

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTE DU GENIE ELECTRIQUE ET D'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'AUTOMATIQUE

Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences et Technologies**

Filière : **Génie électrique**

Spécialité : **Micro-électronique**

Présenté par
BENNOUR YAMINA

Thème

REALISATION D'UNE STATION DE CARACTERISATION DE CAPTEURS DE PRESSION

Mémoire dirigé par **Mr LAKHLEF Ahcene**

Promotion 2015/2016.

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon promoteur Mr Lakhlef Ahcene, docteur à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à Mr Benfdila Arezki professeur à l'université de Mouloud Mammeri et responsable du laboratoire microélectronique de m'avoir permis de faire partie de son Master.

Je présente mes remerciements à Mr Maida Ahmed et Mr Chelli Takfarinas, d'avoir accepté de faire parti des membres du jury.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants qui m'ont encadré ces deux dernières années ainsi qu'à tout intervenant et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de répondre à mes questions durant mon travail.

Enfin, je remercie les étudiants de cette promotion pour leur aide et leur soutien en particulier Maya et Katia.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ✿ *Mes parents ;*
- ✿ *Mon mari ;*
- ✿ *Et toute ma famille.*



Sommaire

Liste des figures

Introduction générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur les capteurs.

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition d'un capteur.....	3
I.3. Nature de l'information fournie par le capteur.....	4
I.4. Caractéristiques d'un capteur.....	5
I.5. Conditionnement du signal délivré par le capteur.....	6
I.5.1. Conditionnement des capteurs passifs.....	6
I.5.1.1. Polarisation des capteurs par une tension.....	7
I.5.1.2. Polarisation des capteurs par un courant.....	8
I.5.1.3. Linéarisation et amplification.....	9
I.5.1.3.1. Montage amplificateur à base d'AOP.....	9
I.5.2. Conditionnement actif.....	11
I.5.2.1. Le capteur est une source de courant.....	11
I.5.2.2. Le capteur est une source de charge.....	11
I.6. Types de capteurs.....	12
I.6.1. Les capteurs actifs.....	12
I.6.2. Les capteurs passifs.....	12
I.6.2.1. Les capteurs résistifs.....	13
I.6.2.2. Les capteurs inductifs.....	14
I.6.2.3. Les capteurs capacitifs.....	14
I.7. Les grandeurs d'influence.....	15
I.8. La chaîne de mesure.....	16
I.9. Conclusion.....	17

Chapitre II : Acquisition de données.

II.1. Introduction.....	19
II.2. Définition d'un système d'acquisition de données.....	19

Sommaire

II.3.Les composants d'un système DAQ.....	19
II.3.1.Le capteur de pression	20
II.3.1.1.Types de pression	20
II.3.1.2.Définition du capteur de pression	21
II.3.1.3. Choix du capteur.....	23
a-Présentation du capteur de pression MPX5100D.....	23
b-Caractéristiques.....	24
c-Compensation de la température et étalonnage sur puce	25
d-Fonctionnement du capteur de pression MPX5100D	26
II.3.2. Module d'acquisition LabJack U3-LV	26
II.3.2.1. Description du matériel	27
II.3.3. Choix du logiciel	30
II.3.3.1.Présentation du LabVIEW	30
II.4.Conclusion	35

Chapitre III : Banc de mesure

III.1. Introduction	36
III.2.Réalisation de l'éprouvette de test	36
III.3. Etalonnage du capteur	37
III.4. Présentation du programme sous LabView pour l'acquisition des signaux via la carte Labjack U3-LV	39
III.4.1. Fonctionnement des VIs du Labjack utilisés pour l'entrée analogique	42
III.5.Applications du capteur de pression.....	43
III.5.1. La mesure de Masse (balance)	43
III.5.2. Anémomètre	45
III.6. Conclusion	45

Conclusion générale	46
----------------------------------	----

Annexes

Bibliographie

Introduction générale

Introduction générale

L'évolution très rapide des technologies microélectroniques, engendre des contributions importantes dans divers domaines de compétences tels qu'en chimie, biochimie, biologie, environnement, matériaux, mécanique, médecine, physique et autres. Par exemple, les progrès d'instrumentation et de modélisation par ordinateur ont aidé à découvrir de nouveaux aspects de l'ADN permettant d'améliorer la prévention des maladies des plantes et des êtres vivants.

Le développement des instruments très avancés est devenu un enjeu majeur pour répondre aux besoins et aux exigences qui sont de plus en plus évolutifs.

Les capteurs font actuellement partie de cette évolution rapide qui nous permet de faciliter la vie avec une meilleure maîtrise du temps, une réponse extrêmement rapide, une surveillance dans des milieux à accès difficiles pour éliminer les difficultés autour de nous, a fin d'avoir un meilleur contrôle et observation, pour augmenter la fiabilité des systèmes.

Notre travail consiste à réaliser une station de caractérisation de capteurs de pression (selon la technologie de fabrication), dont l'objectif est d'étalonner de nouveaux capteurs élaborés dans le cadre des activités de recherche ainsi que dans le domaine pédagogique comme manipulation en technologie du capteur.

Le travail de ce mémoire est organisé comme suit : Dans le premier chapitre nous nous intéresserons à l'état de l'art des capteurs à savoir les différents types, les grandeurs d'influence ainsi que la chaîne de mesure.

Dans le deuxième chapitre, nous étudierons l'acquisition de données. Nous décrirons d'abord ce que c'est qu'une acquisition de données en suite les composant d'un système d'acquisition.

L'acquisition est faite grâce à une carte Labjack et représentée avec le logiciel LabVIEW

Le troisième Chapitre, est consacré à la réalisation de notre bon de mesure à savoir la réalisation de l'éprouvette de test ,la comparaison des résultats obtenus sur le capteur de

Introduction générale

pression avec les données du constructeur et la mise en œuvre de deux applications utilisant notre éprouvette de test.

Chapitre I:

Généralités sur les capteurs

I.1. Introduction

Les êtres humains ont cinq sens: la vue, l'ouïe, le toucher, le goût et l'odorat. Ils agissent après avoir reçu du monde extérieur des informations via ces sens. L'idée de représenter les sens naturels de l'homme avec des systèmes artificiels a été un rêve. A cet égard, les chercheurs se sont orienter vers, les capteurs qui jouent un rôle important dans la reproduction et la simulation des cinq sens, jusqu'a les surpasser.

Le capteur est le dispositif qui mime la capacité des yeux, des oreilles, de la peau, du nez et de la langue, en vue de remplacer la vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat et le goût selon le diagramme représenter en figure 1.

Le domaine de la détection d'espèces potentiellement nocives représente un important axe de recherche pour des raisons d'hygiène & sécurité. Bien que l'économie actuelle impacte sur les statistiques, celles-ci ont montré une augmentation du marché des capteurs depuis ces cinq dernières années

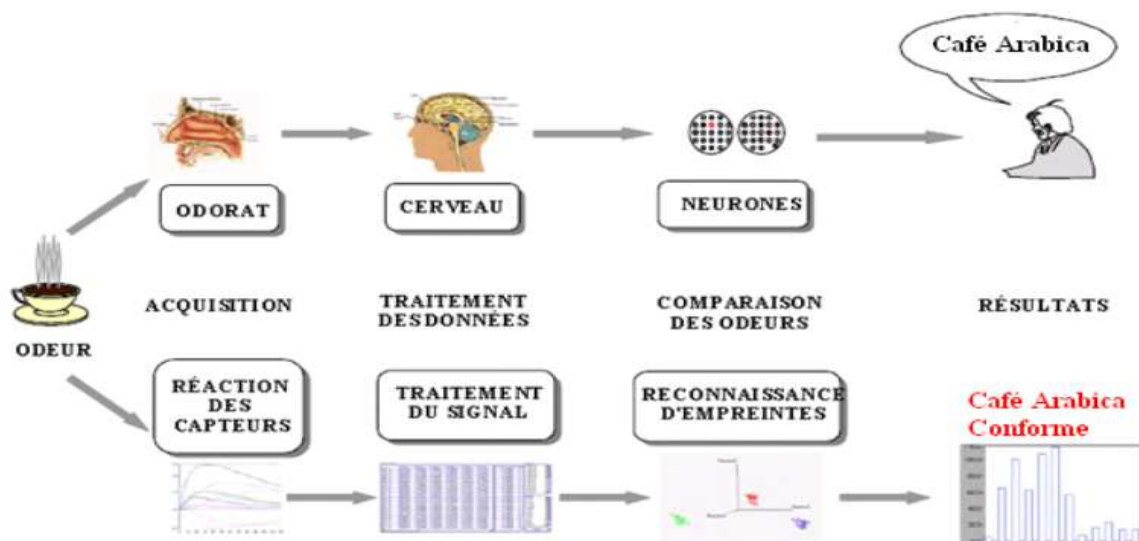


Figure I.1 : Comparaison entre le nez humain et le nez électronique [1].

I.2. Définition d'un capteur :

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique non électrique appelée mesurande « m » se rapportant au fonctionnement du système (présence d'une pièce, température, etc.) en une autre grandeur physique appelée réponse « s » généralement électrique exprimé par une tension exploitable par le système autonome et ou par PC [2]. La relation entre la mesurande et la sortie doit être univoque (dans un seul sens).

I.3. Nature de l'information fournie par le capteur :

Suivant son type, L'information qu'un capteur fournit au PC peut être :

- a- **Logique** : L'information ne peut prendre que les valeurs 1 ou 0 ; on parle alors d'un capteur Tout ou Rien (TOR).

➤ **Exemple de capteur tout ou rien [3]**

- **Les capteurs magnétiques (ILS)** : Ils sont principalement utilisés pour détecter la position d'un vérin: la tige du vérin est munie d'un aimant permanent; quand l'aimant passe à proximité du capteur, le contact est attiré et se ferme. La figure ci dessous montre la caractéristique d'un capteur de position.

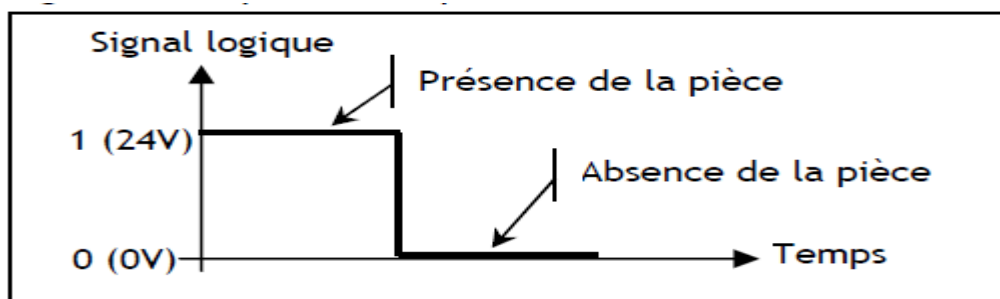


Figure I.2: exemple d'un capteur TOR

- **Les capteurs de seuil de pression Egalement appelés pressostat** : le capteur de pression informe la partie commande du franchissement d'un seuil de pression pré-réglé : ex : le capteur délivre le signal 1 si la pression est au-dessus du seuil, 0 sinon.
- b- **Analogique** : L'information peut prendre toutes les valeurs possibles entre deux certaines valeurs limites ; on parle alors d'un capteur analogique. La figure 3 montre la caractéristique d'un capteur de température.

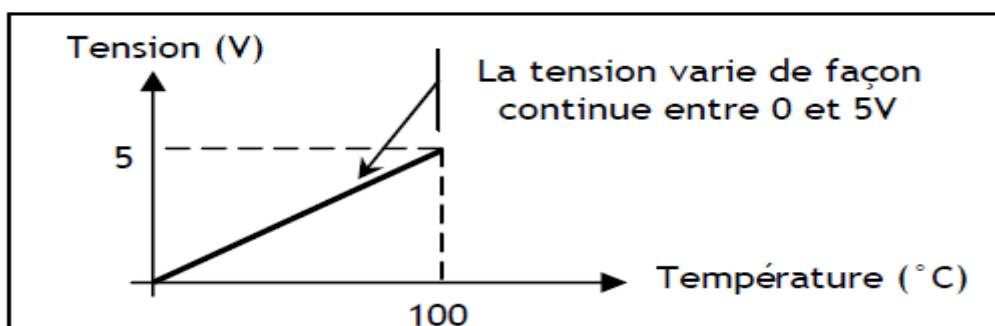


Figure I.3 : exemple d'un capteur analogique.

- c- **Numérique** : L'information fournie par le capteur permet au PC d'en déduire un nombre binaire sur n bits ; on parle alors d'un capteur numérique. La figure 4 illustre le principe de fonctionnement de la souris.

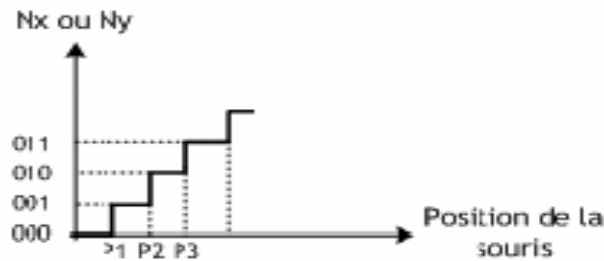


Figure I.4 : exemple d'un capteur numérique.

I.4. Caractéristiques d'un capteur.

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur :

- **L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

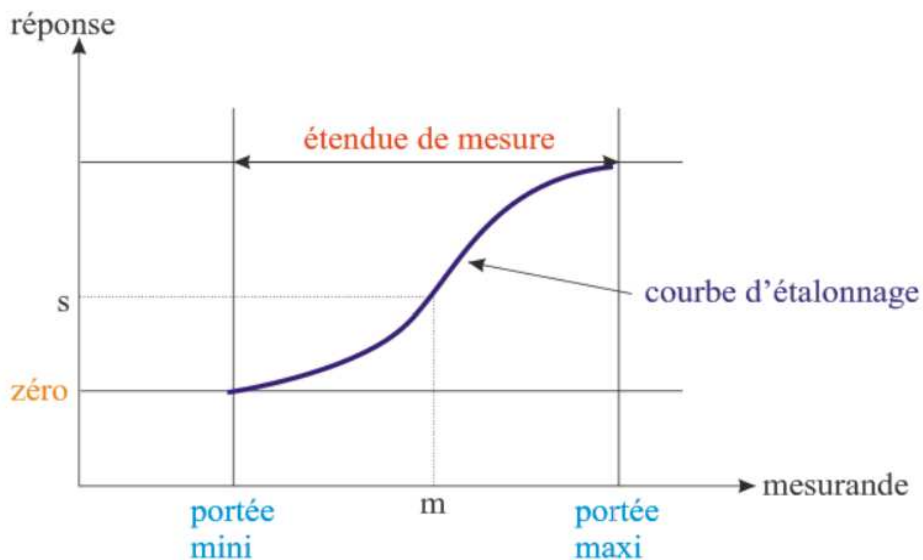


Figure I.5 : étendue de mesure d'un capteur.

- **La sensibilité** : ce paramètre caractérise la capacité du capteur à détecter la plus petite variation de la grandeur à mesurer. C'est le rapport entre la variation ΔV du signal électrique de sortie et une variation donnée Δm de la grandeur physique d'entrée :

$$S = \Delta V / \Delta m.$$

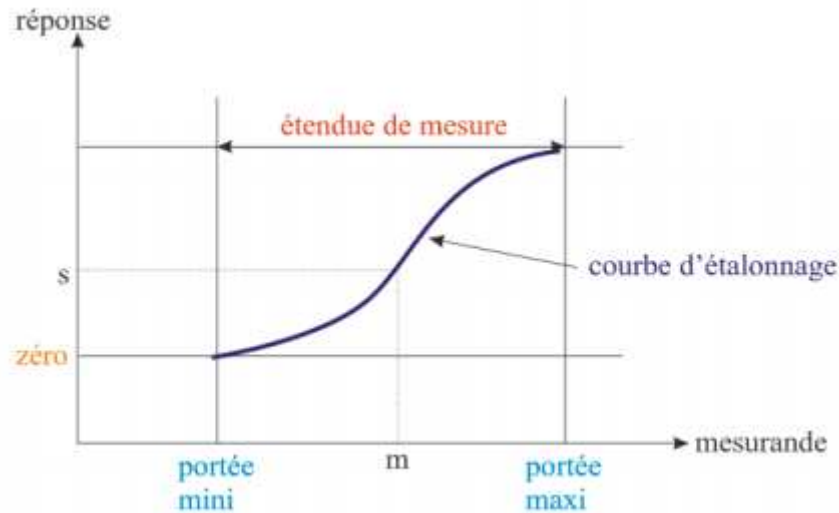


Figure I.6: la sensibilité S du capteur

- **La fidélité:** Un capteur est dit fidèle si le signal qu'il délivre en sortie ne varie pas dans le temps pour une série de mesures concernant la même valeur de la grandeur physique « m » d'entrée. Il caractérise l'Influence du vieillissement.
- **Le temps de réponse:** c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande.

I.5. Conditionnement du signal délivré par le capteur [4].

I.5.1. Conditionnement des capteurs passifs

Généralement, un capteur fournit un signal électrique qui peut se mettre sous différentes formes (tension, courant, etc.) et qui n'est pas directement exploitable.

Le conditionnement du signal consiste à transformer et adapter le signal de départ afin de lui donner la forme la plus appropriée pour son traitement.

On associe la variation d'impédance du capteur à une source de tension ou une source de courant et la grandeur exploitée est la tension de sortie. Les jauges de déformation, dites « jauges de contrainte », sont des résistances métalliques ou semi-conductrices qui traduisent en variation de résistance une contrainte mécanique. Les variations relatives de résistance R et de longueur L d'une jauge sont liées par la relation :

$$\frac{dR}{R} = \alpha = K \frac{dL}{L}$$

K est le facteur de jauge proche de 2 pour les jauges métalliques et de 40 à 200 pour les jauges à semi-conducteurs au silicium.

I.5.1.1. Polarisation des capteurs par une tension

Le montage le plus simple est le montage potentiométrique.

a. Montage potentiométrique

La figure ci-dessous illustre le montage potentiométrique

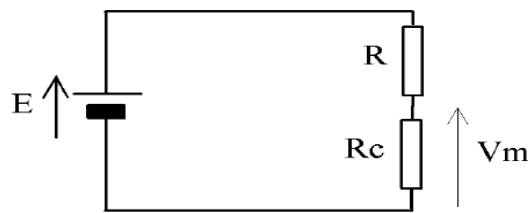


Figure I.7 : Montage potentiométrique.

