temps minimum d'acquisition et donc la fréquence maximum de fonctionnement de la chaîne :

$$T_{acq} = T_{ech} + T_{conv} + T_{stock} \dots [1].$$

Soit :

$$F_{max} = 1 / (T_{ech} + T_{conv} + T_{stock}) \dots [2].$$

## **10. Résolution de la chaîne : [2]**

La numérisation d'un signal génère un code binaire sur N bits. On obtient donc une précision de numérisation de  $21\% N$ . Il faut donc que tous les éléments de la chaîne de conversion aient au moins cette précision. On leur demande en général une résolution absolue de  $(0.5 * 21\% N)$ .

Ce qu'on attend avant tout d'une chaîne de mesure, c'est sa justesse la grandeur électrique de sortie doit être l'image la plus exacte possible de la grandeur physique détectée et de ses variations. La numérisation s'effectuant sur N bits, la précision de la numérisation est limitée à  $1 / 2N$ . Dans certains cas, la rapidité de la chaîne est un paramètre dominant (grandeurs pouvant évoluer très rapidement comme une pression par exemple). La durée d'une acquisition est essentiellement fixée par la durée de la conversion analogique-numérique.

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

- ❖ L'environnement, c'est à dire les grandeurs d'influence telles que la température, les vibrations, la pollution électromagnétique...
- ❖ Les exigences facilitant l'exploitation, comme la linéarité de la chaîne... La conséquence est l'ajout de blocs fonctionnels supplémentaires dans la chaîne : Circuits de linéarisation, amplificateurs spéciaux, filtres, multiplexeurs...

### **II.1- Système d'acquisition à une voie :**

La configuration du système est simple, il s'agit en fait d'une chaîne de mesure numérique. Cette dernière peut être ouverte, lorsque la finalité du système se réduit à l'obtention de la grandeur à mesurer, qui peut être affichée ou enregistrée pour une utilisation ultérieure ; elle est fermée lorsque le résultat de la mesure doit être utilisé pour agir sur une commande de processus en vue de réguler la grandeur observée à une valeur bien définie ou, tout simplement, de réguler cette grandeur.

La figure 7 représente une chaîne de mesure numérique. Le signal issu du capteur est mis en forme par le conditionneur de signaux, qui peut être un montage potentiométrique, un pont de Wheatstone, un amplificateur adaptateur d'impédance ou un amplificateur

d'instrumentation. Le signal analogique fourni par le conditionneur est reçu par un échantillonneur- bloqueur, dont le rôle est de prélever des valeurs instantanées et de les maintenir à l'entrée du convertisseur analogique-numérique, au moins pendant le temps nécessaire à une conversion. Ces deux circuits sont commandés par un système logique qui, aux instants choisis, donne l'ordre d'échantillonnage, puis fige le signal à l'entrée du CAN et gère le fonctionnement de ce dernier. Cette fonction peut être réalisée par un système logique câblé simple ou par un microprocesseur qui offre la possibilité de programmer la gestion désirée

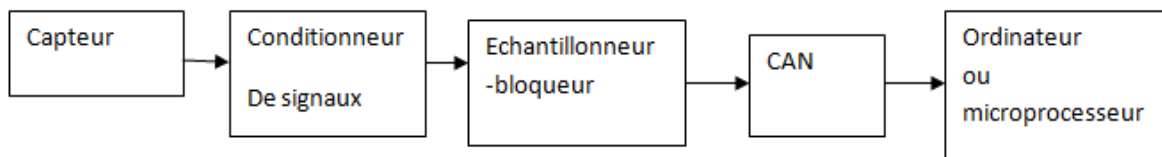


Figure I.7 : Système d'acquisition de données à une voie.

## **II.2- Système d'acquisition de données à N voies :**

Dans le cadre d'une chaîne d'acquisition traitant plusieurs capteurs (N) vers une même zone de stockage, il existe différentes structures qui diffèrent en terme de performances et de coût :

N Capteurs  $\Rightarrow$  1 zone de stockage (traitement) numérique.

### **II.2.1 Acquisition séquentielle décalée :**

Elle se base sur l'utilisation en amont d'un multiplexeur qui va orienter un capteur vers la chaîne unique d'acquisition :

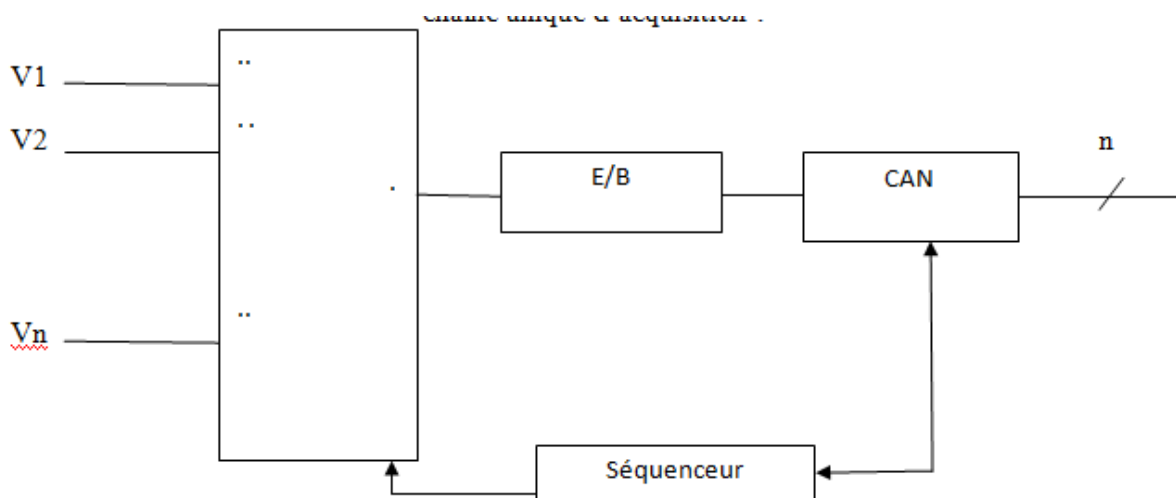
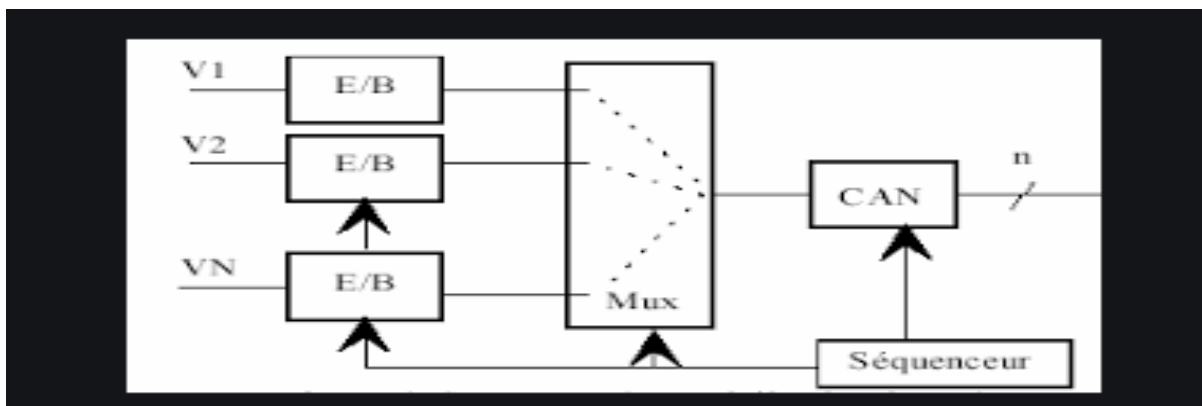


Figure I.8: Structure séquentielle décalée

**L'avantage** : de cette structure est bien évidemment son côté économique. Par contre il y a un décalage dans le temps des acquisitions. On réservera donc cette structure ne nécessitant pas une synchronisation entre les données numérisées. De plus le temps d'acquisition complet est à priori élevé car proportionnel au nombre de capteur.

### II.2.2 Acquisition séquentielle simultanée :

De manière à avoir des acquisitions « synchrones », on utilise la même structure que précédemment mais en utilisant des Echantillonneurs Bloqueurs (E/B) en amont du multiplexeur. On est dans une situation d'E/B en tête.

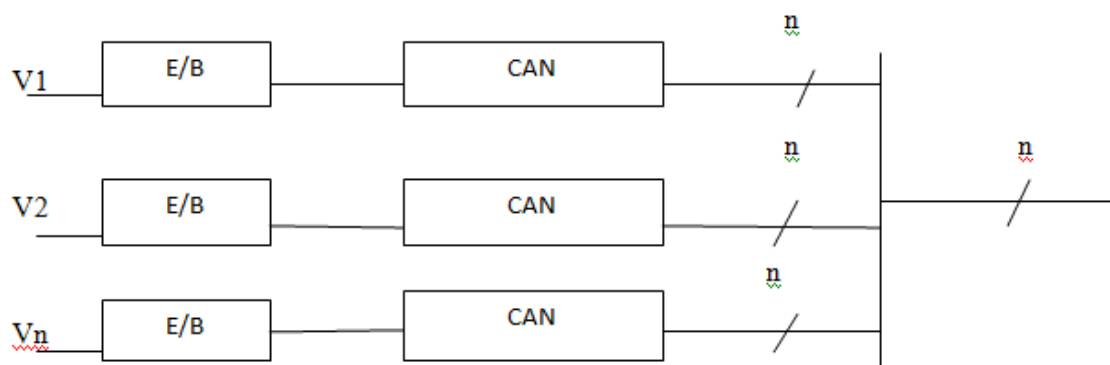


**Figure I.9: Structure séquentielle simultanée**

La prise des échantillons s'effectue au même instant, la conversion est effectuée de manière progressive. Cela signifie que les E/B assurent un maintien de l'échantillon durant les N acquisitions sans introduire de pertes supérieures à la résolution du CAN. Son coût est moyen.

### II.2.3 Acquisition parallèle :

C'est la structure la plus complète puisqu'elle consiste à disposer N chaînes d'acquisition en parallèle et de les connecter sur un bus de données commun.



**Figure I.10: Structure parallèle.**

Avec cette structure, il est possible d'effectuer en même temps l'acquisition d'une donnée pendant que l'on en stocke une autre. De même, toutes les conversions peuvent être simultanées, le stockage s'effectuant après. Cela permet un gain de temps sur l'acquisition complète. Mais elle est coûteuse.

### III. Architecture des chaines :

D'une manière générale la chaine peut avoir les architectures suivantes :

#### 1. Architecture A :

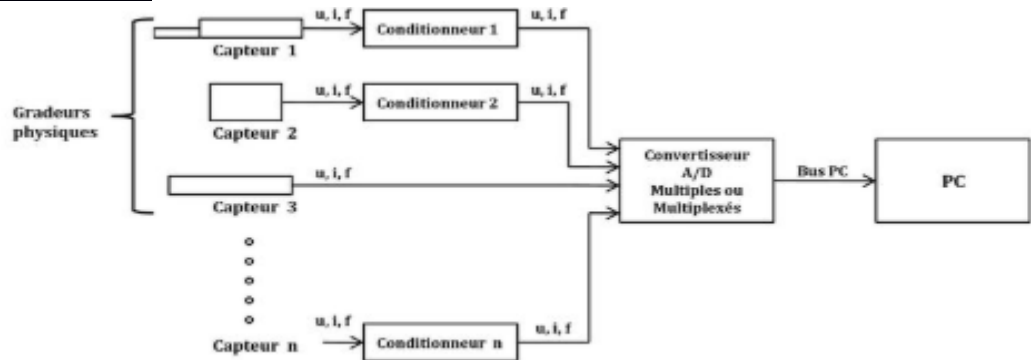


Figure I.11: Représentation d'architecture A.

Petits conditionneurs déportés; carte A/D multiplexée ou carte multi A/D connectée au bus interne du PC.

#### 2. Architecture B :

Petits conditionneurs déportés; module A/D multiplexée ou module multi A/D connecté au PC par un bus sériel USB, Ethernet, voir firewire.

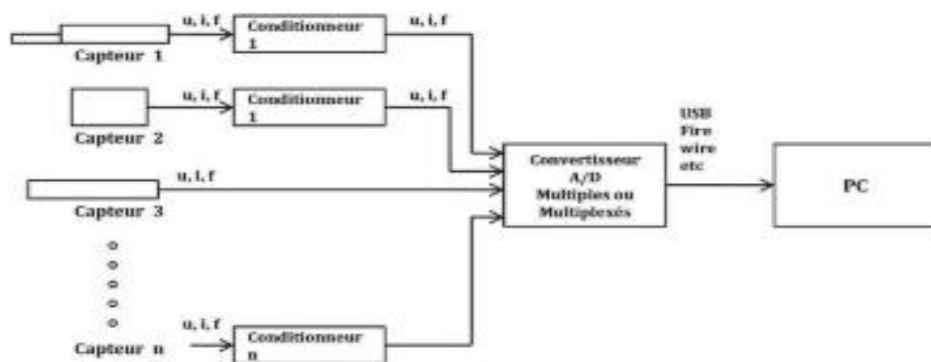


Figure I.12: Représentation d'architecture B.

### 3. Architecture C :

Les divers conditionnements ainsi que l' A/D ou les A/D sont intégrés dans la centrale de mesure. La centrale de mesure communique par données numériques et protocole de haut niveau avec le PC.

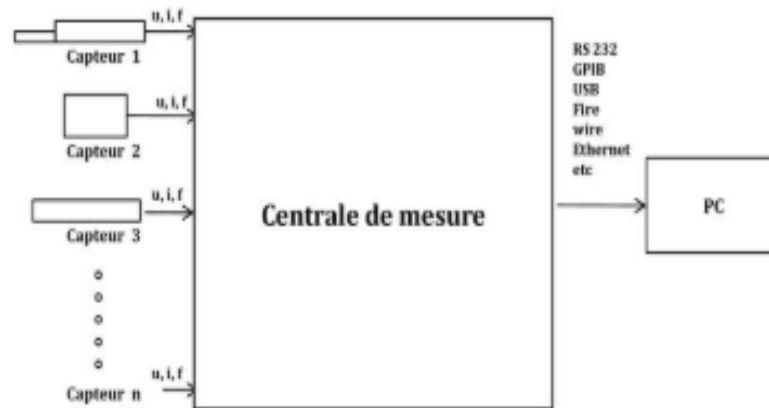


Figure I.13: Représentation d'architecture C.

### 4. Architecture D :

Il s'agit de combinaisons des cas précédents. Il faut alors résoudre le problème de synchronisation des données provenant des divers équipements.

Exemple : Architecture A et C.

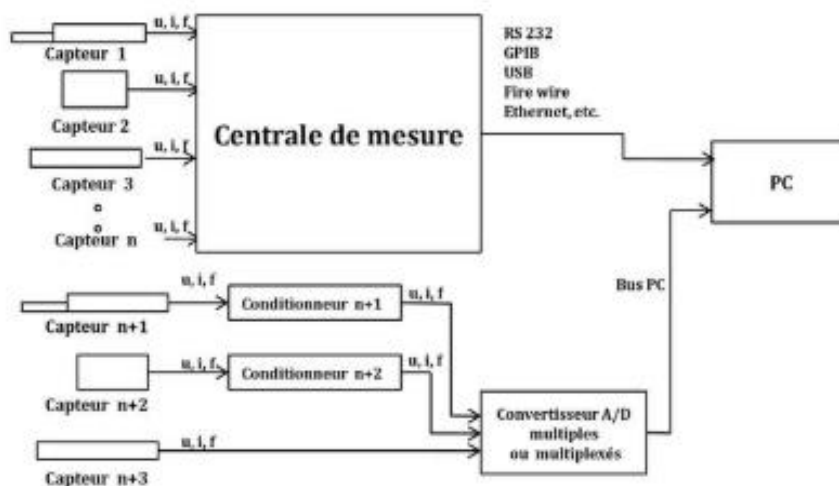
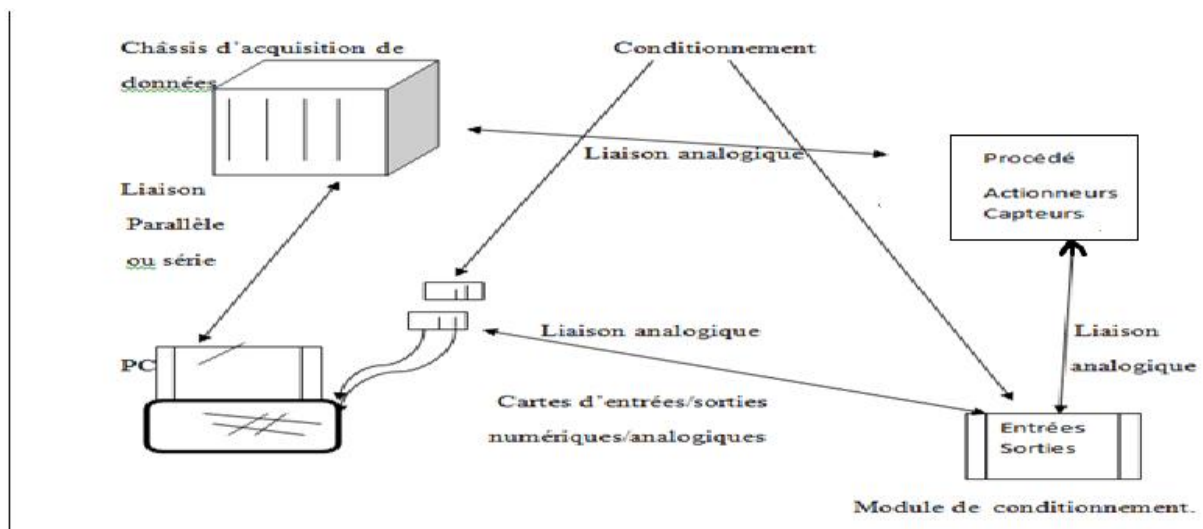


Figure I.14: Représentation d'architecture D.

## IV- Le conditionnement de signaux :

Dans une chaîne industrielle d'acquisition et de restitution de données, le système de conditionnement de signaux se place entre les capteurs ou les actionneurs et la chaîne industrielle de mesure. Les fonctions de conditionnement des signaux sont multiples et variées :

- Alimentation du capteur ou de l'actionneur : isolement de cette tension par rapport à celle du système de mesure, tension d'alimentation différente en niveau ou en puissance.
- Amplification (adaptation de niveau) et/ou modification du type du signal (de courant en tension) afin d'éviter une transmission d'un signal de bas niveau sur de longues distances.
- Isolement galvanique : protection du système de mesure contre les surtensions transitoires élevées pouvant survenir sur le capteur, protection contre les tensions négatives, etc.....
- Filtrage : filtrage du bruit (filtrage passe-bas, filtre réjecteur des harmoniques du secteur...), filtrage anti repliement...
- Traitement spécifique à des capteurs : linéarisation (thermocouples...), compensation (thermocouples, ponts de Jauge, etc.)...
- Conversion analogique-numérique ou numérique analogique (dans ce cas le système de conditionnement est en fait une carte d'acquisition déportée).



**Figure I.15 : Les différentes possibilités de mise en place des fonctions de conditionnement de signaux.**

Ce système (figure 15) peut être intégré au système de mesure (directement au niveau des cartes d'entrées/sortie) ou séparé. Ainsi il est possible de distinguer trois grands types d'architectures.



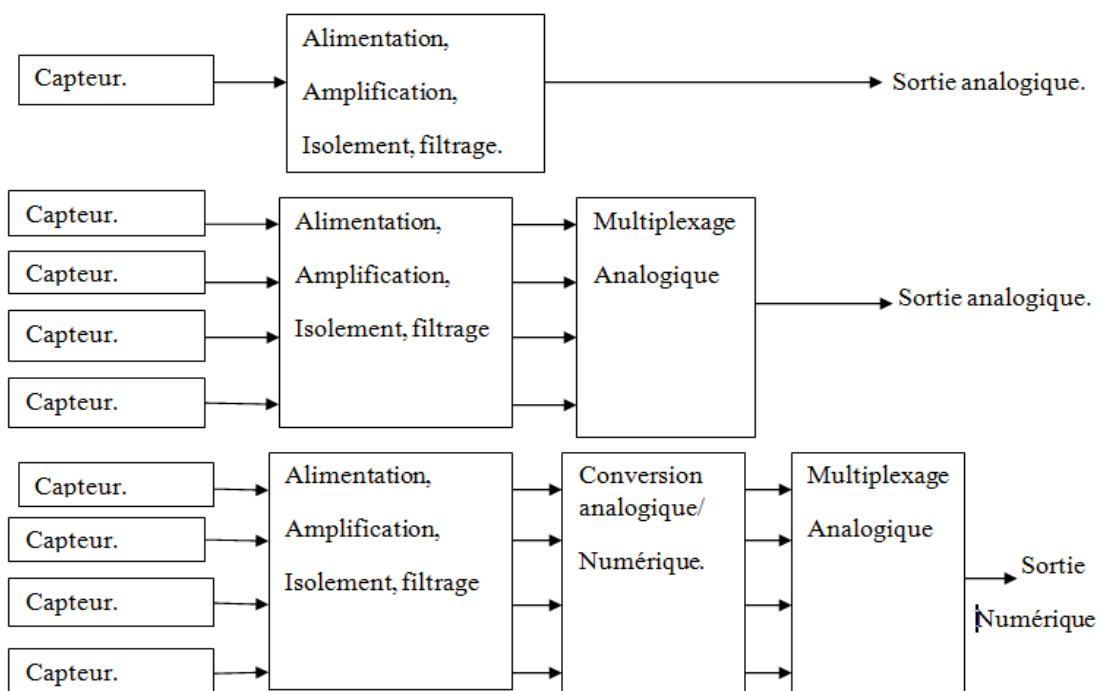
- Les modules de conditionnement simple (alimentation, isolation, amplification, filtrage).
- Les systèmes de conditionnement qui peuvent aller jusqu'à un système complet de mesure déporté.
- Des fonctions de conditionnement directement intégrée sur les cartes d'entrées/sorties du système de mesure.

Lorsque la distance entre le capteur et le système convertisseur analogique-numérique est grande, on a intérêt à transmettre un signal amplifié, à relativement basse impédance, et éventuellement symétrique, pour diminuer l'importance relative des tensions parasites ajoutées le long des câbles de liaison. C'est un autre rôle du conditionnement du signal.

Le système de conditionnement de signaux peut aller du simple module réalisant les fonctions simples de base (alimentation, isolation, amplification, filtrage) jusqu'à un système complet de mesure déporté.

Mais, dans les systèmes de conditionnement de signaux proprement dits, il est très intéressant de noter les différentes approches suivantes :

- Modules individuels de conditionnement suivis d'une transmission analogique. Ces systèmes se trouvent généralement associés et localisés directement avec le capteur et sont appelés transmetteurs ;
- Modules groupés de conditionnement avec multiplexage analogique (limitation du nombre de lignes de liaison entre le système de mesure et la mesure) suivi d'une transmission analogique ;
- Modules groupés de conditionnement avec conversion analogique-numérique et multiplexage numérique suivi d'une transmission numérique.



**Figure I.16 : Les différentes approches des systèmes de conditionnement de signaux.**

Les systèmes de conditionnement offerts sont aussi souvent spécifiquement destinés à une catégorie de capteurs donnés. L'exemple le plus significatif est le cas des thermocouples qui nécessitent comme nous l'avons vu une soustraction de tension (compensation de soudure froide, une linéarisation et une amplification). Aussi trouve-t-on des conditionneurs destinés à un type de thermocouple bien précis et fournissant au système de traitement une tension d'amplitude élevée (qlq. V) et directement proportionnelle à la température.

Ces systèmes de conditionnement se présentent souvent sous forme très modulaire permettant de choisir et de mettre en place des modules spécifiques pour chacun des capteurs de l'application.

**Le multiplexage :** Le multiplexage est une méthode permettant de scruter successivement plusieurs voies d'entrée dans un système d'acquisition. Bien entendu, cela allonge d'autant l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux mesures sur un même canal. Le multiplexage peut consister simplement en une commutation sur l'une ou l'autre voie par l'intermédiaire de relais électromagnétiques pilotés par le PC lui-même, mais beaucoup de dispositifs de mesure comportent en entrée un système de multiplexage réalisé entièrement en semi-conducteurs, et bien entendu programmable. Lorsque l'on désire une acquisition plus rapide, ou une mesure quasi-simultanée sur plusieurs voies, on préfère consacrer un convertisseur analogique-numérique à chaque voie.

Le convertisseur analogique-numérique est en général le circuit le plus coûteux. Par conséquent, lorsque l'on souhaite plusieurs voies d'entrées analogiques, on préfère adjoindre au CAN un multiplexeur analogique plutôt que de multiplier ce circuit. Ce multiplexeur permet de choisir par programmation entre X voies d'entrées celle qui sera connectée au CAN. Un tel circuit 8 voies est utilisé sur la carte étudiée. La voie est choisie par écriture de son numéro dans un registre 8 bits d'adresse mux.

## **V . Structure d'une chaîne d'E/S numériques :**

La diversité des signaux utilisés et la différence des niveaux d'énergie entre les processus industriels et les calculateurs nécessitent, comme nous l'avons vu, l'utilisation d'interfaces industrielles qui assurent les fonctions suivantes :

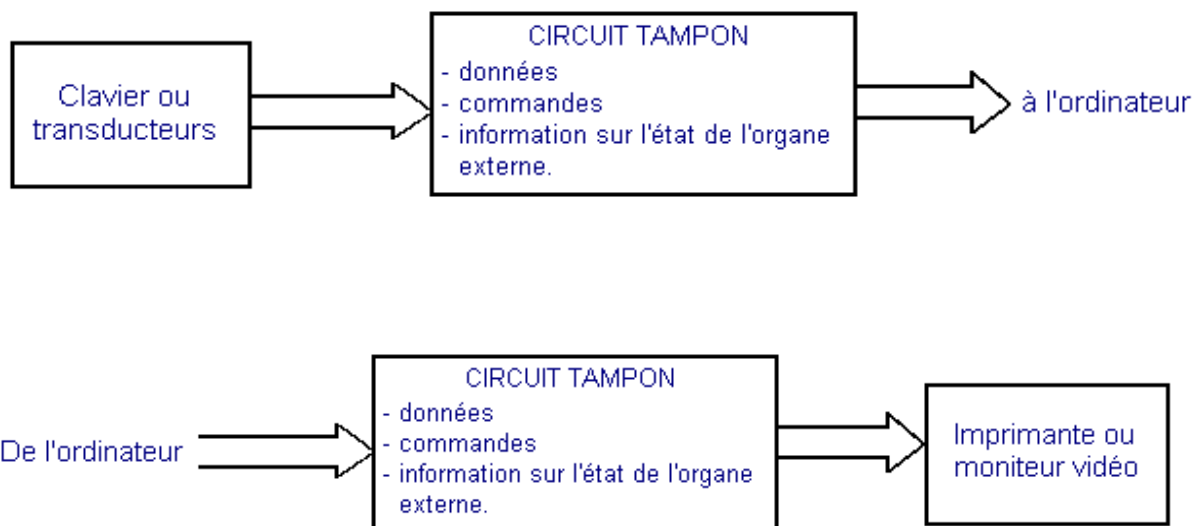
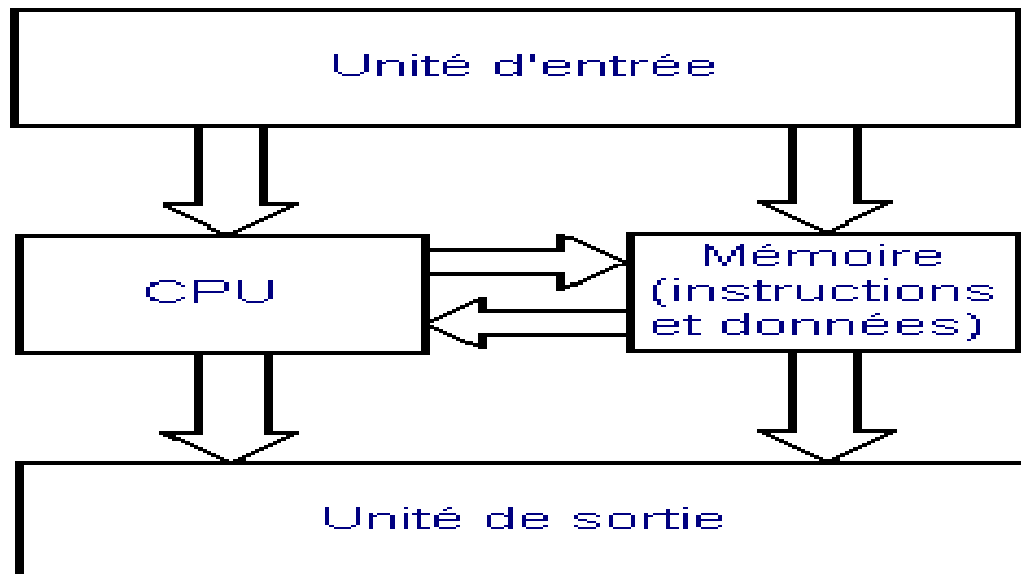
- ✓ Adaptation ;
- ✓ Filtrage (des parasites dus à l'environnement) ;
- ✓ Isolation (protection de la partie numérique contre les surtensions) ;
- ✓ Etage tampon (mémorisation de l'information).

