

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE
N°: 2023/INST/.....



DOMAINE: SCIENCES ET TECHNOLOGIE
FILIERE: ELECTRONIQUE
OPTION: INSTRUMENTATION

**Mémoire Présenté Pour L'obtention
Du Diplôme De Master Académique**

Présenté par :

ABD ELKEBIR Chafika

BEN TAYAB Selwa

Thème

**IMPLEMENTATION DES FILTRES
ADAPTATIFS DANS LES SYSTEMES DE
DETECTION DES FUITES**

Soutenu devant le jury composé de:

Mr. GUERMAT Noubiel	Université M'sila	Président
Mr. BENTOUMI Miloud	Université M'sila	Encadreur
Mr. BAKHTI Haddi	Université M'sila	Co- Encadreur
Mr. SAADA KHELKHAL Fayçal	Université M'sila	Examineur

Année Universitaire : 2022 /2023

REMERCIEMENT

Tous d'abord, nous tenons à remercier الله.

De nous donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de Master et pour voir réalise ce travail de recherche.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciement à notre encadreur *Dr. BEN TOUMI Miloud* et *Dr. BAKHTI Haddi* qui nous a fourni le sujet de ce mémoire et nous a guidés de ses conseils et suggestions, et la confiance qu'il nous a témoignés tout au long de ce travail.

Sa patience et son expertise ont été essentiels à la réussite de ce mémoire.

Nous remercions aussi les membres de jury Pr GUERMAT Noubel et le Dr SAADA KHELKHAL Fayçal d'accepter d'être membre pour l'évaluation de ce travail. Ainsi que l'ensemble du service électronique qui a été accueillant. Chaleureux compréhensif.

Nous adressons aussi nos sincères remerciement à tous ceux ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Un Grand Merci



DIDICACE

*À ma très chère mère: **Hafsa***

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

*À ma chère sœur: **Djamila** et son mari et ses enfants: **Youssef, Meryem, Aboud***

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

*À mes chères amies: **Merna, Merna, Bouckra, Chafika***

Pour leurs aides et support dans les moments difficiles

Et tous qui m'ont aidé et complus ce modeste travail.

Selwa

DIDICACE



*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail, À ma très chère mère: **Oum el Khaito**, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*À mon très cher père: **Tahar**, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études*

*À mon frère **Kafaa** et mes sœurs: **Kawal, Anad** et ses maris et ses enfants: **Nihal, chamas, Miel***

*À mes meilleurs amis: **Issouan, Chifa, Bama***

Et tout qui m'aide et complusse ce modeste travail.

*En fin, je remercie mon tuteur, **Seswa**, qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

Chafika

Sommaire

Introduction générale

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

Chapitre I généralités sur la mécanique des fluides et les réseaux de distributions

I.1.Introduction.....	3
I.2. La fuite.....	3
1.2.1. Définition.....	3
1.2.2. La problématique des fuites.....	3
1.2.3. Types de fuites.....	4
1.2.4. Causes de fuites.....	4
1.2.5. Appareils de recherche de fuite.....	4
1.2.6. Recherche de fuites.....	5
1.3.1. Définition.....	5
1.3.2. Type de fluide.....	5
1.3.3. Caractéristique physique d'un fluide.....	7
I.4. Equation de Bernoulli.....	7
I.5. Equation de continuité.....	7
I. 6. Equation de la conservation de la masse.....	8
I.7. Pression.....	9
1.7.1. Définition.....	9
1.7.2. Notion de pression en un point d'un fluide.....	9
1.7.3. Types de pressions.....	9
I.8. Réseaux de distribution d'eau.....	10
1.8.1. Définition.....	10
1.8.2. Type des réseaux de distribution d'eau.....	11
I.9. Conclusion.....	13

Chapitre II notions de base sur le traitement de signal

II.1. Introduction.....	14
II.2. Traitement de signal.....	14
II.3.Signal.....	14
II.3.1. Définition.....	14
II.3.2. Classification des signaux.....	14
II.4. Convolution.....	17

II.5. Bruit.....	18
II.5.1. Définition	18
II.5.2. Caractéristique du bruit.....	18
II.6. Filtre	19
II.6.1. Définition	19
II.6.2. Catégories de filtres	19
II.6.3. Les types de filtrages	19
II.7. Filtre de Kalman.....	20
II.7.1. Algorithme du filtre de Kalman.....	21
II.8. Transformé de Fourier rapide (FFT).....	22
II.9. Corrélation	22
II.9.1. Définition	22
II.9.2. Les différents types de corrélations	22
II.9.3. Propriétés de l'inter-corrélation.....	23
II.10. Paramètres statistiques	24
II.10.1. Rapport signal sur bruit (SNR).....	24
II.10.2. Valeur crête à crête (cc)	24
II.10.3. Valeur efficace.....	24
II.10.4. Ecart type	24
II.10.5. Un facteur de crête.....	25
II.10.6. Aplatissement (Kurtosis).....	25
II.11. Conclusion	25

Chapitre III Présentation du prototype expérimental

III.1. Introduction.....	26
III.2. Système d'acquisition	26
III.4. Capteurs de pression.....	27
III.4.1. Les caractéristiques techniques du capteur de pression.....	28
III.5. Boucle 4-20 mA	28
III.6. Circuit hydraulique.....	31
III.6.1. Réservoir	31
III.6.2. Pompe	32

III.6.3. Conduite.....	33
III.6.3.1. Spécifications techniques	33
III.6.4. Génération de la fuite d'eau.....	34
III.6.5. Une électrovanne.....	34
III.6.6. Accessoires	34
III.7. Circuit électronique.....	35
III.7.1. La carte DS1104.....	36
III.7.2 Principe de fonctionnement	36
l'onglet Save as Type.....	42
Une fois vous avez exporté le fichier .mat,esv	42
III.7.3 Schéma d'acquisition élaboré sous Simulink.....	42
III.8. Conclusion	43

Chapitre IV Résultats et discussions

IV.1. Introduction	44
IV.2. Résultats et discussions	44
IV.3. Synoptique du système d'acquisition proposé.....	44
IV.4. Signaux d'acquisition.....	46
IV.5. Filtrage des signaux par le filtre kalman	47
IV.6. Calcul des performances du signal filtré par SNR	50
IV.7. Variation SNR en fonction de Q et de R	50
IV.8. Localisation de la position de la fuite.....	52
IV.9. Conclusion.....	55
Conclusion générale	
Conclusion générale.....	56
Références bibliographiques	
Référence	57
Annexes	
Annexes	60

Liste des figures

Fig. I.1. Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.....	4
Fig.I. 2.Principe de la corrélation acoustique.....	5
Fig. I. 3.Domaine d'un fluide parfait.....	5
Fig. I. 4. Illustration d'un fluide incompressible.....	6
Fig. I. 5.Illustration d'un fluide compressible.....	6
Fig. I. 6.Volume de contrôle d'un élément fluide parallélépipédique.....	8
Fig. I. 7.Conservation de masse.....	9
Fig. I. 8. Schéma d'alimentation en eau.....	11
Fig.I 9. Réseau ramifié.....	11
Fig. I.10.Réseau maillé.....	12
Fig. I.11.Réseau étagé.....	12
Fig. II.1.Signaux aléatoires (a) Tremblement de terre (b) Parole.....	15
Fig. II. 2. Classification des signaux.....	16
Fig. II. 3. Illustration du produit de convolution.....	17
Fig. II. 4. Autocorrélation d'un signal.....	18
Fig. II. 5.Filtre de Kalman discret.....	21
Fig.II.6.Algorithme récursif du filtre de Kalman.....	21
Fig.III. 1 .Schéma de la chaîne d'acquisition.....	26
Fig.III. 2. Schéma illustrant un capteur de pression.....	27
Fig.III. 3. Capteur de pression.....	27
Fig.III. 4. Schéma de la boucle 4-20 mA.....	28
Fig.III. 5. Test du bon fonctionnement du transmetteur de pression.....	30
Fig.III. 6. Courbe liant le courant et la pression.....	31
Fig.III. 7. Réservoir.....	32
Fig.III. 8. Pompe à eau.....	32
Fig.III. 9. Conduit.....	33
Fig.III. 10. Electrovanne.....	34
Fig.III. 11. Bouton poussoir.....	34
Fig.III. 12. Foret.....	35
Fig.III. 13. Percuse.....	35
Fig.III. 14. Coller de prise en charge de diamètre $\varnothing=40$ mm.....	35
Fig.III. 15. Circuit électronique.....	35
Fig.III. 16. Dspase modèle MicroLab.....	36
Fig.III. 17. Schéma d'acquisition élaboré sous Simulink.....	42
Fig.IV. 1. Synoptique du système de détection.....	45
Fig.IV. 2. Propagation de l'onde dans la conduite.....	45
Fig. IV. 3. Présentation de deux signaux de pression bruités l'un avec fuite et l'autre sans fuite.....	46
Fig. IV. 4. Signaux temporels avec fuite issus des deux capteurs de pression.....	47
Fig. IV. 5. Débruitage des signaux bruts pour $Q=0.1$ et $R=2$	48
Fig.IV. 6. Débruitage des signaux bruts pour $Q=0.01$ et $R=4$	49
Fig.IV. 7.Débruitage des signaux bruts pour $Q=0.001$ et $R=6$	49
Fig.IV. 8.Variation du SNR en fonction de R avec Q constant.....	51
Fig.IV. 9.Variation du SNR en fonction de Q avec R constant.....	51
Fig. IV. 10.Délai entre les deux signaux pour les distances $x_1=1.5$ m et $x_2=71.5$ m.....	53
Fig.IV. 11.Délai entre les deux signaux pour $x_1=1.5$ m et $x_2=61$ m.....	54
Fig.IV. 12.Résultat de corrélation de deux signaux.....	55