La relation donnant la tension de sortie V_m en fonction de la résistance du capteur n'est pas une relation linéaire. Pour des faibles variations de ΔR_c par rapport à R_c , le calcul suivant montre que cette relation est linéaire.

$$V_m = E * \frac{R_c}{R + R_c}$$

$$V_m + \Delta V_m = E * \frac{R_c + \Delta R_c}{R + R_c + \Delta R_c} = E * \frac{R_c + \Delta R_c}{R + R_c} * \frac{1}{1 + \frac{\Delta R_c}{R + R_c}}$$

b. Montage en pont de Wheatstone avec un élément sensible

Le montage est présenté sur la Figure I.8 L'élément sensible (qui remplace R_c de la Figure précédente) délivre une variation de résistance en fonction de la grandeur à mesurer.

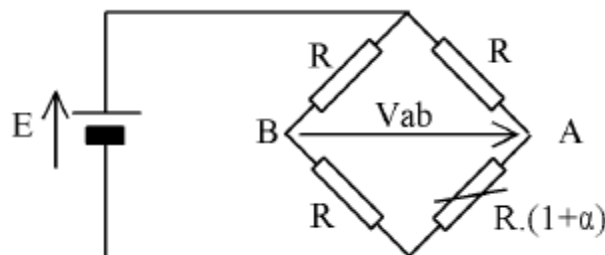


Figure I.8 : Montage de pont de Wheatstone avec un élément sensible.

A l'équilibre du pont la tension V_{ab} est nulle.

$$\Delta V_m = V_a - V_b = E * \frac{R(1+\alpha)}{R(2+\alpha)} - \frac{E}{2} = \frac{E}{2} * \frac{(1+\alpha)}{(1 + \frac{\alpha}{2})} - \frac{E}{2} = \frac{E}{4} * \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha}{2}}$$

Cette expression montre que l'évolution de ΔV_m en fonction de α n'est pas linéaire

c. Montage en pont complet

Le montage de la Figure ci-dessous délivre la tension : $\Delta V_m = \alpha E$.

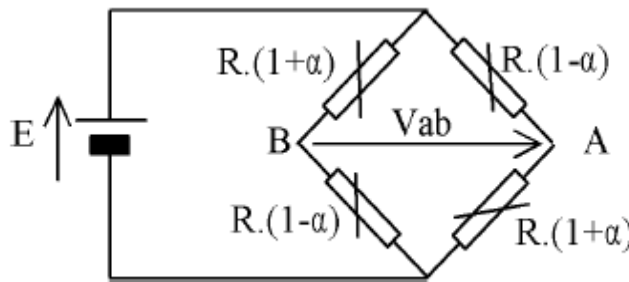


Figure I.9 : Montage en pont complet.

I.5.1.2. Polarisation des capteurs par un courant

Une polarisation par un courant est préférable à une polarisation par une tension quand on cherche à s'affranchir de la résistance des contacts ou de la résistance de la liaison (connexion de la partie électronique au capteur à jauge de contrainte).

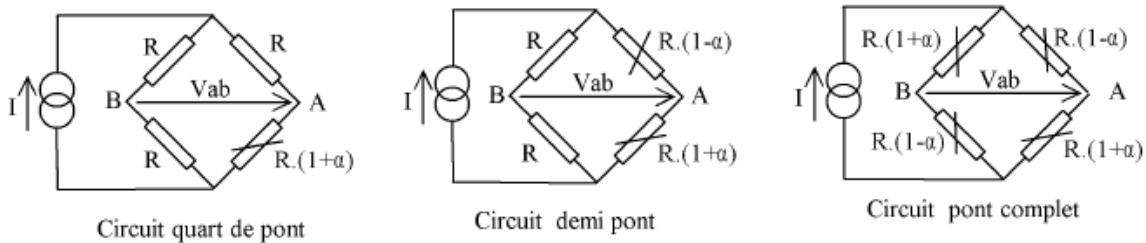


Figure I.10 : Polarisation par un courant.

a. Circuit quart de pont

La tension délivrée par la source de courant I est :

$$V = RI \frac{2+\alpha}{2 + \frac{\alpha}{2}}$$

En reprenant la relation donnée plus haut pour un circuit quart de pont polarisé en courant, on obtient :

$$\Delta V_m = V_a - V_b = \frac{RI}{4} \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha}{4}}$$

L'erreur de linéarité est deux fois plus faible que pour le même montage en polarisation en tension.

b. Circuit demi pont

La résistance équivalente au pont de Wheatstone est R . La tension de sortie du pont est donc :

$$\Delta V_m = RI \frac{\alpha}{2}$$

c. Circuit pont complet

La résistance équivalente au pont de Wheatstone est R . La tension de sortie est donnée par :

$$\Delta V_m = RI \frac{\alpha}{2}$$

I.5.1.3. Linéarisation et amplification

Avec un seul élément sensible, il est possible en utilisant le montage de Figure I. 11 de rendre la tension de sortie V_s linéaire en fonction de α .

L'amplification consiste à modifier l'amplitude du signal sans changer sa forme ni sa nature.

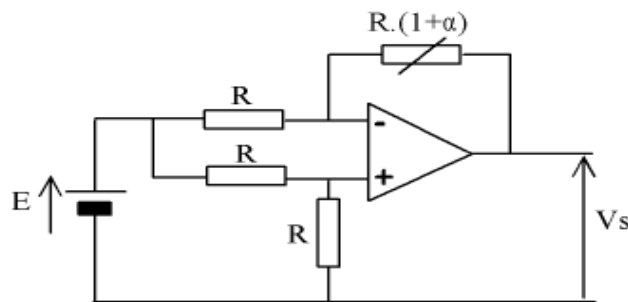


Figure I.11 : Linéarisation par l'utilisation d'un AOP

I.5.1.3.1. Montage amplificateur à base d'AOP**a. Amplificateur non inverseur :**

Le montage de la figure ci-dessous représente un amplificateur de tension non inverseur à base d'AOP, la résistance R_2 effectuant une réaction négative. En considérant l'AOP idéal on peut démontrer la relation entre la sortie V_s et l'entrée V_e :

$$i_+ = i_- = 0$$

$$e_+ = e_-$$

R_1 et R_2 sont en série donc on peut appliquer le pont diviseur de tension :

$$e_- = V_s * \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$e^+ = V_e.$$

$$\text{Le Gain } A = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

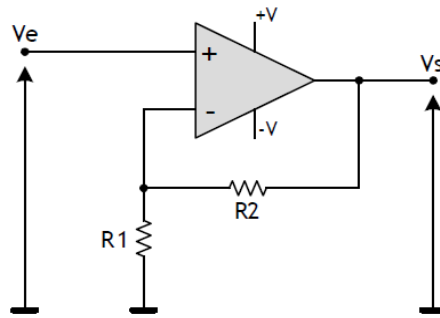


Figure I.12: Schéma d'un amplificateur non inverseur

b. Suiveur :

Le montage de la figure I.10 représente un montage suiveur qui peut être utilisé comme adaptateur d'impédance. En considérant l'AOP idéal on démontre la relation entre la sortie V_s et l'entrée V_e :

$$e_+ = e_-$$

$$\text{On a : } e_- = V_s, \text{ et } e_+ = V_e$$

$$\text{Donc : } A = \frac{V_s}{V_e} = 1$$

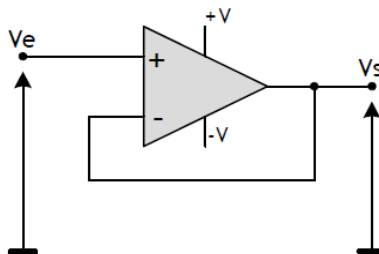


Figure I.13 : Schéma d'un suiveur.

c. Amplificateur sommateur :

Le montage de la figure ci-dessous représente un amplificateur sommateur inverseur à base d'AOP, la résistance R_2 effectuant une réaction négative. En considérant l'AOP idéal on peut démontrer la relation entre la sortie V_s et l'entrée V_e :

$$i_+ = i_- = 0$$

$$e_+ = e_-$$

On peut appliquer le théorème de Millman pour déterminer le potentiel en e_-

$$e^- = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2(V_1 + V_2) + R_1 V_s}{2R_2 + R_1}$$

$$e^+ = 0 \text{ donc } V_s = -\frac{R_2}{R_1}(V_1 + V_2)$$

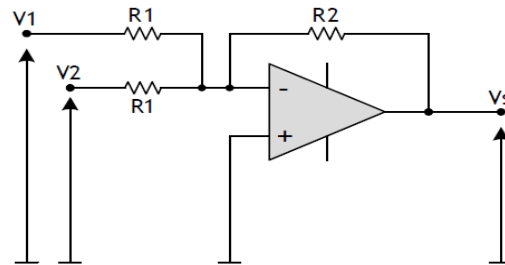


Figure I.14 : Schéma d'un sommateur

I.5.2. Conditionnement actif

I.5.2.1. Le capteur comme source de courant

L'étage de conditionnement est constitué par un convertisseur courant tension. Le courant de sortie du capteur est converti en tension par l'AOP de la Figure ci-dessous. La tension en sortie du capteur étant faible (AOP parfait), il en résulte qu'aucun courant ne circule dans les éléments en parallèle du générateur de courant.

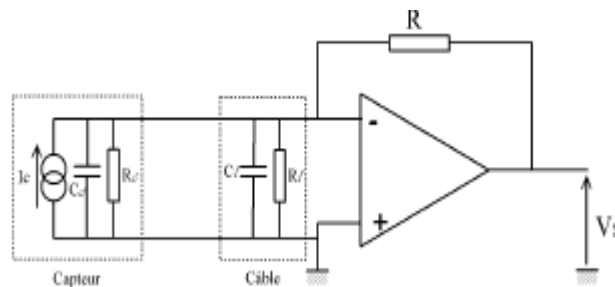


Figure I.15: conditionnement d'un capteur délivrant un courant

I.5.2.2. Le capteur comme source de charge

Comme dans le cas de l'étage de conditionnement à capteur équivalent à une source de courant, l'influence de l'impédance en parallèle du générateur de courant est rendue négligeable par un AOP imposant une tension quasi nulle sur son entrée. La résistance du montage de la Figure précédente est remplacée par une capacité. Les charges délivrées par le capteur apparaissent sous forme de courant i sont transférées dans la capacité C de la contre réaction de l'AOP.

Le montage est dit convertisseur charge tension et son schéma de principe est représenté sur la figure ci-dessous.

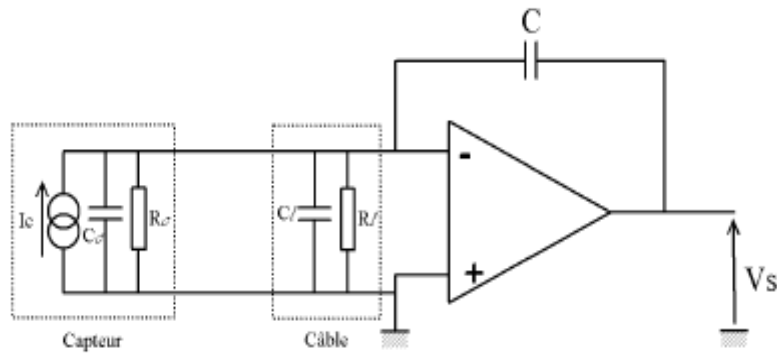


Figure I.16 : Schéma d'un convertisseur charge-tension.

Les charges q délivrées par le capteur sont traduites en tension.

$$i = C \frac{dV_s}{dt} \Rightarrow V_s = \frac{i}{C} t = \frac{q}{C}$$

I.6. Types de capteurs

Il existe deux types de capteurs : les capteurs passifs et les capteurs actifs

I.6.1. Les capteurs actifs

Ils se comportent comme des générateurs. Ils sont basés sur un effet physique qui permet de transformer l'énergie de la mesurande (énergie mécanique, thermique ou de rayonnement), en énergie électrique.

La réponse en sortie d'un capteur actif peut être un courant, une tension ou une charge.

Quelques effets utilisés mis en jeu sont représentés ci-dessous [5] :

- **Effets piezo-électrique:** L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux (Ex. cristaux de quartz) entraîne une déformation qui crée des charges électriques égales et de signes opposés sur les faces sous charge.
- **Effets Hall :** Lorsqu'un matériau semi-conducteur est parcouru par un courant I et est soumis à une induction B (champ magnétique) faisant un angle θ avec le courant, il apparaît alors dans le matériau une tension V ($V = K.I.B.\sin\theta$, où K est une constante qui dépend du matériau considéré) perpendiculaire à B et à I . La source réelle de l'énergie liée au signal est le courant I et non pas la mesurande.

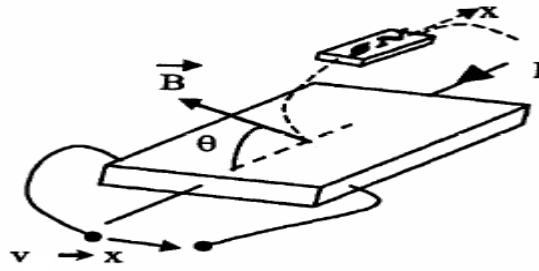


Figure I.17 : L'effet Hall.

- **Pyroélectricité** : certains cristaux présentent une polarisation proportionnelle à leurs températures. Ainsi en absorbant un flux de rayonnement, le cristal va s'échauffé et sa polarisation va se modifier entraînant une variation de tension détectable.

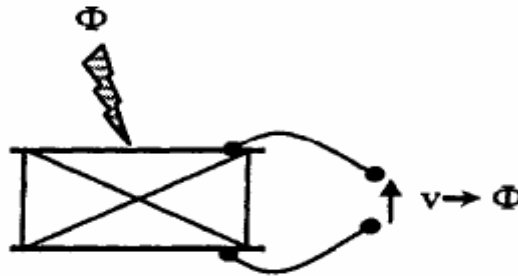


Figure I.18 : L'effet pyroélectrique.

- **L'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 $e = f(T_1, T_2)$.

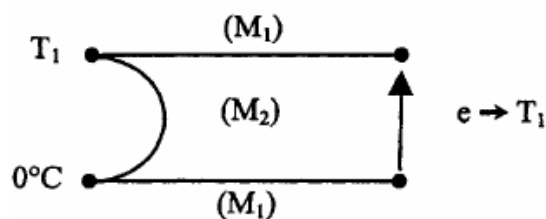


Figure I.19 : L'effet thermoélectrique.

I.6.2. Les capteurs passifs

Il s'agit généralement d'impédances (résistance, inductance, capacité) dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée.

I.6.2.1. Les capteurs résistifs

La grandeur physique fait évaluer une résistance. Cette résistance pure R peut s'écrire [8] : $R = F(x)/\sigma$ où $F(x)$ est fonction de la géométrie ($= l/s$: la longueur du conducteur et S sa section) et σ est la conductivité du matériau : $\sigma = q (m_p p + m_n n)$. q est la charge de l'électron, et les coefficients « m » sont les mobilités des porteurs positifs et négatifs, multipliées par leurs densités respectives.

La mesurande peut dépendre de:

- La densité des porteurs (température ou flux lumineux).
- La mobilité des porteurs (T° , contrainte, champ magnétique).
- La géométrie.

I.6.2.2. Les capteurs inductifs

La détection se fait sans contact. Un circuit électronique à effet inductif transforme une perturbation magnétique due à la présence de l'objet en commande d'ouverture ou de fermeture statique (par transistor) du circuit d'information. La face sensible crée un champ magnétique local. Lorsque l'objet pénètre dans le champ magnétique, l'oscillateur se met en route et la sortie est activée [3].

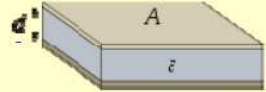
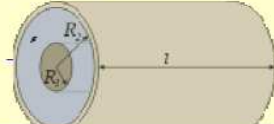
Les avantages :

- Pas de contact physique avec l'objet (pas d'usure), possibilité de détecter la présence d'objets fraîchement peints ou de surfaces fragile.
- Cadences de fonctionnement élevées en parfaite adéquation avec les modules ou les automatismes électroniques.
- Grandes vitesses d'attaque pour la prise en compte d'informations de courte durée.
- Produits entièrement enrobés dans une résine, pour une très bonne tenue aux environnements industriels agressifs.
- Produits statiques (pas de pièces en mouvement) pour une durée de vie indépendante du nombre de cycles de manœuvres...etc.

I.6.2.3. Les capteurs capacitifs

Ils font appel à un condensateur plan ou cylindrique dont la mesurande affecter à un des paramètres [6].

- Applications avec modifications dimensionnelles: Pression acoustique (micros capacitifs) ; Pression de fluide (absolue, relative ou différentielle) ; force ou pression mécanique : jauges d'extensomètre capacitives.
- Applications avec modification de la permittivité: Capteurs de température; capteurs d'hygrométrie; capteurs chimiques

	Capacité	Forme physique
Condensateur plan	$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	
Condensateur cylindrique	$C = 2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r \frac{l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$	

ε_r est la permittivité du milieu, ε_0 celle du vide

Figure I.20 : Paramètre des capteurs capacitifs [7].

La variation d'impédance des capteurs passifs résulte :

- D'une variation de dimension du capteur (capteurs de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile).
- D'une déformation résultant d'une force ou d'une grandeur s'y ramenant (pression accélération).

Exemples : armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètres liés à une structure déformable.

I.7. Les grandeurs d'influence

En raison des conditions d'utilisation, le capteur peut se trouver soumis non seulement à l'influence de la mesurande, mais également à d'autres grandeurs physiques qui peuvent entraîner une variation de la grandeur électrique de sortie qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action de la mesurande. Ces grandeurs physiques «parasites» auxquelles la réponse du capteur peut être sensible représentent les grandeurs d'influence, dont les plus importantes sont [8]:

- La température qui modifie les caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles des composants du capteur.

- La pression, l'accélération et les vibrations qui peuvent provoquer des déformations et des contraintes qui altèrent la réponse du capteur.
- L'humidité qui peut modifier certaines propriétés électriques du capteur et qui peut dégrader l'isolation électrique entre ses composants ou entre le capteur et son environnement.
- Les champs magnétiques qui peuvent créer des f.e.m d'induction qui se superposent au signal utile.
- La tension d'alimentation dont la variation de l'amplitude ou de la fréquence peut perturber la grandeur électrique de sortie du capteur.
- La lumière ambiante qui peut s'ajouter au flux lumineux à mesurer.

Afin de pouvoir déduire de la valeur mesurée, les valeurs correspondant à ces grandeurs parasites, il faut :

- Réduire l'importance des grandeurs d'influence au niveau du capteur en le protégeant par un isolement adéquat.
- Stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues et étalonner le capteur dans ces conditions de fonctionnement.
- Utiliser éventuellement des montages électriques permettant de compenser l'influence de ces grandeurs, comme par exemple un pont de Wheatstone avec un capteur identique placé dans une branche adjacente au capteur.