Exemple sur le cas général :

Dans le cas général, aussi bien en entrée qu'en sortie, l'interface doit être étudiée au niveau des différentes fonctions suivantes : adaptation, isolation, filtrage, étage tampon.

Les deux structures d'interfaces d'entrées/sorties numériques sont complètes et, suivant le cas à traiter, signal électrique à acquérir ou à fournir, les différents modules existent ou non, et sont complexes ou non. Le module d'adaptation réalise une mise à niveau du signal par

rapport au calculateur soit en puissance, tension ou courant. Les modules d'isolement et de filtrage permettent d'éliminer une partie du signal électrique entre le calculateur et le processus, seule l'information est transmise. L'étage tampon permet de mémoriser l'information transmise au niveau de l'interface si le transfert n'est pas immédiat. Dans le cas d'interface complexe, on trouve généralement un module de contrôle qui est utilisé pour gérer cette interface.



**Figure I.17: Interface d'entrée/sortie numérique.**

**Remarque :** Lorsqu'un module d'isolement électrique total est mis en place au niveau de l'interface, deux alimentations séparées sont nécessaires pour la partie adaptation et filtrage et

pour la partie étage tampon. Dans le cas contraire, l'isolement n'est plus réalisé puisque la masse de l'alimentation générale constitue une liaison électrique.

## V.1 - Composants d'une chaîne d'E/S numériques :

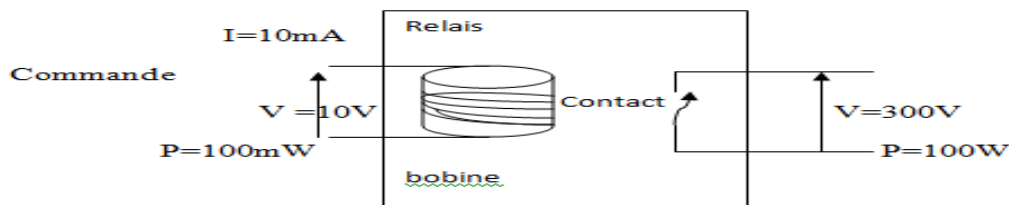
### 1- Adaptation :

#### a) Adaptation en puissance :

L'adaptation en puissance est généralement assurée soit par relais électromécaniques, soit par relais statiques.

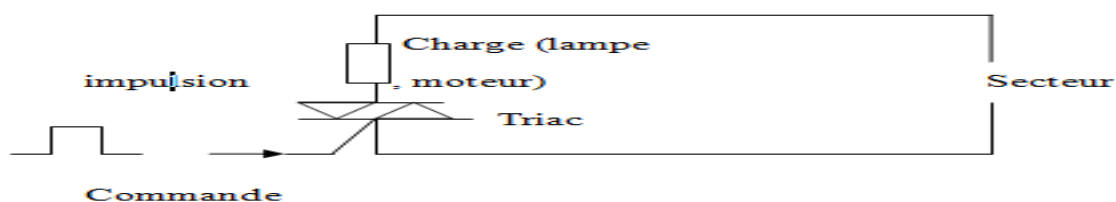
Les relais électromécaniques sont d'utilisation simple et présentent un isolement électrique important de l'ordre de 1000 V. Ils se présentent comme un élément possédant un gain en puissance important : la sortie de bas niveau d'un ordinateur peut commander un actionneur de puissance. Il en existe une large gamme ; certains conservent leur position en cas de coupure secteur (relais bistables). Par contre, ils ont une durée de vie limitée (10<sup>6</sup> commutations) qui dépend fortement des caractéristiques du circuit commuté (courant, self,...).

D'autre part les relais électromécaniques sont limités en fréquence (temps de réponse mécanique de l'ordre de la dizaine de millisecondes) ; cette limitation présente un avantage, c'est le filtrage des parasites hautes fréquences. De plus l'environnement industriel dans lequel le relais est installé (milieu parasité, poussiéreuse, humide, etc.) va se traduire par une résistance de contact non nulle en position fermée ( $R_{on} \approx 100\Omega$ ) et non infinie en position ouverte ( $R_{off} \approx 100\text{ k}\Omega$ ).



**Figure I.18: Adaptation de puissance par relais électromagnétique: gain en puissance de  $10^4$**

Les relais statiques sont des étages de puissance réalisés avec des transistors pour les tensions continues et des triacs pour les tensions alternatives. Ils présentent une meilleure fiabilité, une plus grande durée de vie et une bande passante plus étendue que les relais électromécaniques.



**Figure I.19 : Adaptation de puissance par relais statique.**

### Définition de triac :

Le triac (de l'anglais triode for alternating current) est un composant électronique équivalent à la mise en parallèle de deux thyristors montés tête-bêche (l'anode de l'un serait reliée à la cathode de l'autre, les gâchettes respectives étant commandées simultanément).

### Un triac possède deux modes de fonctionnement :

- Il n'est pas amorcé: il est équivalent à un interrupteur ouvert ou à une résistance infinie.
- Il est amorcé: il est équivalent à un interrupteur fermé ou à un fil.  
Cependant, il arrive que, dans la pratique, cela se révèle différent.

### La structure du triac :

- Le triac est composé de trois bornes :
- Une électrode A2.
- Une électrode A1.
- Une électrode appelée gâchette G.

### Principe de fonctionnement :

Le triac est conçu pour laisser passer le courant lorsqu'il est amorcé aussi bien de A2 vers A1 que de A1 vers A2. Le triac se rapproche du thyristor, mais ce dernier ne laisse passer le courant que dans un sens de A2 vers A1 (on parle d'anode A2 pour et de cathode pour A1). En effet, le triac peut être assimilé à l'association de 2 thyristors en antiparallèle. Le déclenchement donc la fermeture du circuit peut se faire par un courant de gâchette positif ou négatif quelle que soit la polarité de A2.

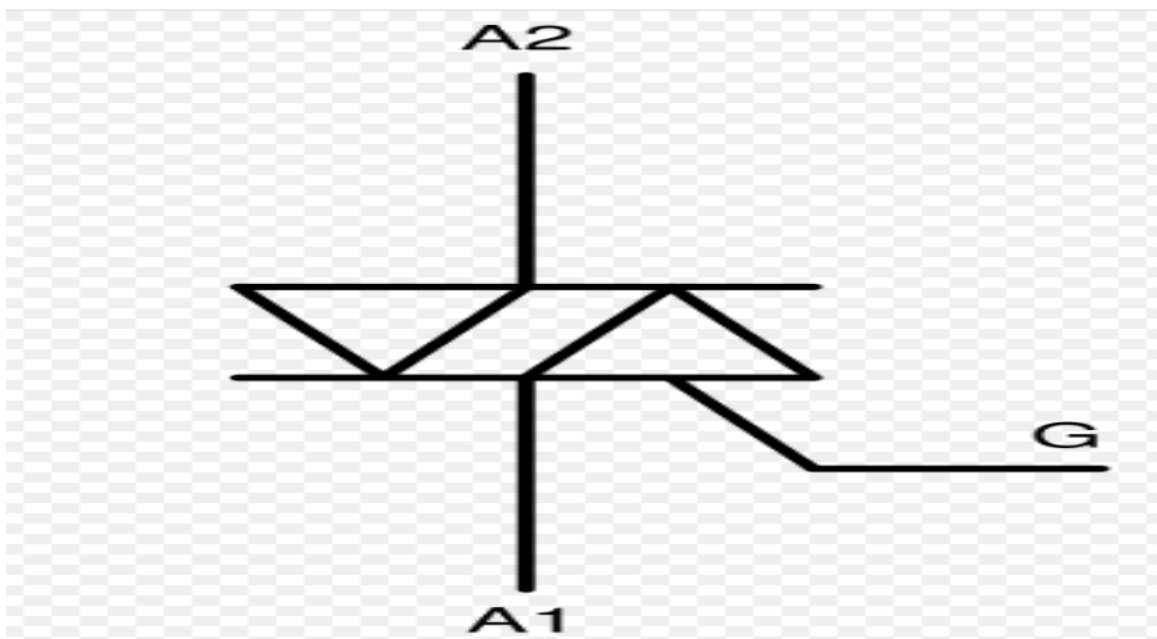
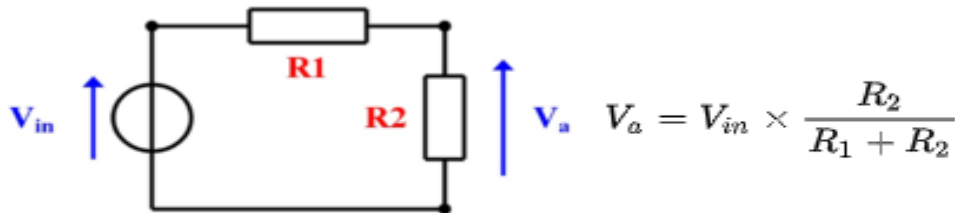


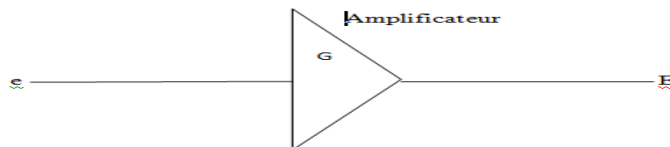
Figure I.20 :Représentation schématique d'un triac.

### **b) Adaptation de niveau :**

L'exemple le plus simple est celui du pont diviseur réalisé avec des résistances dans le cas où la tension d'entrée est supérieure à celle désirée. Dans le cas contraire où l'on désire une tension de sortie supérieure à la tension d'entrée, on utilise un amplificateur.



**Figure I.21 : Adaptation de niveau par pont de diviseur.**

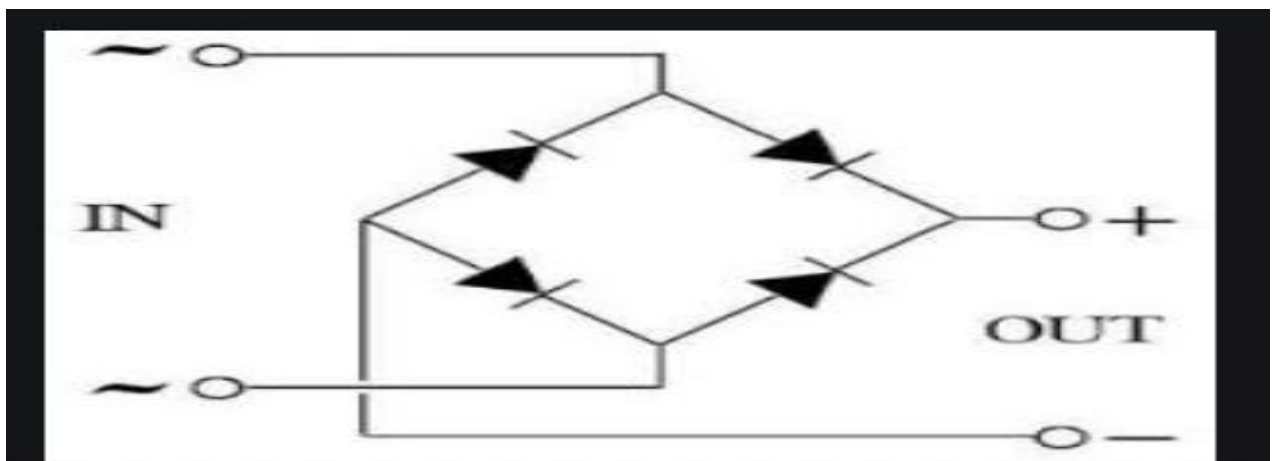


$$E = G.e...[3].$$

**Figure I.22 : Adaptation de niveau par amplificateur.**

### **c) Changement de type de signal :**

L'information, que l'on veut récupérer, peut être contenue seulement dans une partie du signal reçu : amplitude maximale, valeur moyenne...



**Figure I.23 : Transformation du type d'un signal.**

Dans ce cas il est nécessaire, au niveau de l'interface, de réaliser la transformation du signal permettant d'isoler la partie utile. Par exemple, on peut avoir besoin de transformer un signal alternatif en un signal continu par un pont de diodes.

## 2- Isolement et filtrage :

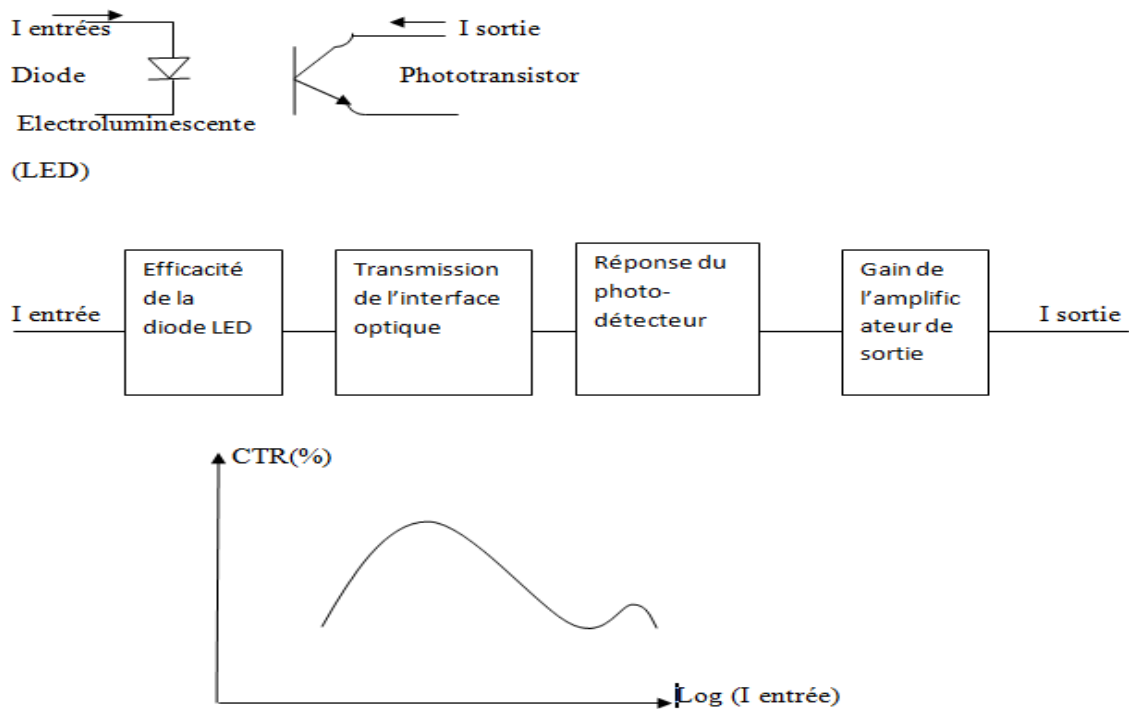
### a) Isolement électrique :

Comme nous venons de le voir, les relais électromécaniques réalisent non seulement une adaptation en puissance, mais aussi un isolement électrique.

La faible fréquence de transmission ainsi que les possibles rebonds de contacts conduisent à choisir des coupleurs optoélectroniques lorsque l'on veut réaliser la seule fonction d'isolement. Les avantages de tels composants sont nombreux : protection contre les surtensions, isolement du système jusqu'à plusieurs milliers de volts, élimination du couplage par la masse dans le cas d'alimentations séparées). Les opto-coupleurs sont caractérisés par le rapport de transmission en courant CTR (Current Transmission ratio) (CTR exprimé en %) :

$$CTR = \frac{I_{\text{sortie}}}{I_{\text{entrée}}} \dots\dots [4].$$

Les courbes, permettant de montrer leur efficacité vis-à-vis des surtensions, se présentent sous la forme : CTR (I entrée) :

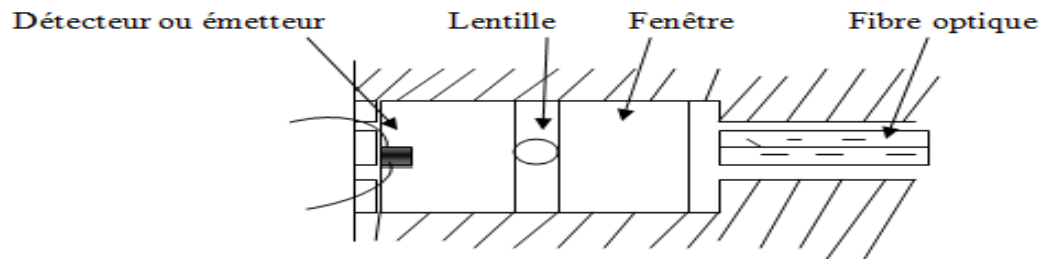


**Figure I.24 : Schéma d'un coupleur optoélectronique, sa chaîne de transmission et la courbe de transmission CTR (I entrée).**

Il existe une grande variété photo-coupleurs, chacun présentant des avantages spécifiques, en particulier :

- Grande vitesse de transmission > Mbits/s.
- Compatibilité TTL.
- Faible courant d'entrée.
- Gain élevé.

La connexion des fibres optiques est de plus en plus facilitée par des systèmes de branchements normalisés proposés par les constructeurs. Le raccordement de la fibre au détecteur ou émetteur optique est mécaniquement simple.



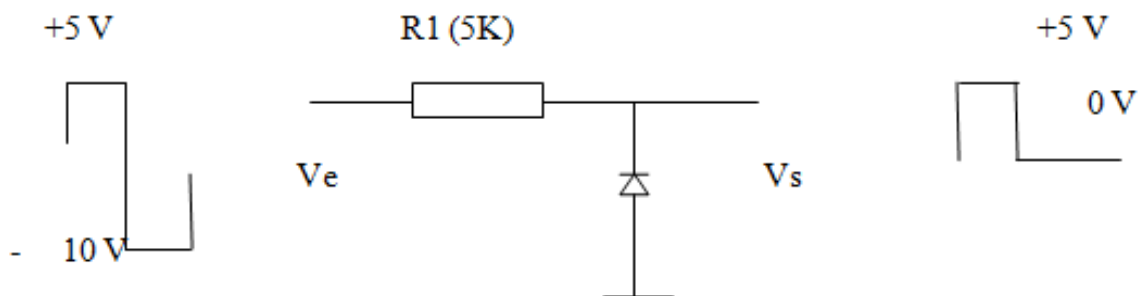
**Figure I.25 : Connexion d'une fibre optique à un émetteur ou à un détecteur.**

Ce système de transmission optique de l'information permet aussi d'éloigner le calculateur du processus industriel en faisant une liaison diode électroluminescente/phototransistor par fibre optique, cette liaison étant insensible aux parasites.

### **b) Protection :**

Il est possible de protéger une entrée numérique sans pour cela utiliser un circuit de découplage comme un photo-coupleur. On peut utiliser ainsi la diode dans les montages suivants :

- Diode de protection contre les courants inverses.

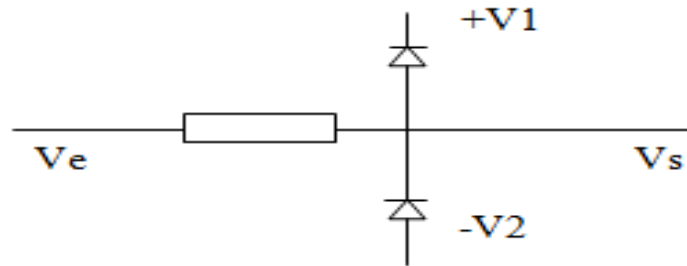


**Figure I.26: Schéma de protection contre les courants inverses.**

- Diode de protection pour écrêtage d'un signal :



$-V2 < V_s < +V1$  quel que soit  $V_e$  :



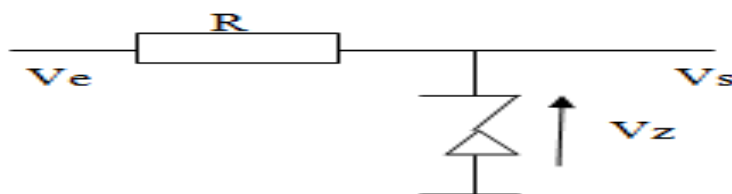
**Figure I.27 : Schéma pour l'écrêtage d'un signal.**

❖ Diodes Zener pour limiter la tension:

Si  $V_e < V_z$  alors  $V_s = V_e$ .

Si  $V_e \geq V_z$  alors  $V_s = V_z$ .

L'utilisation des diodes Zener est limitée à des tensions faibles (inférieures à quelques dizaines de volts). Pour des surtensions plus importantes et de variation rapide, il faut utiliser des composants de protection de type varistances : Ge-mov (General Electric-Metal Oxide Varistor). Ces composants sont très utilisés pour supprimer les surtensions et parasites sur le secteur. Ils couvrent une plage de tensions depuis 8V crête jusqu'à plusieurs milliers de volts et absorbent des énergies allant de 0.5 à plus de 10000 Joules.



**Figure I.28: Schéma pour limiter l'amplitude d'un signal.**

### **c) Filtrage :**

Il peut être nécessaire de modifier la distribution des composantes fréquentielles d'un signal, afin d'en amplifier certaines (ex: signal) ou d'en atténuer d'autres (ex: bruit); ce sont les filtres qui permettent d'atteindre ces objectifs. Le sujet étant vaste, et pas l'objet premier de ce cours, nous nous limitons à des notions générales permettant de ne pas être démuni si l'obtention de signaux adéquats l'exigeait.

On peut classer les filtres selon :

1. la nature.
2. Le type.

### 1.1 Classification selon la nature de filtre :

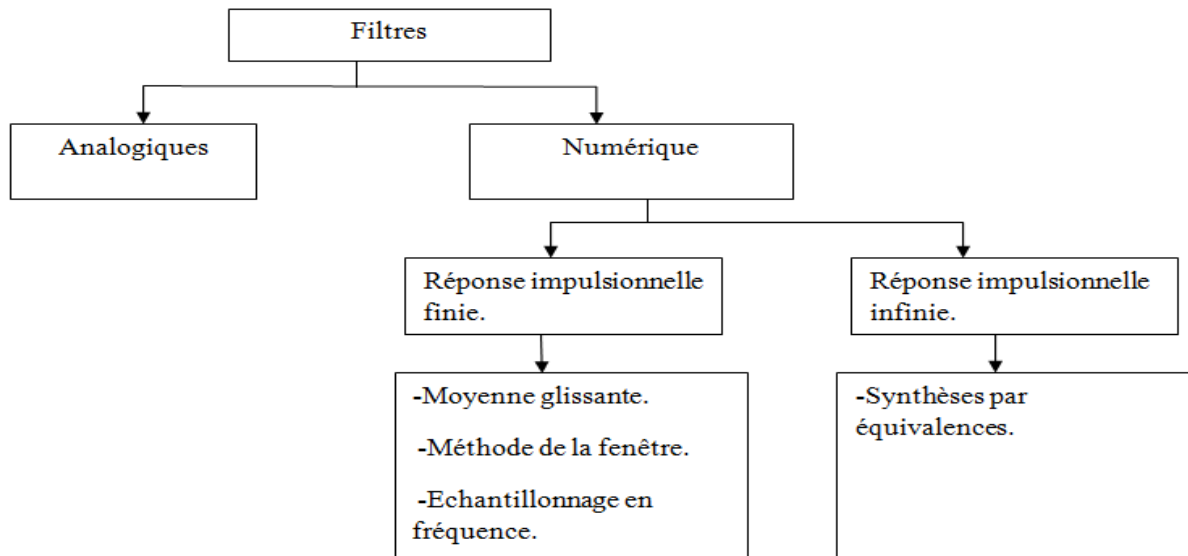


Figure I.29: Représentation du filtre selon la nature.

### 1.2 Classification selon le type de filtre :

Il existe quatre principaux types de filtres, selon la forme de leur réponse :

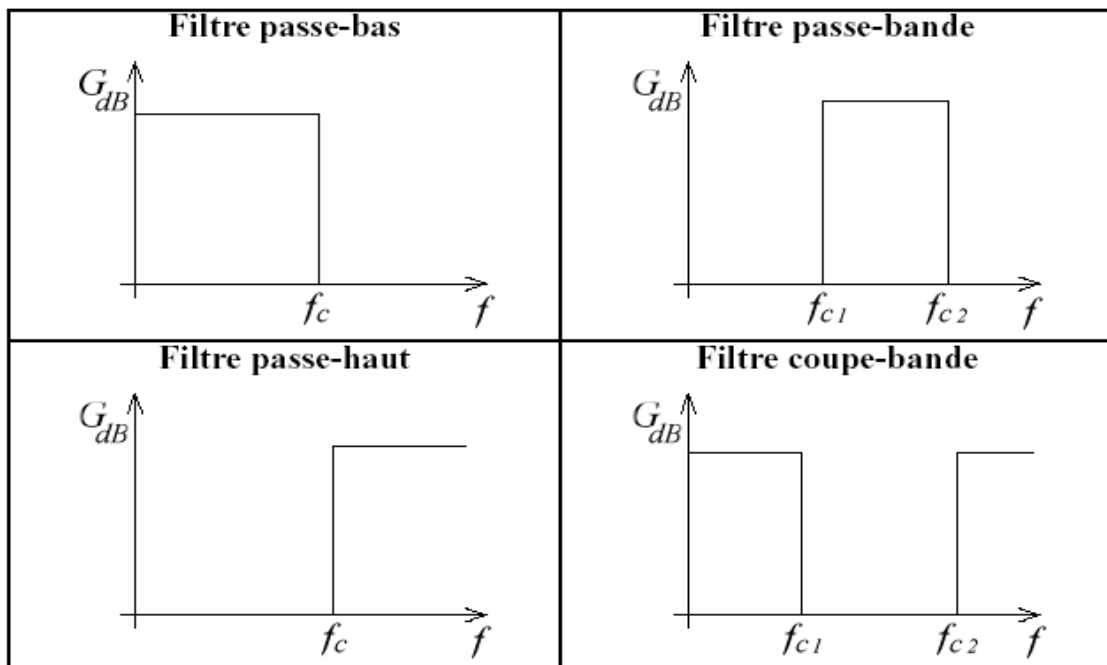


Figure I.30 : Représentation du filtre selon le type.

### **(a) Les filtres anti-repliement :**

Pour limiter le contenu fréquentiel du signal en entrée, un filtre passe-bas (un filtre qui Laisse passer les basses fréquences mais qui atténue les hautes fréquences) est ajouté à L'échantillonneur et au C A/N. Ce filtre est un filtre anti-repliement car en atténuant les hautes fréquences (supérieures à la fréquence de Nyquist), il empêche d'échantillonner les composantes qui pourraient se replier. Comme à ce point-ci (avant l'échantillonneur et le C A/N), on est encore dans le monde analogique, le filtre anti-repliement est un filtre analogique.