Introduction générale

Introduction générale

La distribution d'eau est une composante essentielle de l'infrastructure urbaine et elle est gérée par des entités gouvernementales ou des services publics chargés de veiller à ce que l'eau soit fournie de manière régulière et sécurisée aux consommateurs. Ce processus comprend généralement la construction et l'entretien des canalisations, des réservoirs de stockage, des stations de pompage et des dispositifs de contrôle de la qualité de l'eau.

Pour faire circuler de l'eau dans les canalisations on a besoin d'une certaine pression. Si cette dernière diminue à une certaine valeur (seuil) et avec l'existence d'une fuite sa peut engendrer la contamination des citoyens. La pression de l'eau dans le réseau de distribution peut également provoquer des endommagements des infrastructures, ainsi que d'importantes pertes d'eau qui sont coûteuse pour l'entreprise. Une forte pression d'eau peut exercer une force sur les canalisations, ce qui peut les faire se fissurer ou même se rompre. Les fuites peuvent également être causées par des accidents tels que des travaux de construction effectués à proximité du réseau de distribution.

Les fuites peuvent également causer des inondations et des dommages matériels, tels que des infiltrations d'eau et des moisissures. Ces problèmes peuvent dégrader la qualité de l'air environnant et causer des problèmes de santé pour ceux qui l'utilise. En outre, les fuites provoquent le gaspillage de l'eau potable qui est devenu de nos jours très précieuse, ce qui a des implications économiques et environnementales.

La détection de fuite d'eau est le processus de confirmation et d'identification des fuites dans les systèmes de distribution d'eau. Cela peut être accompli en utilisant des outils de surveillance spécialisés tels que des détecteurs de fuite d'eau modernes ou classiques. Ces appareils peuvent détecter plusieurs paramètres tels que des changements dans la pression de l'eau, la température ou le débit d'eau, qui peuvent nous aider à indiquer la présence et l'endroit d'une fuite.

Dans le cadre de ce travail, nous avons pensé à remédier au problème de détection du bruit de l'environnement et au trafic routier qui est détecté par la majorité des détecteurs acoustiques et vibratoires utilisés et qui provoque généralement des fausses alarmes nuisibles sur les infrastructures par l'utilisation de transmetteurs de pression. Ces derniers ont l'avantage d'être très précis, et leurs informations ne sont pas influencées par les bruits de l'environnement. A cette fin, nous avons conçu une nouvelle conduite

prototype de 100 mètres de longueur et 40mm de diamètre sur laquelle nos transducteurs sont installés ainsi qu'un système d'acquisition basé essentiellement sur une carte d'acquisition de recherche professionnelle **DSPACE** modèle **MicroLabBox**. Les informations transmises par les transducteurs sont régies par une boucle de courant 4-20mA. Les informations transmises sont toujours noyées dans le bruit quel que soit leurs types (numériques ou analogiques). Pour cela un filtrage (débruitage) est indispensable. Plusieurs moyens de filtrage sont disponibles. Dans notre travail on a opté pour un filtrage adaptatif (Filtre de Kalman) présentant un meilleur rapport signal sur bruit par rapport au filtrage par ondelette, filtre Wiener ainsi que le filtre de Savitsky-Golay (S.G). Nous avons utilisé deux moyens de localisation de l'endroit de la fuite par rapport à l'un des transducteurs. La validation de la technique de détection et de localisation est confirmée par des positions connues au préalable.

Le travail effectué dans ce mémoire est axé autour de quatre chapitres qui sont présentés comme suit:

Dans le premier chapitre, nous présentons une généralité sur les réseaux de distribution et les fuites d'eau, suivi de quelques notions des fluides et ces caractéristiques physiques ainsi que les différents types de pressions. Le deuxième chapitre, est dédié à quelques définitions générales sur les signaux, et les bruits, et aux techniques de filtrage des signaux. Les types de filtres vont être éclaircis. Quelques notions sur le filtre de Kalman sont présentées.

Le troisième chapitre, est orienté à décrire le travail pratique réalisé au niveau du laboratoire. Le système de détection élaboré est composé de deux parties : une partie hydraulique englobant tous ce qui est conduite, pompe, réservoir et accessoires et une partie électronique tournant autour d'une carte d'acquisition professionnelle Dspace modèle MicroLabBox et des transducteurs de pression de Mark Pratt&Withney (PW), une plaque d'essai sur laquelle un montage de conversion courant tension est installé sans oublier une alimentation stabilisée délivrant une tension de 24V pour l'alimentation des transducteurs et un PC pour le traitement.

Le dernier chapitre illustre les résultats pratiques obtenus qui vont être exploités dans la détection et la localisation par l'analyse des données acquises.

Une conclusion générale couronne le travail effectué et comporte des perspectives pour les futurs travaux.

Chapitre I :
Généralités sur la mécanique des fluides et les
réseaux de distribution

I.1.Introduction

La mécanique des fluides est la branche de la physique concernée par l'étude des fluides en mouvement. Les liquides peuvent être des gaz, des liquides et même des plasmas. La mécanique des fluides est un sujet très important dans de nombreux domaines, notamment l'ingénierie, l'aéronautique, la physique, la chimie et la géologie.

Dans ce chapitre, nous allons passer en revue les principaux concepts de la mécanique des fluides et leur signification.

Une attention particulière est portée à l'équation de Bernoulli et à l'équation de continuité. Nous allons également fournir une vue d'ensemble des réseaux de distribution d'eau. Savoir la signification des fuites, leurs causes et leurs conséquences.

I.2. La fuite

I.2.1. Définition

Une fuite se présente comme étant par une perte de liquide ou gaz au niveau des conduites de transport étanche. Cette dernière se manifeste comme un bruit qui crée des vibrations mécaniques et acoustiques dues aux fluctuations de pression des fluides dans les canalisations [1-2]. Ces vibrations se propagent le long de la conduite jusqu'au sol et s'amortissent plus ou moins rapidement. Les fuites se produisent au niveau de divers éléments du réseau de distribution d'eau : lignes de transmission, conduites, dérivations, raccords, vannes, bouches d'incendie.

I.2.2. La problématique des fuites

Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de deux types :

- Perte des niveaux d'approvisionnement associée à de très grands mouvements d'eau entre la production et la distribution. Il n'est pas possible d'estimer ces pertes car aucune mesure n'a été effectuée tant en amont qu'en aval [1,26].
- Perte de distribution d'eau équivalente à la différence entre la quantité d'eau distribuée et la quantité consommée. Ces causes sont :
 - Fuites au niveau des joints.
 - Fuites aux différentes prises de branchement.
 - Fuites sur branchements.
 - Cassures des conduites : Erreurs de comptage.
 - Erreurs de comptage.
 - Eaux piratées (branchement illicites).