I.8. La chaîne de mesure [10]

Le capteur est le 1^{er} élément d'une chaîne de mesure ou d'instrumentation, il représente l'interface entre le monde physique et le monde électrique. (Figure I.21)

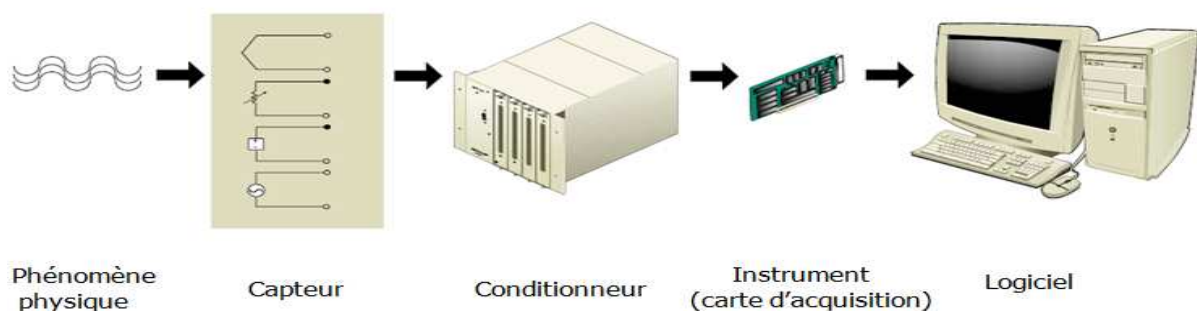


Figure I.21 : exemple d'une chaîne de mesure informatisée [10].

La chaîne de mesure est constituée d'un ensemble de dispositifs (y compris le capteur), permettant de déterminer, de la manière la plus précise que possible, la valeur du mesurande considéré. A l'entrée de la chaîne de mesure, le capteur, soumis à l'action du mesurande, permet (de manière directe s'il est actif ou par le moyen de son conditionneur s'il est passif), d'injecter dans la chaîne le signal électrique qui est le support de l'information liée au mesurande. A la sortie de la chaîne de mesure, les informations sont délivrées sous une forme appropriée à leur exploitation.

Sous sa forme la plus simple, la chaîne de mesure peut se réduire au capteur et à son conditionneur éventuel, associé à un appareil de lecture (par exemple, un thermocouple et un voltmètre). Mais de nos jours, compte tenu des possibilités importantes offertes par l'électronique et l'informatique, la quasi-totalité des chaînes de mesure sont des chaînes électroniques.

La structure de base d'une chaîne de mesure comprend au minimum quatre étages :

- Un capteur sensible aux variations d'une grandeur physique et qui, à partir de ces variations, délivre un signal électrique.
- Un conditionneur de signal dont le rôle principal est l'amplification du signal délivré par le capteur pour lui donner un niveau compatible avec l'unité de numérisation; cet étage peut parfois intégrer un filtre qui réduit les perturbations présentes sur le signal.
- Une unité de numérisation qui va échantillonner le signal à intervalles réguliers et affecter un nombre (image de la tension) à chaque point d'échantillonnage.
- L'unité de traitement informatique peut exploiter les mesures qui sont maintenant une suite de nombres (enregistrement, affichage de courbes, traitements mathématiques, transmissions des données ...).

I.9. Conclusion :

Quels que soient les principes et les applications des capteurs, ils ont une place importante dans notre société. Leur développement a suivi l'évolution de notre mode de vie et des diverses technologies nécessaires leur fabrication. Cependant il est évident que l'interdépendance entre la vie moderne et l'électronique est vitale pour l'être humain.

C'est ainsi que la prise en compte de la sécurité des individus, de la protection de l'environnement et la nécessité des économies d'énergie ont induit un essor important des travaux de recherche et de développement des capteurs.

Chapitre II:

Acquisition de données

II.1. Introduction

Tout scientifique, dans le domaine de la recherche ou de la production est confronté en permanence au problème de la mesure, de sa transmission, de son traitement et de son interprétation. Pour toute mesure, il faut recueillir, traiter, stocker, afficher l'information et engager une action-réponse c'est cela le principale principe de la chaine d'acquisition.

La chaine d'acquisition nous permet donc d'orienter nos actions et de valider nos décisions.

II.2. Définition d'un système d'acquisition de données

L'acquisition de données [11] consiste à enregistrer des signaux physiques sur un support numérique. C'est l'action de prendre des mesures. Ces mesures sont faites a fin de déterminer le comportement du système pour optimiser ses performances (les améliorés).

Ils existe plusieurs types de systèmes d'acquisition (DAQ), comme l'oscilloscope qui peut afficher, analyser, enregistrer ainsi que déclencher une mesure.

Ce système n'est pas forcément adapté pour l'acquisition de plusieurs voix. Cependant il existe des cartes DAQ qui offrent les mêmes fonctionnalités qu'un oscilloscope mais permet la réalisation de nombreuses autres supplémentaires de manière personnalisable par logiciel. De plus elles sont compactes, économiques, et utilisent la puissance du processeur du PC.

II.3. Les composants d'un système DAQ

Un système d'acquisition de données [11] doit être non seulement capable de faire la mesure et de rendre l'information contenue dans celle-ci disponible pour une exploitation immédiate ou future. Cela suppose donc que la mesure traduit fidèlement la grandeur physique, que sa représentation conserve elle aussi cette information et enfin que cette dernière puisse être éventuellement sauvegardée sur un support pérenne en vue d'une analyse ultérieure.

Un système d'acquisition de données informatisé complet est constitué à la fois d'une partie matérielle et d'une partie logicielle.

Dans notre cas le système d'acquisition de données se compose d'un capteur de pression, d'une carte d'acquisition externe (Labjack U3-LV) et d'un PC. Ces deux derniers communiquent à travers l'USB.

Le signal physique est converti en un signal électrique par le capteur. La carte DAQ transforme alors ce signal électrique en données numériques.

Le PC permet l'acquisition de l'information grâce à un logiciel qui commande la carte d'acquisition, de visualiser, d'enregistrer et de traiter les données.

II.3.1. Le capteur de pression

La pression est une grandeur dérivée du système international N/m^2 . Elle est définie comme le quotient d'une force par une surface. La pression s'exerce perpendiculairement à la surface considérée.

- **Les différentes unités de pression :**

L'atmosphère : **1 atm = 101 325 Pa = 760 mmHg.**

Le bar : **1 bar = 100000 Pa.**

Le centimètre d'eau à 4 °C : **1 cmH₂O = 98,0665 Pa.**

Le gramme par cm² : **1 g/cm² = 98,0665 Pa.**

Le millimètre de mercure, aussi appelé torr : **1mmHg = 133,322368 Pa** à 0°C.

Le pascal est l'unité légale internationale : **1 Pa** correspond à **1N/m²**.

II.3.1.1. Types de pressions

- La pression absolue :** C'est la pression réelle, dont on tient compte dans les calculs sur les gaz.
- La pression atmosphérique ou pression barométrique :** La pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer, à 15 °C, est d'environ 1013 mbar. Elle peut varier, avec la pluie ou le beau temps. Elle est fonction de l'altitude.
- La pression relative :** C'est la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique. Elle est le plus souvent utilisée, car la plupart des capteurs, sont soumis à la pression atmosphérique. Pour mesurer une pression absolue, il faut faire un vide poussé dans une chambre dite de référence.

- d. **La pression différentielle** : C'est une différence entre deux pressions, dont l'une sert de référence. Une pression différentielle peut prendre une valeur négative.
- e. **Le vide** : Il correspond théoriquement à une pression absolue nulle. Il ne peut être atteint, ni dépassé. Quand on s'en approche, on parle alors de vide poussé.
- f. **Pression de service ou pression dans la conduite** : C'est la force par unité de surface exercée sur une surface par un fluide s'écoulant parallèlement à la paroi d'une conduite.

II.3.1.2. Définition du capteur de pression

Les capteurs de pression sont utilisés pour le contrôle et le suivi de nombreuses applications. Ils peuvent également être utilisés pour mesurer indirectement d'autres variables comme le débit de fluide/gaz, la vitesse, le niveau d'eau et l'altitude...etc.

Tous les capteurs de pression peuvent se ramener au schéma synoptique ci-dessous

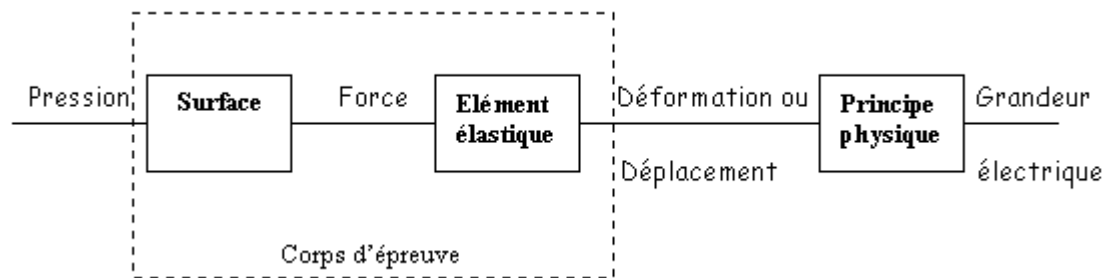


Figure II.1 : Schéma synoptique d'un capteur de pression.

Le corps d'épreuve est l'élément mécanique qui, soumis aux variations de la grandeur à mesurer a pour rôle de transformer celle-ci en grandeur physique mesurable.

On distingue deux grandes familles :

- Les capteurs utilisant un liquide.
- Les capteurs à déformation de solide.

a. Capteurs utilisant un liquide :

On trouve, parmi ces instruments le plus simple de tous les indicateurs de pression de l'industrie, le manomètre à liquide. Lorsque les pressions statiques sont faibles et que seule une indication visuelle est requise, on se sert de manomètres visuels. La figure ci-dessous

montre respectivement les très simples manomètres à tube en U, à puits (ou réservoir) et incliné figure II.2.

Dans le cas de pressions élevées, on se sert de mercure comme liquide. Dans ce cas, c'est la position d'un flotteur à la surface du mercure qui définit le niveau de mercure, lequel à son tour définit la pression requise pour lui faire atteindre ce niveau.

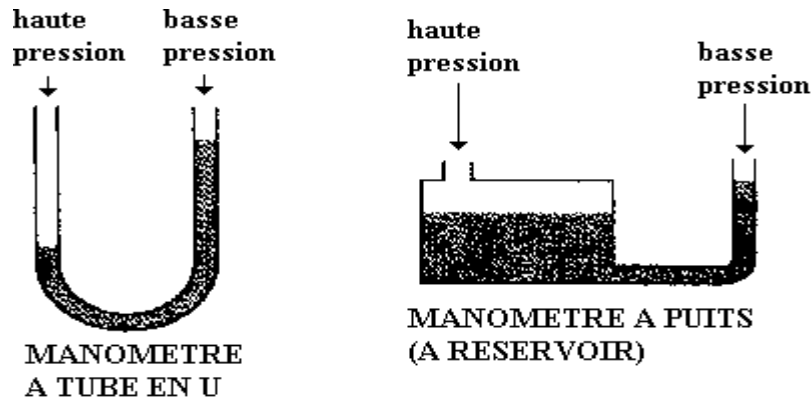


Figure II.2 : Capteur de pression utilisant un liquide.

b. Capteurs à déformation de solide :

On utilise ces capteurs en cas de besoin d'une indication ou d'un enregistrement direct de la pression différentielle et là où un fluide de remplissage sera nocif pour le procédé. Sous l'action de la pression, un solide se déforme de manière élastique. Différents matériaux sont utilisés, caoutchouc, matières plastiques, alliages métalliques, acier inoxydable. La membrane peut être soumise à une pression sur l'une de ses faces ou à deux pressions (une par face). La pression peut agir directement sur la membrane ou indirectement par l'intermédiaire d'une tige ou d'une liaison hydraulique. Selon le type de détection il existe des capteurs capacitifs, piezorésistifs, ... etc.

- Les capteurs capacitifs [12] : ils comportent une armature plane fixe et une armature plane déformable. En l'absence de la pression différentielle entre les deux faces de la membrane, les armatures sont parallèles. La capacité de la cellule est celle d'un condensateur plan, et est définie comme suit : $C = \epsilon_0 * A/d$. Où ϵ_0 est la permittivité électrique du vide, A est l'aire de l'armature fixe et d : la distance entre les deux armatures (figure II.3 a).

Lorsqu'on applique une pression la distance entre les deux armatures diminue ce qui fait augmenter la capacité de la cellule (figure II.3b).

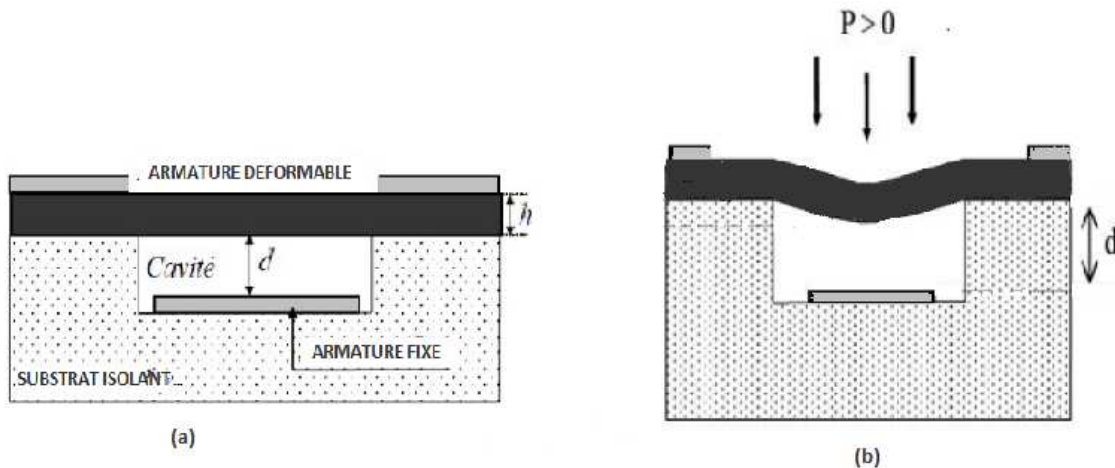


Figure II.3: Capteur de capacité au repos (a) et en fonctionnement (b) [12].

- Les capteurs piezorésistifs [12]: ce type de capteurs se compose d'une membrane en Silicium oxydé de quelques millimètres de côté et quelques microns d'épaisseur recouverte d'oxyde, constitue le corps d'épreuve qui se déforme sous l'effet de la pression appliquée. Les jauges piezorésistives de surface qui constituent le corps d'épreuve forment un conditionnement passif. La déformation de ces jauges se transforme alors en variation de la résistance (figure II.4). Le pont de Wheatstone est le circuit le mieux adapté pour mesurer des petites variations de la résistance électrique.

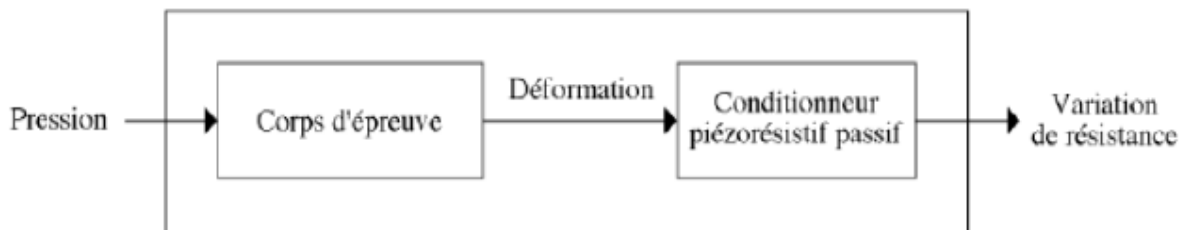


Figure II.4 : structure d'un capteur piezorésistif à membrane.

II.3.1.3. choix du capteur

Dans notre travail le choix du capteur c'est porté sur le MPX5100D disponible au laboratoire (figure II.5).

a. Présentation du capteur MPX5100D [13]

C'est un capteur de pression différentielle qui relève la pression du milieu où il se trouve et transforme ces informations en tension. L'unité de pressions fournies par la sonde peut être exprimée en différentes unités, telle que bar, Pascal, etc. Une pression absolue utilise

le vide comme point de départ de l'échelle. Il est impossible d'avoir une pression négative puisque le vide est la plus basse pression possible.

Ce capteur de pression est conçu pour une large gamme d'applications, Il peut par exemple être utilisé pour mesurer la diminution de pression sur un filtre à air dans un canal d'air mais surtout dans les applications utilisant des microcontrôleur ou microprocesseur avec des entrées A/N. il combine des techniques de micro-usinage de pointe, à couches de métallisation minces et traitement bipolaire pour fournir une précision de haut niveau et un très bon signal analogique de sortie qui est proportionnelle à la pression appliquée.



Figure II.5 : Le capteur de pression MPX5100D [13].

b. Caractéristiques :

- Nombre de broches: 6
- Pression de fonctionnement max...: 100kPa.
- Pression min: 0kPa.
- Température de fonctionnement max...: 125°C.
- Température d'utilisation min: -40°C.
- Type de packaging: Pièce.
- Type de pression: Différentiel.
- Sensibilité V/ P: 45mV/kPa.
- Type de boîtier de capteur CI: SIP.
- Tension d'alimentation max : 5.25V.
- Tension d'alimentation min : 4.75V

La figure II.6 montre un schéma de principe des circuits internes intégrés sur une puce de capteur de pression dans un boîtier monocoque.