Un filtre anti-repliement est intercalé entre la tension à mesurer (qui provient généralement d'un capteur) et le canal d'entrée de l'ADC du PIC.

**(b) Filtre réjecteur :** appelé filtre trappe, cloche *ou* coupe-bande, est le complémentaire du passe-bande. Il atténue une plage de fréquences. Cela peut être utile pour diminuer certains parasites par exemple.

Une forme d'isolement est la suppression de certaines fréquences. Dans une ambiance industrielle.

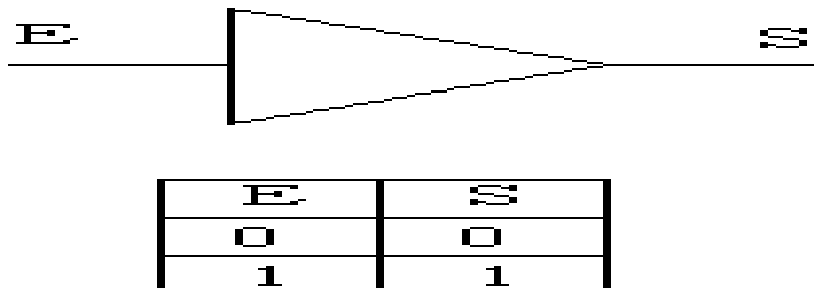
### **3- Etage tampon :**

Cet étage tampon peut avoir les fonctions suivantes :

- Mémorisation des données .
- Adaptation à un bus de données (circuit 3 états).
- Synchronisation par la logique de commande.

On appelle étage tampon un étage qui est caractérisé par une impédance d'entrée élevée et une impédance de sortie faible. On parlera aussi d'étage adaptateur d'impédances.

On distingue trois types de circuits : les tampons, les tampons 3 états et les circuits d'interface.



**Figure I.31: Symbole et table de vérité d'un étage tampon.**

Dans le domaine de l'électronique numérique, un tampon est simplement un circuit non inverseur à une entrée et une sortie. L'état logique de la sortie est égal à celui de l'entrée.

Toutefois qu'au moment des changements d'état, il s'écoule toujours un certain temps entre le moment où l'entrée et la sortie changent d'état.

On appelle sortante d'un circuit intégré numérique le nombre d'entrées de circuits de même technologie que l'on peut raccorder à une même sortie. Cette sortante est en pratique de l'ordre de 10, même si certaines technologies, comme les circuits CMOS, affichent des valeurs bien supérieures.

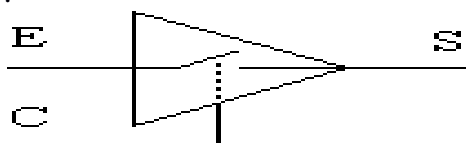
**Le circuit tampon est utilisé :**

- lorsqu'une sortie doit piloter un nombre d'entrées supérieur à sa sortante ; exemple : si une sortie doit piloter 15 entrées, on placera deux étages tampons, dont l'entrée est pilotée par la sortie ; l'un pilotera 8 entrées, l'autre 7 ;
- lorsque l'on mélange des circuits de technologies différentes ; ainsi, une sortie de circuit NMOS ne peut piloter que 2 entrées TTL ; l'utilisation d'un étage tampon est donc nécessaire dès que l'on dépasse ce nombre.

Des étages tampons sont très souvent utilisés dans les circuits à microprocesseur. En effet, les bus d'adresses et de données du microprocesseur sont reliés aux mémoires, aux ports d'entrée et de sortie, et aux différents périphériques du système, ce qui multiplie le nombre d'entrées pilotées.

Remarque : les tampons utilisés pour le bus de données doivent être bidirectionnels, ce qui nécessite l'utilisation de tampons 3 états.

**Tampons 3 états :**



C	E	S
1	0	0
1	1	1
0	0	?
0	1	?

**Figure I.32: Symbole et table de vérité d'un tampon 3 états.**

Un tampon 3 états est un tampon doté d'une deuxième entrée, appelée entrée de commande C. Lorsque cette entrée est au niveau actif (par exemple, 1), le tampon se comporte normalement : la sortie S reflète l'état de l'entrée E. Si C est au niveau inactif, la sortie est isolée de l'entrée, son niveau logique étant indéterminé ou défini par un autre élément du système (résistance de rappel à la masse ou à Vcc, autre circuit, etc.). Le symbole et la table de vérité sont donnés dans la figure ci-contre.

Le rôle fondamental du tampon 3 états est donc un rôle d'isolement. Il est équivalent à un interrupteur qui est ouvert ou fermé selon le niveau logique appliqué à l'entrée de commande.

Les tampons 3 états sont indispensables dans les systèmes à microprocesseur (MP). Ils sont le plus souvent intégrés dans les circuits destinés à être raccordés au bus de données du MP. Pour relier à un même bus différents boîtiers mémoire sans que ceux-ci ne se disputent le contrôle du bus, il suffit de placer sur chaque sortie de chaque boîtier un tampon 3 états. Lorsque le microprocesseur veut lire une donnée provenant d'un boîtier, il sélectionne ce boîtier (à l'aide du bus d'adresses et d'un décodeur) et rend ses tampons passants ; tous les

autres boîtiers mémoire sont isolés du bus par leurs propres tampons, qui seront isolants tant que l'on n'a pas besoin de l'un d'entre eux.

### **Remarque :**

- on peut utiliser un tampon 3 états comme un tampon normal, en connectant l'entrée C en permanence au niveau actif ;
- une petite difficulté se pose lorsque l'on veut piloter le bus de données d'un MP par un étage tampon externe ;

Le bus de données est bidirectionnel : à certains moments les données se propagent des mémoires et/ou périphériques vers le MP, et à d'autres dans le sens contraire. Il est donc nécessaire de placer sur chaque ligne du bus 2 tampons 3 états en sens opposés ; les signaux de lecture et d'écriture du MP sont utilisés pour rendre les tampons passants aux moments adéquats.

### **Circuits d'interface :**

Les circuits d'interface peuvent également être considérés comme des circuits tampons, dans la mesure où ils présentent une impédance d'entrée élevée et une impédance de sortie faible. Mais leur rôle est de servir de traducteur de niveau : ils sont utilisés lorsque l'on combine au sein d'un même système des circuits intégrés de technologies différentes, caractérisés par des niveaux logiques différents.

### **Conclusion :**

L'acquisition de données, qui consiste à obtenir les différentes grandeurs physiques mises en jeu dans un système (lequel peut être une unité de production ou une station de recherche scientifique), voit son importance sans cesse accrue, parce qu'elle contribue efficacement à améliorer le bon fonctionnement du système en vue d'assurer la qualité des produits fabriqués. La technique d'acquisition évolue avec les progrès réalisés dans le domaine de l'électronique numérique et en particulier dans celui des microprocesseurs.

Un système d'acquisition de données est en fait une interface entre, d'une part, le mode analogique constitué par des capteurs de grandeurs physiques et des conditionneurs de signal et, d'autre part, le mode numérique constitué de convertisseur analogique-numérique et des organes de traitement et de commande qui peuvent être des systèmes à microprocesseur

# CHAPITRE II

➤ Les Capteurs.

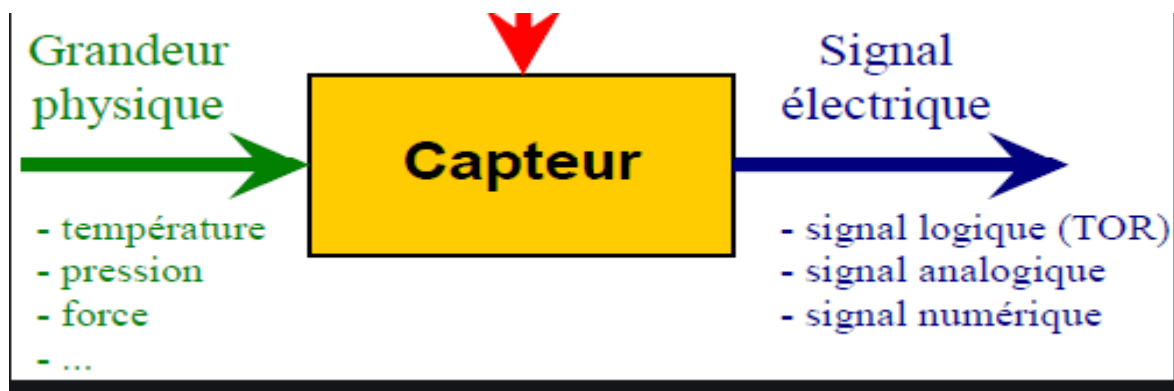
Dans ce chapitre on va parler sur les capteurs, les types, et les domaines d'utilisation.

## II.1 Présentation et définition :[3]

### II.1 Les capteurs :

Premier élément de la chaîne d'acquisition, est un dispositif électronique qui transforme les grandeurs physiques ou chimiques non électriques en un signal électrique mesurable.

- La grandeur à mesurer est appelée mesurande « m ». Le rôle du capteur est donc de convertir « m » en une grandeur électrique (impédance, courant, charge, ddp) qu'on appelle la mesure « s ».
- La relation  $s=f(m)$  entre la mesure et le mesurande est définie théoriquement et/ou expérimentalement par l'étalonnage du capteur.



$$S=f(m)$$

**Figure II.1 : Le schéma d'un capteur.**

- Dans certains cas, la conversion de « m » en « s » n'est pas directe. La mesure d'une pression, par exemple, nécessite d'appliquer cette dernière à un solide déformable auquel sera fixé un capteur de déformation. Ce solide déformable est appelé corps d'épreuve.
- En général, le signal délivré par le capteur n'est pas directement utilisable et a besoin d'être amplifié, adapté, converti, linéarisé, digitalisé, etc. L'ensemble des circuits et appareils qui assure ces opérations est appelé chaîne de mesure.
- La fonction  $s=f(m)$  dépend souvent d'autres grandeurs physiques propres à l'environnement (température, humidité, bruit d'interférence, etc.). Ces grandeurs sont appelées grandeurs d'influence.

## II.2 Le mesurande, grandeur physique à mesurer :

1. **Une mesure :** est une représentation quantifiée d'une grandeur physique (température, pression, champ magnétique ...). On définit la terminologie suivante :

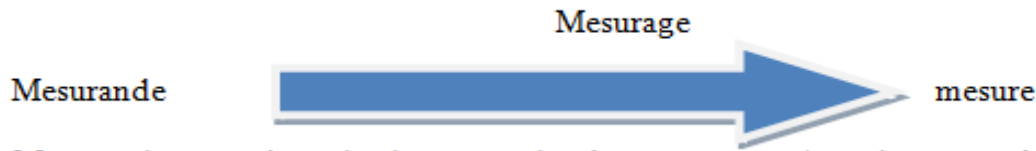


Figure II.2 : Le schéma d'une mesure.

- **Mesurande** : grandeur physique soumise à un mesurage (pression, température, ...),
- **Mesurage** : toutes les opérations permettant l'obtention de la valeur d'une grandeur physique (mesurande).
- **Mesure** : valeur numérique représentant le mesurande (6 MPa, 20°C, 2 ms.<sup>-1</sup> ...).

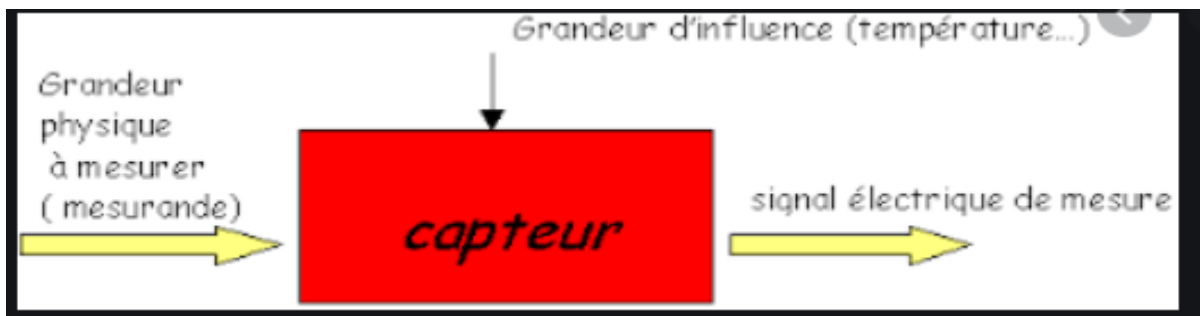


Figure II.3 : Constitution d'une chaîne de mesure classique.

## II.3. Chaîne de mesure :

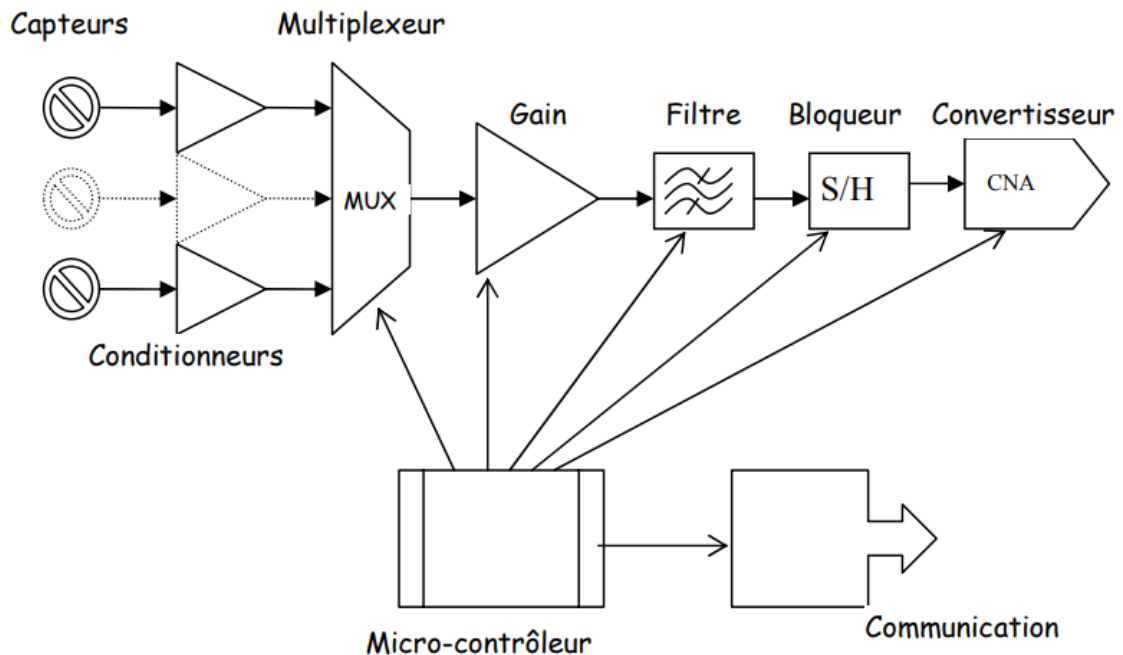
Pour obtenir une image d'une grandeur physique, on fait appel à une chaîne de mesure qui peut faire intervenir plusieurs phénomènes différents. Par exemple, la mesure d'un débit peut se faire en plusieurs étapes :

- transformation du débit en une pression différentielle, - transformation de la pression différentielle en la déformation mécanique d'une membrane, - transformation de la déformation mécanique en une grandeur électrique (à l'aide d'un piézo-électrique) via un circuit électronique associé.

L'ensemble de ces étapes constitue la chaîne de mesure.



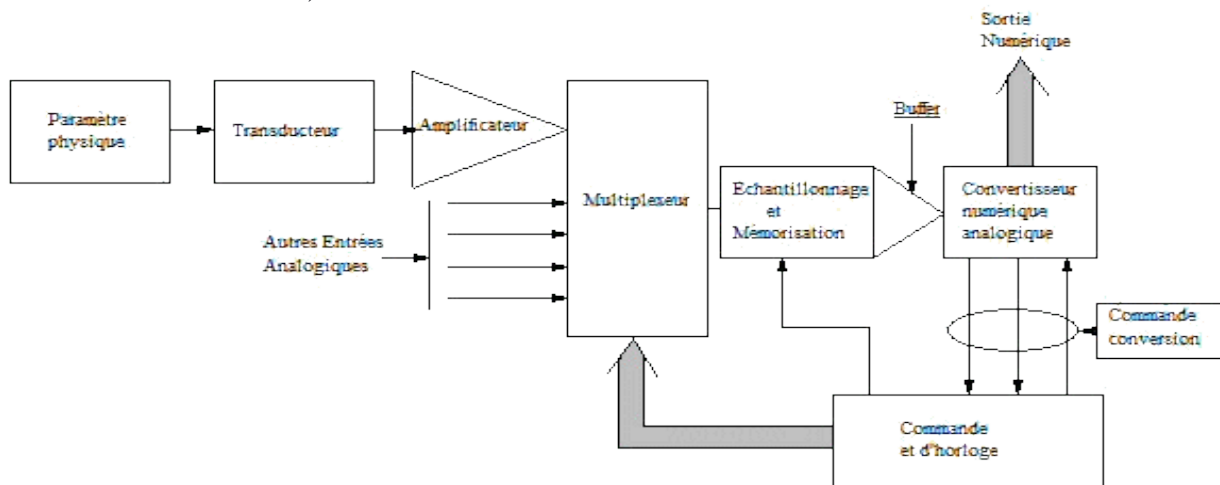
De manière classique la sortie d'une chaîne de mesure est du type électrique. Si la chaîne de mesure fait intervenir plusieurs transducteurs, on appelle corps d'épreuve celui en contact direct avec le mesurande. Le dernier transducteur est associé à un conditionneur qui fournit la grandeur électrique de sortie de manière exploitable. Le choix de ce conditionneur est une étape importante dans le cadre de la chaîne de mesure car, associé au capteur, il détermine la nature finale du signal électrique et va influencer les performances de la mesure.



**Figure II.4 : Les éléments de la chaîne de mesure.**

- Un corps d'épreuve : qui soumet au mesurande primaire fournit un mesurande secondaire qui peut être traduit en signal électrique par un capteur,.
- Un capteur : qui soumet à l'action du mesurande (primaire ou secondaire), injecte à l'entrée de la chaîne le signal électrique porteur de l'information du mesurande. Nous venons de voir que ce signal est produit soit directement par le capteur actif, soit par l'intermédiaire du conditionneur du capteur passif.
- Un circuit de linéarisation du signal.
- Un circuit amplificateur d'instrumentation ou d'isolement : pour réduire les tensions parasites de mode commun
- Un multiplexeur analogique : chargé de sélectionner l'un des signaux électriques disponibles dans le cas d'un dispositif comprenant plusieurs capteurs
- Un circuit d'amplification du niveau du signal
- Un circuit de filtrage analogique pour limiter la bande passante aux fréquences significatives du signal
- Un échantillonneur-bloqueur : pour mémoriser le niveau analogique pendant le temps nécessaire à son traitement.
- Un convertisseur analogique-digital : pour fournir une information numérique
- Un calculateur qui peut remplir une ou plusieurs des 3 tâches suivantes : l'orchestration de la chaîne de mesure (sélection des voies, des gains, des filtres), des

opérations mathématiques de traitement du signal (filtrage, correction) et d'analyse des données (statistique), la production du résultat de la mesure sur une interface d'entrée-sortie informatique (afficheur, mémoire de masse, circuit de communication).



**Figure II.5 : Représentation de la chaîne de mesure**

#### **II.4. Types de grandeur physique :**

On peut classer les grandeurs physiques en 6 familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces 6 familles :

1. Mécanique : déplacement, force, masse, débit etc...
2. Thermique : température, capacité thermique, flux thermique etc...
3. Electrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique etc...
4. Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique etc...
5. Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes etc...
6. (Bio) Chimique : humidité, gaz, sucre, hormone etc...

#### **II.5 Classification des capteurs :[4]**

On peut classer les capteurs en 3 groupes en fonction de la nature de l'information délivrée en sortie :

##### **1. Les capteurs analogiques :**

Dans la pratique industrielle, on donne à ce type de matériel le nom de capteurs.

Type de signal de sortie : 0 – 10V ou 4 – 20mA.



**Figure II.6 : Représentation de signal d'un capteur analogique.**

## 2. Les capteurs numériques :

Souvent nommés codeurs ou compteurs.

Type de signal de sortie : 0011 ou 0001.

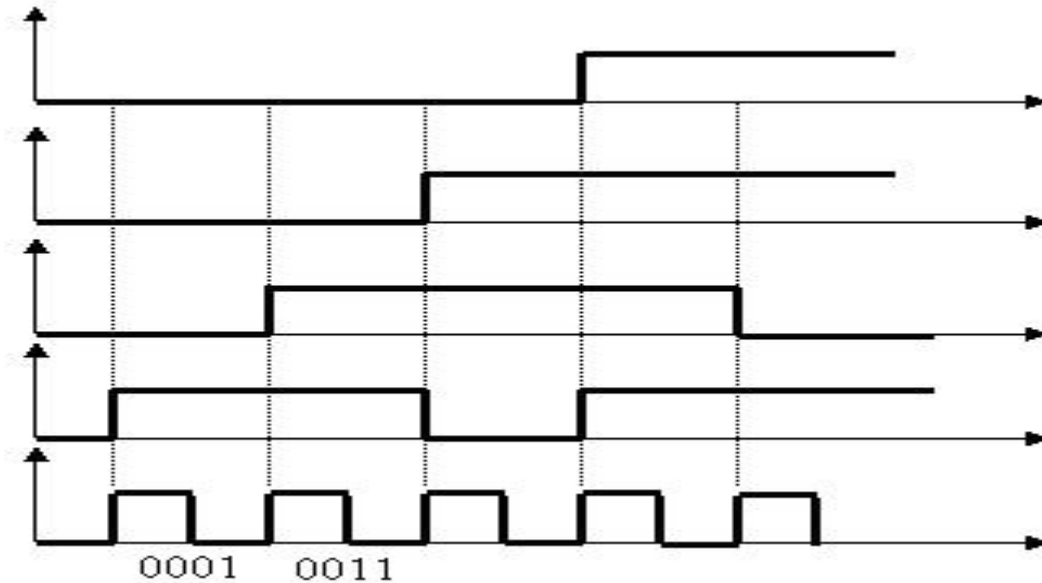


Figure II.7: Représentation de signal d'un capteur numérique.

## 3. Les capteurs logiques ou Tout Ou Rien (TOR) :

Ils portent le nom de détecteurs.

Type de signal de sortie 0V ou 5V.

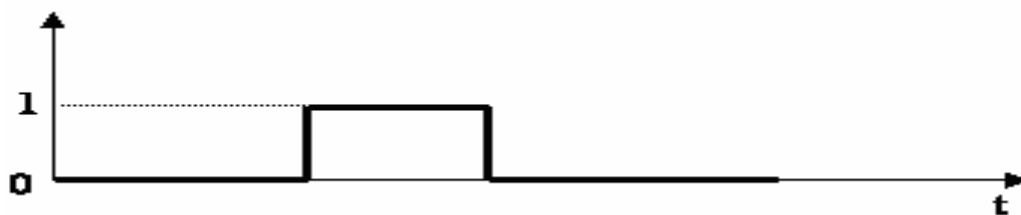


Figure II.8: représentation de signal d'un capteur TOR.

On classe 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.

### **II.5.1 Capteurs passifs :**

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 Verre
Très basse température	Cste diélectrique	
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétiques
Position	Résistivité	Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

**Tableau II.1 : Les capteurs passifs.**

Le capteur passif est lui sensible au mesurande par l'intermédiaire de l'action de ce dernier sur les propriétés électriques ou sur les caractéristiques géométriques de son impédance :

- la résistivité des matériaux conducteurs ou semi-conducteurs, dépend de leur température
- la résistivité de certains alliages dépend de leur déformation
- la résistivité de certains semi-conducteurs est fonction du flux lumineux
- la conductivité de certains matériaux dépend de l'humidité
- la constante diélectrique d'un montage de type condensateur dépend de sa géométrie, donc des positions ou déplacements relatifs de ses armatures
- la perméabilité magnétique des alliages ferromagnétiques dépend de leur déformation.

### **II.5.2 Capteurs actifs :**

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)	courant
Flux optique	Photoémission Pyroélectricité	courant
Force, pression, accélération	Piézoélectricité	Charge
Position	Effet Hall	Tension
Vitesse	Induction	Tension

**Tableau II.2 : Les capteurs actifs.**

➤ **effet thermoélectrique :**

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

Application : détermination à partir de la mesure de  $e$  d'une température inconnue  $T_1$  lorsque  $T_2$  est connue.

- **Effet piézoélectrique :** Certains cristaux ont une polarisation spontanée qui dépend de la température.
- **Effet photoémissif :** Les électrons libérés sont émis hors de la cible éclairée et forment un courant électrique.
- **Effet photovoltaïque :** Tension aux bornes d'une jonction PN créée par électrons et des trous libérés par un flux lumineux.
- **Effet photo électromagnétique :** Libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est inférieure à un seuil caractéristique du matériau.
- **Effet piézo-électrique :** L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électrique (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées. Application : mesure de forces ou de grandeurs s'y ramenant (pression, accélération) à partir de la tension que provoquent aux bornes du condensateur associé à l'élément piézo-électrique les variations de sa charge.

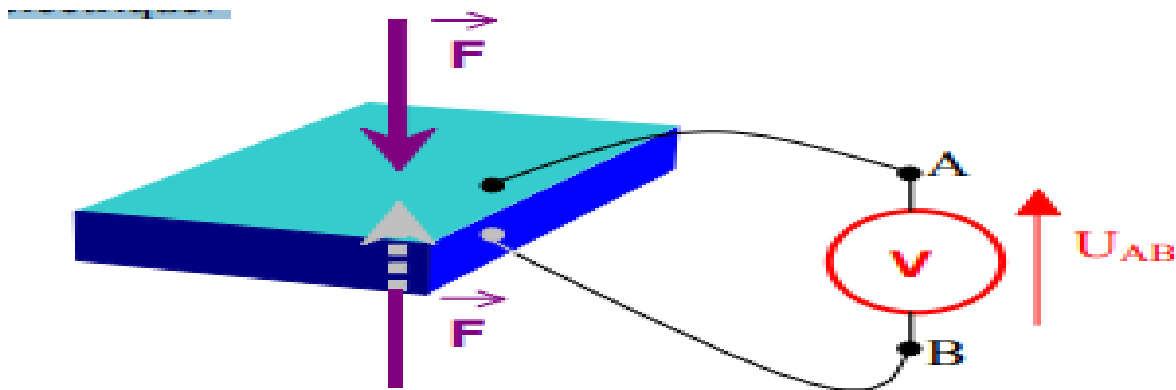


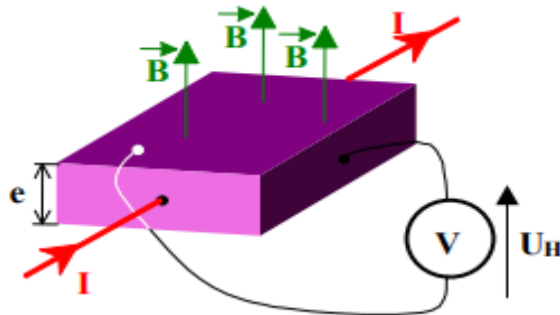
Figure II.9: Représentation effet piézo-électrique.

- **Effet induction électromagnétique :** La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique.
- **Effet piézorésistive :** Ce phénomène de piézorésistivité se manifeste de manière différente suivant les types des métaux.

Le fil de Fer, par exemple, montre une plus importante variation de résistance que le fil de Cuivre, pour une même déformation.