1.2.3. Types de fuites

L'EPA (Environmental Protection Agency) collecte et exploite des données sur les fuites et sursauts dans certains services américains [2]. Les données collectées ne sont pas toujours basées sur les mêmes définitions liées aux fuites. Nous pouvons distinguer:

- Les fuites repérées (leaks repair)
- Les ruptures sur les conduites principales (main break).
- La défaillance.

1.2.4. Causes de fuites

Les fuites peuvent être dues aux plusieurs facteurs. Ils peuvent être répartis en groupes [1-2]:

- Les éléments propres au type de la canalisation
- Les éléments liés à l'exploitation des réseaux
- Les éléments extérieurs aux réseaux.

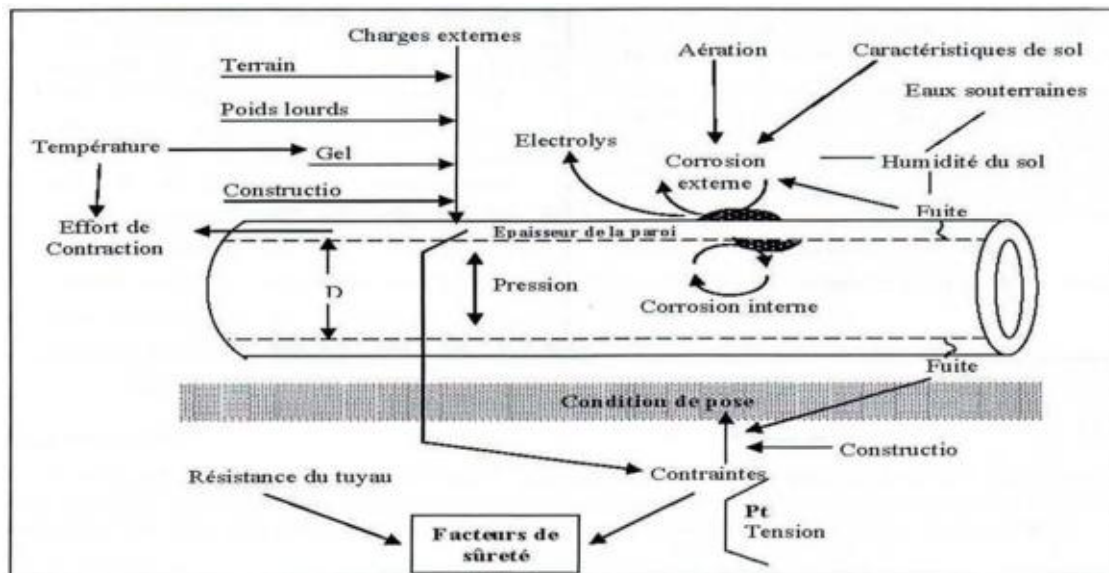


Fig. I.1. Causes de l'affaiblissement d'une conduite d'eau potable.

1.2.5. Appareils de recherche de fuite

La plupart des appareils modernes utilisés pour la détection des fuites sont basés sur la corrélation acoustique [2]. La comparaison des signaux reçus des deux capteurs de part et d'autre de la fuite donne l'écart temporel entre ces signaux et permet de localiser cette fuite entre les deux capteurs.

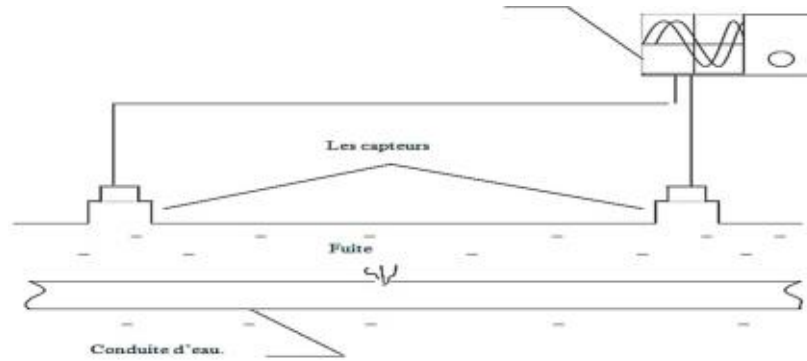


Fig.I. 2.Principe de la corrélation acoustique.

I.2.6. Recherche de fuites

Le mouvement de fluide, de hautes pressions vers de basses pressions, à travers un orifice, crée des variations de pressions aléatoires à proximité de la fuite. Ces variations de pressions génèrent un bruit de fuites [3]. C'est ce phénomène qui a été utilisé pendant des années pour localiser les fuites à l'aide des stéthoscopes ou d'appareils électroniques à titre d'exemple : Triphone T180, Triphone T2000, Hydrolux 90, à partir du bruit produit. Les limites de ces méthodes traditionnelles restent la détection du bruit proprement dite et la précision de sa localisation.

I. 3. Fluide

I.3.1. Définition

Un fluide peut être considéré comme étant formé d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. Un fluide est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Parmi les fluides, on fait souvent la distinction entre liquides et gaz [4]. Les liquides et les gaz, habituellement étudiés sont isotropes, mobiles et visqueux. La propriété physique qui permet de faire la différence entre les deux est la compressibilité.

I.3.2. Type de fluide

A. Fluide Parfait

Le système fluide est un volume qui est délimité par une surface fermée Σ , qu'elle soit fictive ou non [5].

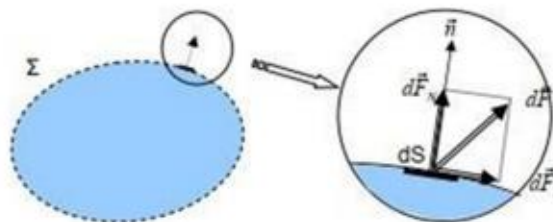


Fig. I. 3.Domaine d'un fluide parfait.

B. *Fluide Réel*

Contrairement à un fluide parfait, qui n'est qu'un modèle simplifié pour les calculs et qui n'existe pratiquement pas dans la nature, un fluide réel prend en considération les forces de frottement interne qui s'opposent au glissement relatif des couches fluides. Ce phénomène de frottement visqueux est observé pendant le mouvement du fluide. Lorsque le fluide réel est à l'arrêt, les forces de contact sont perpendiculaires aux éléments de surface sur lesquels elles s'exercent, et il est considéré comme un fluide parfait. La statique des fluides réels est alors équivalente à celle des fluides parfaits [5].

C. *Fluide incompressible*

Un fluide est considéré comme incompressible lorsque le volume qu'il occupe ne varie pas en réponse à une pression extérieure. Les liquides sont des exemples de fluides incompressibles, tels que l'eau, l'huile [5].

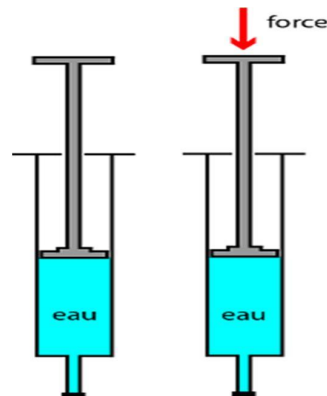


Fig. I. 4. Illustration d'un fluide incompressible.

D. *Fluide compressible*

Un fluide est considéré comme compressible lorsque la quantité de volume qu'il occupe varie en réponse à une pression extérieure. Les gaz sont des exemples de fluides compressibles, notamment l'air, l'hydrogène et le méthane sous forme gazeuse.

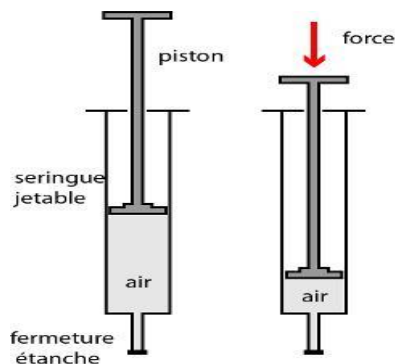


Fig. I. 5. Illustration d'un fluide compressible.