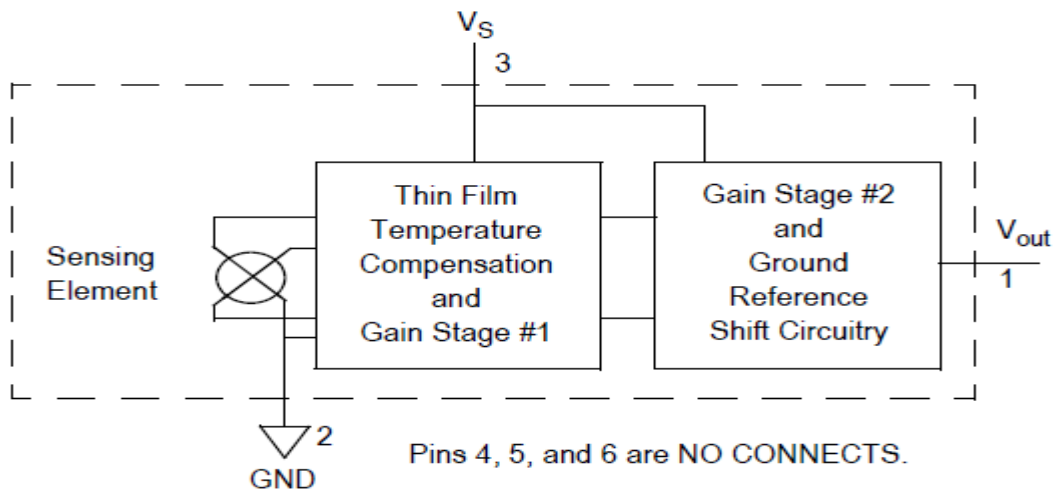


Figure II.6 : Le circuit interne intégré dans le capteur MPX5100D[13]

c. Compensation de température et d'étalonnage sur puce :

La figure ci-dessous montre le signal de sortie du capteur par rapport à l'entrée (pression). Les courbes Min (Minimum), Max (maximum) et Typ (typique) de la sortie sont représentées pour un fonctionnement sur une plage de températures allant de 0 ° à 85 ° C en utilisant le circuit de découplage représentés sur la figure ci dessus.

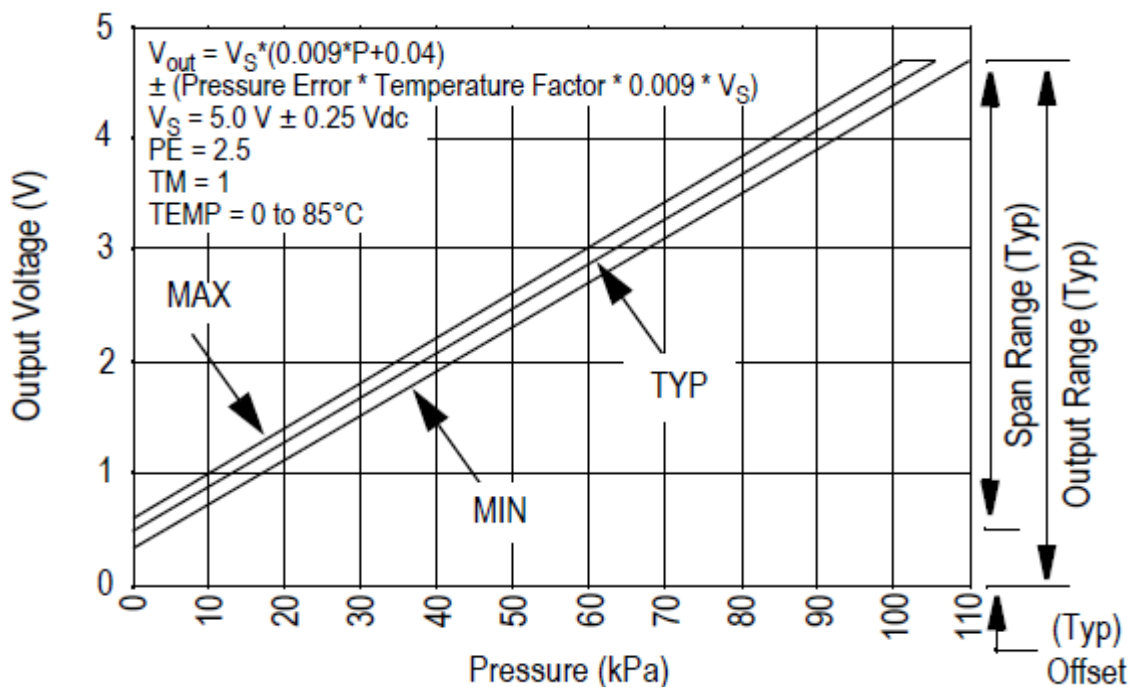


Figure II.7 : Courbe de tension par rapport à la pression appliquée au capteur [13].

d. Le fonctionnement du capteur de pression de la série MPX5100 :

Le fonctionnement du capteur MPX5100 est basé sur la déformation de la jauge de contrainte sous l'effet d'une pression appliquée. Ce fonctionnement repose sur deux cas :

- Cas où la pression exercée sur la jauge de contrainte est constant :
Lorsqu'on applique une pression sur le capteur (coté métallique), la membrane en silicone se déforme vers le bas, ceci fait diminuer le volume de la chambre interne et fait augmenter la pression différentielle fournie.
- Cas où la pression exercée sur le capteur (coté métallique) est constante :
Dans ce cas l'effet inverse se produit et fait diminuer la pression différentielle fournie.

Les caractéristiques et les tests de fiabilité et de qualification internes sont basés sur l'utilisation de l'air sec sur les médias de pression. Autre que l'air sec, il peut y avoir des effets néfastes sur la performance et la fiabilité de la sonde à long terme. La figure II.8 ci-dessous décrit les différents composants internes du capteur.

Un gel fluor-silicone isole les liaisons de surface et fils de contact, tout en permettant la transmission du signal de pression à la membrane du capteur indiquée en annexe 3.

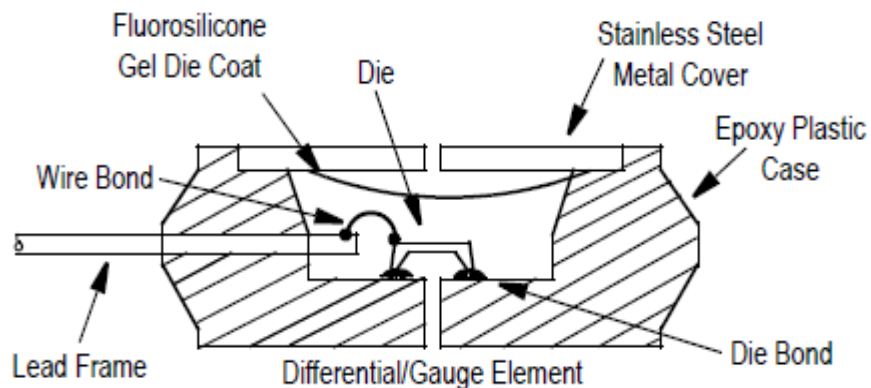


Figure II.8 : Vue interne du capteur MPX5100D [13].

II.3.2. Module d'acquisition "LabJack U3-LV"

Le module d'acquisition LabJack U3-LV [14] est un dispositif d'acquisition de données (DAQ) programmable à connexion USB. Disponible sous la forme d'un boîtier plastique rouge translucide, le LabJack U3-LV doté de 16 "E/S", se prête à de multiples

applications dans le domaine de la mesure embarquée, de la recherche, de l'Education Nationale, ...etc. (figure II.9).



Figure II.9 : La carte d'aquisition LabJack U3-LV.

II.3.2.1. Description du matériel.

Le U3 dispose de 3 zones d'E / S différents:

- Bord de Communication
- Borne à vis
- DB 15 pour les autres entrées /sorties

Le bord de communication dispose d'un connecteur de type USB (avec câble connecté). Toute la puissance et la communication est assurée par l'interface USB.

Le bord de borne à vis a des correspondances pratiques pour les sorties analogiques et 8 flexibles I / O (E / S numériques, entrées analogiques, minuteries, ou des compteurs). Les bornes à vis sont disposés dans des blocs de quatre, chaque bloc étant constitué de 5V, GND, et deux entrées / sorties. Il y a aussi un voyant d'état situé sur le bord gauche.

Le DB bord a un connecteur appelé DB15 constitué de 8 lignes EIO et 4 lignes CIO. Les lignes EIO sont flexibles comme les lignes FIO, alors que le CIO sont des entrées/sorties numérique dédiés.

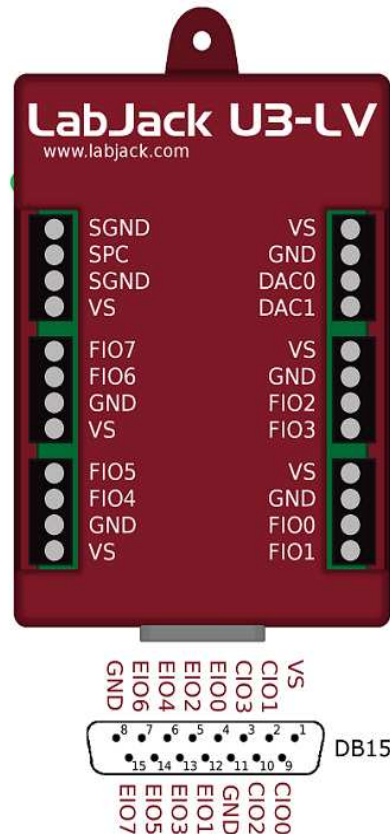


Figure II.10 : Les entrées /sorties du LabJack U3-LV.

- **USB :**

L'U3 dispose d'une connexion USB pleine vitesse qui assure la communication et la puissance (V_{usb}). La masse de l'USB est relié à la masse du LabJack U3 (GND), et est généralement la même que celle du châssis du PC et de l'alimentation du secteur.

- **LED :**

L'état de la LED est vert sur le LabJack U3-LV. Lorsque le câble USB est connecté à l'U3, la LED clignote 5-6 fois plus de 2 secondes, puis reste stable.

- **GND et SGND :**

Les connexions GND disponibles sur les bornes à vis et des connecteurs DB fournissent une base commune pour toutes les fonctions du LabJack. Tous les terminaux GND sont identiques et se connectent au même plan de masse.

Le SGND est situé près du coin supérieur gauche de l'appareil. Ce terminal dispose d'un fusible thermique en série avec GND. Cela est souvent une borne à utiliser lors de la connexion à la masse d'un autre système alimenté séparément qui pourrait sans le savoir partager la même masse avec le module U3.

- **VS :**

Les bornes VS sont conçues comme des sorties pour la tension d'alimentation interne (nominalement à 5 volts). Ce sera la tension fournie par le câble USB.

- **Flexible I / O(E/S):**

Les seize premières lignes E / S (ports FIO et EIO) peuvent être configurés individuellement comme entrée numérique, sortie numérique, ou entrée analogique. En outre, jusqu'à deux de ces lignes peuvent être configurées comme des Timers, et jusqu'à deux autres comme compteurs.

Les 8 premières lignes d'E / S (FIO0-FIO7) apparaissent en haut sur les bornes à vis. Les huit autres (EIO0-EIO7) sont disponibles sur le connecteur DB15.

- **DAC:**

Le LabJack dispose de 2 sorties analogiques (DAC0 et DAC1) qui sont disponibles sur les bornes à vis. Chaque sortie analogique peut être réglée à une tension comprise entre environ 0,04 et 4,95 volts avec 10 bits de résolution (8 bits sur la plus ancienne version matérielle 1,20 / 1,21). La tension de sortie maximale est limitée par la tension d'alimentation du module U3.

- **Les entrées/sorties numériques :**

Le LabJack U3-LV a jusqu'à 20 canaux d'E / S numériques. 16 sont disponibles à partir des lignes flexibles d'E / S, et 4 (CIO0-CIO3) sont disponibles sur le connecteur DB15.

- **Les timers et les compteurs :**

Le Labjack U3-LV dispose de deux Timers et deux compteurs, lorsque l'un de ces timers ou ces compteurs sont activés, ils prennent en charge une ligne FIO / EIO en séquence (Timer0, Timer1, Counter0, puis Counter1), en commençant par FIO0.

- **SPC :**

Le terminal SPC est utilisé pour réinitialiser manuellement les valeurs par défaut ou pour passer ou sortir dans le mode de programmation flash.

- **DB15 :**

Le connecteur DB15 dispose de 12 E / S supplémentaires. Il a le potentiel d'être utilisé comme un bus d'extension, où les 8 EIO sont des lignes de données et les 4 CIO sont des lignes de commande.

DB15 Pinouts				
1	Vs		9	CIO0
2	CIO1		10	CIO2
3	CIO3		11	GND
4	EIO0		12	EIO1
5	EIO2		13	EIO3
6	EIO4		14	EIO5
7	EIO6		15	EIO7
8	GND			

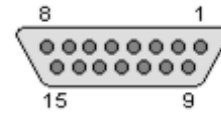


Figure II.11 : Les E/S du connecteur DB15.

L'image ci-dessus montre les numéros standards de broches DB15 regardant dans le connecteur femelle sur le Labjack U3.

II.3.3. Choix du logiciel

Le choix d'utiliser un système de type PC et le LabJack U3 nous fournit de nombreuses options concernant le système d'exploitation et les logiciels d'application.

Le logiciel de commande de la carte DAQ doit se charger de gérer :

- L'acquisition des données brutes.
- L'analyse des données.
- La présentation des résultats.
- Le stockage des données.
- La transmission des données.

Dans notre travail nous avons choisi le logiciel LABVIEW. Ce choix est motivé par la simplicité de mise en œuvre des mécanismes logiciels spécifiques et des applications simples utilisant la carte d'acquisition de données.

II.3.3.1. Présentation du LabVIEW [15] [16]

a. Définition du logiciel

Le LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) est un langage de programmation graphique dédié au contrôle d'instruments et à l'analyse des données. Sa conception orientée vers l'acquisition de données rend sa programmation très spécifique.

Le LabVIEW intègre l'acquisition de données, l'analyse, le traitement, la présentation des données ainsi que leur sauvegarde et leur transmission.

b. Le programme LabVIEW

Un programme écrit en LabVIEW se présente comme une fenêtre graphique représentant la face avant d'un instrument de mesure nommé instruments virtuels(VI).

Le rôle d'un VI est d'acquérir des données issues par exemple de fichiers, du clavier ou encore de cartes électroniques d'Entrée/Sorties, de les analyser, et de les présenter au travers d'interfaces hommes machines graphiques.

Comme pour un instrument matériel, la face avant représente donc l'interface entre la machine et l'utilisateur.

On distingue deux types d'objets sur la face avant.

- Des contrôles qui permettent à l'utilisateur de transmettre une information à la machine.
- Des indicateurs qui permettent à la machine de transmettre une information à l'utilisateur.

c. L'environnement LabVIEW

Lors du lancement du logiciel, nous obtenons les fenêtres suivantes :

➤ La fenêtre face avant « Front panel » et la palette de commande « control palette »

- Le Front Panel représente l'interface utilisateur du programme VI que l'on va écrire. C'est un dessin de la face avant de l'appareillage que l'on programme

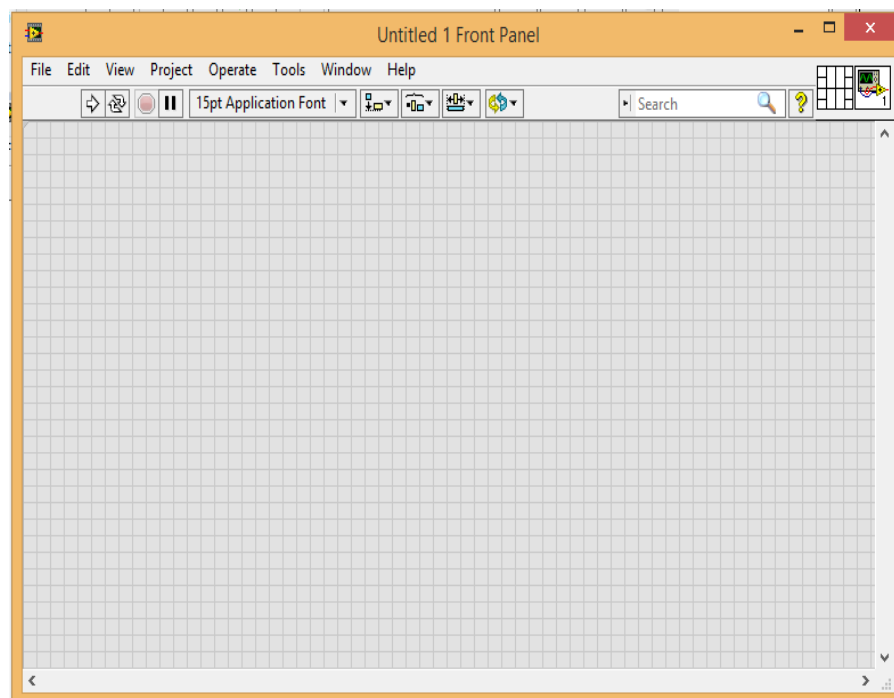


Figure II.12 : La face avant « front panel » du LabView.

- La « Control Palette » n'a d'utilité que vis-à-vis de la fenêtre « Front Panel ». Cette palette propose un choix de divers objets graphiques portants sur des structures de données différentes. On trouvera de quoi composer des « faces avant » d'instruments, constituées d'objets numériques, booléens, chaînes de caractères, tableaux, et divers objets de visualisation graphique, etc.

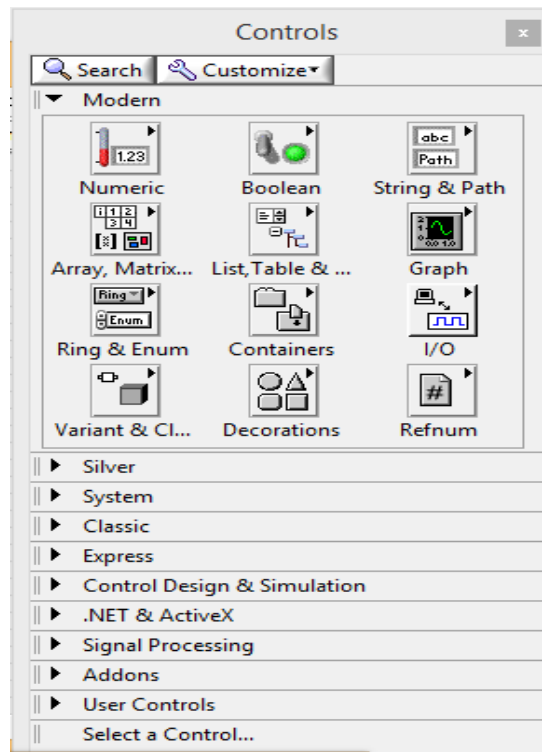


Figure II.13 : La palette de contrôle « controls » du LabView.

➤ **la fenêtre Diagramme et la palette de fonction « Function Palette »**

La fenêtre « Diagramme » contient le cœur du programme VI, elle est composée des variables associées aux objets que l'on a déposés dans le «Front Panel ». C'est dans cette fenêtre que l'on va programmer et relier les objets entre eux au moyen de fonctions issues de la «Function palette ».