- **Effet Hall** : Un matériau parcouru par un courant  $I$  et soumis à une induction  $B$  faisant un angle  $\Theta$  avec le courant fait apparaître une tension  $v_H$ .

$$v_H = K_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \Theta \dots [1].$$



La tension de Hall  $U_H$  est définie par la relation ci-dessous :

$$U_H = R_H \frac{IB}{e} \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} R_H : \text{constante de Hall ( dépend du semi-conducteur )} \\ I : \text{intensité de la source de courant (A)} \\ B : \text{intensité du champ magnétique (T)} \\ e : \text{épaisseur du barreau de silicium.} \end{array}$$

Si on maintient le **courant  $I$  constant**, on a donc une tension  $U_H$  **proportionnelle au champ magnétique  $B$**  :  $U_H = k \cdot B$  avec  $k$  constante égale à  $R_H \frac{I}{e}$ .

**Figure II.10: Représentation effet Hall.**

### II.5.3 Capteur intelligent :

Le capteur intelligent est un capteur intégrant une interface de communication bidirectionnelle et un microcontrôleur/DSP.

- l'interface de communication permet de commander à distance le capteur et d'en gérer plusieurs.
- le microcontrôleur permet de gérer les différentes mesures et de corriger les erreurs dues à des variations de grandeurs physiques parasites (exemple : mesure simultanée de la température pour corriger la dérive thermique).

Le capteur intelligent correspond principalement à l'intégration dans le corps du capteur d'un organe de calcul interne (microprocesseur, microcontrôleur), d'un système de conditionnement du signal (programmable ou contrôlé) et d'une interface de communication... Plus largement, le concept de capteur intelligent se décompose ainsi (Selon le livre "Capteurs intelligents et méthodologie d'évaluation") :

- un ou plusieurs transducteur(s)
- des conditionneurs spécifiques
- d'une mémoire
- d'une alimentation

- d'un organe intelligent interne permettant un traitement local et l'élaboration d'un signal numérique
- d'une interface de communication.

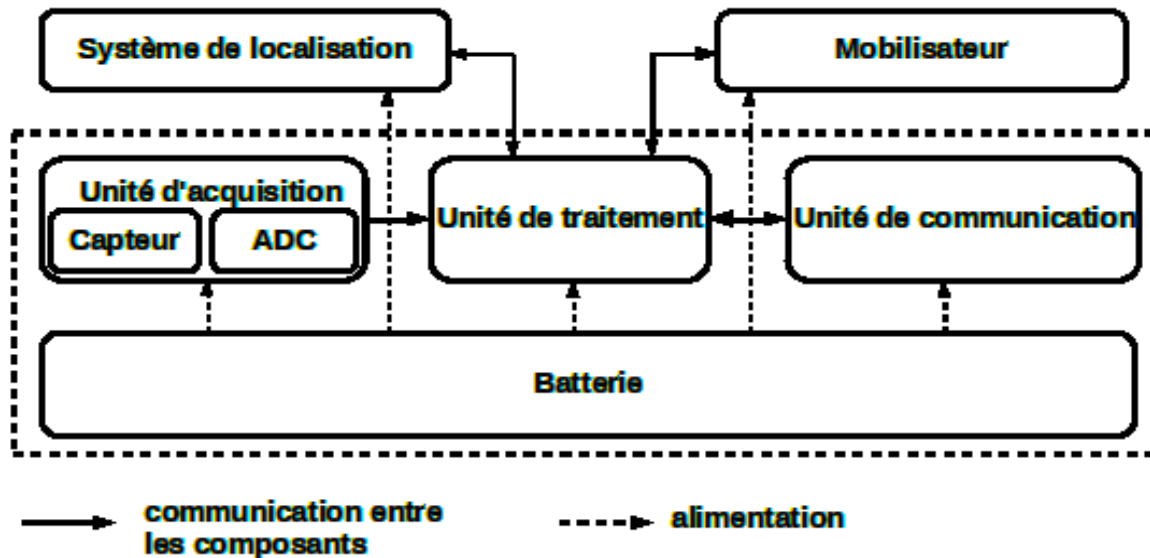


Figure II.11: Les composants d'un capteur intelligent.

#### II.5.4. Caractéristiques de capteur :

Pour une application donnée, il est fréquent que plusieurs technologies de capteur puissent convenir. Leur choix dépendra des performances visées en termes de caractéristiques de mesure, dont les principales sont définies ci-après :

##### 1. Seuil :

Le seuil d'un capteur est la valeur minimum du mesurande à partir de laquelle le capteur devient sensible.

##### 2. Incertitude :

C'est la marge d'erreur entre la valeur donnée par l'appareil de mesure et la vraie valeur du mesurande. L'erreur relative donne une meilleure appréciation sur l'incertitude d'un appareil de mesure.

##### 3. Hystérésis :

L'hystérésis consiste au non coïncidence entre la courbe de charge et celle de décharge.

##### 4. Etendue de mesure : (E.M.) :

Différence entre la valeur minimale  $m_{\min}$  et maximale  $m_{\max}$  du mesurande à obtenir :

E.M. = m max – m min. L'étendue de mesure est définie par la courbe d'étalonnage du capteur (figure 12) qui à chaque valeur du mesurande m fait correspondre un signal de sortie s unique.

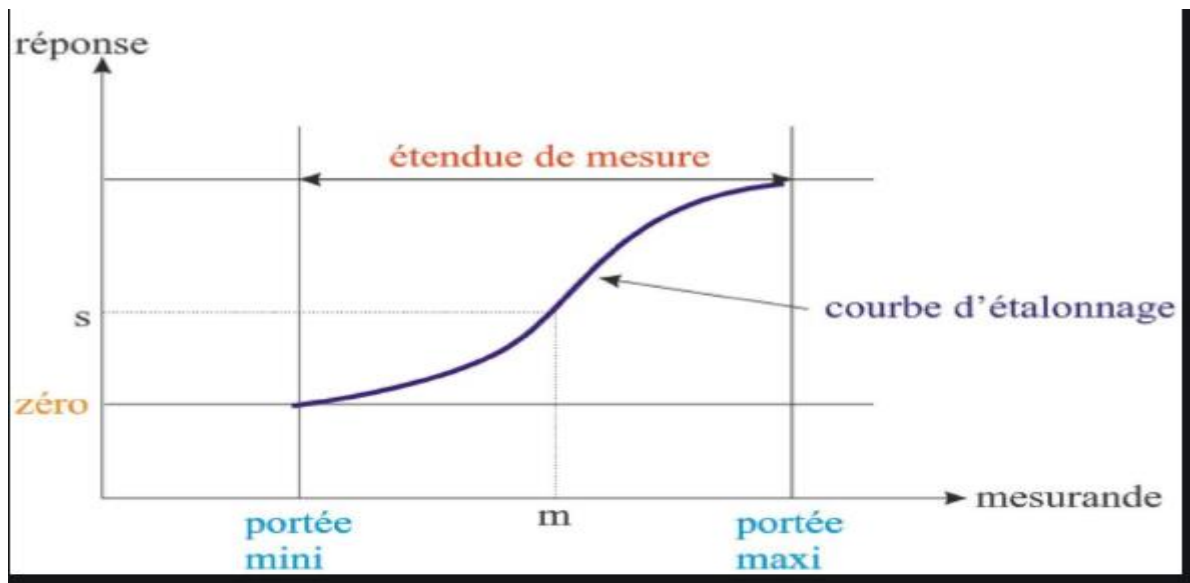


Figure II.12 : Etendue de mesure d'un capteur.

#### 5. Dynamique de mesure :

C'est la différence entre les valeurs extrêmes mesurables par le capteur pour une marge d'erreur fixée. Les mesures ne sont pas entachées d'une erreur supérieure à celle tolérée, elles sont données avec la notion de précision.

#### 6. Résolution :

Plus petite valeur que le capteur est en mesure d'identifier. La résolution est dépendante du niveau de bruit.

#### 7. Sensibilité :

Facteur de proportionnalité entre le signal de sortie du capteur s et la grandeur mesurée. Pour une valeur donnée m du mesurande, la sensibilité S(m) du capteur est égale au rapport entre la variation de la sortie électrique et la variation du mesurande :

$$S(m) = \left( \frac{\Delta s}{\Delta m} \right) \dots \dots \dots [2].$$



Si  $s(m)$  est, dans l'étendue de mesure, une fonction linéaire du mesurande  $m$ , le capteur est dit linéaire. Sa sensibilité  $S(m)$  est alors constante sur l'étendue de mesure.

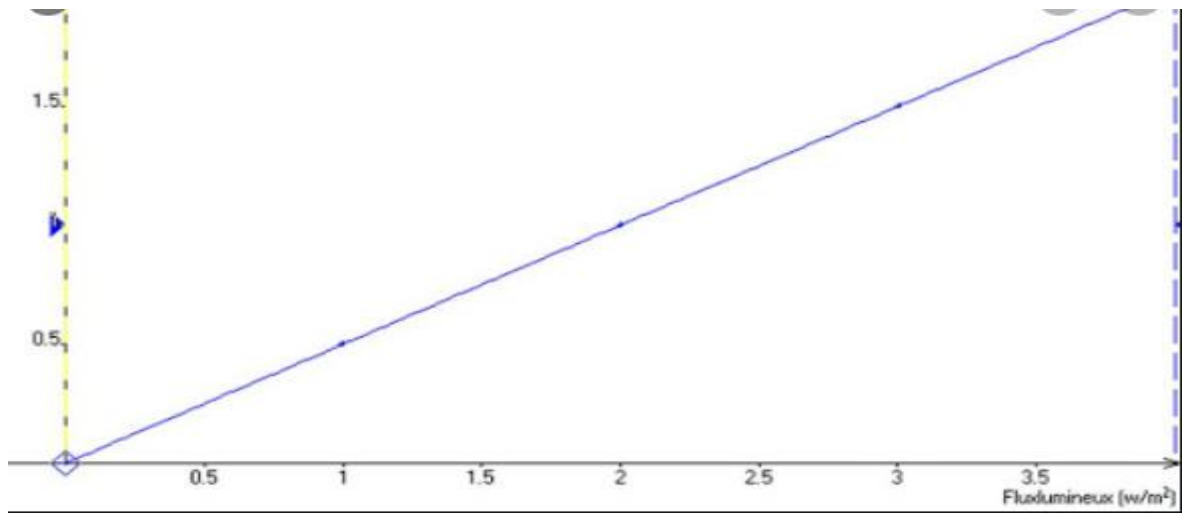


Figure II.13 : Domaine de linéarité d'un capteur.

### 8. Précision :

L'incertitude sur chaque résultat de mesure  $M$  doit être quantifiée par une estimation de l'erreur possible exprimée par  $\pm \delta M$ . On sait alors que  $m = M \pm \delta M$ . L'erreur de précision est une erreur relative  $\epsilon_p$  ramenée à l'étendue de mesure :

$$\epsilon_p = \frac{\delta M}{E.M} \dots \dots \dots [3]$$

**Bande passante** : Gamme de fréquence pour laquelle le capteur fonctionne. Elle est caractéristique de la rapidité du capteur. La rapidité est la capacité de réponses aux variations du mesurande dans le temps.

Dérives et paramètres d'influence : Diverses grandeurs physiques ( $g_i$ ) autres que le mesurande  $m$ , sont susceptibles d'influencer la mesure  $M$  faite par le capteur :  $M = f(m, g_1, g_2, \dots)$ . Il peut s'agir par exemple de la température ambiante, de vibrations, d'humidité mais aussi de perturbations électromagnétiques ... Il est possible d'en tenir compte dans le mesurage en réalisant en parallèle une mesure de certaines grandeurs d'influence, ou de s'en protéger (suspension antivibratoire, blindage électromagnétique ...) ou encore de les compenser par la chaîne d'acquisition avec une électronique adaptée.

D'autres caractéristiques sont importantes dans le choix d'un capteur, citons le coût, l'encombrement, sa facilité de mise en œuvre.

**Il existe d'autres caractéristiques comme :**

## 1. Finesse :

C'est la qualité d'un capteur à ne pas venir modifier par sa présence la grandeur à mesurer. Cela 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. Finesse et sensibilité sont en général antagonistes. Il peut y avoir un compromis à faire. Pour un capteur d'induction B, un capteur à forte perméabilité sera très sensible, par contre sa présence aura tendance à perturber les lignes de champ et la mesure de l'induction ne sera pas celle sans capteur, d'où une mauvaise finesse. Mais cette erreur peut être évaluée en vue d'une correction post-mesure et ainsi faire abstraction de la présence du capteur.

## 2. Fidélité :

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

## 3. 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 mesures par rapport à la valeur réelle.

## 4. Précision :

Elle définit l'écart 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.

## 5. Rapidité :

C'est la qualité d'un capteur à suivre les variations du mesurande. On peut la chiffrer de plusieurs manières : - bande passante du capteur. (à  $-3$  dB par exemple). - Fréquence de résonance du capteur. - Temps de réponse (à  $x\%$ ) à un échelon du mesurande.

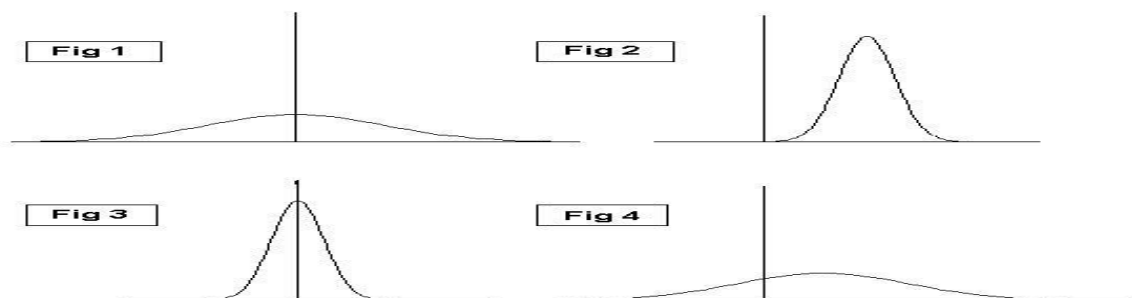


Figure II.14 : Différents types de répartition des résultats de mesure.

**Fig.1** - Capteur juste mais non fidèle : Les erreurs systématiques sont réduites mais les erreurs aléatoires sont importantes.

**Fig.2** - Capteur fidèle mais non juste : Les erreurs systématiques sont importantes mais les erreurs aléatoires sont faibles.

**Fig.3** - Capteur juste et fidèle donc précis : Les erreurs systématiques et aléatoires sont faibles.

**Fig.4** - Capteur ni juste, ni fidèle : Les erreurs systématiques et aléatoires sont importantes.

### **III.Types des capteurs & méthodes de transduction :[5]**

#### **III.1 Transduction :**

C'est un processus de transformation d'attribut physique (par exemple une énergie) en un autre attribut. La transduction est le principe de base de nombreux capteurs qui permet de transformer une grandeur physique en une autre grandeur cette dernière sera mesurable facilement (par exemple, une tension).

Ce classement est basé sur le principe physique mis en œuvre pour convertir le mesurande en grandeur électrique.

On rencontre dans l'industrie et dans la vie quotidienne une panoplie de capteurs:

- Capteur de pression.
- Capteur d'accélération.
- Capteur de choc.
- Capteur de déplacement.
- Capteur d'humidité.
- Capteur de position.
- Capteur de température.

Ces capteurs utilisent pour la détection de la grandeur à mesurer des méthodes de transduction différentes:

- Détection résistive.
- Détection capacitives.
- Détection inductive.
- Détection piézoélectrique.
- Détection piézorésistive.

### 1. Capteur de force :

La tension  $V_s$  de sortie sera proportionnelle à la force  $F$  :  $V_s = k.(F+F) = 2k.F$ .

Avec  $K$  : un constant.

### 2- Capteur de force

Schéma :

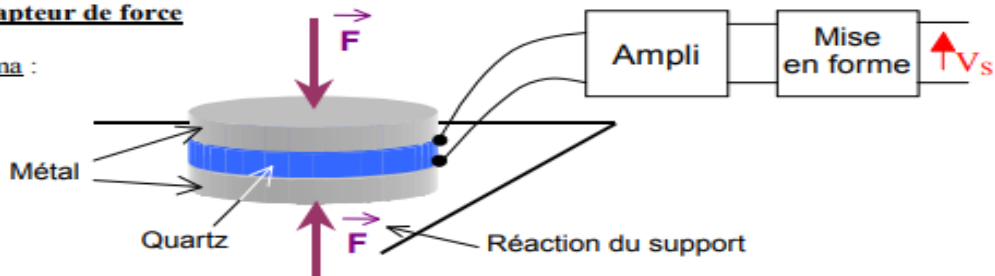
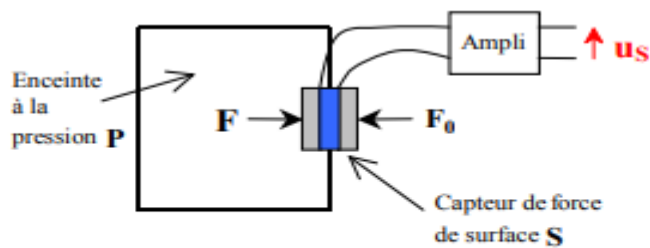


Figure II.15 : Représentation d'un capteur de force.

### 2. Capteur de pression :



On a  $F = P.S$  ;  $F_0 = P_0.S$  et  $u_s = k.(F+F_0)$  ( capteur de force,  $k =$  constante ).  
 Donc  $u_s = k.S ( P + P_0 ) = k' ( P + P_0 ) \Rightarrow \boxed{u_s = k' ( P + P_0 )}$  .

Figure II.16 : Représentation d'un capteur de pression.

### Définition :

Lorsqu'un corps (gaz, liquide ou solide) exerce une force  $F$  sur une paroi  $S$  (surface); on peut définir la pression  $P$  exercée par ce corps.

Le capteur de force est inséré dans la paroi d'une enceinte où règne une pression  $P$ . Une face du capteur est soumise à la force  $F$  (pression  $P$ ) et l'autre face est soumise à la force  $F_0$  (pression extérieure  $P_0$ ).

### 3. Capteur d'accélération :

L'augmentation de vitesse  $V$  du véhicule donne une accélération  $a$  qui induit une force  $F$  exercée par la masse sur le capteur.

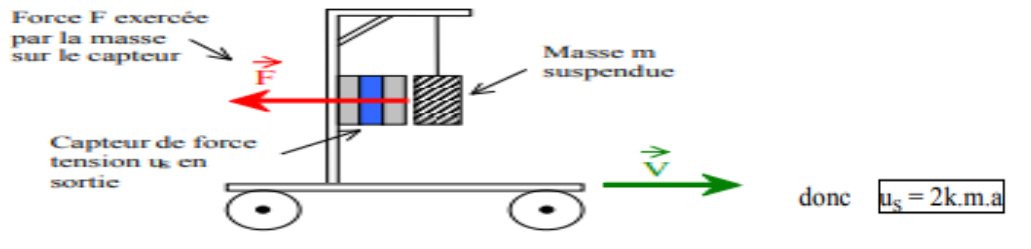


Figure II.17 : Représentation d'un capteur d'accélération.

### 4. Capteurs à seuil de pression pneumatique :

Ce sont des capteurs fins de course qui se montent directement sur les vérins. Pour pouvoir fonctionner correctement, il est nécessaire de les coupler avec une cellule Non-inhibition à seuil. Le principe de fonctionnement de ce capteur est d'utiliser la contre pression (pression résistant au déplacement) qui existe dans la chambre non soumise à la pression du réseau. Lorsque le piston subit une pression il se déplace. Ce déplacement entraîne une réduction du volume de la chambre qui n'est pas soumise à la pression du réseau. Ceci entraîne une augmentation de la contre pression qui est amplifiée par des régulateurs de débit. Lorsque le vérin arrive en fin de course, cette contre pression chute. Lorsqu'elle est inférieure à 1/12ème de la pression du réseau le capteur déclenche. On peut traduire cette information, soit par un signal électrique soit par un signal pneumatique.

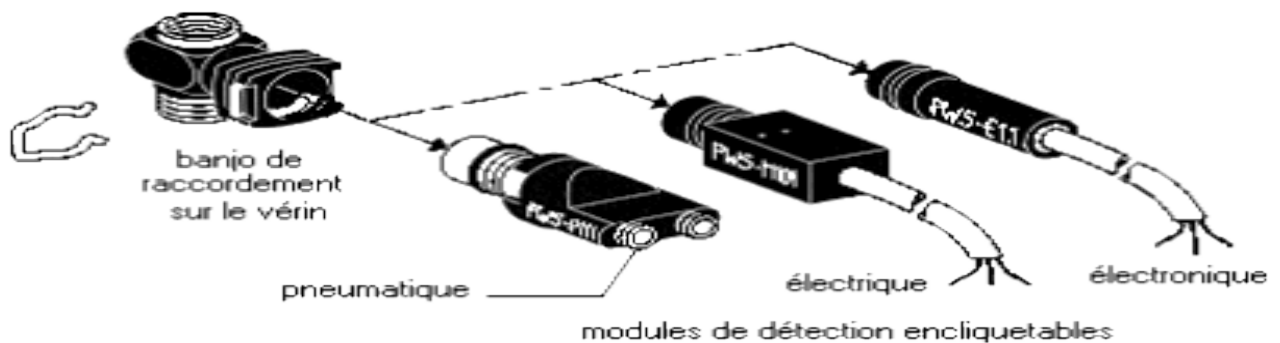


Figure II.18: Représentation d'un capteur à seuil de pression pneumatique.

### 5. Détecteurs fluidique de proximité :

Ces capteurs sont des capteurs de proximité. Ils n'ont pas de contact direct avec l'objet à détecter. Pour pouvoir fonctionner correctement, ces capteurs doivent être couplés avec un relais amplificateur et un détendeur basse pression. Le détecteur est alimenté avec une pression de 100 à 300 mbar, en fonction de la distance de détection. Lorsqu'il n'y a pas de détection l'air s'échappe par l'orifice du capteur prévu à cet effet. Lorsque l'objet à détecter passe devant le capteur, un signal de faible pression (0.5 à 2 mbar) passe par le conduit central

du capteur et va jusqu'au relais amplificateur qui amplifie le signal à la pression industrielle (3 à 8 bars).

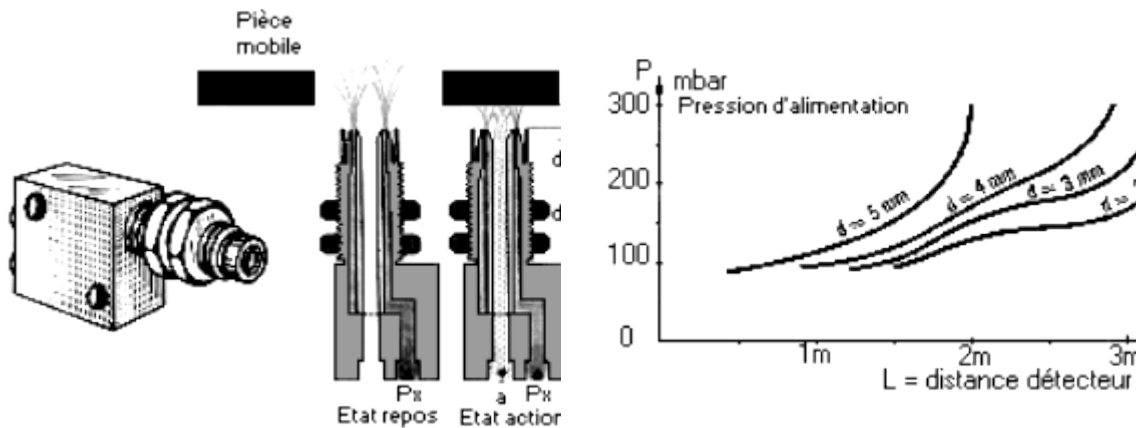


Figure II.19 : Exemple d'un capteur fluide.

### 6. Capteur à fuite :

Les capteurs à fuite sont des capteurs de contact. Le contact avec l'objet à détecter peut se faire soit par une tige souple soit par une bille. Pour pouvoir fonctionner correctement, ces capteurs doivent être couplés avec un relais pour capteur à fuite. Le capteur est alimenté en pression par le relais. L'air peut alors s'échapper de ce capteur par un orifice prévu à cet effet. Lorsque la bille ou la lame souple est déplacée dans son logement, elle obture l'orifice d'évacuation d'air et le relais pour capteur à fuite se déclenche et émet un signal à la pression industrielle.

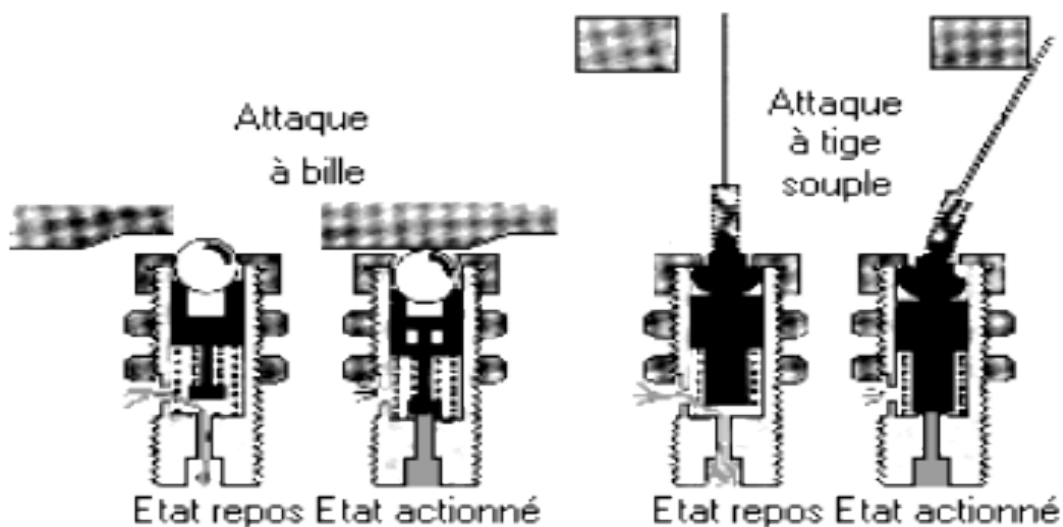


Figure II.20 : Exemple d'un capteur à fuite.

### 7. Capteur capacitif :

Les capteurs capacitifs sont des capteurs de proximité qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants. Lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité de couplage du condensateur.

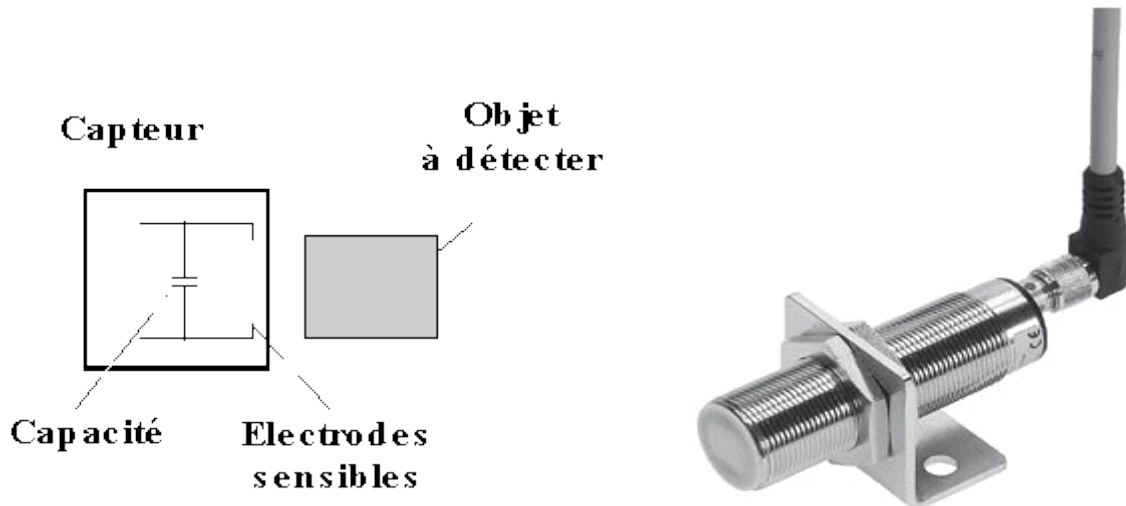


Figure II.21 : Représentation d'un capteur capacitif.