1.3.3. Caractéristique physique d'un fluide

Tous les liquides ont des propriétés qui décrivent leur état physique dans un état particulier. Ces propriétés, appelées propriétés liquides, comprennent [5-6]:

- a- Compressibilité
- b- Masse volumique
- c- Densité
- d- Poids volumique
- e- Volume massique
- f- Viscosité
- g- Frottement

1.4. Equation de Bernoulli

Considérons l'écoulement entre deux points (1) et (2) d'un liquide réel dans un fluide. Action. Supposons qu'il y ait une machine entre (1) et (2) à la fin. Hydraulique [6].

Nous avons remarqué que :

J12: somme de toutes les chutes de pression (singulières et linéaires) Articles (1) et (2).

Pn : Puissance mécanique échangé entre le fluide et les machines éventuellement placées entre (1) et (2).

Le Théorème de Bernoulli prend la forme générale suivante :

$$\frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2) + \frac{1}{\rho}(P_2 - P_1) + g(z_2 - z_1) = J_{12} + \frac{P_n}{q_m} \quad (1.1)$$

1.5. Equation de continuité

Mathématiquement, elle peut être traduite par un nul taux de variation dans le temps. Autrement dit, la masse est conservée dans le temps [7].

Par définition, un système -quantité de masse fixe.

$$\left. \frac{dm}{dt} \right|_{\text{système}} = 0 \quad (1.2)$$

Considérons un élément fluide parallélépipédique de volume élémentaire $dV = dx dy dz$

Incompressible au repos **Figure (1.6)**.

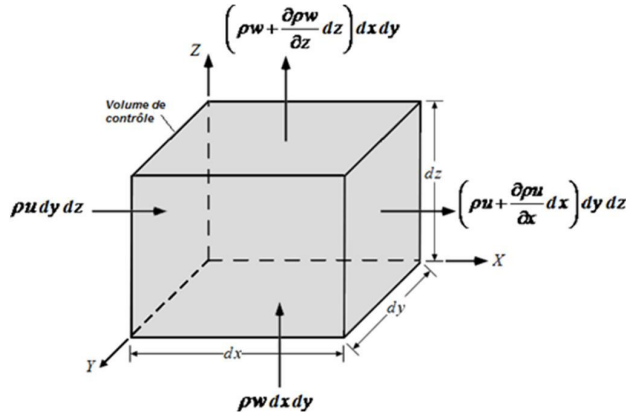


Fig. I. 6. Volume de contrôle d'un élément fluide parallélépipédique.

Considérons un volume d'un fluide incompressible de masse volumique ρ menue d'un écoulement permanent.

I. 6. Equation de la conservation de la masse

On considère un volume V délimité par une surface fermée S (fixe dans le référentiel d'étude).

Soit ρ la masse volumique du fluide [9].

La masse totale $M(t)$ comprise dans le volume à l'instant t vaut :

$$M(t) = \iiint_V \rho d\tau \tag{I.3}$$

La conservation de la masse permet d'écrire :

$$\frac{dM}{dt} = - \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS \tag{I.4}$$

Avec :

$$\vec{j} = \rho \vec{v}$$

Par conséquent :

$$\frac{d}{dt} (\iiint_V \rho d\tau) = - \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS \tag{I.5}$$

Le volume (V) étant fixe :

$$\frac{d}{dt} (\iiint_V \rho d\tau) = \iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} d\tau \tag{I.6}$$

Finalement, le principe de conservation de la masse conduit à :

$$\iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} d\tau = - \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS \tag{I.7}$$

En utilisant le théorème de Green-Ostrogradsky :

$$\iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} d\tau = - \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS = - \iiint_V \text{div} \vec{j} d\tau \tag{I.8}$$

Soit :

$$\iiint_V (\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \vec{j}) d\tau = 0 \tag{I.9}$$

Ce résultat étant vrai pour tout volume (V), il vient :

$$\text{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \tag{1.10}$$

(1.10) est l'équation locale de conservation de la masse.

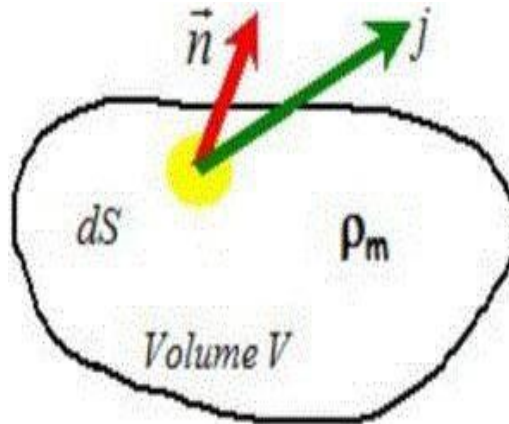


Fig. 1. 7. Conservation de masse.

I.7. Pression

I.7.1. Définition

Un objet liquide ou gazeux emprisonné dans un récipient entièrement rempli affecte toutes les parois. C'est ce qu'on appelle la force de compression. La pression est une valeur dérivée du système international. Elle est définie comme le quotient de force divisé par la surface [8].

I.7.2. Notion de pression en un point d'un fluide

La pression est une grandeur scalaire et l'intensité de la composante normale de la force exercée par un liquide sur une unité de surface [6].

Elle est définie au point liquide A par l'équation suivante :

$$p_A = \frac{\|\vec{dF}_N\|}{dS} \tag{1.11}$$

dS : Aire de base de la facette centrée en A (en mètres carrés)

N : Vecteur unitaire de A de l'extérieur perpendiculaire à la surface

dF : La composante normale de la force de compression fondamentale appliquée à Aire (en newtons)

P_A : Pression en A (en Pascal)

I.7.3. Types de pressions

a. Pression atmosphérique ou pression barométrique

C'est la pression ressentie en tout point de la surface de la terre. Cela est dû au poids de la couche d'air entourant la Terre [5].

La pression atmosphérique change comme suit :

- Température.
- Latitude (Position % par rapport à la Terre).
- Altitude (position % en mer).

b. Pression relative

C'est la pression positive ou négative exprimée par rapport à la pression atmosphérique. Est la différence entre la vraie pression absolue et la pression atmosphérique

$$P_r = P_{abs} - P_{atm} \quad (I.12)$$

c. Pression absolue

Il s'agit de la pression positive mesurée par rapport au vide absolu. Par exemple, la pression atmosphérique est la pression absolue.

d. Le vide

Un vide est une pression inférieure à la pression atmosphérique. Un vide parfait correspond théoriquement à une pression absolue de zéro. Il ne peut être ni atteint ni dépassé. S'en approcher parle d'un vide poussé.

1.8. Réseaux de distribution d'eau

1.8.1. Définition

L'eau est distribuée aux consommateurs via un réseau interurbain régional dans la zone desservie. Le réseau de distribution est constitué de nœuds (points particuliers : réservoirs, franchissements de lignes, grands prélèvements, changements de diamètre, fins de réseaux.)

Un tuyau principal de grand diamètre émerge du réservoir de stockage. Il s'étend le long des rues de l'agglomération et forme une succession de lignes principales [10].

Des canalisations de petit diamètre dites secondaires, tertiaires, sont raccordées à chacune.

L'ensemble de ces différentes canalisations avec toutes les installations associées forment un réseau de distribution d'électricité. C'est l'infrastructure la plus importante du réseau mondial car elle couvre toute la zone d'agglomération. Pour qu'un réseau fonctionne de manière satisfaisante, il doit être en mesure de fournir le débit et la quantité d'eau requis à une pression correspondant à la hauteur du bâtiment à tout moment de sa durée de vie. Par conséquent, lors de la conception d'un réseau, il est important d'identifier et de prendre en compte les situations les plus critiques afin que le réseau se comporte de manière satisfaisante dans ces conditions.