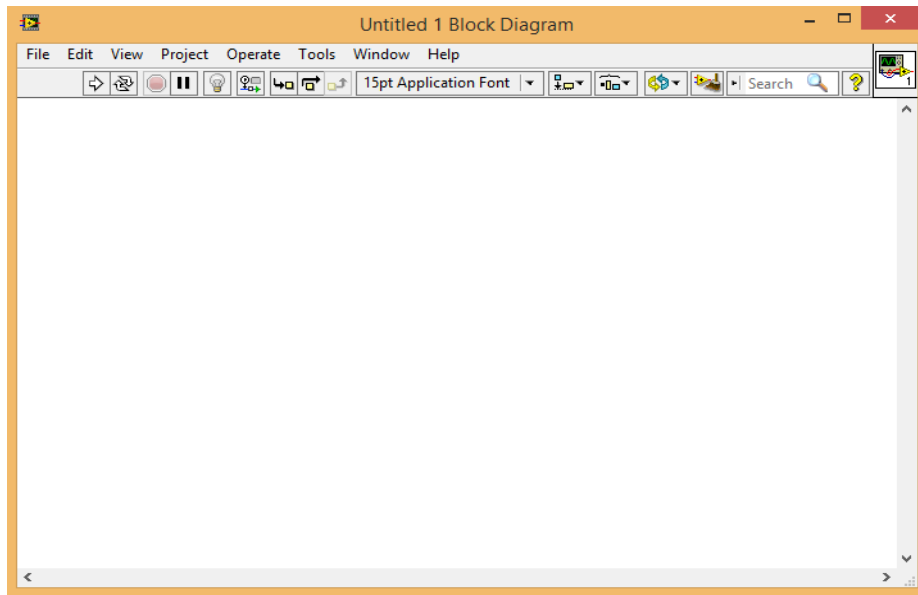


Figure II.14 : La fenêtre bloc diagramme du LabView.

La «fonction palette » contient un certain nombre d'objets graphiques. Les icônes de programmation représenteront toutes sortes de fonctions arithmétiques, d'autres programmes VI d'acquisition, des fonctions portant sur les tableaux de données et chaînes de caractères, ainsi que de formatage des entrées/sorties.

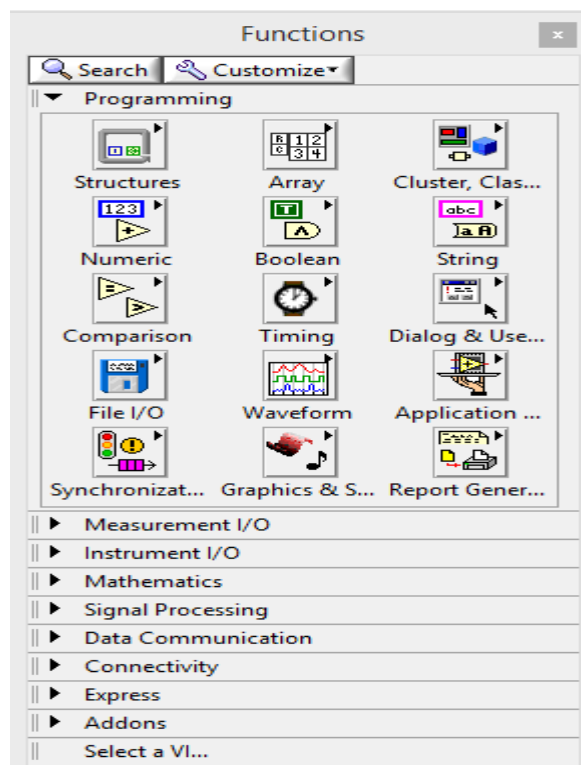


Figure II.15 : La palette de fonctions du LabView.

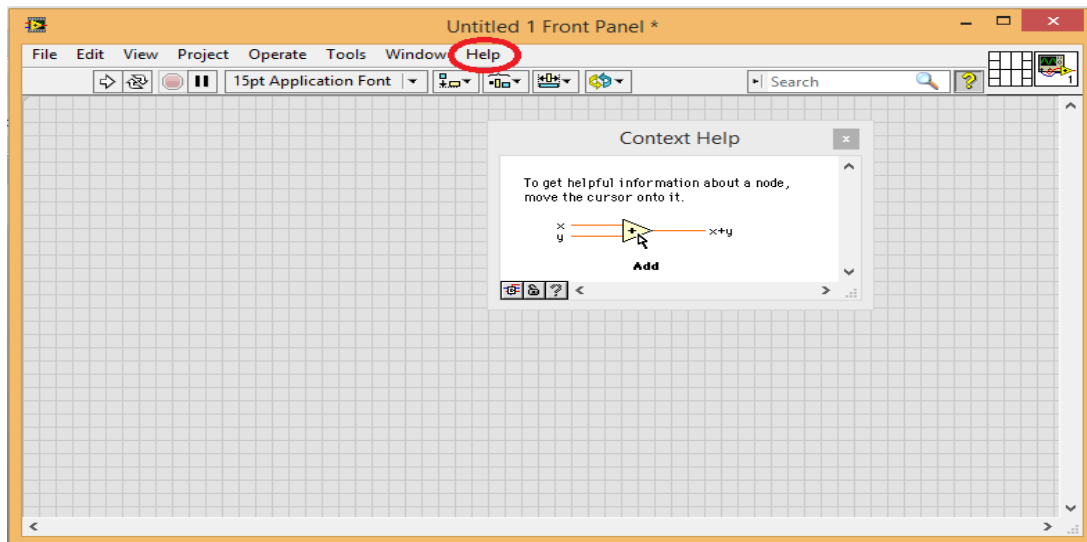


Figure II.17 : La fenêtre d'aide « Help ».

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié un système d'acquisition de données. Nous avons tout d'abord définie l'acquisition de données ensuite décrit et étudié les fonctionnalités des parties qui constituent notre système, à savoir un capteur de pression MPX5100D, une carte d'acquisition LabJack U3-LV et d'un logiciel LabVIEW. Nous utiliserons ces outils dans notre application dans le chapitre 3.

Chapitre III:

Banc de mesure

III.1. Introduction

Le banc de caractérisation des capteurs de pression, utilisant le capteur de pression MPX5100 comme étalon lui nécessite une adaptation aux orifices d'entrées de la pression (éprouvette de test) à fin de l'utiliser pour établir la conversion tension - pression. Sachant que ce capteur mesure une pression différentielle, l'expérience de caractérisation du capteur nécessite une acquisition de données (fournies par ce dernier sous forme de tension) à travers la carte d'acquisition LabJack U3 LV pilotée sous le logiciel LabView.

III.2. Réalisation de l'éprouvette de test

Le capteur de pression différentielle MPX5100D nécessite un raccordement de la tuyauterie d'adaptation aux entrées des pressions. Pour cela nous avons utilisé deux tuyaux (en blanc) de plomberie qui servent aux raccordements de la pression de référence d'un côté et a appliqué la pression de mesure l'autre côté, l'éprouvette de test réalisé est montrée en figure III.1. La connexion électrique est assurée par des fils soudés aux trois pins du capteur qui seront vissés sur la carte d'acquisition.

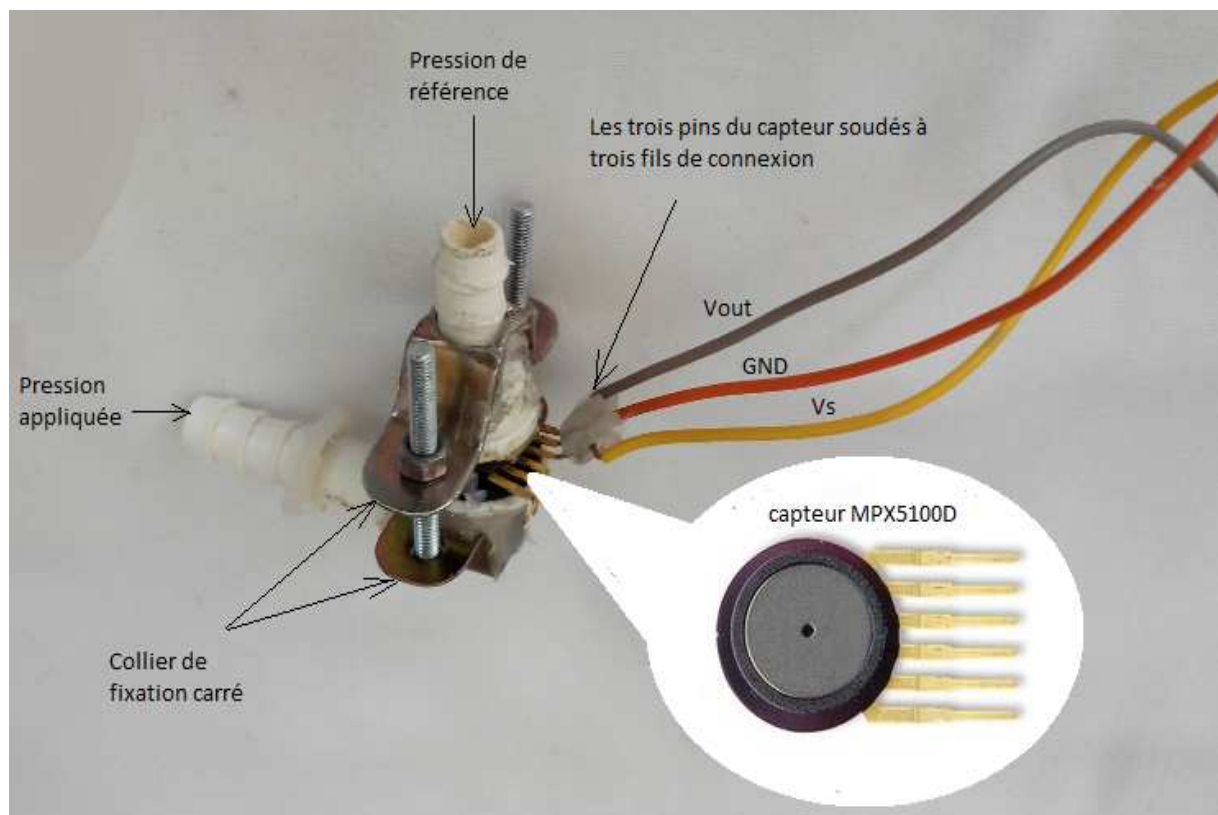


Figure III.1 : Composition de l'éprouvette de test.

III.3. Etalonnage du capteur

La caractérisation du capteur a été établie en utilisant la carte d'acquisition et l'éprouvette de test (figure III.2). Sachant que la carte d'acquisition Labjack U3 LV fonctionne librement grâce un logiciel de test géré par l'application LabJack Control Panel fourni par le constructeur.

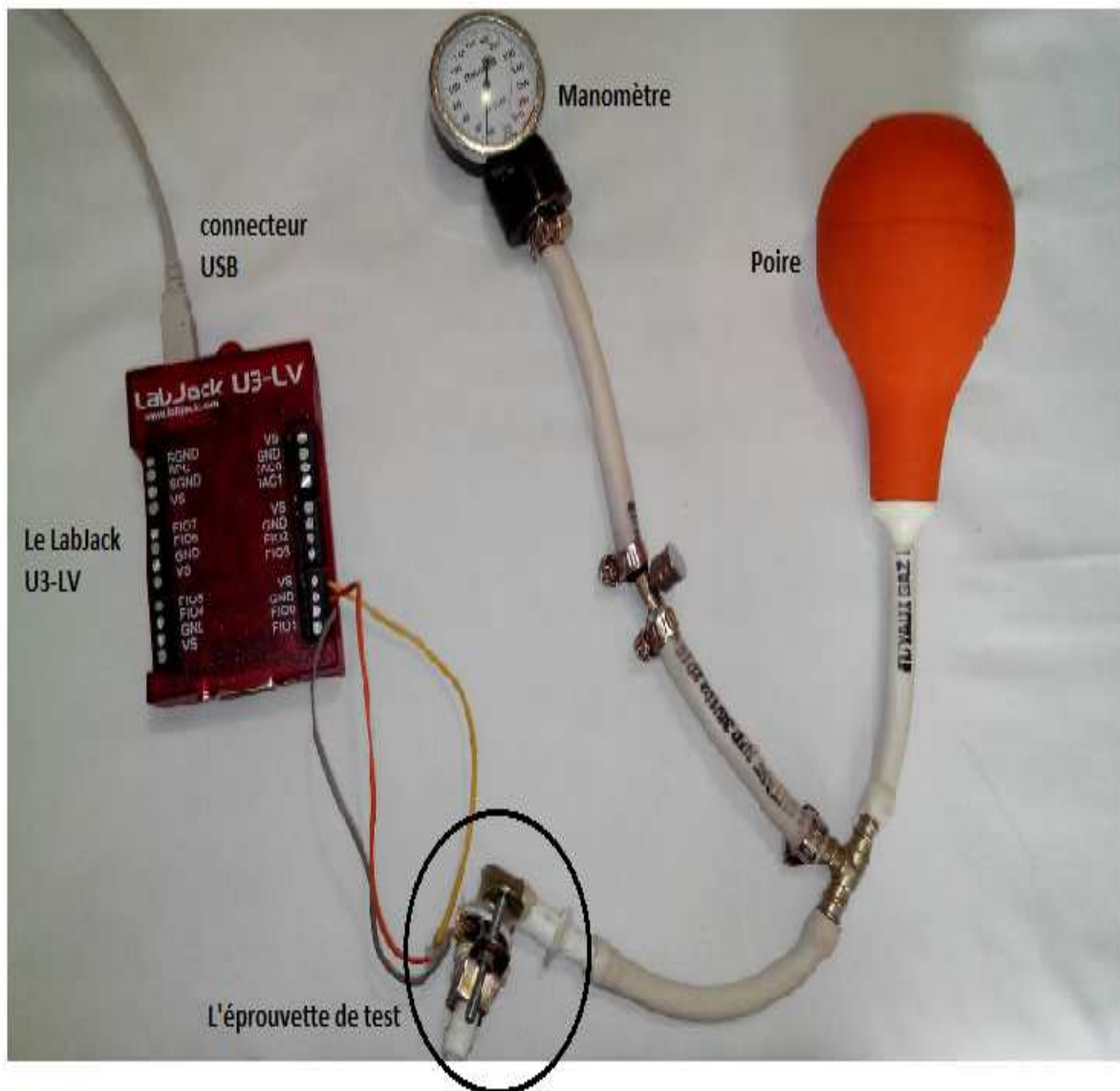


Figure III.2 : Eléments utilisés pour la caractérisation.

Lorsque la carte LabJack est connectée au pc la fenêtre LJ Control Panel apparaît (figure III.3).

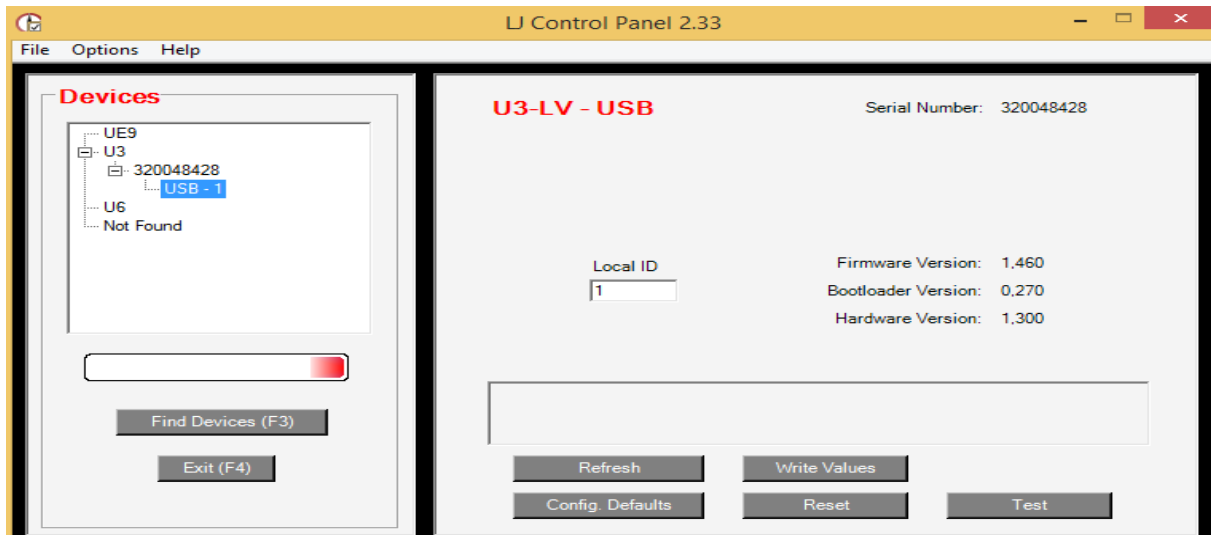


Figure III.3 : La fenêtre LJ Control Panel.

La Lj Control Panel comprend plusieurs options :

- Refresh : Actualisation.
- Write Values. Valeurs en écriture : Écrire l'ID Local depuis la fenêtre de l'appareil.
- Config.Defaults : Configuration par défaut
- Reset : Réinitialiser : Cliquez pour réinitialiser le périphérique sélectionné.
- Test : Ouvre la fenêtre illustrée ci-dessous, qui nous permettra de relever les différentes tensions en fonction de la pression appliquée.

Cette application nous permet de relever la caractéristique du capteur de pression différentielle point par point.

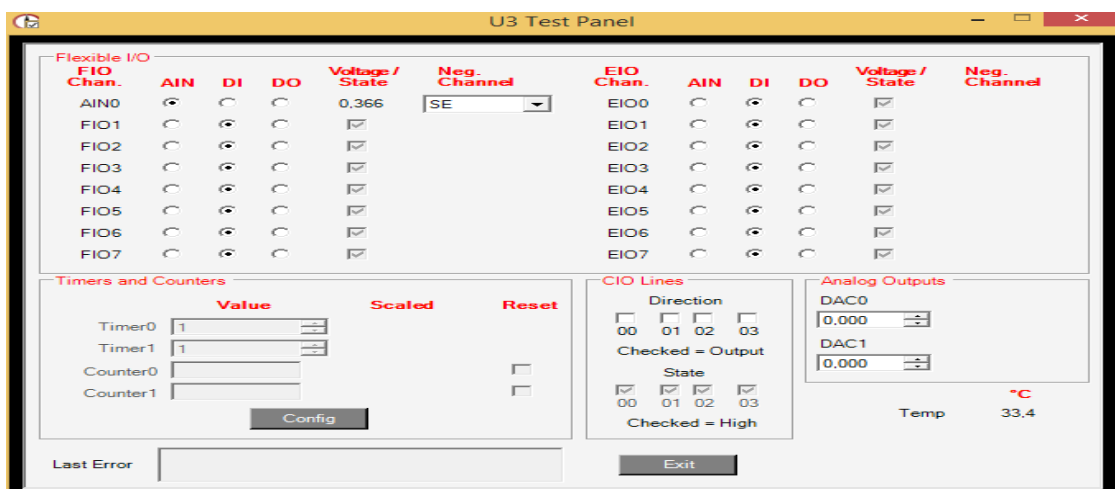


Figure III.4 : La fenêtre U3 Test Panel.