### 8. Capteur inductif :

Les capteurs inductifs produisent à l'extrémité leur tête de détection un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle. Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ puis atténuation du champ oscillant. Cette variation est exploitée par un amplificateur qui délivre un signal de sortie. le capteur commute.

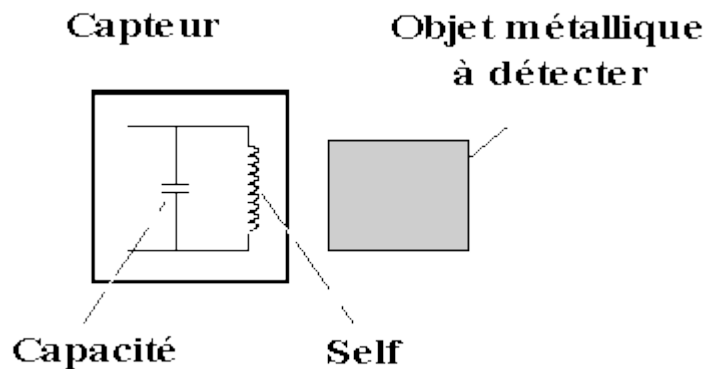
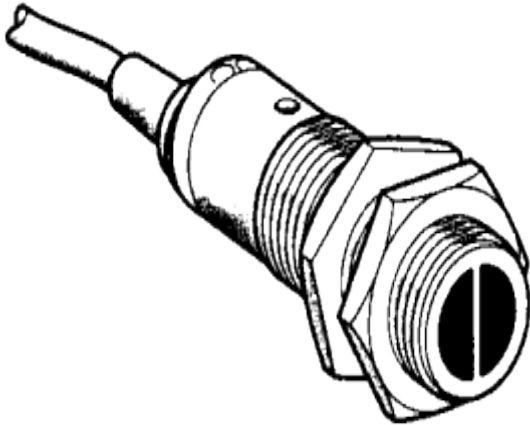


Figure II.22 : Représentation d'un capteur inductif.

## 9. Capteur optique :

Un capteur photoélectrique est un capteur de proximité. Il se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure ou variation d'un faisceau lumineux. Le signal est amplifié pour être exploité par la partie commande.



Détecteur photoélectrique cylindrique



Détecteur photoélectrique

**Figure II.23 : Représentation d'un capteur optique.**

## III.2 Erreur de mesure :

C'est l'écart entre la valeur mesurée et la valeur exacte celle-ci est due en particulier en imperfection des appareils de mesure.

### 1. Les types d'erreurs :

On peut classer les erreurs en trois catégories :

- Erreurs classiques (classique).
- Erreurs aléatoire.
- Erreurs accidentelles.

#### 1.1 Erreurs systématiques :

Se sont des erreurs reproductives reliés à leurs causes par une loi physique, donc susceptible d'être éliminer par des corrections convenables ; parmi ces erreurs on site :

1. Erreur de zéro (offset).
2. Erreur d'échelle.
3. Erreur de linéarité.



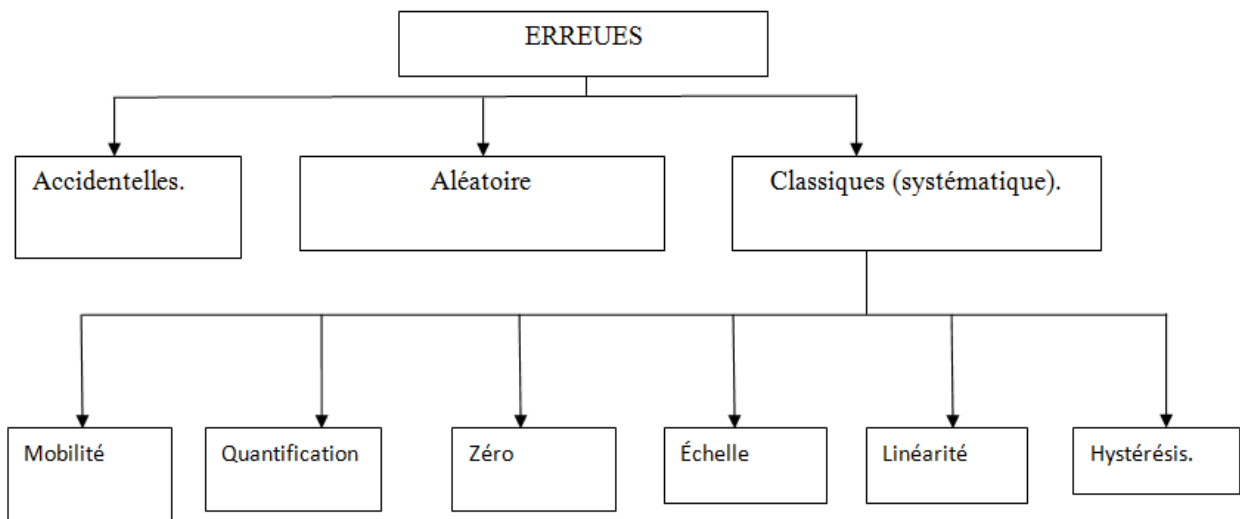
4. Erreur de phénomène d'hystérésis (la valeur mesuré dépend de la valeur précédente).
5. Erreur de mobilité (dans le cas on numérise le signal).

### 1.2 Erreurs aléatoires:

Se sont des erreurs non reproductives qui obéissent à des lois statistiques.

### 1.3 Erreurs accidentelles :

Elles résultent d'une force manipulation, d'un mauvais emploi ; ou de dysfonctionnement de l'appareil de mesure. Généralement elles ne sont pas prisent en compte lors de l'estimation de l'erreur.



**Figure II.24: Représentation des types d'erreurs.**

## **IV. Intérêt des traitements embarqués : [6]**

L'exactitude est probablement la caractéristique que privilégie l'utilisateur d'un capteur. Les traitements embarqués visent précisément à améliorer cette caractéristique par :

- L'implantation d'algorithmes de traitement du signal pour opérer de simples filtres ou bien des opérations d'extractions de paramètres du signal Introduction : capteur et capteur intelligent

La compensation des grandeurs d'influence en mettant en œuvre une architecture multi-capteur sur laquelle s'appuie une démarche de fusion de données, Du même coup la capacité de portée, ou frangibilité, est augmentée puisque le capteur peut être utilisé dans des gammes plus étendues qui lui étaient interdites en raison seulement de sa limitation à la zone linéaire. Les exigences de linéarité de la caractéristique  $s = F(m)$  ne sont d'ailleurs plus impératives puisque les informations fournies sont quantifiées, numérisées et transmises selon divers codages qui permettent d'associer l'unité physique correspondante.

## **IV.1. Les principales grandeurs d'influence sont : [7]**

- **la température** : qui modifie les caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles des composants du capteur
- la pression, l'accélération, et les vibrations qui créent des déformations et des contraintes dans certains éléments du capteur et altèrent ainsi sa réponse.
- **l'humidité** : qui modifie certaines des propriétés électriques du capteur (résistivité, constante diélectrique) ou dégrade l'isolation électrique entre celui-ci et son environnement
- **les champs magnétiques** : qui modifient certaines des propriétés du capteur (résistivité d'un matériau magnéto-résistant) ou créent des f.e.m. induites qui se superposent au signal utile. Dans certains cas, on peut réduire l'influence de ces grandeurs parasites par une construction appropriée du capteur (blindages, isolations thermiques ou mécaniques, montage différentiel en Pont de Wheatstone), mais le plus souvent on doit les prendre en compte (étalonnage, courbe de correction).

### **IV.1.1. Influence de la température :**

La température influe sur les principaux éléments constitutifs d'un capteur de force.

- **Sur le corps d'épreuve en modifiant son élasticité :**  
Cette variation est en valeur relative de l'ordre de 0,1% par degré pour les aciers.
- **Sur les jauges d'extensométrie en modifiant leur résistance électrique :**  
L'influence de la température peut être réduite en ajoutant aux jauges d'extensométrie des composants qui induisent dans le circuit de mesure une variation opposée à celle due à la température. Il est possible de cette façon de réduire cette influence d'un facteur supérieur à 5. Mais ces compensations ne sont généralement efficaces que sur un domaine de température donné. C'est pourquoi, plusieurs domaines de température sont à considérer. La température de référence est celle pour laquelle les caractéristiques métrologiques du capteur de force sont établies. Celle-ci est actuellement définie à 20 °C comme pour l'ensemble de la métrologie mécanique.
- **La plage de température compensée :**  
Sur laquelle les caractéristiques du capteur sont effectivement obtenues.
- **La plage de température opérationnelle :**  
Sur laquelle le capteur de force peut être utilisé mais sans garantie du respect des caractéristiques métrologiques du capteur mais sans perte de ses caractéristiques nominales.
- **La plage de température de stockage :**  
En dehors de laquelle il y a un risque avéré de perte définitive des caractéristiques nominales du capteur de force.

Au final, l'influence de la température sur le capteur se traduit par 2 coefficients :

- **Le coefficient de température sur la sensibilité du capteur :**  
Qui caractérise la variation de la sensibilité du capteur en fonction de la température. Il s'exprime en % de la valeur mesurée et par °C.
- **Le coefficient de température sur le zéro :**  
Qui caractérise la variation du signal délivré par le capteur au repos sous l'influence de la température. Il s'exprime en % de l'étendue de mesure du capteur et par °C.

## **Classification des capteurs de température :[8]**

- Capteurs de température de contact : échange de chaleur entre l'objet et le capteur jusqu'à l'équilibre.
- Pyromètres optiques (sans contact) : basés sur la relation entre la température d'un corps et son rayonnement optique (infra-rouge ou visible).

Dans notre étude nous avons utilisé un capteur de température de contact a semi-conducteur qui est l'AD590.

Les capteurs AD590 sont fabriqués par la société ANALOG DEVICES.

Le transducteur de température AD590 d'ADI génère un courant de sortie proportionnel à la température absolue. Avec une source de tension étendue de 4 V à 30 V, ce transducteur est idéal pour toutes les applications de détection de température qui requièrent une vaste plage de températures. L'AD590 est ajusté au laser pour étalonner une sortie de  $298,2 \mu\text{A}$  à  $298,2 \text{ K}$  ( $25^\circ\text{C}$ ). Les dispositifs sont robustes et capables de résister à des pointes de tension directe jusqu'à 44 V et des tensions inverses de 20 V. L'AD590 est idéal pour les applications exigeant des entrées de températures étendues pour produire un courant de sortie proportionnel. Le dispositif est disponible en boîtiers 8-SOIC, 4-WDFN, TO-5-3 et TO-52-3.

### **Fonctionnalités**

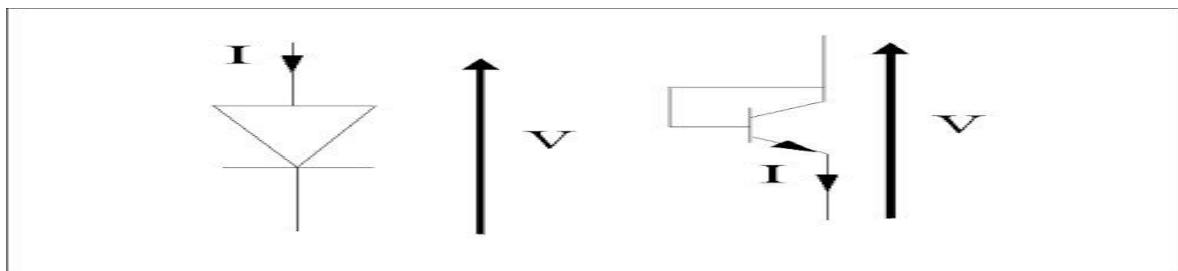
- Type sensoriel : analogique.
- Type de sortie : courant analogique.
- Tension d'alimentation : 4 V à 30 V.
- Plages de températures :  $-40^\circ\text{C}$  à  $+125^\circ\text{C}$ ,  $-55^\circ\text{C}$  à  $+150^\circ\text{C}$ .
- Boîtier: 8-SOIC, 4-WDFN, TO-52-3, TO-5-3.



**Figure II.25 : Une photo du capteur.**

### **Principe de fonctionnement :**

La tension aux bornes du semi-conducteur (formant une diode ou un transistor) et le courant qui le traverse, dépend de la température.



**Figure II.26 : Explication de fonctionnement d'AD590.**

À courant constant  $I$ , la mesure de  $V$  est linéaire en fonction de la température :

$$V = aT + b$$

a: dépend de l'élément sensible.

On ajoute d'autre type de capteur de température qui sont :

1. Capteur LM35 : est un capteur analogique fabriqué par Texas instruments. il est précis, peu coûteux, très simple d'utilisation et d'une fiabilité à toute épreuve. il est capable de mesurer des températures allant de -55 à +150 °C.
2. Capteur LM 135/335 : sont des capteurs de température de précision dont l'étalonnage se réalise facilement. ils fonctionnent comme une diode zener à 2 bornes et la tension de claquage est directement proportionnelle à la température absolue 10Mv/k.

## **IV.2. Problèmes d'utilisation :**

Perturbation du phénomène mesuré, niveau de signal, problèmes dus aux parasites lors de la transmission de leurs signaux, non-linéarité de la réponse...

## **IV.3. Choix de capteur : [9]**

Tous les capteurs présentent deux parties distinctes. Une première partie qui a pour rôle de détecter ou mesurer un événement et une deuxième partie qui a pour rôle de traduire un événement en un signal compréhensible par un système de contrôle PC. Pour choisir correctement un capteur, il est donc important de définir :

- Le type d'évènement à détecter
- La nature de l'évènement.
- La grandeur de l'évènement.

En fonction de ces paramètres, on pourra effectuer un ou plusieurs choix pour un type de détection. D'autres éléments peuvent permettre de cibler précisément le capteur à utiliser.

- Ses performances.
  - Son encombrement.
  - Sa fiabilité.
  - La nature du signal délivré par le capteur (électrique, pneumatique etc. )
- Son prix...

L'analyse de ces critères a été coûteuse en temps mais le choix du capteur nous semblait crucial.

Nous nous sommes également documenté sur la nature des différents types de capteurs qui existait. Nous préférons vous les présenter dans un tableau selon leurs spécificités de manière à bien les différencier.

LES CAPTEURS LES PLUS FREQUENTS...	
Inductif.	Produisent dans l'axe du capteur un champ magnétique oscillant. Ce champ est généré par système constitué d'une self et d'une capacité montée en parallèle. Lorsqu'un objet

	métallique pénètre dans ce champ, il y a perturbation de ce champ, atténuation du champ oscillant.
Capacitif.	Capteurs de proximité qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants. Lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, la fréquence des oscillations est modifiée en même temps que la capacité de couplage du condensateur.
Capteur photoélectrique ou optique.	se compose d'un émetteur de lumière associé à un récepteur. La détection d'un objet se fait par coupure du faisceau lumineux
Capteur de position	Ce sont des capteurs à contact. Ils peuvent être équipés d'un galet, d'une tige souple, d'une bille. L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.
Capteur ILS (Interrupteur à Lame Souple)	Un capteur ILS est un capteur de proximité composé d'une lame souple sensible à la présence d'un champ magnétique mobile. Lorsque le champ se trouve sous la lame, il ferme le contact du circuit provoquant la commutation du capteur. Ce capteur se monte directement sur un vérin et permet de détecter des positions autres que les positions extrêmes. Pour utiliser ce type de capteur, il est nécessaire d'utiliser un vérin comportant un aimant sur le piston.
Capteurs à fuite.	Les capteurs à fuite sont des capteurs de contact. Le contact avec l'objet à détecter peut se faire soit par une tige souple, soit par une bille. Pour pouvoir fonctionner correctement, ces capteurs doivent être couplés avec un relais pour capteur à fuite. Le capteur est alimenté en pression par le relais. L'air peut alors s'échapper de ce capteur par un orifice prévu à cet effet. Lorsque la bille ou la lame souple est déplacée dans son logement, elle obture l'orifice d'évacuation d'air et le relais pour capteur à fuite se déclenche et émet un signal à la pression industrielle.
Capteur de température :	Pyromètre, thermomètre, sonde PT100, thermocouple, thermistance...
Capteur de pression :	tube de Bourdon, capsule anéroïde, piézo-électrique, corde vibrante, baromètre, hypsomètre...
Capteur de lumière :	photodiode ou phototransistor, capteur photographique, cellule photoélectrique...
Capteur de débit :	débitmètre à turbine, roues ovales, plaque à orifice, tube de Pitot, débitmètre à effet vortex, débitmètre, électromagnétique, débitmètre à Venturi, débitmètre à ultrasons, débitmètre ionique, débitmètre massique...
Capteur de courant :	Capteur de courant à effet Hall, Shunt...
Capteur de son :	microphone, hydrophone...

**Tableau II.3 : Les différents types de capteur.**

#### **IV.4 :Domaine d'utilisation :[10]**

Il peut survenir des modifications de caractéristique du capteur si il subit des contraintes trop importantes.

- Domaine nominal d'emploi : conditions normales d'utilisations.
- Domaine de non-détérioration : dépassement du D.N.E.
- Les caractéristiques des capteurs sont modifiées de manière réversible.
- Domaine de non-destruction : dépassement du domaine de non détérioration.
- Les caractéristiques des capteurs sont modifiées de manière irréversible.
- Un nouvel étalonnage est nécessaire.

**IV.5. Le capteur idéal** est celui pour lequel :

- On dispose d'une relation linéaire connue entre la grandeur à mesurer et le signal de sortie du capteur
- les conditions d'emploi sont telles qu'aucune grandeur d'influence ne perturbe son fonctionnement
- aucun bruit parasite ne se superpose au signal utile
- etc ...

#### **V. Fusion de données multi capteurs :**

De manière générale, l'utilisation de capteurs est un moyen d'obtenir des informations pertinentes sur un environnement que l'on souhaite connaître. Cela passe donc bien par l'obtention d'une « image » de cet environnement. Pourtant bien au-delà de cette fonction d'observation, l'objectif de la mesure est de formuler un diagnostic, produire une décision ou une classification. Or un système de décision repose toujours sur l'analyse pondérée d'un faisceau d'informations. En terme de système de mesure cela se traduit par une approche multi capteurs, passant par la mise en réseau de capteurs suivant l'une des 2 stratégies suivantes (ou une solution hybride) :

- La redondance en multipliant le nombre de capteurs de même modalité travaillant en parallèle, suivi d'un vote ou du calcul d'une moyenne pondérée (barycentre).
- L'association de capteurs de modalités différentes.

#### **CONCLUSION :**

Le monde qui nous entoure est composé d'innombrables de capteurs. Ils peuvent ont des formes très variées et être conçues pour des usages bien divers.

# Chapitre III

➤ **Réalisation de la carte.**

**Introduction :** dans ce chapitre on va voir les étapes nécessaires pour la réalisation d'une carte d'acquisition. La partie Hardware du projet en présentant la structure générale de la carte électronique d'acquisition ainsi que les composants qui la constituent et leurs schémas de brochages.

### **III.1 Structure générale de la carte d'acquisition :**

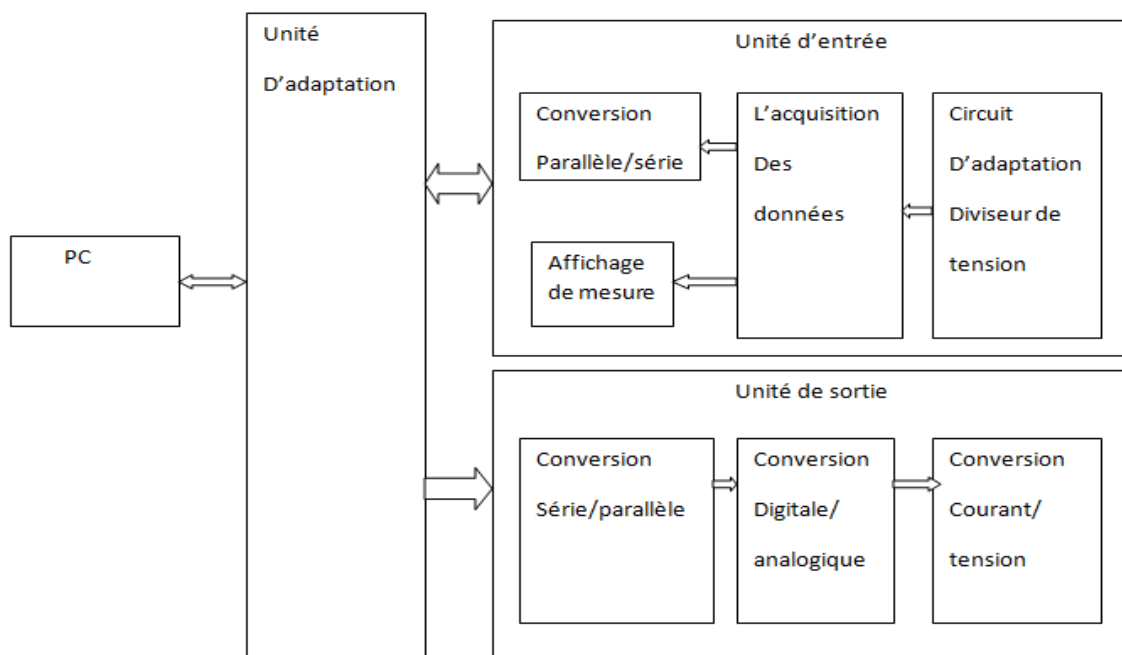
Le matériel d'acquisition de données agit comme l'interface entre un ordinateur et les signaux du monde extérieur. Sa fonction principale consiste à numériser les signaux analogiques entrants pour qu'un ordinateur puisse les interpréter.

Le capteur de température génère un signal analogique, ce signal doit être converti en un signal numérique avant qu'il soit envoyé vers le PC à travers le port série. Lorsque le signal numérique est présent dans le PC le Software de contrôle joue son rôle.

Afin de générer le signal de commande, de nature analogique et variable, il est nécessaire d'utiliser un convertisseur numérique/analogique de hautes performances, associé à un registre à décalage. La carte d'interface peut être divisée en trois unités:

- Unité d'entrée.
- Unité d'adaptation.
- Unité de sortie.

Par la suite, nous examinons les composants de chaque unité indépendamment et comment sont liés les uns aux autres.



**Figure III.1 : Diagramme bloc général de la carte d'interface.**



### **III.1.1 Unité d'adaptation :**

Le port série du PC de type RS-232 génère les données entre -12v et +12v. La famille TTL (Transistor-Transistor Logic) fonctionne entre 0V et 5V, pour cela il est nécessaire d'utiliser un circuit adaptatif pour convertir la tension d'une plage à une autre.

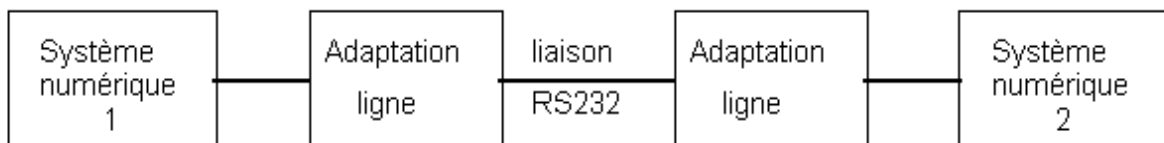
La solution adaptée pour la conversion des signaux RS232 au standard TTL, consiste à utiliser un circuit intégré sous la dénomination MAX238.

#### **III.1.1.1 Présentation de la norme RS232:**

Les liaisons séries permettent la communication entre deux systèmes numériques en limitant les nombres de fils de transmission.

La liaison série aux normes RS 232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique (ex : port de communication com1 et com2 des PC, permettant la communication avec des périphériques tels que modem et souris). Elle est de type asynchrone, c'est à dire qu'elle ne transmet pas de signal horloge.

Le schéma fonctionnel est le suivant :



**Figure III.2: Représentation de la norme RS232.**

La transmission série nécessite un minimum de 2 fils comportant les trames de données en émission (Tx) et en réception (Rx).

L'adaptation des données se fait à l'aide d'un circuit adaptateur de ligne qui transforme les niveaux logiques issus du système numérique en niveaux logiques compatibles avec les normes RS232 et vice versa.

<b>Avant adaptation :</b>	<b>Après adaptation :</b>
Les niveaux logiques sont les suivants :	Les niveaux logiques sont les suivants :
niveau 0 = 0 V	niveau 0 = +12 V
niveau 1 = 5 V	niveau 1 = -12 V

**Tableau III.1 : Comparaison entre l'adaptation des données (avant/après)**

## Protocole de transmission :

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

Paramètres rentrant en jeu :

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

**Parité paire** : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit paire sur l'ensemble donné + bit de parité

Ex : soit la donnée 11001011 contenant 5 états 1, le bit de parité paire est positionné à 1, ramenant ainsi le nombre de 1 à 6.

**Parité impaire** : le bit ajouté à la donnée est positionné de telle façon que le nombre des états 1 soit impaire sur l'ensemble donné + bit de parité

ex : soit la donnée 11001001 contenant 5 états 1, le bit de parité impaire est positionné à 0, laissant ainsi un nombre de 1 impaire...

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

## Format des trames :

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

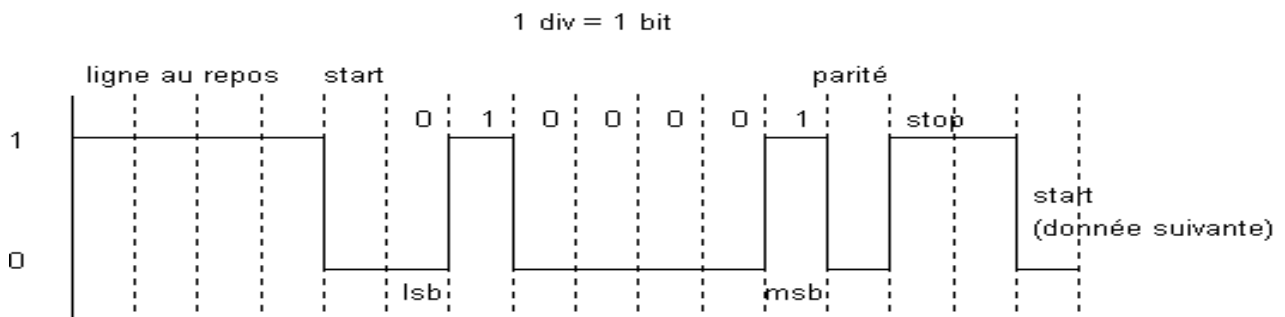


Figure III.3: Représentation selon des trames de la norme RS232.

La liaison série aux normes RS 232 est utilisée dans tous les domaines de l'informatique (ex : port de communication com1 et com2 des PC, permettant la communication avec des périphériques tels que modem et souris). Elle est de type asynchrone, c'est à dire qu'elle ne transmet pas de signal horloge.

### III.1.1.2 Circuit MAX238 : [11]

Le MAX238 est un circuit intégré, fabriqué par la société MAXIM dont la fiabilité n'est plus à démontrer. Il permet d'obtenir une conversion dans les deux sens RS232/TTL et TTL/RS232.