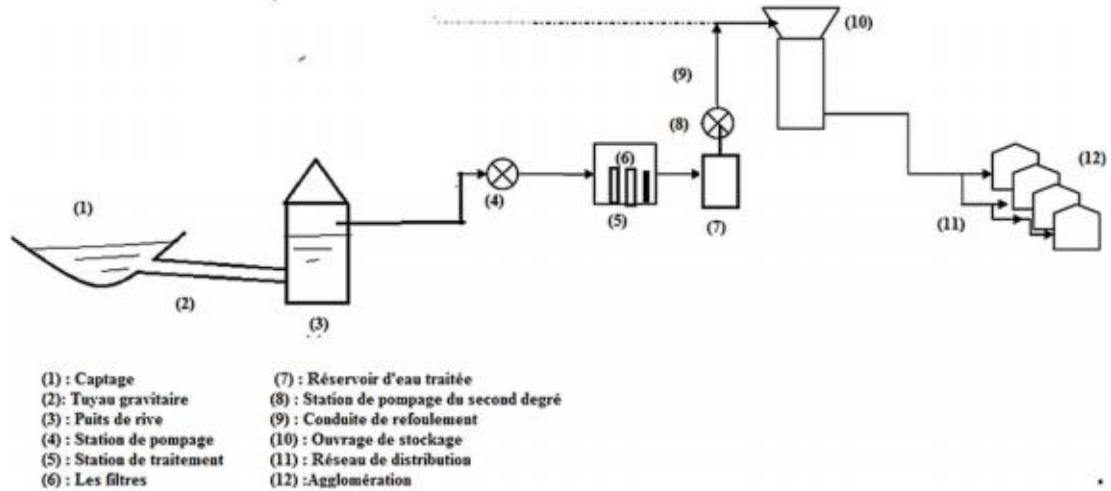


Fig. I. 8. Schéma d'alimentation en eau.

I.8.2. Type des réseaux de distribution d'eau

Suivant la structure et l'importance de l'agglomération on distingue les différents types de réseau de distribution dont :

a. Réseau ramifié

Les réseaux de dérivation sont économiques, mais les lignes ne sont pas alimentées. Moins sécurisant et moins souple en cas de casse. En cas d'accident sur la ligne principale, l'eau est coupée pour tous les abonnés en aval [11-10]. Ce type de réseau est couramment choisi dans les zones rurales. En effet, les types d'habitations sont distribués et ventilés par la présence d'espace ou de terres agricoles.

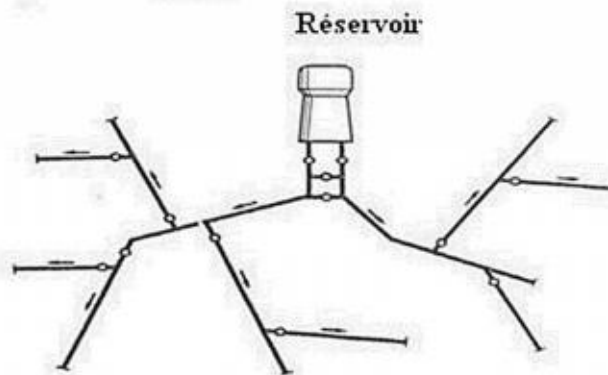


Fig.I 9. Réseau ramifié.

b. Réseau maillé

Les réseaux maillés permettent la rétroaction. En cas d'accident, une simple manipulation d'un robinet permet d'isoler le tronçon touché et d'alimenter les abonnés plus en aval.

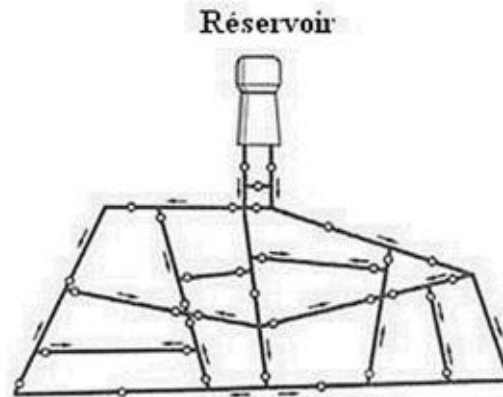


Fig. I.10. Réseau maillé.

c. Réseaux étagés

Dans les zones vallonnées, il est possible de construire un réseau indépendant avec une pression limitée à environ 60 mètres de colonne d'eau.

L'alimentation à partir d'un seul réservoir peut provoquer une surpression dans la partie basse du réseau si le secteur alimenté a une hauteur de chute trop importante. Un tampon doit alors être mis en place. Cela permet de diviser le réseau en sous-réseaux avec une différence de hauteur suffisante. Ces réservoirs peuvent être alimentés par la même source d'alimentation, avoir leur propre source d'alimentation, ou même être interconnectés.

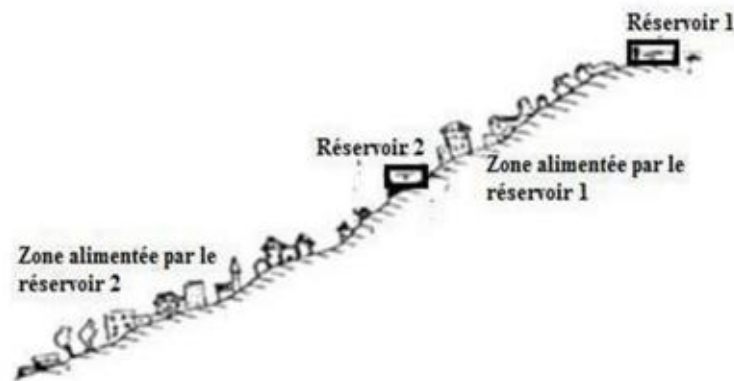


Fig. I.11. Réseau étagé.

c. Réseau mixte

Un réseau mixte (branche et maillage) constitué d'une partie branche et d'une autre partie maillage. Ce type de schéma permet de desservir les zones périphériques de la ville à travers des embranchements du maillage utilisé en centre-ville.

1.9. Conclusion

Dans ce chapitre, la mécanique des fluides est une discipline fondamentale pour la compréhension de nombreux phénomènes. Nous avons pris une idée générale sur les concepts de la mécanique des fluides. Un panorama sur les réseaux de distribution WDNs a été également traité. La pression a pris part de nos définitions. Cette dernière joue un rôle important sur laquelle on s'y base pour l'acquisition, l'analyse et le traitement de nos signaux. Il est important de comprendre comment qu'elle fonctionne et comment elle peut affecter notre santé et notre bien-être.

A cet effet le traitement des signaux est devenu une nécessité pour cela, une présentation de quelques notions et fonctions de base ainsi que le filtrage numérique qui est une nécessité pour l'amélioration de la qualité des signaux généralement noyés dans le bruit feront l'objet du chapitre suivant.

Chapitre II :
Notions de base Sur Le Traitement de Signal

II.1. Introduction

Les signaux issus des capteurs sont généralement immergés dans le bruit. Pour cela un système de filtrage bien conçu permet d'extraire les données les plus utiles. Les systèmes prennent des décisions fermes en fonction des résultats obtenus. Dans ce chapitre, des notions sur le traitement du signal sont abordées. Quelques définitions sur les filtres numériques sont traitées. Le filtre de Kalman est présenté, c'est un outil efficace de traitement du signal pour le débruitage des signaux par rapport à d'autres filtres tels que le débruitage par ondelette très conseillé pour les signaux non stationnaires malheureusement ce dernier présente l'inconvénient du choix de l'ondelette mère. Le filtre de Wiener présente l'inconvénient de présence de bruit quel que soit les circonstances malgré qu'il est adaptatif. Autrement dit, ce dernier débruite partiellement les signaux. Le filtre SG très efficace uniquement pour le lissage des signaux.

Le filtre de Kalman est utilisé dans divers domaines, pour éliminer les perturbations causées par le bruit de mesure. Des notions sur la convolution, l'autocorrélation et l'inter-corrélation des signaux vont être également abordées.

II.2. Traitement de signal

Le traitement du signal est un domaine technique basé sur des ressources en électronique informatique, physique appliquée, destiné à l'affinement ou à l'interprétation du signal. [21] Utilisation des informations soumise ou soumise signal.

II.3. Signal

II.3.1. Définition

Un signal est une fonction d'une ou plusieurs variables utilisées pour les transitions, consignes ou informations [12, 21,23].

Les signaux représentent la prise en charge de l'information. Différents types de signaux peuvent être distingués selon la nature du signal.