L'expérience commence par appliquer une pression sur la poire et lire les valeurs correspondantes de pression sur l'indicateur de pression gradué en mmHg (manomètre) et son équivalence en tension sur l'ordinateur issu de la carte d'acquisition Labjack, on obtient à la fin un tableau de données qui représente les valeurs de la pression et de la tension obtenues (voir l'annexe 1) et qui nous a permis de tracer la caractéristique et de calculer la sensibilité du capteur.

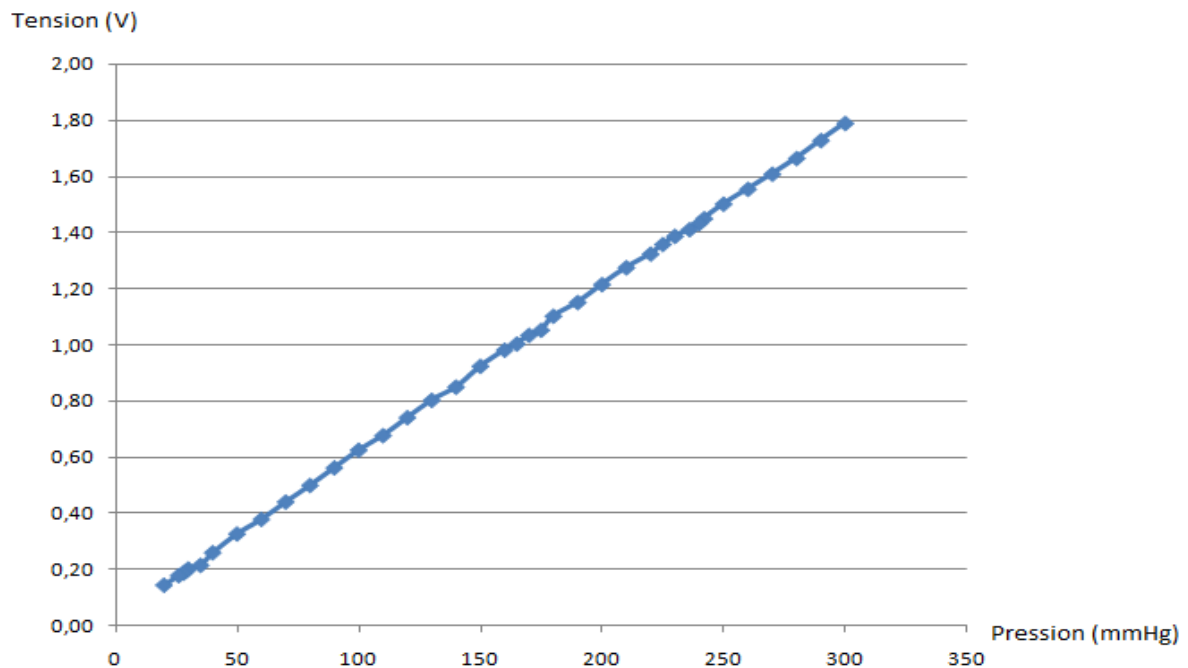


Figure III.5 : Courbe de tension en fonction de la pression en mmHg.

Par régression du nuage de points nous avons obtenu les paramètres du capteur (voir annexe 1). Cependant, la sensibilité obtenue se rapproche à celle indiquée par le constructeur (45mv/Kpa).

III.4.Programme sous LabView d'acquisition de la pression.

III.4.1. Fonctionnement des VIs du Labjack utilisés pour la configuration

Le programme nous permet de récupérer les données du signal acquis sans interruption. Il contient des VI de la carte d'acquisition qui sont décrits comme suit :

- **LJUD OpenS** : on appelle toujours Open Labjack avant de communiquer avec un dispositif. Cette fonction peut être appelée à plusieurs reprises, cependant une fois que le Labjack est ouvert, il reste ouvert jusqu'à la fin.

Description des paramètres : Renvoie: ErrorCodes de LabJack s'il ya une erreur ou 0 pour aucune erreur.

Les entrées sont :

- DeviceType : Le type de LabJack à ouvrir.
- ConnectionType : Entrez la constante pour le type de connexion, USB dans notre cas.
- pAddress : Pour USB, transmettre l'ID local ou numéro de série du LabJack désiré. (Pour Ethernet passer l'adresse IP du LabJack désiré).

Si FirstFound est vrai, l'adresse est ignorée.

- FirstFound : Si cela est vrai, alors l'adresse et les paramètres Connection Type sont ignorés et le pilote ouvre le premier LabJack trouvé avec le DeviceType spécifié. Généralement recommandé quand un seul LabJack est connecté. Si un périphérique USB n'est pas détecté, il va essayer Ethernet mais avec une adresse donnée.

Les sorties sont :

- pHandle : Un pointeur sur une poignée pour un LabJack.

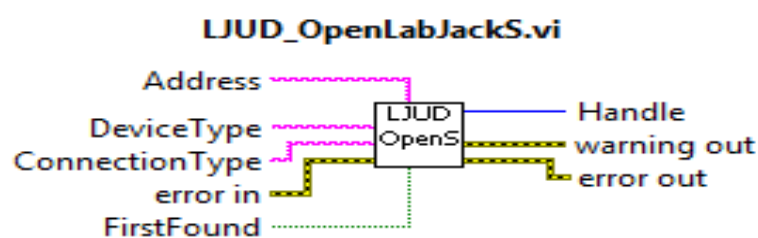


Figure III.6 :Le VI LJUD_Open LabJack.

- **LJUD Eget :** Les fonctions Eget regroupe AddRequest Go et GetResult, en une seule étape.

Les versions Eget sont conçues pour les entrées ou la récupération des paramètres tels qu'ils utilisent un pointeur sur une double où le résultat est placé, mais peuvent être utilisés pour les sorties si pValue est pré-réglé à la valeur désirée.

Description des paramètres : Renvoie: ErrorCodes de LabJack ou 0 pour aucune erreur.

Entrées:

- Handle : Poignée retournée par OpenLabJack.

- IO Type : Le type de demande.
- Canal : Le numéro de canal du particulier IO Type.
- pValue : Pointer la valeur envoyer et reçoit des données.
- × 1 : Paramètre facultatif utilisé par certains IO Types.

Les sorties:

- pValue : Pointer la valeur envoyer et reçoit des données.

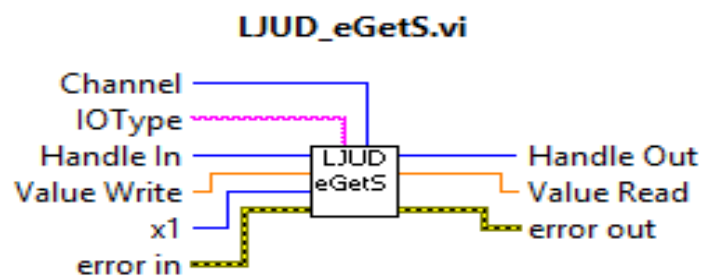


Figure III.7 : Le VI LJUD_eGets

- **LJUD_Error to string** ; Génère une chaîne de caractères décrivant le code d'erreur donné ou une chaîne vide s'il n'y a pas d'erreurs.

Description des paramètres: Renvoie: ErrorCodes de LabJack ou 0 pour aucune erreur.

Entrées:

- ErrorIn : représente le code d'erreur du labjack.

Les sorties:

- String : Un pointeur sur la représentation de chaîne du code d'erreur.

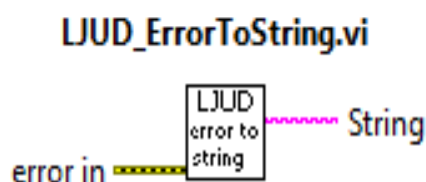


Figure III.8 : Le VI LJUD_Error to String.

III.4.2. Le Programme d'acquisition

Le programme d'acquisition s'organise comme suit :

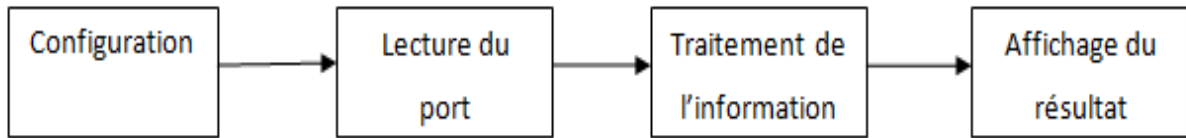


Figure III.9 : Organigramme du programme.

Lors de la réalisation de ce programme avec la carte d'acquisition sous le LabVIEW, nous obtenons la face avant et le bloc diagramme ci-dessous.

➤ **La face avant :**

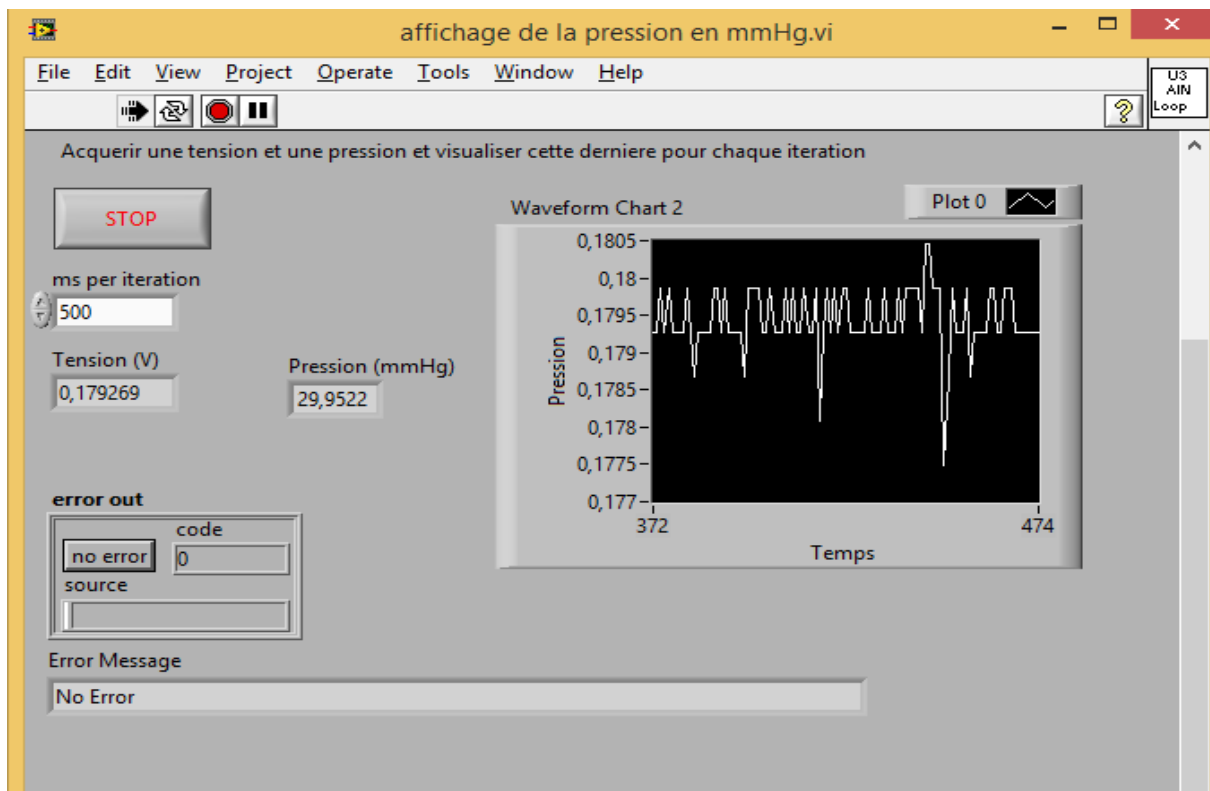


Figure III.10 : La face avant du programme sous LabView.

➤ **Le bloc diagramme :**

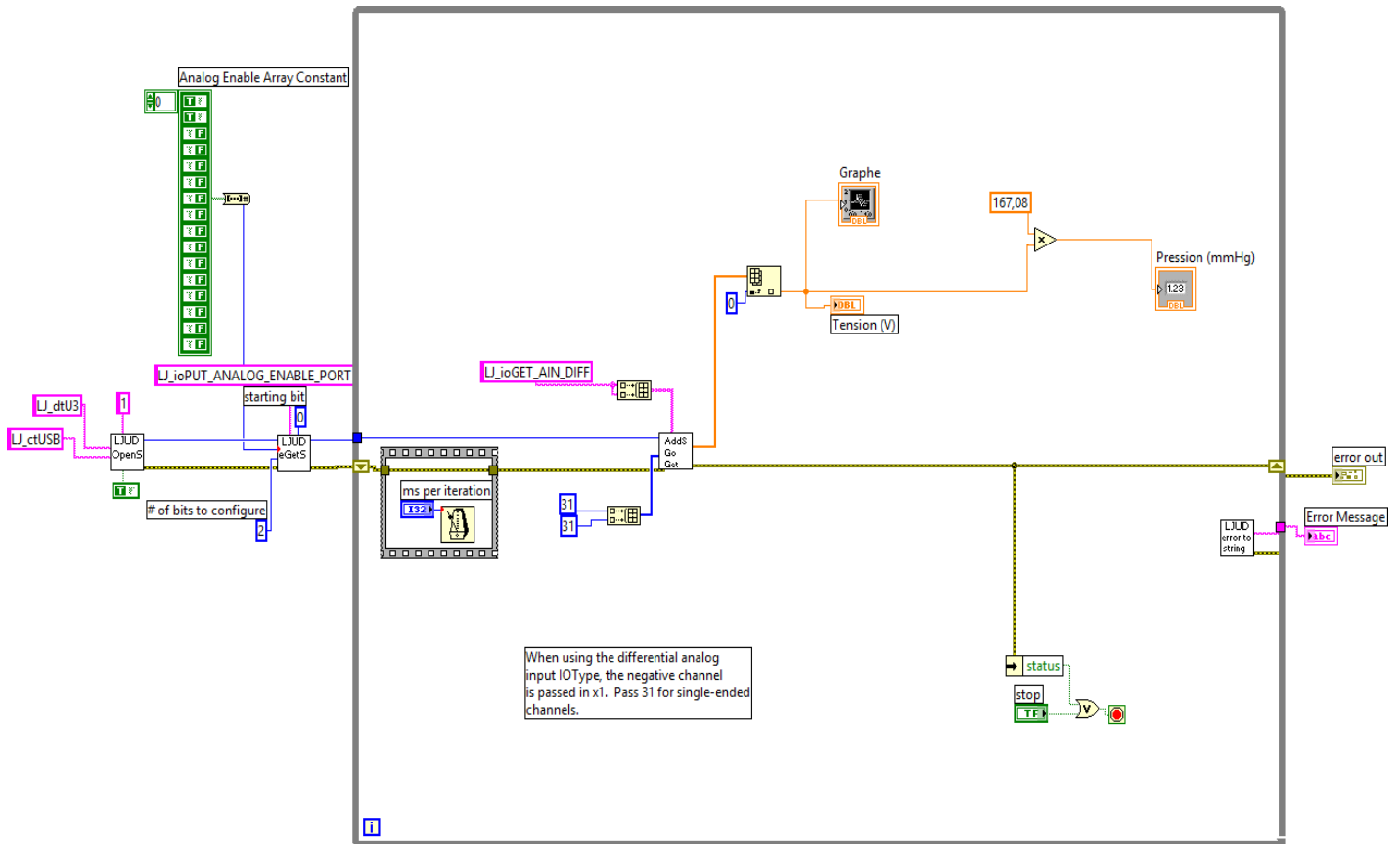


Figure III.11 : Le bloc diagramme d’acquisition.

III.5. Applications du capteur de pression

La manipulation du capteur selon le type de l’éprouvette de test additionnelle peut être transformée pour différentes application, parmi elles nous avons la mesure de masse et de la vitesse

III.5.1. La mesure de masse (balance)

Nous avons utilisé une nouvelle éprouvette constituée d’une boîte qui nous sert de support de masse posé sur la poire figure III.12. Cette expérience consiste à mettre différentes masse sur le support de masse, puis on lit la valeur de la tension et sa correspondance en pression pour une vingtaine de masses différentes, les résultats obtenus sont représentés sur un tableau (annexe 2). Le tracer de la courbe (figure III.13), la pente de cette courbe représentant la valeur de la sensibilité est introduite dans le programme pour interpréter directement la masse en pression équivalente.

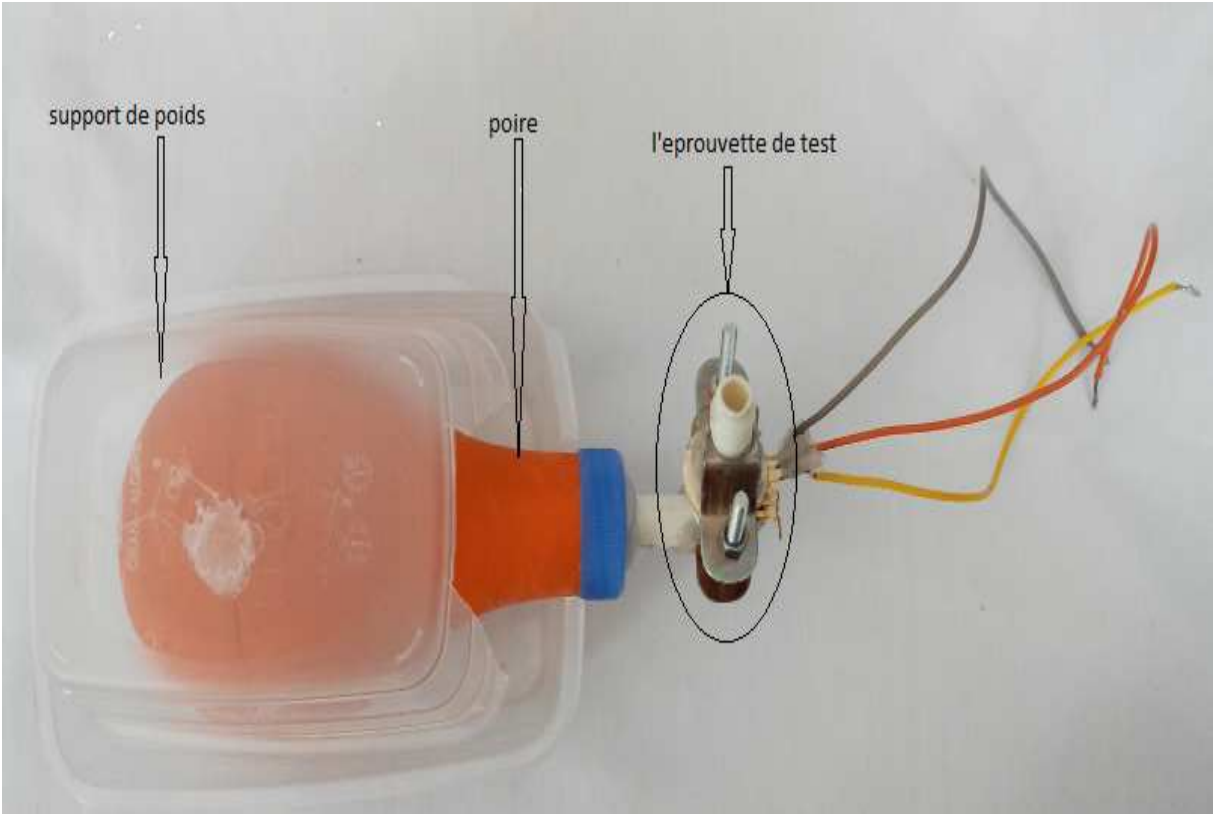


Figure III. 12: Utilisation de l'éprouvette de test pour mesurer la pression en fonction de la masse.