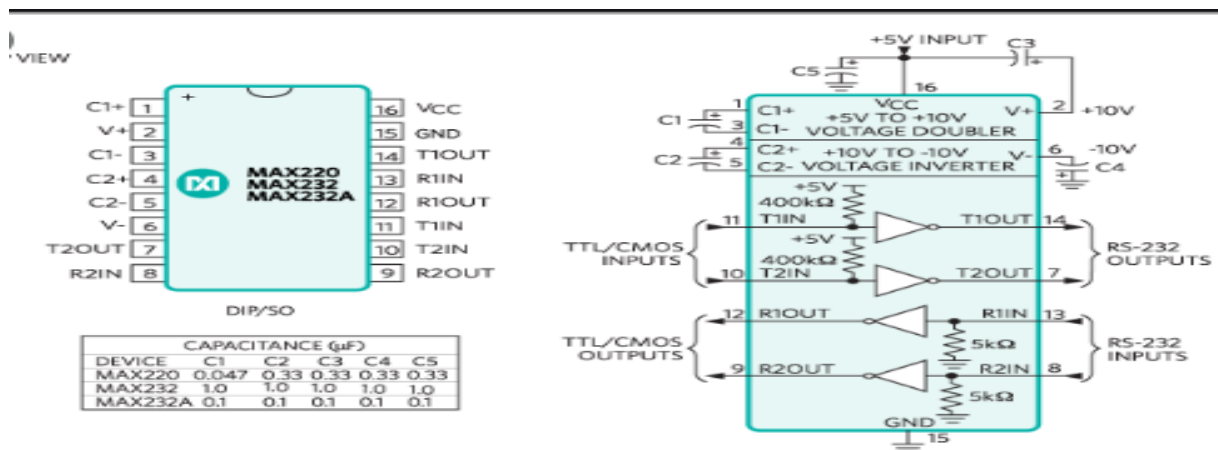


Figure III.4 : Structure interne du MAX238

Les signaux sortants du MAX238 sont inversés en état logique. A l'état logique binaire 1, l'état logique à la sortie du MAX238 est 0 et inversement. Pour assurer une fonction complète de la conversion, nous ajoutons à la sortie du circuit MAX238 un autre circuit logique qui est le 7404 DM. Le schéma de branchement du MAX238 avec le port série.

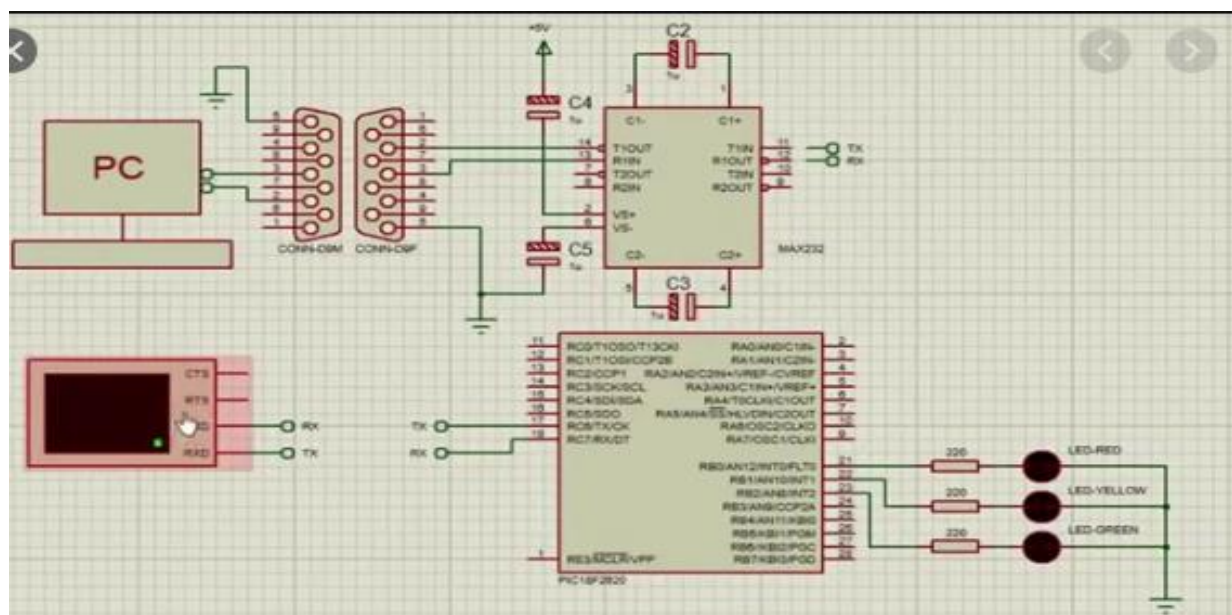


Figure III.5 : Branchement du MAX238 avec RS232 et 7404DM.

### III.2.1 Unité d'entrée :

L'unité d'entrée est une circuiterie électronique qui contient des organes d'acquisition et de traitement qui permettent de rendre les signaux issus des capteurs de température exploitables (conversion analogique/numérique, conversion parallèle /série) et aussi d'afficher les valeurs réelles de température.

Cette unité est constituée des organes suivants :

1. Circuit d'adaptation de la tension issue du capteur.
2. Microcontrôleur (16F877).
3. Afficheur alphanumérique(LCD).
4. Convertisseur parallèle/série (CMOS 4021).

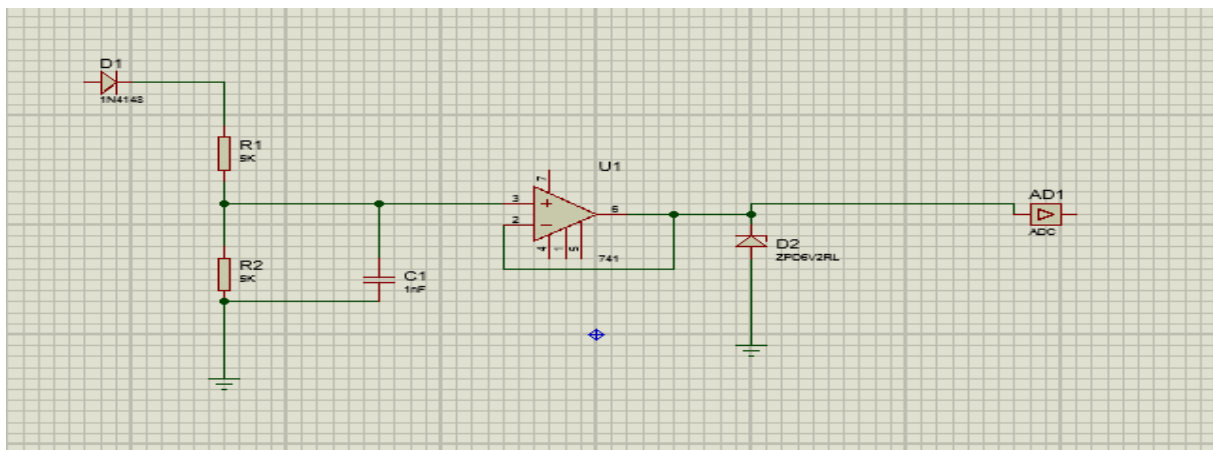
Afin d'adapter les signaux du convertisseur avec les signaux issus du capteur de température, il faut élaborer un circuit adaptateur. Le microcontrôleur permet de recevoir une tension  $V_{in}$  de 5Volts au maximum, tandis que le capteur AD108 avec son circuit de conditionnement délivre un voltage compris entre 0Volts et 10Volts.

### III.2.2 Circuit d'adaptation de tension du capteur :

Pour adapter les signaux du convertisseur avec les signaux de capteur de température .on doit élaborer un circuit adaptateur.. Le microcontrôleur permet de recevoir une tension  $V_{in}$  de 5Volts au maximum, tandis que le capteur AD590 avec son circuit de conditionnement délivre un voltage compris entre 0Volts et 10Volts.

Pour remédier à ce problème, nous avons utilisés un montage en diviseur de tension actif à base d'un amplificateur opérationnel de type LM741.

Pour protéger le PIC contre les surtensions, nous avons ajouté un composant stabilisateur à 5.1Volts. Au niveau de l'entrée nous complétons la protection contre les inversions de tension à l'aide d'une diode à semi conducteur à commutation rapide de type 1N4148.



**Figure III.6 : Schéma de branchement circuit d'adaptation tension du Capteur.**

### **III.2.3 Le Microcontrôle : [12]**

C' est un composant électronique autonome composé :

- D'un microprocesseur.
- D'une mémoire vive type mémoire RAM.
- D'une mémoire morte type mémoire Flash.
- D'interfaces d'entrées/sorties parallèles, séries.
- D'interfaces d'entrées/sorties analogiques.
- De Timers (registres compteurs de temps ou d'évènements).
- D'autres modules plus au moins sophistiqués selon la taille des UC.

Il est généralement moins puissant qu'un microprocesseur en terme de rapidité ou de taille mémoire et se contente le plus souvent d'un bus 8 ou 16 bits. Ceci en fait un composant parfaitement adapté pour piloter les applications embarquées dans de nombreux domaines d'application.

Un microcontrôle peut être programmé une fois pour toutes afin qu'il effectue une ou des tâches précises pour une ou des applications précises. Mais les u C récents peuvent être reprogrammés et ceci grâce à leur mémoire reprogrammable de type FLASH (d'où le terme flasher quelque chose).

Les microcontrôleurs, quelque soit leurs constructeurs, ont des architectures très similaires et sont constitués de modules fondamentaux assurant les mêmes fonctions :

- UAL.
- Ports d'E/S.
- Interfaces parallèles, série.
- Interfaces analogiques.
- Timers et horloge temps réels ...

#### **III.2.3.1 Présentation de PIC16F877 :**

L'élément d'acquisition principal de la carte est le PIC 16F877 (Peripheral Interface Controller).

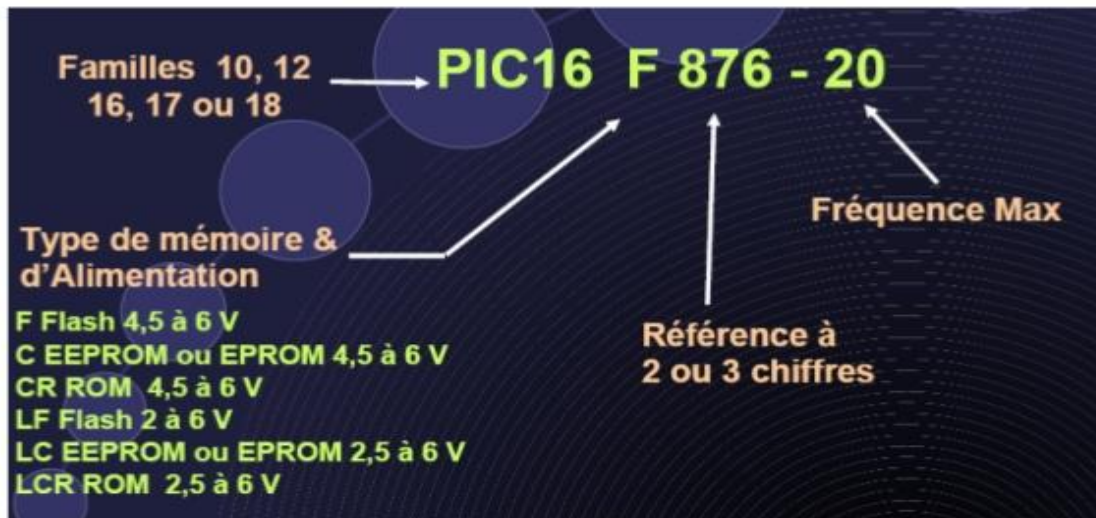
Un PIC est un microcontrôle : c'est à dire une unité de traitement de l'information de type microprocesseur à laquelle on a ajouté des circuits internes permettant de réaliser des montages sans nécessiter l'ajout de composants externes. Les PICs sont des composants dits RISC (Reduced Instructions Set Computer), ou encore (composant à jeu d'instructions réduit).

**Différentes familles des PICs :** La famille des PICs est subdivisée à l'heure actuelle en 3 grandes familles :

- Base-line : c'est une famille qui utilise des mots d'instructions de 12 bits.  
PIC10.  
PIC12.  
Certains PIC12F et 16F.
- Mid-range : c'est une famille qui utilise des mots de 14 bits

- dont font partie les 16F84, 16F876 et 16F877. Certains PIC12F.
- High-end : c'est une famille qui utilise des mots de 16 bits (PIC17 /PIC18).

## Référence des MCU



ABBOU

15

**Figure III.7 : La signification de PIC16Fxxx.**

Le numéro 16 signifie qu'il fait partie de la famille "MID-RANGE". C'est un microcontrôleur de la famille 8 bits. Cela veut dire que l'ALU (Arithmetic and Logique Unit ou Unit Arithmétique et Logique en français) traite naturellement des mots de 8 bits maximum.

La lettre F indique que la mémoire programme de ce PIC est de type "Flash". Chaque ligne de mémoire est un mot de 14 bits.

Les trois derniers chiffres permettent d'identifier précisément le PIC.

La référence 16F877 peut avoir un suffixe du type "-XX" dans lequel XX représente la fréquence d'horloge maximale que le PIC peut recevoir.

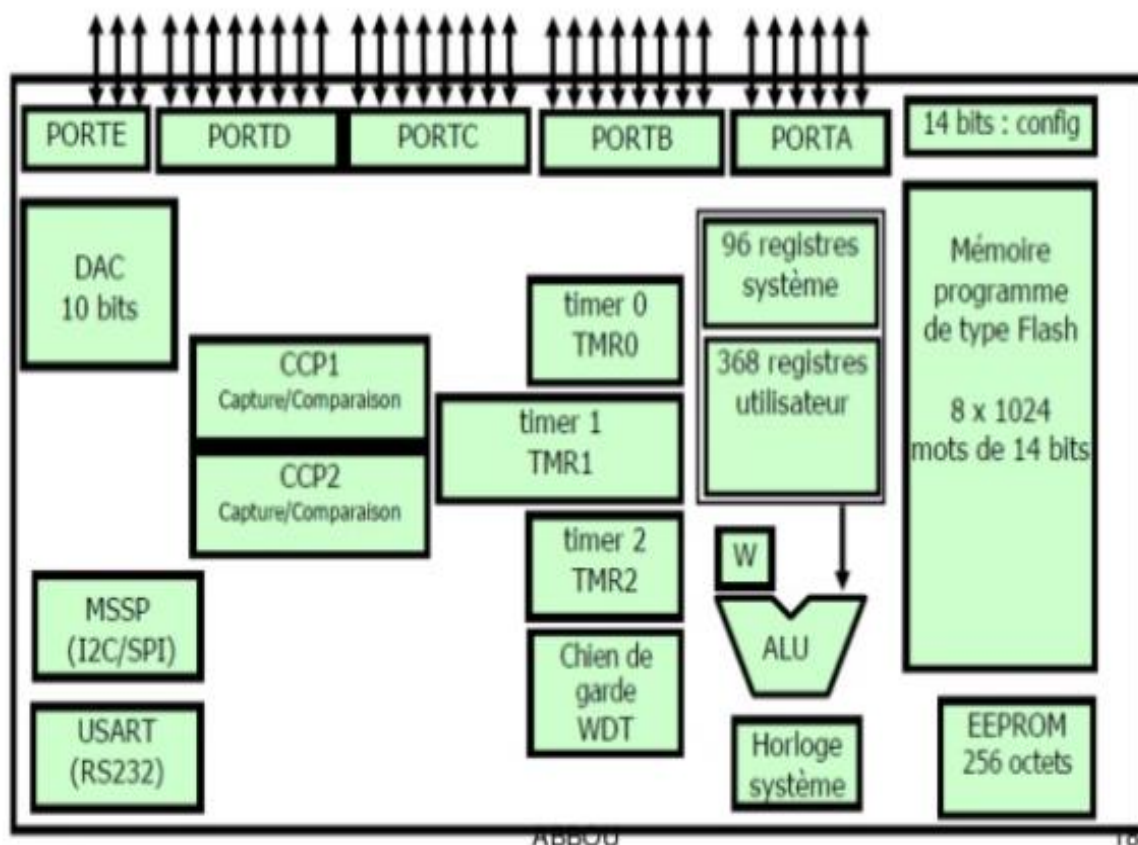
### III.2.3.2 Principales caractéristiques du PIC 16F877 :

Le PIC 16F877 est caractérisé par :

- Une fréquence de fonctionnement élevée, jusqu'à 20 MHz.
- Une mémoire vive de 368 octets.
- Une mémoire morte EEPROM de 256 octets pour la sauvegarde des données. - Une mémoire de type FLASH de 8 K mots (1mot = 14 bits).
- Chien de garde WDT.
- 33 lignes d'entrées /sorties. Chaque sortie peut sortir un courant maximum de 25 mA.
- 3 Temporisateurs :

- TIMER0 (compteur 8 bits avec prédiviseur).
- TIMER 1 (compteur 16 bits avec prédiviseur et possibilité d'utiliser une horloge externe réseau RC ou QUARTZ).
- TIMER2 (compteur 8 bits avec prédiviseur et postdiviseur).
- 2 entrées de captures et de comparaison avec PWM (Modulation de largeur d'impulsions).
- Un convertisseur Analogique Numérique 10 bits avec 8 entrées multiplexées.
- Une interface de communication série asynchrone et synchrone (USART/SCI). - Une interface de communication série synchrone (SSP/SPI et I2C).
- Une tension d'alimentation entre 2 et 5.5 V.
- un mode SLEEP.
- 15 sources d'interruption.

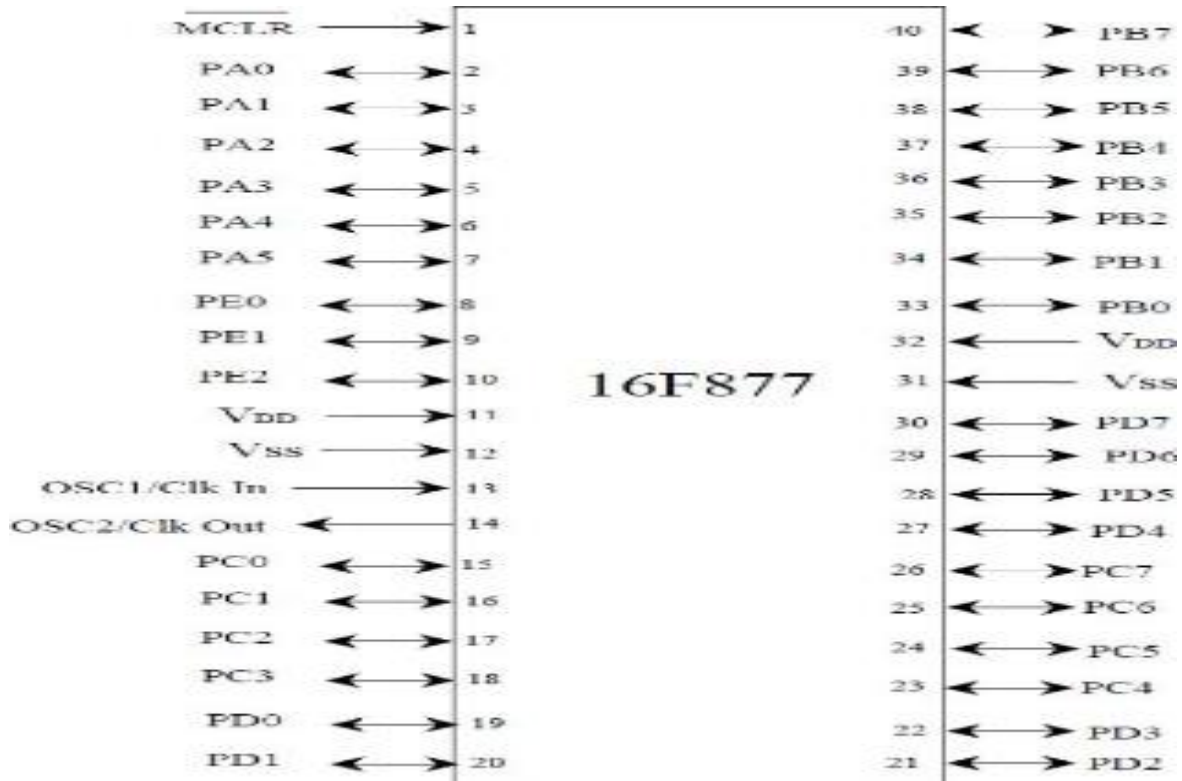
## Éléments constitutifs du PIC 16F877



**Figure III.8: Les éléments constituant le PIC.**

### III.2.3.3 Brochage du PIC16F877 :

Le pic 16F877 est un circuit intègre contenu dans un boîtier nommé « DIL 40 », il présente 40 broches, 20 de chaque côté. Les broches sont virtuellement numérotées de 1 à 40. La 1ere broche est placée dans le coin situé à gauche de l'encoche de repérage.



**Figure III.9 :Les pins du 16F877.**

Le PIC 16F877 comprend 40 pins:

33pins d'entrées/sorties, 4 pins pour l'alimentation, 2pins pour l'oscillateur et un pin pour le Reset (MCLR).

Le PIC18F877 contient les 5 ports suivants :

- Port A : 6 pins I/O numérotés de RA0 à RA5.
- Port B : 8 pins I/O numérotés de RB0 à RB7.
- Port C : 8 pins I/O numérotés de RC0 à RC7.
- Port D : 8pins I/O numérotés de RD0 à RD7.
- Port E : 3 pins I/O numérotés de RE0 à RE2.



## A. MCLR

Cette broche sert à initialiser le microcontrôleur. Un front montant sur MCLR déclenche l'initialisation du microcontrôleur.

- EXTERNAL RESET (Mise à l'état bas de MCLR) :
- Remise à zéro extérieure. Il faut appliquer un niveau bas sur l'entrée RESET pendant au moins 2µs pour que l'initialisation soit prise en compte.
- WDT: Chien de garde (Watch dog timer).

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

- BOR: Baisse de l'alimentation.

Si la tension  $V_{DD}$  chute en dessous de 4V pendant 100µs au moins, le microcontrôleur peut générer un **RESET**.

## B. Oscillateur OSC1 et OS ou CLKIN et CLOUT :

Ces broches permettent de faire fonctionner l'oscillateur interne du **PIC**. On peut utiliser

3 types d'oscillateurs :

- Un quartz ou résonateur céramique.
- Un oscillateur externe.
- Un réseau RC.

## C. Alimentation VDD et VSS.

Ce sont les broches d'alimentation du circuit. Les tensions qui peuvent être appliquées vont :

- De 4,5V à 6V pour la gamme standard F.
- De 2 à 6V pour la gamme étendue LF.

L'intensité du courant consommé peut aller de 1µA à 10mA.

La consommation du microcontrôleur sera fonction de :

- La tension d'alimentation.
- La fréquence interne.
- Le mode de fonctionnement.

Lors de la programmation, la broche MCLR doit être portée à un niveau compris entre 12V et 14V et le PIC18F877 commence à exécuter le programme en appliquant un signal d'horloge sur la broche RB6 (broche39) et les informations binaires transitent en série sur la broche RB7

(broche40). Chacune des informations qui transitent sur la broche RB7 est validée à la retombée du signal d'horloge sur la broche RB6.

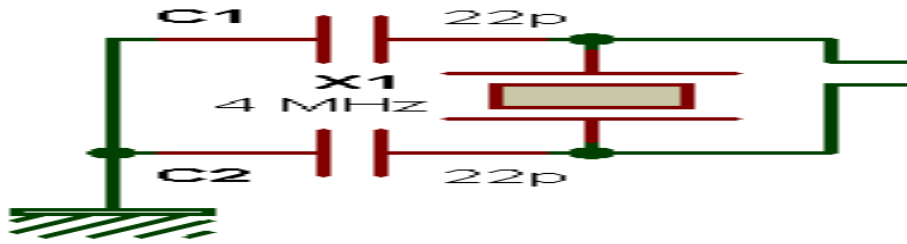


Figure III.10 : Brochage de l'oscillateur à quartz

### III.2.3.4 Architecture interne du PIC16F877 :

Le pic16F877 contient les mémoires RAM, ROM et EEPROM, l'unité arithmétique et logique (U.A.L), les différents ports, les différents bus, l'unité de conversion A/D...etc.

Pour la programmation, il faut connaître les différents registres spécialisés SFR (TRISA, PORTA, ADCON1...) et ceux banalisés GPR (ou l'on stocke les différentes variables) de la mémoire RAM et leur adressage même en langages les plus évolués tel que le MikroC.

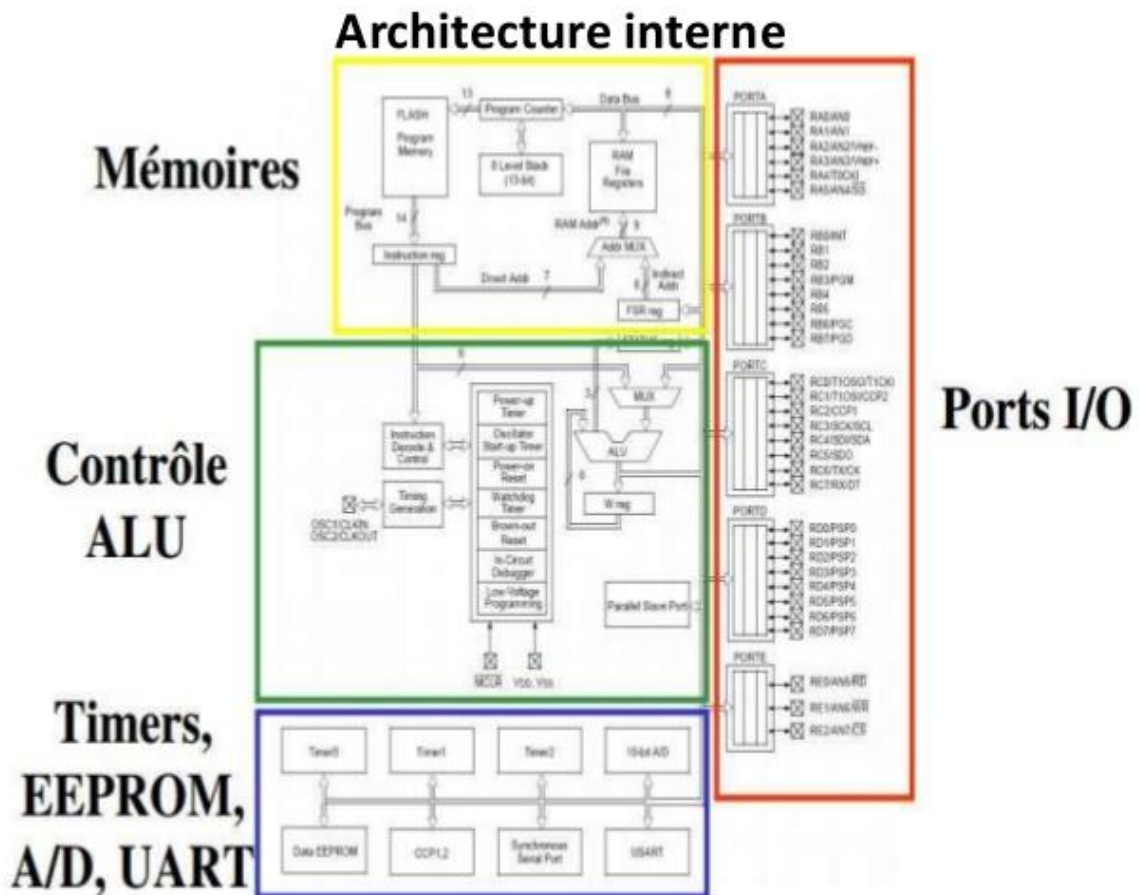


Figure III.11 : Architecture interne du PIC16F877.

➤ **L'organisation de la mémoire RAM :**

Les registres de la RAM sont bien déterminés et chacun a sa position.