II.3.2. Classification des signaux

Les signaux peuvent être classés en deux catégories principales selon leur caractère déterministe ou aléatoire :

- **Signaux déterministes**

Ils sont définis par des équations mathématiques et à tout moment leurs valeurs sont connues. Pour décrire l'évolution des signaux déterministes, on a recours à des modèles déterministes qui s'appuient sur les fonctions mathématiques usuelles qui nous permettent de prévoir parfaitement leur évolution. Ils sont divisés en deux classes [12, 23,24].

- **Signaux périodiques**

Ce sont des signaux dont l'amplitude se répète à intervalles réguliers.

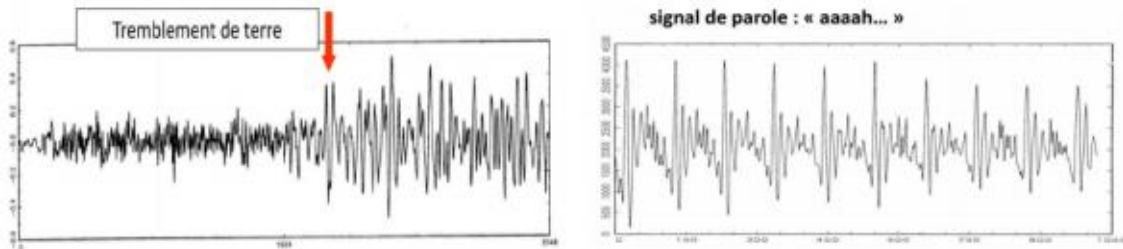
- **Signal aperiodique** : Il contient également des signaux parasites.

Signaux périodiques et transitoires.

- Signaux quasi périodiques
- Signaux transitoires

- **Signaux aléatoires ou stochastiques**

Un signal aléatoire est défini comme étant un signal qui présente des variations imprévisibles pour des situations apparemment identiques **Figure (II.1)**. Les séquences sont régies par les lois de la probabilité [28]. Ce sont des signaux de puissance moyenne finie. Ces signaux ayant un caractère non reproductible dont l'évolution au cours du temps semble être imprévisible même si les phénomènes sont observés dans des situations identiques.



(a) Tremblement de terre (b) Parole

Fig. II.1. Signaux aléatoires (a) Tremblement de terre (b) Parole.

Pour décrire l'évolution des signaux aléatoires, on a recours à des modèles probabilistes qui s'appuient sur la théorie des probabilités et statistiques. Les catégories de signaux aléatoires se divisent en deux classes.

- **Signaux stationnaires**

Pour un processus aléatoire quelconque, les caractéristiques statistiques : Densité de probabilité et moments d'ordre n , dépendent des instants t auxquels elles sont calculées. Certains processus présentent des caractéristiques invariantes au cours du temps. On dit qu'ils sont stationnaires. Ils ont un comportement statistiquement constant au cours du temps. La stationnarité peut être classée à deux catégories

Stationnarité au sens strict :

- ✓ Les densités de probabilités conjointes ne dépendent pas de l'instant t_j
- ✓ Toutes ses propriétés statistiques sont donc invariantes dans le temps

Stationnarité au sens large (ou au second ordre)

- ✓ Un processus aléatoire est stationnaire au sens large si ses statistiques d'ordre 1 (Moyenne, variance) et 2 (Fonction d'autocorrélation) sont invariantes dans le temps.

- **Signaux non stationnaires**

Un signal qui a une certaine variation d'amplitude. La non stationnarité peut être sur la moyenne, sur la variance ou sur l'autocorrélation **Figure (II.2)**.

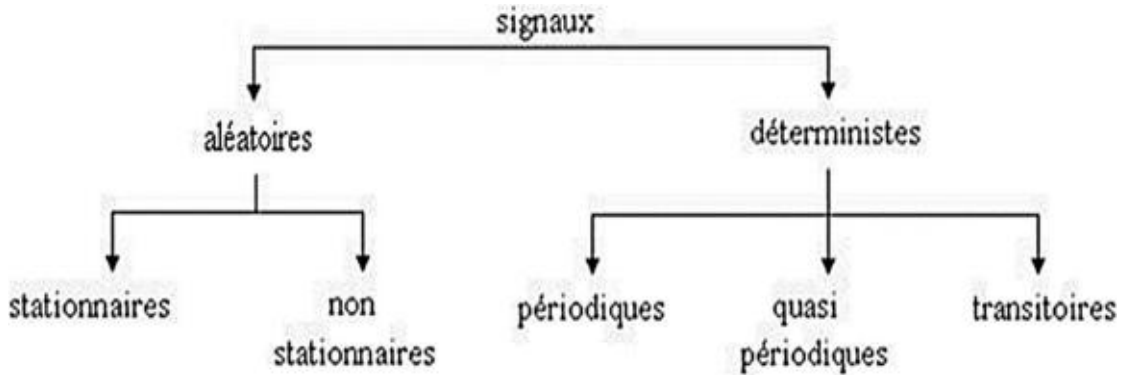


Fig. II. 2. Classification des signaux.

- **Ergodicité**

Ergodicité au sens strict : Un processus aléatoire est ergodique au sens strict si tous ses moments statistiques sont égaux aux moments temporels

Ergodicité au sens large (au second ordre) : Un processus aléatoire est ergodique au sens large si ses moments statistiques d'ordre 1 et 2 sont égaux aux moments temporels d'ordre 1 et 2

- **Caractérisation temporelle d'un signal aléatoire**

- ✓ *Moyenne*

$$\bar{X} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{K=-N}^N X(K) \quad (\text{II.1})$$

- ✓ *Puissance* : Un signal aléatoire $x(k)$ est considéré comme un signal à énergie infini mais à puissance moyenne finie

$$P_X = \lim_{N \rightarrow +\infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{K=-N}^N X^2(K) \quad (\text{II.2})$$

- ✓ *Variance*

$$\sigma_X^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{K=-N}^N (X(K) - \bar{X})^2 \quad (\text{II.3})$$

II.4. Convolution

La convolution est un concept fondamental dans le traitement du signal et l'apprentissage automatique [22]. En termes simples, la convolution est une opération mathématique qui combine deux fonctions pour créer une troisième fonction. Il est souvent utilisé pour transformer un signal d'entrée en un nouveau signal de sortie.

Le produit de convolution est une opération mathématique entre deux signaux pour donner un troisième signal. Généralement noté $*$. Il décrit l'effet que produit un système caractérisé par sa réponse impulsionnelle h sur une mesure **Figure (II.3)**.

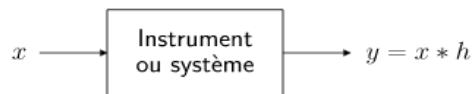


Fig. II. 3. Illustration du produit de convolution.

Le produit de convolution entre deux signaux x et h donne un troisième signal y . Ce dernier est différent de x et y . Autrement dit, le signal a subi une modification et par conséquent un filtrage.

- ✓ Signaux à temps continu

$$y(t) = (x * h)(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau \quad (\text{II.4})$$

- ✓ Signaux à temps discret

$$y[n] = (x * h)[n] = \sum_{-\infty}^{+\infty} x[m]h[n - m] \quad (\text{II.5})$$

Fonction d'autocorrélation

Mesure de la vitesse de variations des évolutions temporelles

$$R_x(\tau) = E\{x(k)x(k + \tau)\} = \lim_{N \rightarrow +\infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{k=-N}^N x(k)x(k + \tau) \quad \tau \in Z \quad (\text{II.6})$$

L'autocorrélation signifie qu'on compare le signal avec lui-même mais décalé de τ . Elle permet également de voir en quoi le signal à un instant donné est influencé par ce qui s'est passé à un instant précédent **Figure (II.4)**.

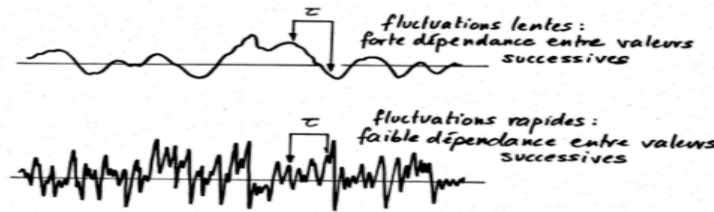


Fig. II. 4. Autocorrélation d'un signal.