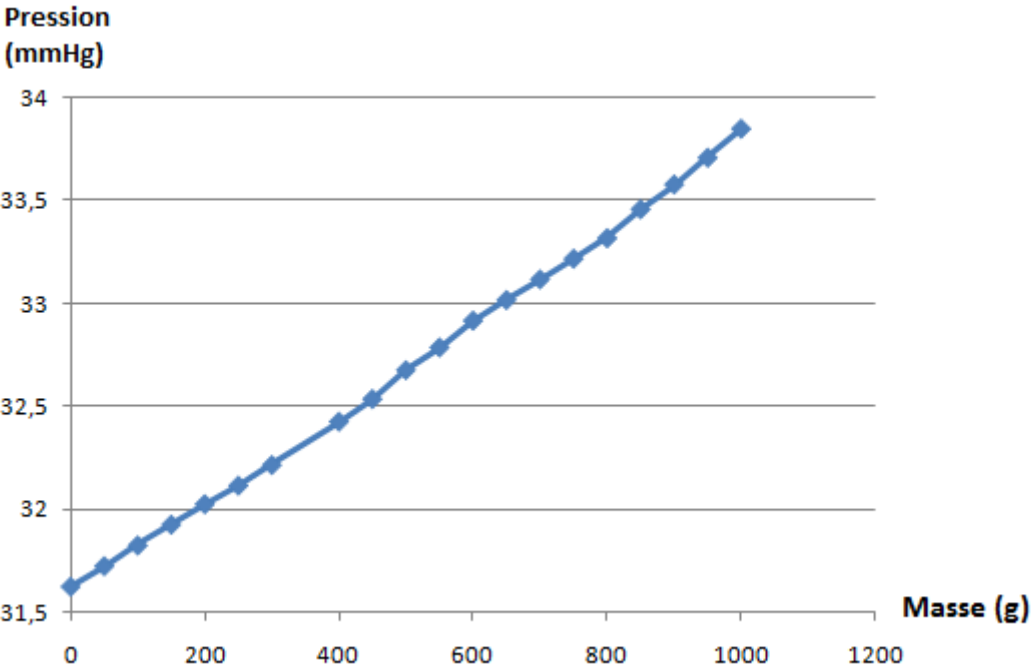


Figure III.13 : Courbe de la pression en fonction de la masse appliquée.

III.5.2. Anémomètre (Mesure de la vitesse du vent)

L'anémomètre est un instrument qui permet de mesurer la vitesse et la pression du vent. Associé à une girouette, il peut également apporter des précisions concernant sa direction. Il est essentiellement utilisé en météorologie mais, les informations qu'il fournit peuvent aussi servir au transport aérien, à la navigation [19].

Par manque d'anémomètre, il nous est impossible d'étalonner et de réaliser cette application, même si elle s'avère vérifiée. La figure III.14 illustre l'idée mise en œuvre à fin de mesurer la Pression en fonction de la vitesse du vent en utilisant un souffleur de laboratoire à 6 vitesses

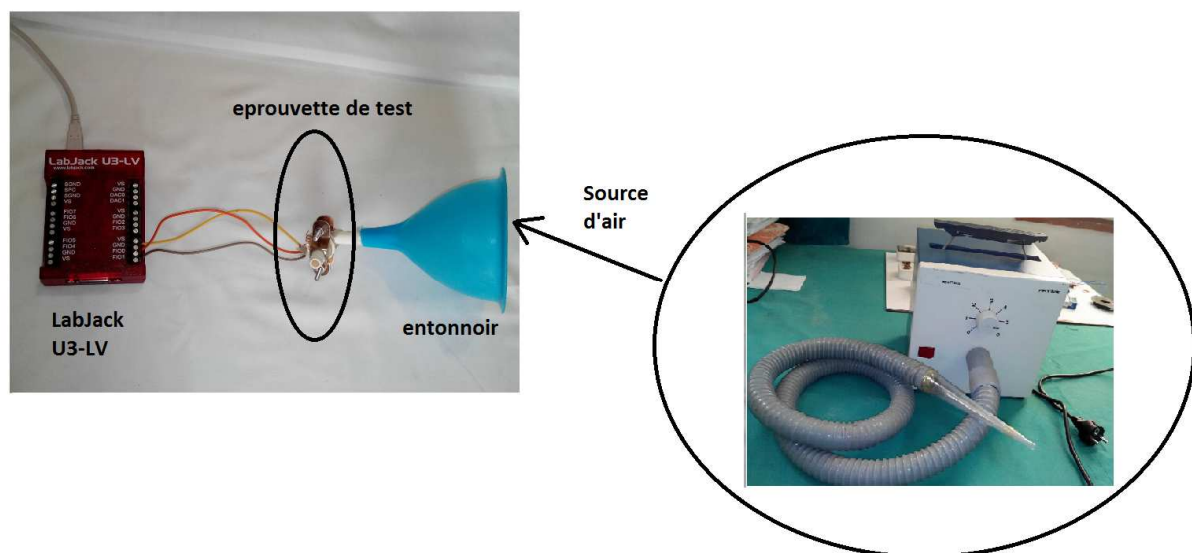


Figure III.14 : Mesure de la vitesse du vent.

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu réaliser nos expériences en faisant adapter notre éprouvette de test pour chaque type de mesure correspondant aux applications de mesure de masses et de vitesse de vent et la caractérisation d'autres types de capteurs de pression. Ainsi que la familiarisation avec le logiciel LabVIEW et la carte d'acquisition LabJack U3 de données.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif de notre travail s'inscrit dans le cadre de développement d'une station de caractérisation de capteurs. Lors de la fabrication d'autres capteurs nous avons besoin d'un banc de mesure pour caractériser chaque type de capteur. Le travail que nous avons réalisé en premier lieu est la caractérisation des capteurs de pression.

Ce travail consiste à calibrer un capteur de pression du commerce MPX5100D afin de l'utiliser comme étalon de mesure dans la caractérisation de nouveaux capteurs de pression. Le banc de mesure comprend : Un manomètre gradué en unités de pression, une carte d'acquisition de type LabJack U3-LV, un micro-ordinateur le logiciel LabVIEW et le capteur avec des éprouvettes de test.

L'étude théorique et général sur les capteurs nous a permis de comprendre les différents types de capteurs, leurs caractéristiques, leur fonctionnement ainsi que leur importance dans la mesure puisque ils représentent le premier élément d'une chaîne de mesure.

Notre étude s'est précisément basée sur le capteur de pression différentielle MPX5100D, il nous a été possible de comprendre son fonctionnement grâce au datasheet du constructeur. L'utilisation du capteur nécessite à concevoir une éprouvette de teste a fin de calibrer notre capteur.

L'acquisition des données s'est faite à travers un système qui se compose du capteur de pression associée à l'éprouvette de test, d'une carte d'acquisition de type LabJack U3-LV reliée à un PC à travers une connexion USB et piloté par un programme développé sous LabVIEW.

Le programme permet d'afficher la valeur de la tension d'acquisition, son équivalence en pression avec différentes unités de pressions et permet également l'enregistrement d'un signal issu du capteur pour un certain temps défini par l'utilisateur.

Deux applications ont été réalisées grâce à cette éprouvette de test. La première consiste à mesurer la masse, la deuxième concerne la mesure de la vitesse du vent (application comme anémomètre). Cette dernière montre la variation de la vitesse du vent graphiquement mais ça n'a pas été étalonnée par manque d'un anémomètre étalon pour interpréter les résultats.

Conclusion générale

En termes de perspectives, il nous paraît important et intéressant de développer cette application à fin d'étudier les phénomènes liés à la pression.

Il sera par exemple intéressant de fabriquer des balances à base de capteurs de pression pour la mesure des masses (poids). Dans le domaine sportif, pour étudier la force et la vitesse de frappe d'un boxeur (par un d'enregistrement pendant le temps d'entraînement pour exprimer quantitativement l'efficacité). Dans le domaine hydraulique pour des applications de régulation de pression (air ou fluide). Dans le domaine automobile pour étudier les efforts de chocs à différents niveaux etc.

Annexes

- Tableau de calibration du capteur de pression et comparaison de la sensibilité obtenue avec la sensibilité du constructeur.

X_i (pression mesurée en mm Hg)	Y_i (tension en V)	$x_i * y_i$	x_i^2	courbe de régression $y = a * x + b$ (Volts)	erreur sur la tension ($y - y_i$)	la pression estimée	$dp = \text{erreur sur } p$	dp/p	P mesure en pascal	P en Kpa	p en kpa * 0,045	sensibilité en mV
300	1,79	537	90000	1,793	0,002	299,661017	0,33898305	-0,11	39900	39,9	1,796	44,9
290	1,73	502	84100	1,734	0,004	289,322034	-0,6779661	-0,23	38570	38,57	1,736	44,9
280	1,67	466	78400	1,675	0,009	278,474576	1,52542373	-0,54	37240	37,24	1,676	44,7
270	1,61	435	72900	1,616	0,006	268,983051	1,01694915	-0,38	35910	35,91	1,616	44,8
260	1,56	405	67600	1,557	0,03	259,830508	0,16949153	-0,07	34580	34,58	1,556	45,0
250	1,5	376	62500	1,498	-0,01	250,847458	0,84745763	0,34	33250	33,25	1,496	45,2
242	1,45	351	58564	1,4508	-0	242,033898	0,03389831	0,01	32186	32,186	1,448	45,1
240	1,43	344	57600	1,439	0,005	239,152542	0,84745763	-0,35	31920	31,92	1,436	44,9
236	1,41	333	55696	1,4154	0,003	235,423729	0,57627119	-0,24	31388	31,388	1,412	45,0
230	1,39	319	52900	1,38	-0,01	231,355932	1,3559322	0,59	30590	30,59	1,377	45,4
225	1,36	306	50625	1,3505	-0,01	226,440678	1,44067797	0,64	29925	29,925	1,347	45,4
220	1,33	292	48400	1,321	-0	220,677966	0,6779661	0,31	29260	29,26	1,317	45,3
210	1,28	268	44100	1,262	-0,01	212,372881	2,37288136	1,13	27930	27,93	1,257	45,7
200	1,22	243	40000	1,203	-0,01	202,20339	2,20338983	1,10	26600	26,6	1,197	45,7
190	1,15	219	36100	1,144	-0,01	191,355932	1,3559322	0,71	25270	25,27	1,137	45,6
180	1,1	199	32400	1,085	-0,02	183,050847	3,05084746	1,69	23940	23,94	1,077	46,1
175	1,05	184	30625	1,0555	0,002	174,576271	0,42372881	-0,24	23275	23,275	1,047	45,2
170	1,04	176	28900	1,026	-0,01	171,525424	1,52542373	0,90	22610	22,61	1,017	45,8
165	1	166	27225	0,9965	-0,01	166,271186	1,27118644	0,77	21945	21,945	0,988	45,8
160	0,98	157	25600	0,967	-0,02	162,542373	2,54237288	1,59	21280	21,28	0,958	46,1
150	0,92	139	22500	0,908	-0,02	152,711864	2,71186441	1,81	19950	19,95	0,898	46,3
140	0,85	119	19600	0,849	-0	140,169492	0,16949153	0,12	18620	18,62	0,838	45,6
130	0,8	104	16900	0,79	-0,01	132,20339	2,20338983	1,69	17290	17,29	0,778	46,4
120	0,74	88,9	14400	0,731	-0,01	121,694915	1,69491525	1,41	15960	15,96	0,718	46,4
110	0,68	74,5	12100	0,672	-0,01	110,847458	0,84745763	0,77	14630	14,63	0,658	46,3
100	0,63	62,5	10000	0,613	-0,01	102,033898	2,03389831	2,03	13300	13,3	0,599	47,0
90	0,56	50,6	8100	0,554	-0,01	91,3559322	1,3559322	1,51	11970	11,97	0,539	47,0
80	0,5	39,9	6400	0,495	-0	80,6779661	0,6779661	0,85	10640	10,64	0,479	46,9
70	0,44	30,8	4900	0,436	-0	70,6779661	0,6779661	0,97	9310	9,31	0,419	47,3
60	0,38	22,7	3600	0,377	-0	60,1694915	0,16949153	0,28	7980	7,98	0,359	47,4
50	0,33	16,3	2500	0,318	-0,01	51,3559322	1,3559322	2,71	6650	6,65	0,299	49,0
40	0,26	10,4	1600	0,259	0	40	0	0,00	5320	5,32	0,239	48,7
35	0,21	7,49	1225	0,2295	0,016	32,3728814	2,62711864	-7,51	4655	4,655	0,209	46,0
30	0,2	6,03	900	0,2	-0	30,1694915	0,16949153	0,56	3990	3,99	0,180	50,4
29	0,19	5,6	841	0,1941	0,001	28,8135593	0,18644068	-0,64	3857	3,857	0,174	50,0
28	0,19	5,21	784	0,1882	0,002	27,6271186	0,37288136	-1,33	3724	3,724	0,168	49,9
26	0,18	4,6	676	0,1764	-0	26,1016949	0,10169492	0,39	3458	3,458	0,156	51,2
20	0,14	2,86	400	0,141	-0	20,3389831	0,33898305	1,69	2660	2,66	0,120	53,8

➤ Calcule de la pente et de l'erreur :

$$V_{test} = a * P_i + b.$$

$$E = \sum (V_i - V_{test})^2$$

$$E = \sum (V_i - a P_i - b)^2$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = 0 = \sum 2 * (V_i - a P_i - b) * (-P_i) = 2 * \sum (V_i - a P_i - b) * (-P_i)$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = -\sum (V_i * P_i) + a * \sum (P_i)^2 + b * \sum P_i = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial E}{\partial b} = 0 = \sum (-2) * (V_i - a * P_i - b) = -\sum V_i + a * \sum P_i + b$$

$$\Rightarrow b = \sum V_i - a * \sum P_i \quad (2)$$

On remplace (2) dans (1)

$$-\sum (V_i * P_i) + a * \sum (P_i)^2 + (\sum V_i - a * \sum P_i) * \sum P_i = 0$$

$$-\sum (V_i * P_i) + a * \sum (P_i)^2 + \sum V_i * \sum P_i - a * (\sum P_i)^2 = 0$$

$$\sum (V_i * P_i) - \sum V_i * \sum P_i = a * (\sum (P_i)^2 - (\sum P_i)^2)$$

$$a = \frac{-\sum V_i * \sum P_i + \sum (V_i * P_i)}{(\sum P_i)^2 - \sum (P_i)^2}$$

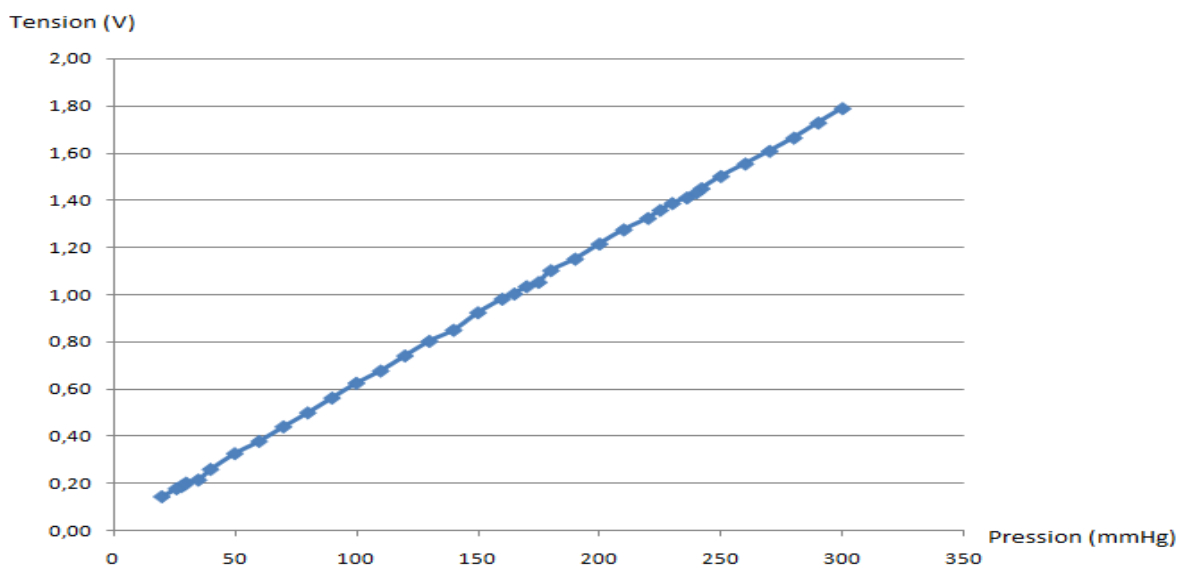


Figure A1 : Pente de la courbe d'étalonnage du capteur.