## Organisation de la mémoire RAM

**PIC16F877/876 REGISTER FILE MAP**

Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	
Indirect addr. <sup>(*)</sup>	File Address	Indirect addr. <sup>(*)</sup>	File Address	Indirect addr. <sup>(*)</sup>	File Address	Indirect addr. <sup>(*)</sup>	File Address
TMR0	00h	OPTION REG	80h	TMR0	100h	OPTION REG	180h
PCL	01h	PCL	81h	PCL	101h	PCL	181h
STATUS	02h	STATUS	82h	STATUS	102h	STATUS	182h
FSR	03h	FSR	83h	FSR	103h	FSR	183h
PORTA	04h	TRISA	84h		104h		184h
PORTB	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTC	06h	TRISB	86h	PORTE	106h	TRISB	186h
PORTD <sup>(*)</sup>	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTE <sup>(*)</sup>	08h	TRISD <sup>(*)</sup>	88h		108h		188h
	09h	TRISE <sup>(*)</sup>	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	ECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	ECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved <sup>(*)</sup>	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved <sup>(*)</sup>	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPAD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCP1L	15h		95h		115h		195h
CCP1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h	General Purpose Register 16 Bytes	117h	General Purpose Register 16 Bytes	197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SDRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCP2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCP2H	1Ch		9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh		9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes	
	7Fh	accesses 70h-7Fh	FFh	accesses 70h-7Fh	17Fh	accesses 70h-7Fh	1FFh

**Figure III.12 : L'organisation de la mémoire RAM.**

**Définition :**

La mémoire sert à conserver les programmes et les données ainsi que les résultats des opérations réalisées par le calculateur. Dans un système élaboré, on trouve d'habitude deux types de mémoires :

- une mémoire principale, interne à l'ordinateur, généralement constituée de composants à semi-conducteurs,
- une mémoire secondaire, ou de masse, externe à l'ordinateur, représentée par des disques ou bandes magnétiques.

Les mémoires sont caractérisées par le mode d'accès à l'information :

- mémoires à accès aléatoire (**Random Access Memories : RAM**) dans lesquelles l'information peut être accessible à n'importe quel moment ; les mémoires à semi-conducteurs sont de ce type.

- mémoires à accès séquentiel (**Sequential Access Memories**) dans lesquelles l'information souhaitée est accessible seulement après avoir passé en revue toutes celles qui la précèdent ; les mémoires à bande magnétique sont de cette catégorie.

La mémoire centrale de l'ordinateur est constituée par un ensemble d'emplacements (ou locations en anglais) dans lesquels est stockée l'information binaire (bits ou mots).

L'information peut être une donnée, une instruction ou une partie de celle-ci comme on le verra plus loin.

Chaque information est formée par un groupe de bits de longueur fixe.

On a les possibilités suivantes :

- de 1 à 4 bits : mot utilisé par les systèmes pour le contrôle numérique.
- 8 bits (octet) : mot utilisé par une grande partie des micro-ordinateurs.
- 16 bits : mot utilisé par les micro-ordinateurs de haut de gamme.

32 ou 64 bits : mot utilisé par les gros ordinateurs de type professionnel.

La **mémoire vive** : est la mémoire informatique dans laquelle peuvent être stockées, puis effacées, les informations traitées par un appareil informatique. On écrit mémoire vive par opposition à la mémoire morte ou mémoire à accès direct par opposition à un accès séquentiel.

Les caractéristiques actuelles de cette mémoire sont :

- sa rapidité d'accès, essentielle pour fournir rapidement les données au processeur .
- sa volatilité, qui entraîne une perte de toutes les données en mémoire dès que l'ordinateur cesse d'être alimenté en électricité. Cet inconvénient, qui n'existait pas avec les anciennes mémoires à ferrite est éliminé sur d'autres types de mémoires RAM dites « non-volatiles », comme les MRAM, mais dont les temps d'accès ou le coût ne sont pas toujours aussi compétitifs.

Il existe deux types principaux de mémoire :

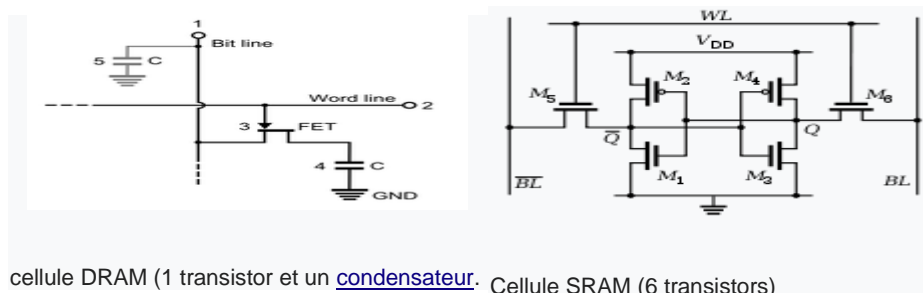
- la **mémoire vive (RAM)** : qui est une mémoire volatile (qui perd ses données lorsqu'on coupe son alimentation électrique).
- la mémoire morte (ROM) qui est une mémoire non volatile (mémoire rémanente qui conserve ses données même lorsqu'on coupe son alimentation électrique).

Il y a deux types principaux de mémoire vive :

- la **mémoire vive dynamique (DRAM)** : qui, même sous alimentation électrique, doit être réactualisée périodiquement pour éviter la perte d'information.
- la **mémoire vive statique (SRAM)** : qui n'a pas besoin d'un tel processus lorsque sous alimentation électrique.

**Organisation** :Les informations peuvent être organisées en mots de 8, 16, 32 ou 64 bits.

Certaines machines anciennes avaient des mots de taille plus exotique



cellule DRAM (1 transistor et un [condensateur](#). Cellule SRAM (6 transistors)

**Figure III.13 : L'organisation de DRAM et SRAM.**

L'UAL effectue les opérations arithmétiques (sommés, soustractions) et les opérations logiques (AND, OR, EX-OR et ainsi de suite).La cadence de l'horloge est déterminée de façon telle que l'UAL travaille au maximum de ses possibilités, c'est-à-dire de façon à exploiter au mieux sa vitesse.

La vitesse de l'UAL qualifie la performance de la machine ; par exemple, une multiplication est exécutée dans un temps compris entre un et dix millièmes de seconde par un micro-ordinateur, en un millionième de seconde par un mini-ordinateur très performant et en un temps plus faible par les ordinateurs scientifiques de type professionnel.

L'unité de commande gère le fonctionnement de l'UAL ainsi que l'échange de données et d'instructions avec la mémoire.

### ➤ Etude de convertisseur Analogique/Numérique :

Le convertisseur analogique/numérique est un périphérique intégré, destiné à recevoir une tension et la convertir en une valeur numérique qui pourra alors être utilisée par un système de traitement numérique.

il existe de très nombreuses méthodes. En pratique, on se trouvera en présence de convertisseur analogique/numérique à conversion par:

1. Double rampe: plus précis.
2. Approximations successives: plus rapide.
3. Comptage: économique.

Il existe diverses techniques possibles qui sont:

1. Simple rampe, double rampe, triple rampe.
2. Intégration à équilibrage de charges.
3. Tension-fréquence.
4. Approximations successives.
5. Comptage incrémental.

6. A condensateurs (transfert de charges).
7. Parallèle (à seuils multiples).

Le PIC16F877 dispose de 8 convertisseurs analogique/numérique répartis sur le port A et le port E qui permettent un échantillonnage sur 10bits. Ces broches peuvent être utilisées comme simple entrées-sorties digitales ou bien comme entrées des unités analogiques AN0, AN1,..., AN7. La conversion se fait avec la configuration des registres suivant :

- ADCON0.
- ADCON1.
- ADRES.
- ADRESH.

a) **Registre ADCON0** :

Ce registre en BANK0 permet de configurer les paramètres de fonctionnement des convertisseurs.

Les fonctions des bits sont définies de la manière suivante : ADON=1 : Conversion valide  
ADON=0 : Conversion non valide GO/DOWN=1: Start conversion GO/DOWN=0: Stop conversion  
CH0, CH1, CH2 permet de sélectionner les canaux.

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DOWN	-	ADON

**Tableau III.2 : Bits de configuration du registre ADCON0.**

CH2	CH1	CH0	Channel select
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

**Tableau III.3 : Sélection des canaux.**

ADCS1, ADCS2 sont les bits de sélection de la fréquence de conversion en fonction du FOSC.

ADCS1	ADCS0	Fréquence
0	0	Fosc/2
0	1	Fosc/8
1	0	Fosc/32
1	1	RC

**Tableau III.4 : Configuration de la fréquence de conversion.**

Fosc correspond à la fréquence du quartz /4.

**b) Registre ADCON1 :**

Les registres situés en BANK1 permet de configurer les broches de port A et de port E en entrées digitales ou analogiques et de sélectionner les registres où doivent être sauvegardés des résultats sur 10bits.

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
ADFM	-	-	-	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

**Tableau III.5 : Bits de configuration du registre ADCON1.**

Le mode de sélection est illustré par le tableau disponible en datasheet au niveau de site web de microchip.

**III.2.5 L'afficheur LCD : [13]**

LCD est l'acronyme de Liquid Crystal Display (en anglais), ce qui signifie en français écran à cristaux liquides.

Par opposition à un afficheur à LED (comme les afficheurs 7 segments par exemple) où il suffit d'allumer une LED pour créer des caractères, l'affichage d'un message textuel sur un afficheur LCD n'est jamais direct. Il faut envoyer une série de commandes à l'afficheur, qui les interprète et qui réalise en fonction certaines actions dont l'affichage des caractères.

On distingue 2 types de commandes : les instructions (pour configurer l'afficheur) et les données (pour afficher un caractère à partir de son code ASCII).

Le protocole d'envoi des commandes à l'afficheur est très précis et doit être respecté si on veut que la réaction de l'afficheur soit le résultat attendu : afficher un message.

Un afficheur LCD contient :

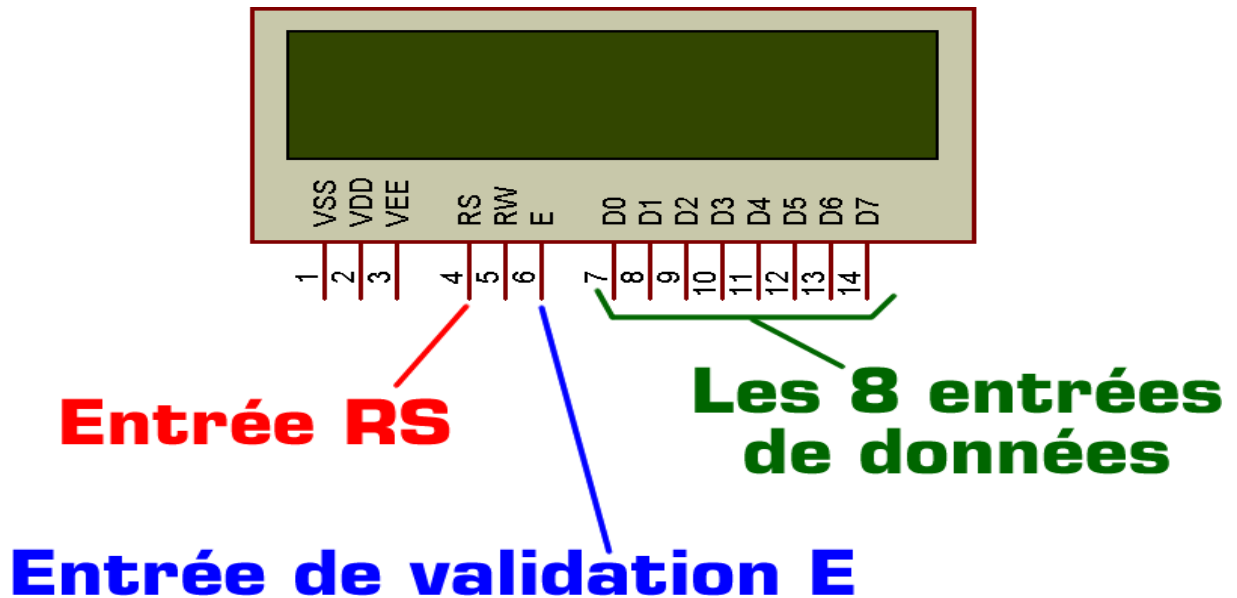
- une entrée de contrôle **RS** (Register Select).
- une entrée de validation **E** (Enable).
- 8 entrées de données **D0** à **D7**.

**RS** permet de préciser si la commande présente sur les entrées **D0** à **D7** est une instruction ou une donnée, et **E** permet de valider cette commande.

Une commande est une valeur numérique présente sur les entrées **D0** à **D7** et validée par une impulsion sur **E**.

Le protocole d'envoi des commandes précise la liste des instructions à envoyer pour configurer l'afficheur (**RS=0**) suivie des données à envoyer (**RS=1**).

L'entrée **RW** sera mise à zéro (connectée à la masse) et sera inutilisée ici.



**Figure III.14 : Représentation de LCD.**

Les 3 entrées d'alimentation **VSS**, **VDD** et **VEE** n'ayant pas besoin d'être obligatoirement alimentées dans ISIS Proteus.

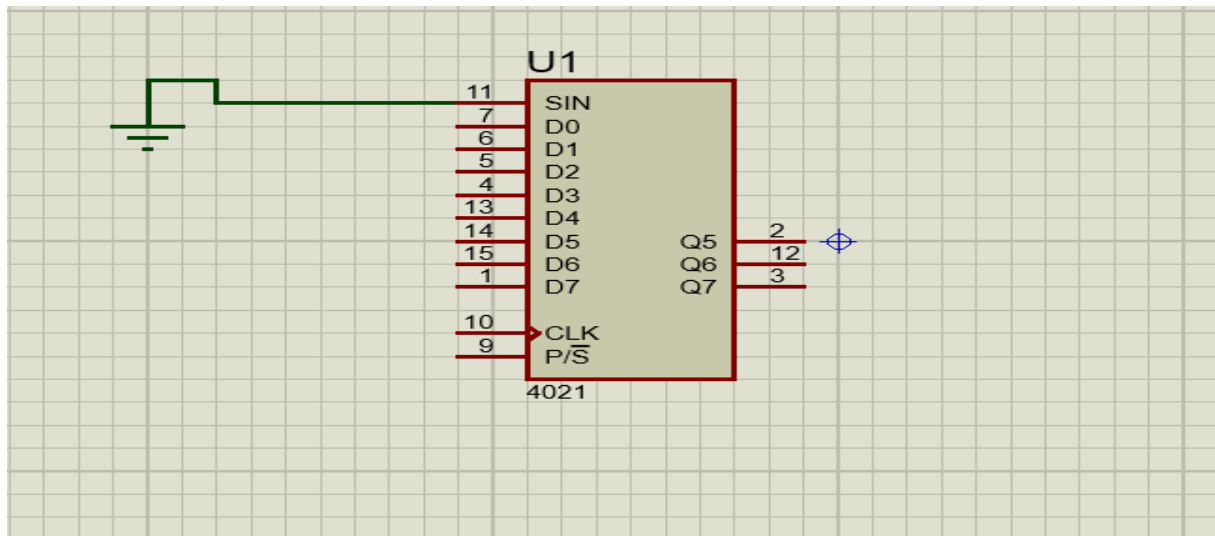
- a- **Le registre d'instruction IR (Instruction Register) :** C'est le registre de contrôle, suivant la valeur que l'on met dedans, l'afficheur exécute des opérations de configurations, exemple : effacement de l'écran.  
Il permet aussi de positionner le curseur parmi les 80 adresses de la DDRAM.
- b- **Le registre des données DR (Data Register) :** Suivant la valeur que l'on met dedans l'afficheur peut : - Afficher un caractère (Code ASCII ou spécifique).  
- Créer une ligne d'une matrice d'un nouveau caractère.

### **III.2.6 :Circuit de conversion parallèle / série :[14]**

Le HCF4021BE est un circuit intégré de type CMOS « Complementary Metal Oxide Semiconductor ». Ce dispositif est un registre à décalage de 8 entrées parallèles et une sortie série, dont la cadence de conversion est contrôlée par le signal d'horloge DTR (pin10). La sortie des données est disponible au niveau du pin 3. Dans ce dispositif, l'entrée est commandée par le



signal d'entrée pin9. Les données sont décalées de manière sérielle pendant la transition positive du signal.



**Figure III.15 : Représentation de CMOS 4021.**

La configuration des pins est comme suite :

- Les entrées parallèles du circuit CMOS4021 sont connectées au port B du PIC.
- Le signal d'horloge (pin10) est engendré par la sortie DTR du port série.
- Le pin3 est connecté avec la sortie DCD (entrée des données séries) du port série.
- Le signal STROBE qui permet le stockage (pin9) est connecté avec la sortie RTS du port série.

### **III.2.3 Unité de sortie :**

L'unité de sortie est une circuiterie électronique qui contient des organes de traitement qui permettent de faire la conversion série/ parallèle, conversion numérique/analogique et enfin une conversion courant/tension dans le but de rendre le signal de commande utile.

Elle sert à véhiculer les données (informations) à l'extérieur de l'ordinateur. Elle aussi, comme l'unité d'entrée.

#### **III.2.3.1 Circuit de conversion série/parallèle :[15]**

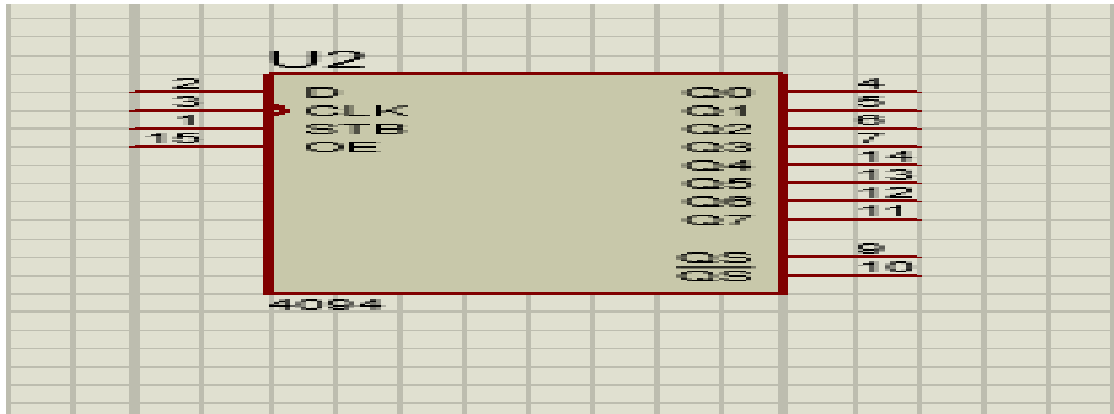
Le signal de commande délivré par le micro-ordinateur est de nature série sur 8 bits, tandis que le convertisseur numérique analogique DAC0800 ne fonctionne qu'avec des signaux parallèles. Donc, L'utilisation du port série pour la commande nécessite en premier lieu l'utilisation des convertisseurs série / parallèle tel que le HCF4094BE.

Le (HCF4094BE) est un registre à décalage a huit étapes sériées.

Contient des unités de stockage liées à chaque étape afin d'enregistrer les données issues du port série, qui se déplacent par la suite vers le bloc de sortie parallèle.

Les données issues du port série via la broche TXD sont décalées lorsque le signal d'horloge (pin 3) est de niveau haut, ceci engendre le déplacement des bits vers les éléments de stockage du registre. La validation des sorties est obtenue à l'aide des broches 1 (RTS) et 15 (ENABLE) du registre CMOS4094.

Le HCF4094BE est un circuit intégré monolithique (formé d'un seul bloc) fabriqué suivant la technologie CMOS.



**Figure III.16 : Représentation de CMOS 4094.**

Les fonctions des principales broches sont définies de la manière suivante :

- Les sorties parallèles Q0 à Q7 sont reliées directement avec le convertisseur numérique analogique DAC ou la broche 11 correspond au LSB, tandis que la broche 4 représente le MSB.
- Le signal d'horloge (pin3) est contrôlé par la sortie DTR du port série.
- Le pin2 est connecté avec la sortie TXD (sortie des données séries) du port série.
- Le signal qui permet le transfert (pin1) est connecté avec la sortie RTS du port série afin de valider la sortie (STROBE).
- Le signal chip select (pin15) est relié avec le signal Vcc afin d'activer le circuit de manière continue.
- **Convertisseur numérique analogique DAC 0800 :[16]**  
Un convertisseur numérique - analogique permet de traduire une information numérique (binaire) en une information analogique, c'est à dire en une grandeur physique (courant, tension...).

**a) Présentation du DAC0800 :**

Le DAC0800 est un circuit intégré qui permet de convertir une donnée numérique de 8 bits à une donnée analogique il nécessite des tensions de référence de +10Volts et -10Volts.

**b) Caractéristiques principales :**

- Temps de conversion : 100 ns.
- Erreur en pleine échelle :  $\pm 1$  LSB.
- Tension en sortie jusqu'à 20 V.
- Sorties complémentaires en courant.
- Interfaçage direct en TTL et CMOS.
- Alimentation de  $\pm 4,5V$  à  $\pm 18V$ .
- Basse consommation : 33 mW à  $\pm 5V$ .

- Conversions unipolaires ou bipolaires.
- Coût modéré.

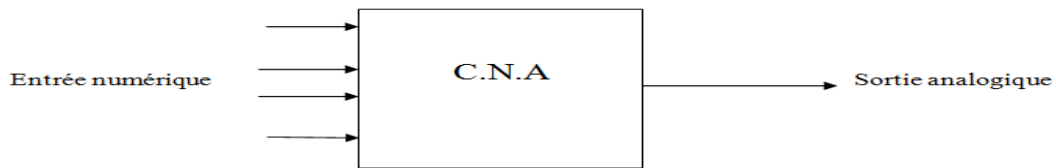


Figure III.17 : Représentation de CNA.

c) La structure interne du DAC 0800 :

La structure interne montre le bloc de décodage qui reçoit les 8 bits à convertir et contrôle les commutateurs. Ici les courants entrants dans le convertisseur et leurs poids binaires sont obtenus par des miroirs de courant. Les broches 4 et 2 fournissent les courants complémentaires, image de la conversion. La grandeur de référence, en tension ou en courant, est appliquée au niveau des broches 14 et 15. La notice complète fournit le mode de câblage et de nombreuses applications.

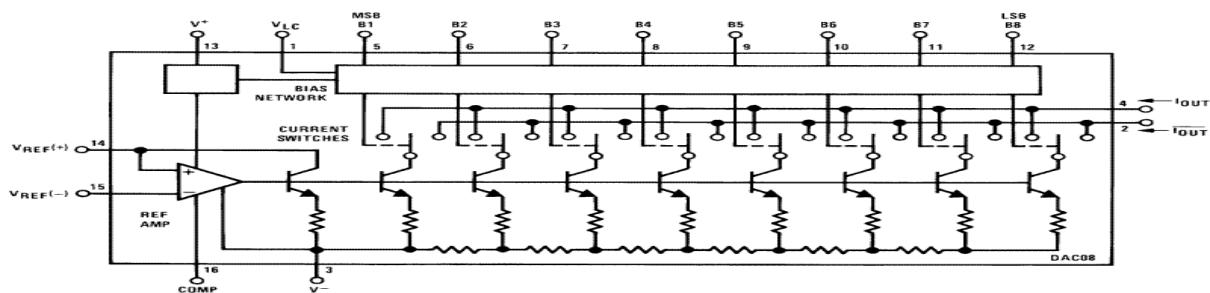


Figure III.18 : Architecture interne du DAC0800.

III.2 Le schéma général de la carte d'acquisition :

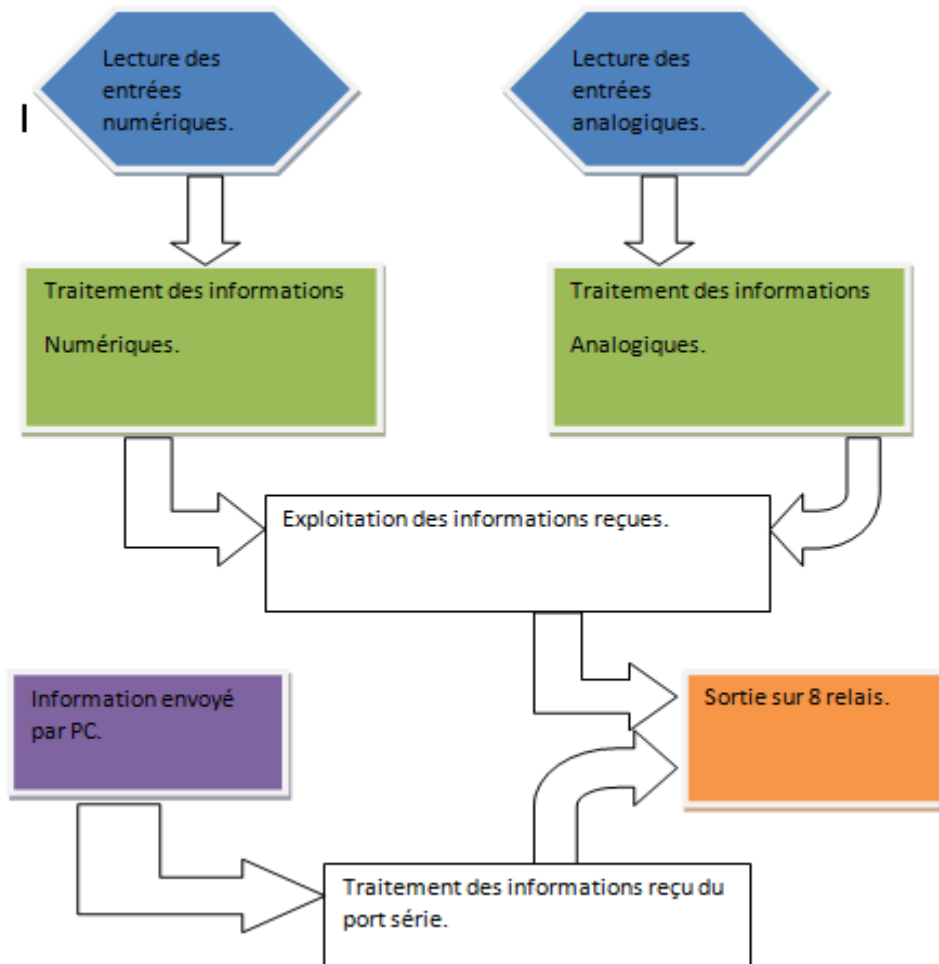
1) Présentation :

Il s'agit d'une carte d'acquisition à 8 entrées analogiques, 8 entrées Logiques et 8 sorties à relais.

La carte se connecte à un ordinateur (via une liaison RS232).

## 2) Principe de fonctionnement de la carte :

L'objectif est de réaliser un système qui gère des entrées analogiques, des entrées numériques et des sorties à travers des relais via un PC (figure 18).



**Figure III.19 : Représentation de schéma de la carte.**

Le système est composé d'une carte d'acquisition et d'interface communicante avec un PC à travers une liaison série, dont l'élément principal est un Pic 16F877 capable d'acquérir huit entrées analogiques et huit entrées numériques, ainsi que la génération des signaux de commande de huit relais. Cette carte polyvalente est capable de gérer divers application. L'alimentation du montage est assurée par (5V-12V). La communication de cette carte avec le PC se fait à travers une liaison série (DB9), est relié au microcontrôleur par ses broches 2 et 3 (RX, TX) via un circuit MAX232 dont le rôle est l'adaptation des signaux TTL/CMOS.