II.5. Bruit

La plupart des appareils qui sont utilisés pour la détection des fuites et qui se vend à travers le monde utilise le principe de détection des signaux acoustiques. Quelques notions de base sur le bruit et ses caractéristiques doivent être connues.

II.5.1. Définition

Le bruit est un phénomène acoustique qui peut avoir de nombreuses significations en fonction du contexte dans lequel il est utilisé. [12 ,13] En général, le bruit peut être défini comme toute forme de son non désiré ou non intentionnel qui peut perturber ou affecter négativement notre environnement sonore.

Le bruit peut être mesuré en décibels (dB) et peut avoir des effets négatifs sur la santé humaine, tels que des troubles auditifs, des maux de tête et un stress accru. De plus, le bruit peut également causer des perturbations de la faune en perturbant leur habitat naturel et leur comportement.

II.5.2. Caractéristique du bruit

Il existe différents types de bruits plus ou moins nocifs pour l'oreille humaine. Très peu de paramètres doivent être pris en compte [13,26].

- **Force**

Plus il est grand, plus le risque de traumatisme pour le système auditif est élevé (perte auditive temporaire ou permanente à des degrés divers).

- **Composition fréquentielle**

En fait, deux sons peuvent avoir le même niveau sonore mais ils comportent des différentes fréquences. Par exemple, le bruit avec de nombreuses hautes fréquences est plus fort et plus dangereux pour vos oreilles que le bruit qui contient beaucoup de basses fréquences.

Durée

La nocivité du bruit est proportionnelle à son intensité, mais aussi à la durée d'exposition à ce bruit. Une exposition prolongée à certains niveaux de bruit peut causer un problème. Cela peut provoquer une fatigue auditive.

II.6. Filtre**II.6.1. Définition**

Le filtre est un composant électronique, un quadripôle linéaire sans perte, qui permet : de séparer les signaux selon la fréquence. [14] Sa caractéristique principale est le graphique d'atténuation en fonction de la fréquence. Une courbe d'atténuation est définie par sa largeur de bande (B) et sa pente de réjection (K) ou rigidité, sa perte d'insertion et son taux d'ondulation, et le choix de la technologie

La valeur du filtre dépend de

- Présentation
- Atténuation ou affaiblissement
- Fréquence de coupure
- Sélectivité, rigidité ou gradient de blocage

II.6.2. Catégories de filtres

En général, il existe deux grandes catégories de filtres. [14]

- Filtres passifs : Il se compose d'éléments passifs tels que des selfs et des résistances. et compétence
- Filtres actifs : constitués de réseaux passifs et d'éléments actifs (transistors, amplificateurs)

II.6.3. Les types de filtrages

Un filtre est une description mathématique des traitements que subit un signal mélangé à du bruit Nous allons examiner quatre types de filtres :

1. Filtre linéaire

Les filtres linéaires sont les plus simples et les plus couramment utilisés. Filtrez le signal d'entrée à l'aide d'une réponse impulsionnelle fixe. Les exemples incluent les filtres passe-bas, passe-haut et passe-bande qui suppriment ou atténuent des fréquences de signal spécifiques.

2. Filtre à réponse impulsionnelle finie (FIR)

Les filtres FIR filtrent le signal d'entrée à l'aide d'une réponse impulsionnelle de longueur finie. Ceux-ci sont généralement mis en œuvre à l'aide de coefficients prédéfinis. Les filtres FIR sont populaires en raison de leur stabilité et de leur construction simple.

3. Filtre à réponse impulsionnelle infinie (IIR)

Étant donné que les filtres IIR utilisent des réponses impulsionnelles de longueur infinie, ils peuvent avoir des caractéristiques de filtre plus complexes. Les filtres IIR sont récursifs. Autrement dit, il utilise à la fois les valeurs passées et présentes du signal d'entrée pour calculer la sortie. De meilleures performances de filtrage que les filtres FIR peuvent être obtenues, mais leur conception et leur mise en œuvre peuvent être plus complexes.

4. Filtre adaptatif

Les filtres adaptatifs sont conçus pour s'adapter automatiquement aux changements du signal d'entrée ou de l'environnement. Adaptez les coefficients du filtre en temps réel à l'aide d'algorithmes adaptatifs. Les filtres adaptatifs sont particulièrement utiles lorsque les caractéristiques du signal sont inconnues ou changent avec le temps. Ils peuvent être utilisés pour la réduction du bruit, l'estimation de la réponse impulsionnelle du canal, la prédiction du signal.

11.7. Filtre de Kalman

Le filtre de Kalman est un filtre adaptatif qui ajuste automatiquement les paramètres de filtre en temps réel pour minimiser l'erreur entre les observations bruitées et les prédictions de l'état du système [25-26]. Ceci permet d'éliminer les perturbations causées par le bruit de mesure et de reconstruire le signal d'origine en utilisant uniquement les observations bruitées et le modèle dynamique du système. Il est couramment utilisé dans les systèmes de contrôle de navigation, les systèmes de localisation, les systèmes de suivi de cibles et autres applications.

L'objectif du filtre de Kalman est de minimiser l'erreur quadratique moyenne entre la valeur réelle et estimée données. Ainsi, il fournit la meilleure estimation des données dans le sens de l'erreur quadratique moyenne.

Pour ajuster les paramètres du filtre kalman pour un meilleur dé bruitage, nous pouvons modifier les matrices Q et R. La matrice Q décrit la variabilité du bruit de processus, qui est généralement déterminée par l'expertise du domaine. Une valeur plus élevée de Q peut réduire l'effet du bruit de processus, mais peut également introduire un biais dans l'estimation de l'état. La matrice R décrit la variabilité du bruit de mesure, qui est généralement estimée à partir des données. Une valeur plus faible de R peut réduire l'effet du bruit de mesure, mais peut également rendre l'estimation de l'état plus sensible aux mesures bruitées.

Le filtre de kalman est un algorithme qui permet de filtrer les signaux aléatoires et réduire le bruit en utilisant un modèle dynamique du système et des observations bruitées. Les

paramètres du filtre de kalman peuvent être ajustés pour améliorer la qualité de l'estimation de l'état du système.

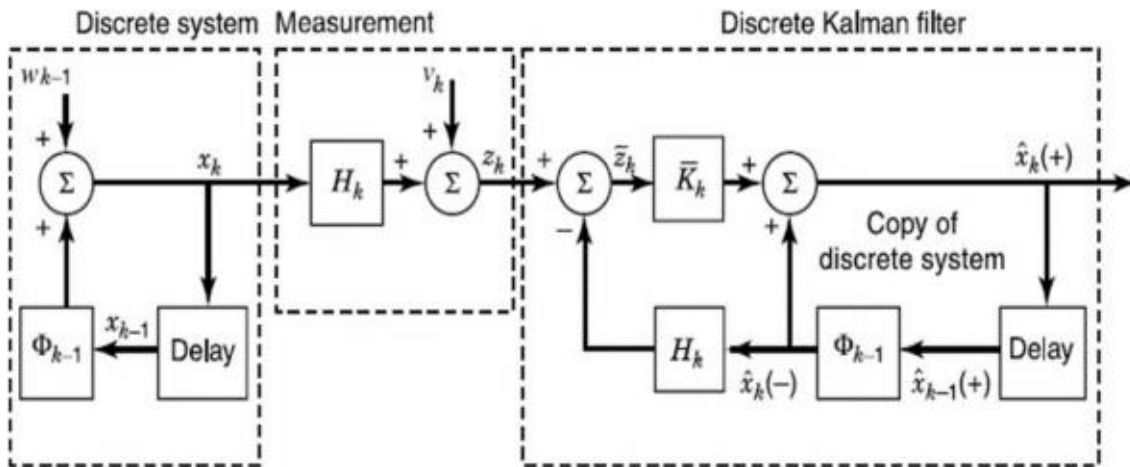


Fig. II. 5.1 filtre de Kalman discret.

II.7.1. Algorithme du filtre de Kalman

Pour obtenir l'état optimal du système, les observations Y_k et les informations fournies par le modèle X_k . L'algorithme suivant montre les différentes étapes pour obtenir l'état estimé [19].