➤ Tableau calibration de mesure de masse

Xi=poids g	Yi=pression mm Hg	tension V	y=ax+b	y-Yi	Pression en Pa	Pression en Kpa	p en kpa*0,045	sensibilité
0	31,63	0,1893	31,630	0,000	4206,79	4,20679	0,18930555	0,0020
50	31,73	0,1899	31,738	0,008	4220,09	4,22009	0,18990405	0,0020
100	31,83	0,1905	31,845	0,015	4233,39	4,23339	0,19050255	0,0020
150	31,931	0,1911	31,953	0,021	4246,823	4,246823	0,19110704	0,0020
200	32,03	0,1917	32,060	0,030	4259,99	4,25999	0,19169955	0,0018
250	32,12	0,1923	32,168	0,047	4271,96	4,27196	0,1922382	0,0020
300	32,22	0,1928	32,275	0,055	4285,26	4,28526	0,1928367	0,0021
400	32,43	0,1941	32,490	0,060	4313,19	4,31319	0,19409355	0,0022
450	32,54	0,1946	32,598	0,057	4327,82	4,32782	0,1947519	0,0020
500	32,64	0,1953	32,705	0,065	4341,12	4,34112	0,1953504	0,0022
550	32,75	0,196	32,813	0,063	4355,75	4,35575	0,19600875	0,0022
600	32,86	0,1967	32,920	0,060	4370,38	4,37038	0,1966671	0,0026
650	32,99	0,1975	33,028	0,037	4387,67	4,38767	0,19744515	0,0022
700	33,1	0,1982	33,135	0,035	4402,3	4,4023	0,1981035	0,0022
750	33,21	0,1988	33,243	0,032	4416,93	4,41693	0,19876185	0,0026
800	33,34	0,1994	33,350	0,010	4434,22	4,43422	0,1995399	0,0022
850	33,45	0,2	33,458	0,007	4448,85	4,44885	0,20019825	0,0022
900	33,56	0,2008	33,565	0,005	4463,48	4,46348	0,2008566	0,0026
950	33,69	0,2018	33,673	-0,017	4480,77	4,48077	0,20163465	0,0024
1000	33,81	0,2029	33,780	-0,030	4496,73	4,49673	0,20235285	

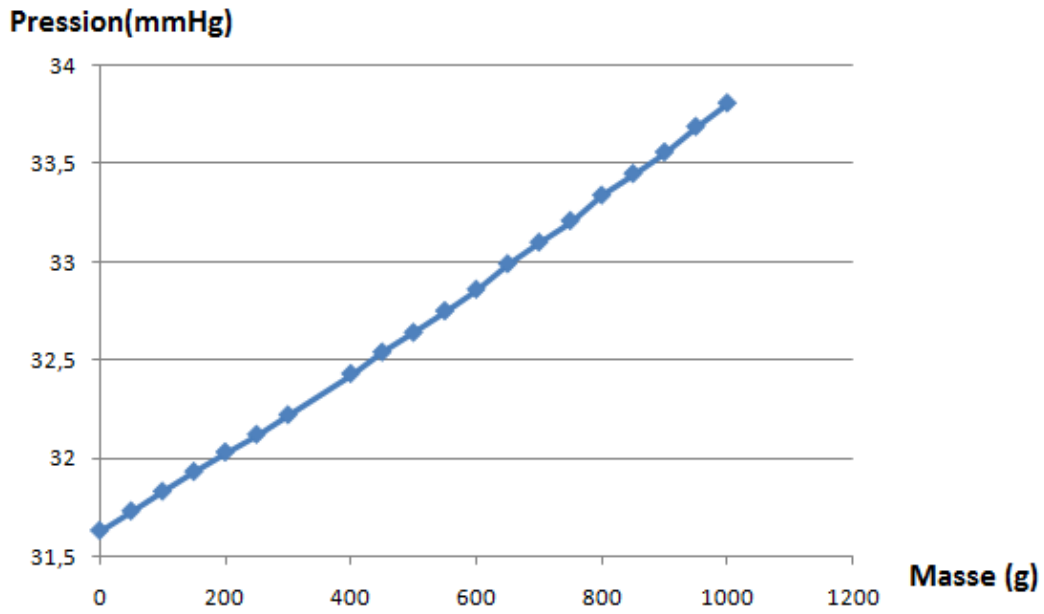


Figure A2 : Courbe de pression en fonction de la masse.

Pressure

Freescale Semiconductor

MPX5100
Rev 13, 05/2010

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX5100 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configuration
- Durable Epoxy Unibody Element
- Easy-to-Use Chip Carrier Option

MPX5100 MPXV5100 Series

0 to 100 kPa (0 to 14.5 psi)
15 to 115 kPa (2.2 to 16.7 psi)
0.2 to 4.7 V Output

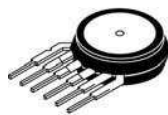
Typical Applications

- Patient Monitoring
- Process Control
- Pump/Motor Control
- Pressure Switching

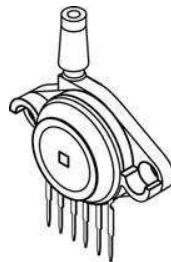
ORDERING INFORMATION

Device Name	Case No.	# of Ports			Pressure Type			Device Marking
		None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
Unibody Package (MPX5100 Series)								
MPX5100A	867	•					•	MPX5100A
MPX5100AP	867B		•				•	MPX5100AP
MPX5100D	867	•				•		MPX5100D
MPX5100DP	867C			•		•		MPX5100DP
MPX5100GP	867B		•		•			MPX5100GP
Small Outline Package (MPXV5100 Series)								
MPXV5100GC6U	482A		•		•			MPXV5100G
MPXV5100GC7U	482C		•		•			MPXV5100G
MPXV5100DP	1351			•		•		MPXV5100DP
MPXV5100GP	1369		•		•			MPXV5100GP

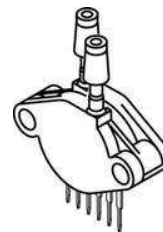
UNIBODY PACKAGES



MPX5100A/D
CASE 867-08

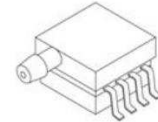
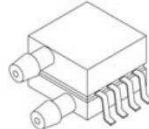
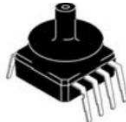


MPX5100AP/GP
CASE 867B-04



MPX5100DP
CASE 857C-05

SMALL OUTLINE PACKAGE



Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.0$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$. Decoupling circuit shown in Figure 5 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾ Gauge, Differential: MPX5100D/MPX5100G/MPXV5100G Absolute: MPX5100A	V_{OP}	0 15	— —	100 115	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	V _{DC}
Supply Current	I_O	—	7.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset ⁽³⁾ (0 to 85°C) @ $V_S = 5.0$ V	V_{OFF}	0.088	0.20	0.313	V _{DC}
Full Scale Output ⁽⁴⁾ Differential and Absolute (0 to 85°C) @ $V_S = 5.0$ V	V_{FSO}	4.587	4.700	4.813	V _{DC}
Full Scale Span ⁽⁵⁾ Differential and Absolute (0 to 85°C) @ $V_S = 5.0$ V	V_{FSS}	—	4.500	—	V _{DC}
Accuracy ⁽⁶⁾	—	—	—	±2.5	%V _{FSS}
Sensitivity	V/P	—	45	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I_{O+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁹⁾	—	—	±0.5	—	%V _{FSS}

1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.

2. Device is ratiometric within this specified excitation range.

3. Offset (V_{OFF}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.

4. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.

5. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.

6. Accuracy (error budget) consists of the following:

- Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
- Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
- Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from minimum or maximum rated pressure at 25°C.
- TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
- TcOffset: Output deviation with minimum pressure applied over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
- Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} at 25°C.

7. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.

8. Warm-Up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.

9. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

Sensors

Pressure

Maximum Ratings

Table 2. Maximum Ratings⁽¹⁾

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P_{max}	400	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	-40° to +125°	°C
Operating Temperature	T_A	-40° to +125°	°C

1.Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip in a Unibody Package.

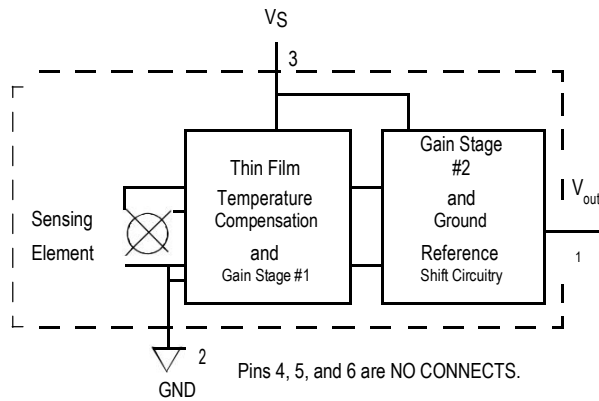


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic for Unibody Package Devices

Figure 2 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip in a Small Outline Package.

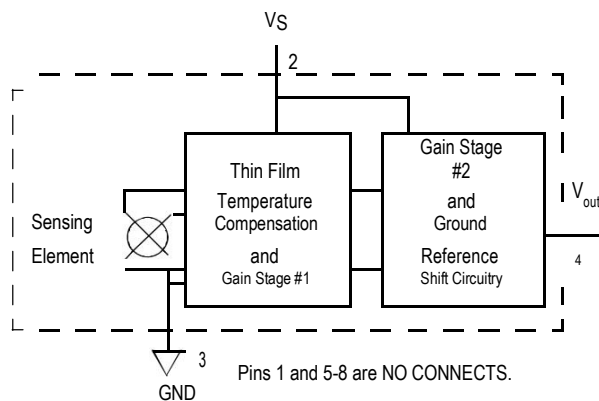


Figure 2. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic for Small Outline Package Devices

On-chip Temperature Compensation and Calibration

Figure 3 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0° to 85°C using the decoupling circuit shown in Figure 5. The output will saturate outside of the specified pressure range.

Figure 4 illustrates both the Differential/Gauge and the Absolute Sensing Chip in the basic chip carrier (Case 867). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from

the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm.

The MPX5100 series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

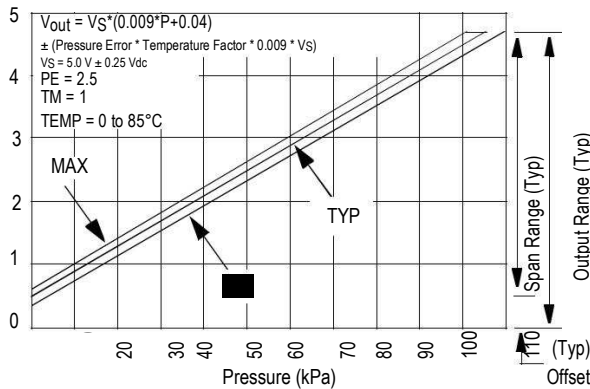


Figure 3. Output vs. Pressure Differential

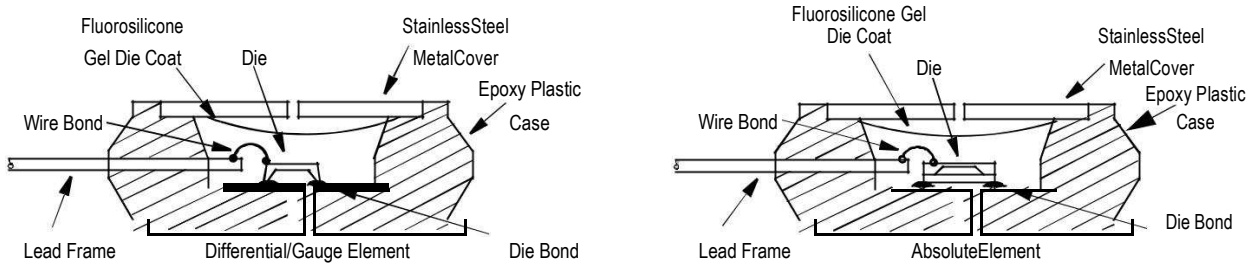


Figure 4. Cross Sectional Diagrams (not to scale)

Figure 5 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

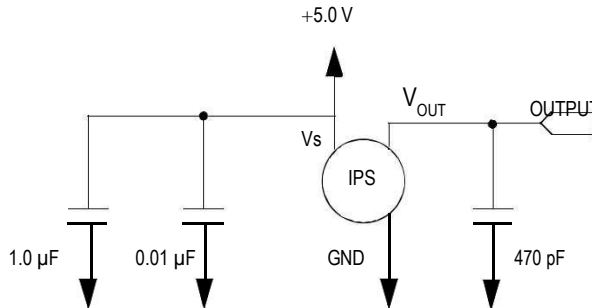


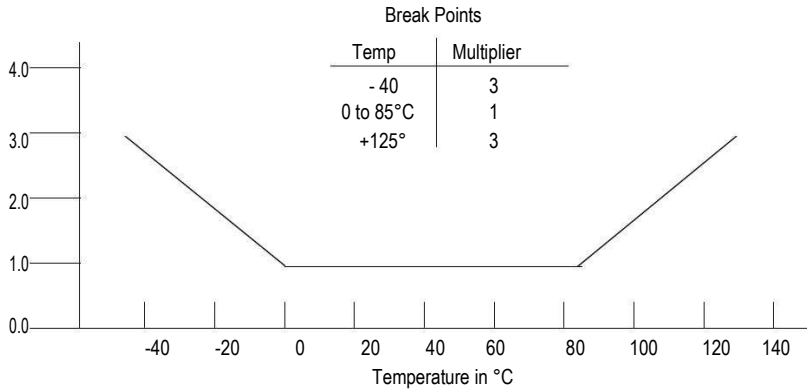
Figure 5. Recommended Power Supply Decoupling and Output Filtering
(For additional output filtering, please refer to Application Note AN1646.)

Transfer Function (MPX5100D, MPX5100G, MPXV5100G)

Nominal Transfer Value: $V_{OUT} = V_S(P \times 0.009 + 0.04)$
 $\pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Mult.} \times 0.009 \times V_S)$
 $V_S = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ V}$

Temperature Error Multiplier

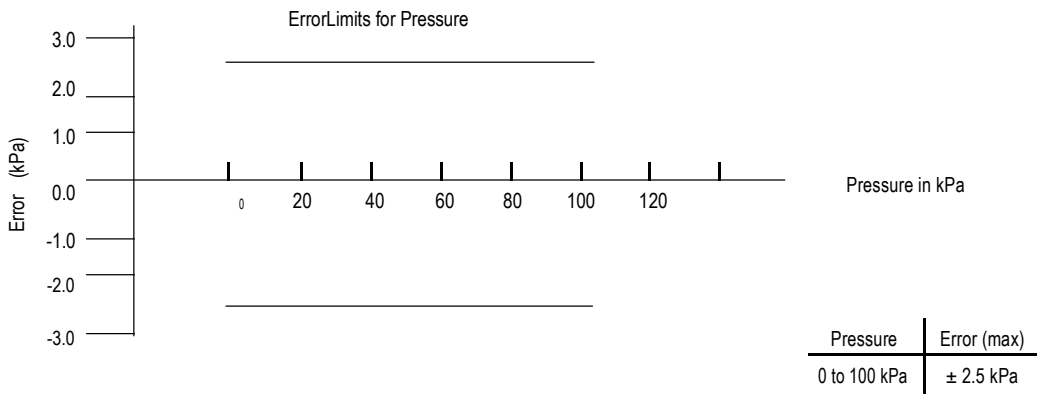
MPX5100D/MPX5100G/MPXV5100G Series



Note: The Temperature Multiplier is a linear response from 0° to -40°C and from 85° to 125°C.

Pressure Error Band

MPX5100D/MPX5100G/MPXV5100G Series



Bibliographie

Bibliographie

- [1] Thèse Conception d'un capteur de gaz intelligent-Hakim BAHA-2011/2012.
- [2] <http://capteurs.pdf>/ généralité sur la chaîne d'acquisition d'un capteur.
- [3] <http://cirta.fr/> 2013/07/29- Capteurs.pdf.
- [4] Sciences et Technologies Électriques(STE)/ EL MIMOUNI EL HASSAN/2006/2007
- [5] Cours sur l'électronique de conditionnement du capteur/Patrick POULICHET/ Novembre 2006.
- [6] COURS DE MESURE ET INSTRUMENTATION/École Nationale d'Ingénieurs de Tunis/ Leila GHARBI ERNEZ/ février 2005.
- [7] EMB7000 Introduction aux systèmes embarqués- les capteurs- Pierre Courtellemont
- [8] EMB7000-Introduction aux systèmes embarqués-circuit conditionnement pour les capteurs chapitre 6 -Pierre Courtellemont
- [9] Cours de mesure et instrumentation École Nationale d'Ingénieurs de Tunis Leila GHARBI ERNEZ février 2005.
- [10] Séminaire d'instrumentation-Alex Bertholet Laboratoire de Génie Civil-19/11/2007
- [11] Magistère et M1 de Physique Fondamentale et Appliquée – Université Paris Sud
Projets de physique statistique – Manuel d'initiation à l'acquisition de données 2013/2014.
- [12] P1PY7204 Acquisition de données Cours/ Denis Dumora:denis.dumora@u-bordeaux1/
04 septembre 2013.
- [13] Mesure et capteurs de pression/Pascale DEREUMAUX/02-03-2002
- [14] Mémoire de magistère : conception d'un micro capteur de pression, humidité et de température en technologie MEMS/Annane Samia/2011.
- [15] Data sheet MPX5100 Rev 13, 05/2010/ Sensors Freescale Semiconductor.
- [16] Data sheet U3 LabJack /copyright 2012.
- [17] Support de cours par Maurice Libes 30 juin2005
- [18] Cours d'initiation au logiciel LabVIEW Par Nicolas POUSSET 03/02/2010
- [19] <http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/meteorologie-anemometre-> définition du manomètre.

Résumé

Cette thèse a pour thème la réalisation d'une station de caractérisation de capteurs de pression.

Ce travail consiste à calibrer un capteur de pression du commerce MPX5100D afin de l'utiliser comme étalon de mesure dans la caractérisation de nouveaux capteurs de pression. Le banc de mesure comprend : Un manomètre gradué en unités de pression, une carte d'acquisition de type LabJack U3-LV, un micro-ordinateur le logiciel LabVIEW et le capteur avec des éprouvettes de test.

Nous avons commencé par une étude théorique et général sur les capteurs qui nous a permis de comprendre les différents types de capteurs, leurs caractéristiques, leur fonctionnement ainsi que leur importance dans la mesure puisque ils représentent le premier élément d'une chaîne de mesure.

Nous avons ensuite définie la pression et les capteurs de pression en générale car notre étude s'est précisément basée sur le capteur de pression différentielle MPX5100D, il nous a été donc possible de comprendre son fonctionnement grâce au Data Sheet du constructeur.

L'acquisition des données s'est faite à travers un système qui se compose du capteur de pression associé à l'éprouvette de test, d'une carte d'acquisition de type LabJack U3-LV reliée à un PC à travers une connexion USB et piloté par un programme développé sous LabVIEW.

Le programme permet d'afficher la valeur de la tension d'acquisition, son équivalence en pression avec différentes unités de pression et permet également l'enregistrement d'un signal issu du capteur pour un certain temps défini par l'utilisateur.

En fin deux applications ont été réalisées grâce à cette éprouvette de test. La première consiste à mesurer la masse, la deuxième concerne la mesure de la vitesse du vent (application comme anémomètre).