### 3) Schéma électrique de la carte :

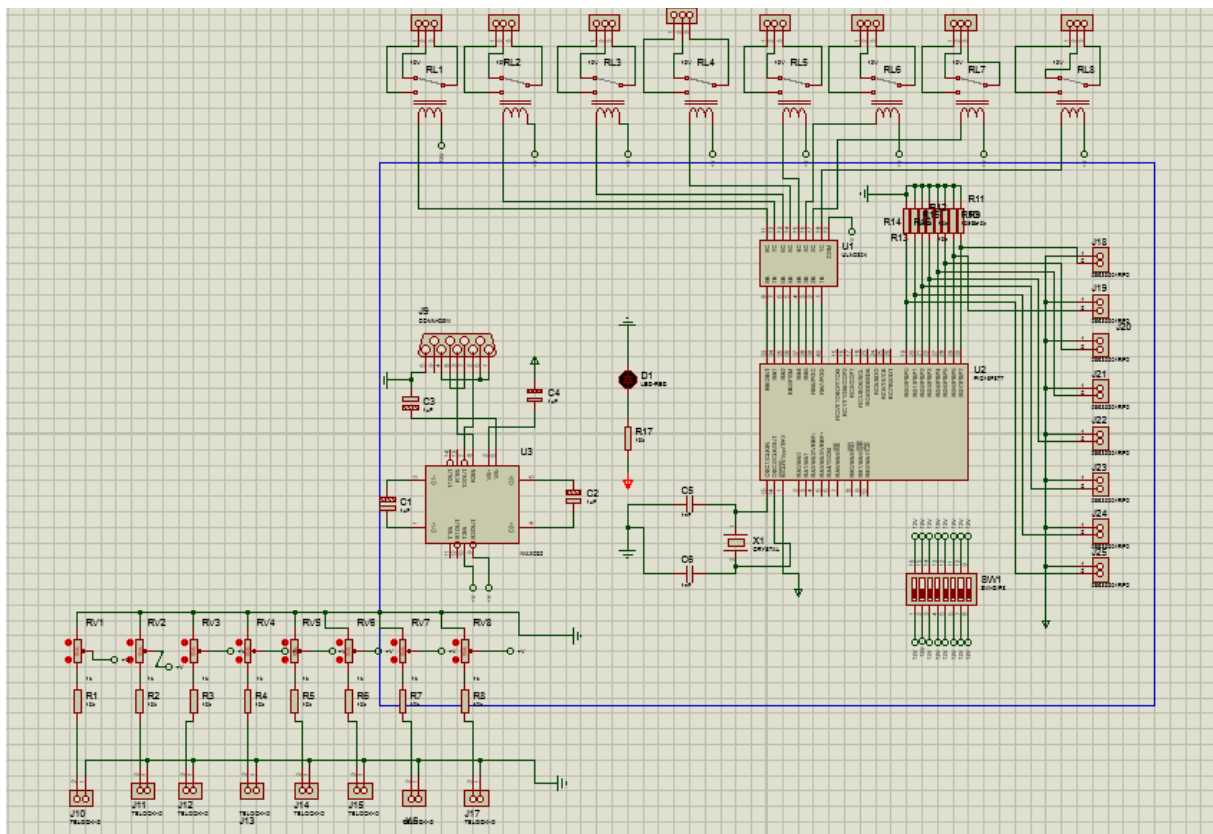


Figure III.20 : Représentation de schéma électrique de la carte.

#### Liste de matérielles :

- 1 microcontrôleur PIC 16F877 (boîtier PDIP).
- 1 circuit intégré MAX238A (interface RS232C <-> TTL/CMOS).
- 1 connecteur SubD 9 broches mâle.
- 8 résistances 4,7 k.
- 7 condensateurs de 2200 nF (ou 1000 nF).
- 1 quartz 20 MHz.
- 1 condensateur électrochimique de 100  $\mu$ F (filtrage).
- 1 condensateur électrochimique de 10  $\mu$ F (filtrage).
- 1 condensateur électrochimique de 1  $\mu$ F (filtrage).
- 4 condensateurs de 100 nF (filtrage).
- 2 condensateurs de 22 Pf.
- 1 source d'alimentation continue +12 V ou 5V.
- 8 résistances variables.
- 8 relais.
- Un ADC ULN 2824.

### **3.1 Principe de fonctionnement de la carte :**

#### **3.1.1 Les filtres anti-repliements :**

Un filtre anti-repliement est intercalé entre la tension à mesurer (qui provient généralement d'un capteur) et le canal d'entrée de l'ADC du PIC.

Il s'agit ici d'un simple filtre analogique passe-bas de fréquence de coupure 15 Hz.

#### **3.1.2 Le convertisseur analogique - numérique (ADC) :**

Le convertisseur analogique - numérique est situé dans un module interne du microcontrôleur PIC 16F88.

#### **3.1.3 Le filtrage numérique :**

Un filtrage numérique (passe-bas) est effectué de façon à enlever le maximum de bruit (en particulier le bruit de ronflement du secteur 50 Hz). Ce filtrage numérique est réalisé de manière logicielle par le PIC (pendant la phase de traitement du résultat de la conversion).

Caractéristique du filtre numérique :

- Période d'échantillonnage :  $T_e = 390,6 \mu s$  (soit 1953 cycles avec un quartz de 20 MHz)
- Fréquence d'échantillonnage :  $F_e = 1 / T_e = 2,560 \text{ kHz}$

Le filtre numérique calcule la moyenne arithmétique sur 256 échantillons (filtre numérique à moyenne glissante).

#### **3.1.4 La liaison RS232 :**

##### **➤ Le câble de communication entre l'ordinateur et la carte :**

Il faut bien sûr un ordinateur qui possède un port COM, reconnaissable par son connecteur SubD 9 broches mâle.

Il faut brancher un câble "null-modem" (câble croisé) entre l'ordinateur et la carte.

Si vous n'en avez pas, vous pouvez facilement en faire un (il faut 3 fils et 2 connecteurs SubD 9 broches femelle).

##### **➤ Protocole de communication entre l'ordinateur et la carte :**

Seul l'ordinateur prend la parole (maître).

Le microcontrôleur PIC 16F88 se contente de répondre (esclave).

L'ordinateur envoie 1 octet (via la liaison RS232) toute les 140 ms.

Cet octet contient le numéro du canal à échantillonner :

- canal 0 -> 0x00
- canal 1 -> 0x01
- canal 2 -> 0x02
- canal 3 -> 0x03
- canal 4 -> 0x04
- canal 5 -> 0x05
- canal 6 -> 0x06

Le processus est cyclique : voie 0 puis voie 1 ... puis voie 6 puis voie 0 ...

Chaque voie est ainsi échantillonnée toutes les  $7 \times 140 = 980$  ms (d'où une fréquence d'acquisition d'environ 1 Hz).

Une fois l'octet reçu, le PIC 16F88 sélectionne le canal indiqué, et lance une série de 256 conversions (une toutes les 390,6  $\mu$ s).

Cela prend :  $256 \times 390,6 \mu\text{s} = 100$  ms

Le microcontrôleur PIC effectue la moyenne des 256 résultats de conversion.

Sachant que la résolution du convertisseur ADC est 10 bits, la somme nécessite un nombre de 18 bits.

La moyenne correspond à la somme avec la virgule décalée de 8 bits vers la gauche.

#### **4. Algorithme de fonctionnement :**

La carte que l'on veut réaliser possède 512 entrées.

Pour inextensibilité de la carte et la sérialisation des données issues des capteurs éloignés on peut utiliser des multiplexeurs à 8, 16 ou 32 entrées (le nombre de multiplexeurs varie selon le besoin).

On va prélever les valeurs de température, d'humidité, et de pression.

Les capteurs utilisés dans cette opération sont des capteurs de température, d'humidités, de pressions, ou toute autre grandeur physique mesurable.

On veut faire la mesure en 4 points différents, pour cela on utilise 4 capteurs de température, 1 capteur d'humidité, 1 capteur de pression et 4 capteurs CCD. Par point.

Le refroidissement est assuré par des ventilateurs.

Le chauffage est assuré par la commande des électrovannes a gaz, ou des résistances éclectiques chauffantes.

On choisit les capteurs en fonction de leurs tailles et leurs précisions.

Chaque capteur monté sur le dispositif (la carte) fournit une valeur instantanée soit de température, humidité, pression, dont la précision est liée au type et positionnement de capteur sur l'artère. il est possible de fusionner toutes ces données pour approximer au mieux la valeur de référence.

- Les 4 capteurs de température (CPT) utilisées sont :[17]
  1. AD 590.
  2. LM35 (température de -55 à 150 °C).
  3. LM135 (température de 1 à 100 °C).
  4. LM335 (température de -40 à 100 °C).
- Le capteur d'humidité (CPH) utilisées est :
  1. Capteur d'humidité capacitif (sonde capacitif), humidité 0à 100 %.
- Le capteur de pression (CPP) utilisées est :
  1. Capteur relative, la plage de pression est (0 à 20 bar).
- Capteur CCD : est un capteur photographique basé sur un dispositif à transfert de charge.

L'élément photosensible charge chacun des éléments de CCD qui le transfert selon le signal d'horloge.

## **Les étapes :**

**Etape 1 :** les 4 premiers capteurs sont des capteurs de température nommés comme suit : (CP1–CP4).

Les plages de mesure de température sont :

T1 (0-25), T2 (25-50), T3 (50-100), T4 (100-150).

L'humidité : H1. (Condition imposée)

La pression : P1. (Condition imposée)

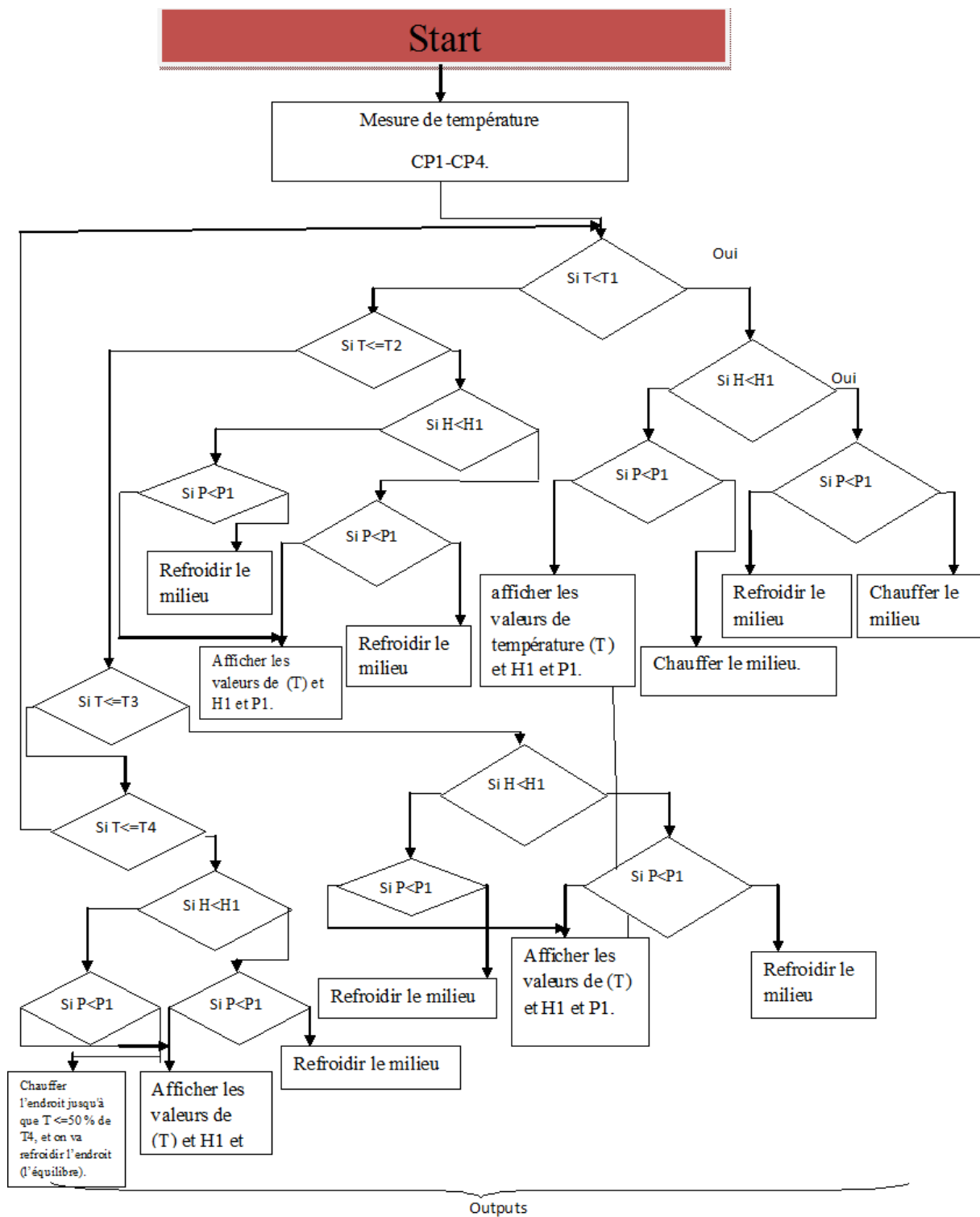
**Etape 2 :** la carte fonctionne sous les conditions suivantes :

1. Si la température est inférieure à T1 :
  - a) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est inférieure à P1, on va chauffer
  - b) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est supérieure à P1, on va refroidir
  - c) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est inférieure à P1), on va chauffer.
  - d) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est supérieure à P1), on va afficher les valeurs de température (T) et H1 et P1.
2. Si la température est inférieure ou égale à T2 :
  - a) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est inférieure à P1, on va refroidir.
  - b) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est supérieure à P1, on va afficher les valeurs de température (T), l'humidité H1, et la pression P1.
  - c) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est inférieure à P1), on va refroidir



- d) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est supérieure à P1), on va afficher les valeurs de température (T) et H1 et P1.
3. Si la température est inférieure ou égale à T3 :
- a) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est inférieure à P1, on va refroidir.
  - b) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est supérieure à P1, on va afficher les valeurs de température (T), l'humidité H1, et la pression P1.
  - c) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est inférieure à P1), on va refroidir.
  - d) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est supérieure à P1), on va afficher les valeurs de température (T) et H1 et P1.
4. Si la température est inférieure ou égale à T4 :
- a) l'humidité est inférieure à H1, et la pression est inférieure à P1, on va refroidir.
  - b) Si l'humidité est inférieure à H1, et la pression est supérieure à P1, on va afficher les valeurs de température (T), l'humidité H1, et la pression P1.
  - c) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est inférieure à P1), on va chauffer jusqu'à que T soit inférieure ou égale à 50 % de T4, et on va refroidir (l'équilibre).
  - d) Si (l'humidité est supérieure à H1 et la pression est supérieure à P1), on va afficher les valeurs de température (T) et H1 et P1.

**L'organigramme de fonctionnement :**



**Figure III.21 : Représentation de L'organigramme de fonctionnement.**

## Brochage de la carte :

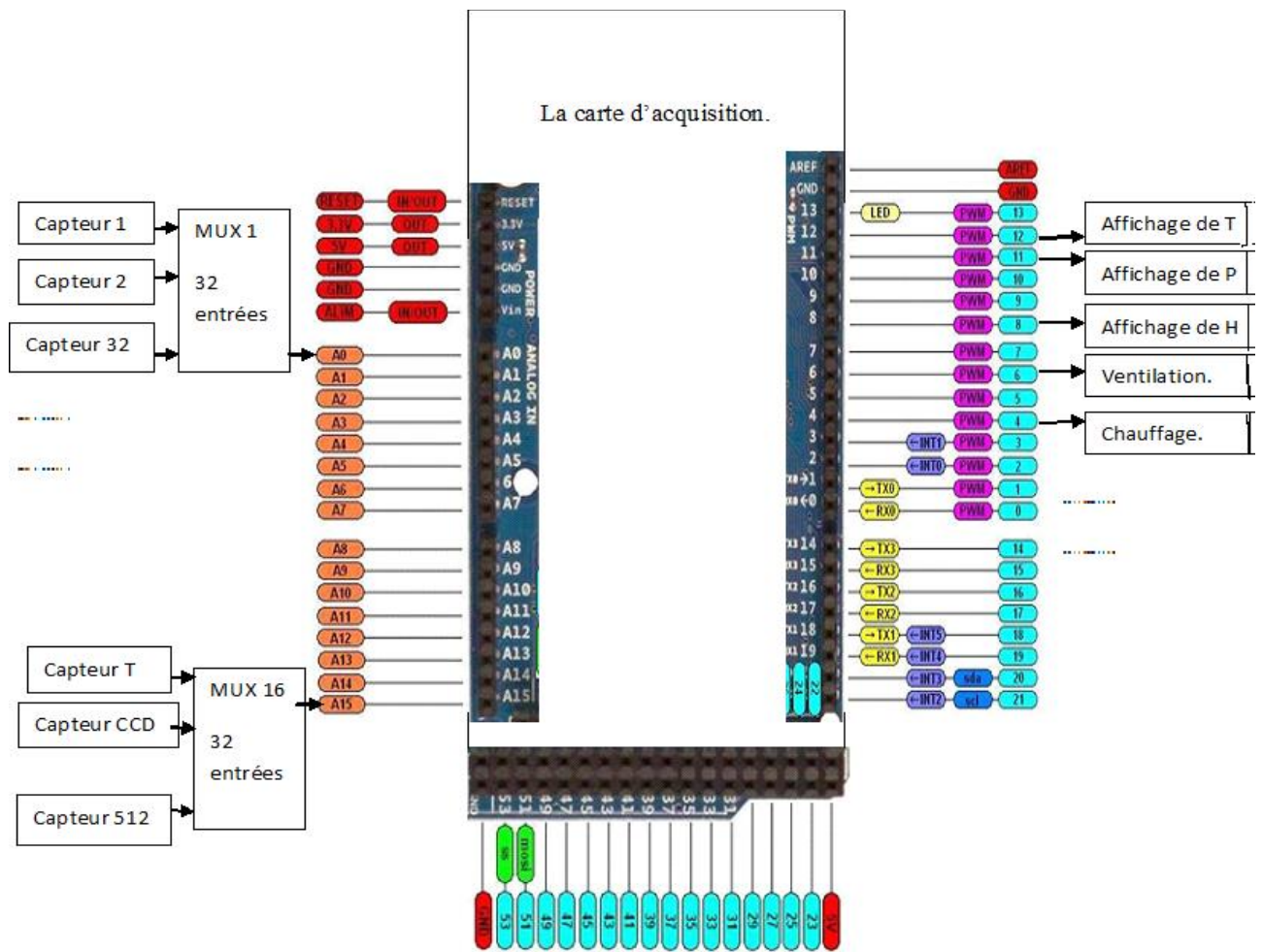


Figure III.22 : Synoptique de la carte.

## Schéma synoptique de la carte :

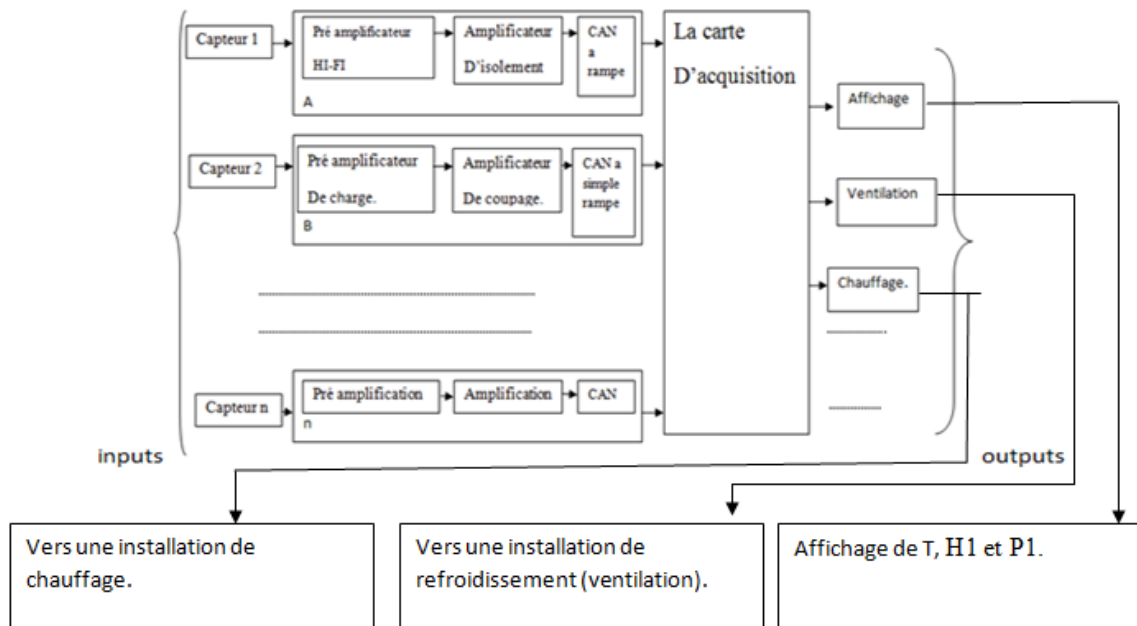


Figure III.23: Représentation de la carte d'acquisition.

## 5. Représentation de la carte :



Figure III.24 : Représentation de la carte d'acquisition réelle.[17]

## **6 . Programmation du système d'acquisition :**

Le système d'acquisition doit être versatile au niveau de sa configuration. Etant installés sur un prototype, les capteurs utilisés peuvent changer rapidement. Il est nécessaire de pouvoir modifier la configuration en conséquence. De plus, pour faciliter la maintenance du programme, un langage de programmation simple à l'entrée est préconisé.

La configuration nécessaire comprend : les changements d'échelles, la mise à zéro, la sélection des canaux à enregistrer et les fréquences d'échantillonnage.

La plupart des systèmes modulaires présentent la capacité de configurer les entrées. Soit par une interface graphique ou bien par l'utilisation d'un langage de programmation. Les systèmes industriels et automobiles se configurent à l'aide d'une interface graphique. Un système personnalisé devrait être programmé dans un langage natif.

Les options configurables par une interface graphique sont plus faciles d'utilisation et permettent des changements rapides de configuration. Par contre, leur simplicité limite le traitement et contraint l'utilisation des interfaces de communication. De l'autre côté, les systèmes programmés ajoutent un niveau de complexité. Un module personnalisé requiert la conception complète d'un logiciel embarqué et son maintien.

## **Conclusion :**

Le progrès de technologie permet de trouver plusieurs solutions de problèmes que l'on face.

Dans ce chapitre nous avons étudié et réalisé la carte électronique utilisée d'acquisition. Cette carte électronique d'acquisition est constituée d'un microcontrôleur qui permet d'assurer l'acquisition, la conversion analogique/numérique et aussi commander l'afficheur LCD, un convertisseur numérique/analogique associés à des registres à décalage ainsi que les circuits d'adaptation.

Cependant, nous avons testé et vérifié individuellement l'ensemble de circuits intégrés constituant cette carte d'acquisition. Cet essai nous a permis de confirmer le bon fonctionnement et la fiabilité de la carte électronique avant son couplage au port de micro-ordinateur.

## **Conclusion générale :**

De nos jours, les facteurs temps et distance rencontrent des contraintes de plus en plus sévères. Vu l'importance donnée en industrie et dans la vie moderne à ces facteurs, on se trouve devant l'obligation d'améliorer les méthodes et les outils de communication. Concevoir une carte d'acquisition multi fonctionnelle était l'objectif principal de notre projet.

Notre application permet le contrôle, et la surveillance de plusieurs systèmes à distances tels que la commande des machines, des systèmes de surveillances et des appareils de mesures... L'élaboration de ce projet regroupe plusieurs parties, notamment, l'étude de l'ensemble des éléments constituant le système, la réalisation de la carte et le montage électronique.

Nous avons eu l'occasion au cours de ce projet d'étudier, concevoir et utiliser une diversité de matériels et logiciels que nous ont été aussi utiles pour notre projet ainsi que pour l'approfondissement de nos connaissances.

Notre projet de réalisation a été fait en deux parties:

La première partie est l'étude et la conception assistée par la carte d'acquisition,

Et la deuxième partie est la réalisation, pour les deux parties simulation et réalisation, on a passé par la programmation orientée objet ainsi que la visualisation des résultats trouvés.

Ce travail n'est qu'une simple application dans le domaine de l'électronique.

Il peut être plus autonome, plus pratique, et assez évolutif vu le pas géant et les progrès réalisés dans les domaines de la technologie de la communication à notre époque.

## Résumé

L'objectif de ce mémoire est de réaliser et concevoir une carte d'acquisition multi fonctionne soit pour la surveillance ou contrôle.....

Le principe de fonctionnement de notre carte est le suivant : l'acquisition de données, qui consiste à obtenir les différentes grandeurs physiques mises en jeu dans un système (lequel peut être une unité de production ou une station de recherche scientifique), voit son importance sans cesse accrue, parce qu'elle contribue efficacement à améliorer le bon fonctionnement du système en vue d'assurer la qualité des produits fabriqués. La technique d'acquisition évolue avec les progrès réalisés dans le domaine de l'électronique numérique et en particulier dans celui des microprocesseurs.

Mots clés : une carte d'acquisition multi fonctionne, grandeurs physiques, microprocesseurs.

## ملخص

الهدف من هذه امذكرة هو تحقيق وتصميم بطاقة اقتناء متعددة. سواء للمراقبة أو التحكم .....  
مبدأ التشغيل لبطاقتنا هو كما يلي يكتسب الحصول على البيانات ، الذي يتكون من الحصول على الكميات المادية المختلفة التي ينطوي عليها النظام (والتي يمكن أن تكون وحدة إنتاج أو محطة بحث علمي) ، زيادة أهميتها باستمرار ، لأنه يساهم بشكل فعال في تحسين الأداء السليم للنظام من أجل ضمان جودة المنتجات المنتجة. تتطور تقنية الاستحواذ مع التقدم المحرز في مجال الإلكترونيات الرقمية وبشكل خاص في مجال المعالجات الدقيقة.  
الكلمات الرئيسية: بطاقة اكتساب متعددة الوظائف ، كميات مادية ، معالجات دقيقة

## Abstract.

The objective of this dissertation is to realize and design a multi acquisition card works either for surveillance or control .....

The operating principle of our card is as follows: data acquisition, which consists of obtaining the various physical quantities involved in a system (which can be a production unit or a scientific research station), sees its importance constantly increasing, because it contributes effectively to improve the proper functioning of the system in order to ensure the quality of the products produced. The acquisition technique evolves with the progress made in the field of digital electronics and in particular in that of microprocessors.

Keywords: a multi-function acquisition card, physical quantities, microprocessors.

# Bibliographie

[1] Thèse de doctorat « Analyse temporelle des systèmes d'acquisition de données » Une approche à base d'automates temporisés communicants et d'observateurs-- L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon\_\_ Belgacem BEN HEDIA \_\_ 2008\_\_

[2] Chaîne de mesure et d'acquisition de données \_ institut Louis Pasteur, Thèse doctorat – 2009.

[3] G. Asch et collaborateurs. Acquisition de données, du capteur à l'ordinateur. Edition Dunod Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>

[4] Mémoire Master en Informatique Option: Réseaux et Système Distribués R.S.D Implémentation d'une application orientée surveillance pour les réseaux de capteurs- Mr. SELATNA Abbas –2012.

[5]L.Khelladi ; N.Badache. Généralité sur les capteurs.

[6] D. Paret, « Le bus CAN, Applications CANopen, DeviceNet, OSEK, SDS, Dunod, 1999. »

[7] [FAV87] J.M. Favennec, « Smart sensors in industry”, J. Phys. E. : Sci. Instrum., 20, 1987, pp. 1087.

[8]Dendane, « Classification des capteurs de température », 2017

[9] Ben Brahem, « Choix de capteur »,2016

[10] K.Baumgartner, « Domaine d'utilisation de capteur », 2006.

[11] Datasheet MAX238, <+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers>par MAXIM.2006 Maxim Integrated Products

[12] Martins Bates,<<Pic Microcontrôleur an introduction to Microelectronics>>ELSEVIER 2007

[13] H.FEKHAR, M.BOUAZDIA, M.DJOUDI<Conception et réalisation d'une commande de type système embarqué avec utilisation de la technique M.L.I.Application aux contrôles de température et pression>.

[14] Thèse master « Etude et réalisation d'une régulation de type hybride avec ordinateur et microcontrôleur. Application au réglage de température » Université M'hamed Bougara-Boumerdes-2017.

[15] Datasheet HEF4094B, < 8-stage shift-and-store register>2013.



[16] C. Cimeli –R.Bourgeron. Guide du technicien en électronique. Hachette Technique.

[17] : G.Asch et collaborateurs. Acquisition de données, du capteur à l'ordinateur.

[18] : M.L. Zani, « les cartes d'acquisition et de traitement », [mesure 771]-Janvier 2005.