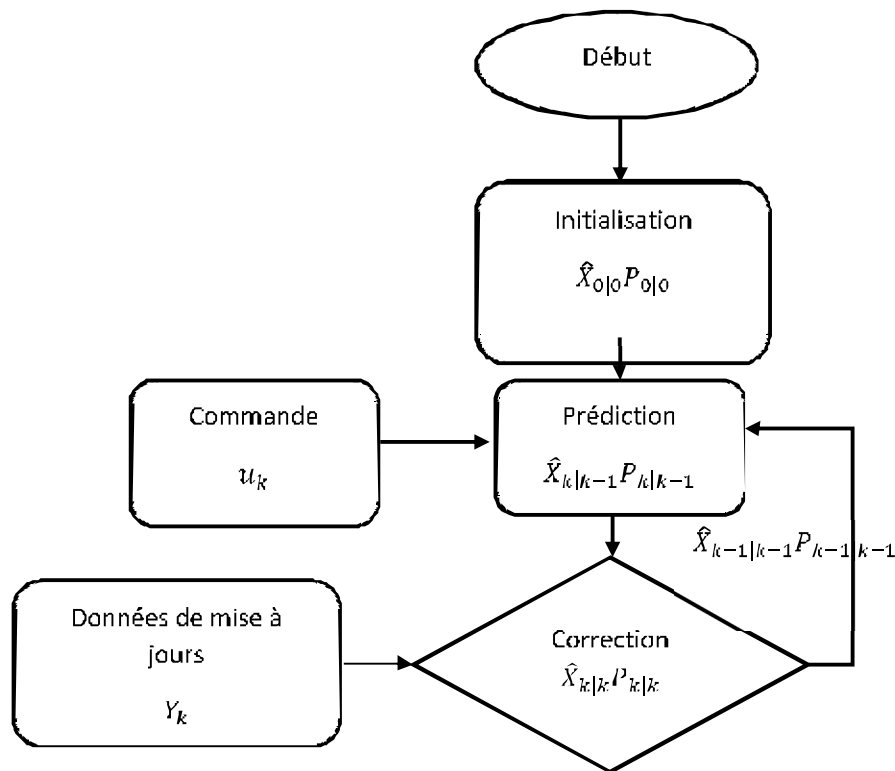


Fig.II.6.Algorithme récursif du filtre de Kalman.

II.8. Transformé de Fourier rapide FFT

La transformé de Fourier rapide (Fast Fourier Transform) Ou l'algorithme FFT est largement utilisés dans le traitement du signal numérique, la compression des données, le traitement audio et image, et de nombreux autres domaines [20]. L'avantage principale de l'algorithme FFT est son efficacité de calcul, ce qui le rend adapté au calcul de la DFT de grands ensembles de données.

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-\frac{2j\pi kn}{N}} \quad (\text{II.8})$$

II.9. Corrélation

II.9.1. Définition

Une forme très similaire d'opération mathématique à la convolution est la fonction Corrélation de deux signaux. Contrairement à la convolution, La corrélation est la mesure et l'extraction des similitudes entre ces signaux. Les informations dépendent fortement de l'application spécifique. Corrélation Utilisé dans les radars, les sonars, les communications numériques et la détection de signaux dans le bruit, mesures d'autonomie, GPS (Global Positioning System), Chacun a deux fonctions. Signal de référence ($x(t)$) et signal reçu $y(t)$. Nous devons maintenant trouver une opération mathématique qui nous permette de comparer ces signaux. Pour mesurer la similarité ou la corrélation. Cela se fait en calculant simplement l'intégrale. Il est calculé à partir du produit de signaux progressivement décalés les uns par rapport aux autres.

II.9.2. Les différents types de corrélations

Il existe différents types de corrélations qui peuvent être utilisées pour évaluer les relations entre les variables. Les types de corrélation les plus couramment utilisés sont :

1. Corrélation de Pearson

La corrélation de Pearson, également appelée corrélation linéaire, mesure la relation linéaire entre deux variables continues. Calculer le coefficient de corrélation de Pearson, qui varie de -1 à +1. Un coefficient de corrélation de +1 indique une corrélation positive parfaite, -1 indique une corrélation négative parfaite et 0 indique aucune corrélation linéaire. La corrélation de Pearson est couramment utilisée pour évaluer les relations entre des variables quantitatives continues.

2. Corrélation de Spearman

La corrélation de Spearman évalue les relations monotones entre deux variables. Ceci est basé sur le rang des valeurs, et non sur la valeur réelle de la variable. La corrélation de Spearman est moins sensible aux valeurs aberrantes et convient aux variables ordinales ou lorsque la relation entre les variables n'est pas linéaire.

3. Corrélation de Kendall

La corrélation de Kendall est une mesure de l'accord entre deux variables ordinales. Compare l'accord de classification des observations entre deux variables. La corrélation de Kendall est souvent utilisée pour évaluer la similarité ou l'association entre des variables qui peuvent être classées ou ordonnées.

4. Corrélation ponctuelle bi-sérielle

La corrélation point à série est utilisée pour mesurer la corrélation entre les variables binaires et continues. Il évalue les relations entre des variables dichotomiques (telles que la présence ou l'absence d'une caractéristique) et des variables continues (telles qu'une mesure de performance).

5. Corrélation Phi

La corrélation phi est une mesure de corrélation utilisée pour évaluer la relation entre deux variables binaires. Il est calculé à l'aide du facteur de division de Pearson et varie de -1 à +1. Un coefficient de corrélation de +1 indique une corrélation positive parfaite, -1 indique une corrélation négative parfaite et 0 indique aucune corrélation.

II.9.3. Propriétés de l'inter-corrélation

En général, la fonction d'inter-corrélation « FIC » n'est ni pair ni impair.

- Le maximum FIC est au point avec le décalage correspondant au maximum FIC. Similitude entre deux signaux. Cette propriété est souvent utilisée pour mesurer le temps diffusé [15].
- Retarder (t) de (t) de la valeur de r équivaut à l'avancer.

Le calcul du signal (t) par rapport à (t) donne :

$$C_{xy}(r) = C_{yx}(-r) \quad (II.9)$$

- Si les deux signaux sont périodiques avec la même période, le FIC sera également périodique.

II.9.4. Usage de l'inter-corrélation

Les principales utilisations de la corrélation croisée sont [15] :

- Mesure du retard entre les signaux
- Indicateur de distorsion du signal
- Détection de signaux dans le bruit

II.10. Paramètres statistiques

II.10.1. Rapport signal sur bruit (SNR)

Le rapport signal sur bruit (SNR) est une mesure de la qualité du signal. Elle est définie comme la différence entre la puissance du signal et la puissance du bruit de fond. Un SNR élevé indique une bonne qualité de signal, et un SNR faible indique une mauvaise qualité de signal.

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_s}{P_b} \quad (\text{II.10})$$

II.10.2. Valeur crête à crête (cc)

La valeur crête à crête est une mesure de l'amplitude globale d'une oscillation ou d'une fluctuation de signal. Il correspond à la différence entre les valeurs maximale et minimale du signal sur la période complète.

$$CC = \frac{1}{2} |\max(x) - \min(x)| \quad (\text{II.11})$$

II.10.3. Valeur efficace

RMS, également connu sous le nom de racine carrée moyenne (RMS), est une méthode de mesure de l'amplitude de variables telles que des signaux électriques ou des ondes sonores. C'est la racine carrée de la moyenne (moyenne) des valeurs au carré de la quantité dans le temps.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X(i))^2} \quad (\text{II.12})$$

II.10.4. Ecart type

L'écart type est exprimé dans les mêmes unités que les données d'origine et est toujours un nombre non négatif. Un écart type plus petit indique que les points de données sont plus proches de la moyenne, et un écart type plus grand indique que les points de données sont plus éloignés de la moyenne.

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X(i) - \bar{X})^2} \quad (\text{II.13})$$

II.10.5. Un facteur de crête

Un facteur de crête élevé indique que le signal contient des pics avec un niveau élevé par rapport au niveau moyen, et un facteur de crête faible indique que le signal est de niveau plus uniforme.

$$CRF = \frac{PV}{RMS} \quad (II.14)$$

II.10.6. Aplatissement (Kurtosis)

L'aplatissement est une mesure statistique qui décrit la forme d'une distribution de probabilité. Plus précisément, l'aplatissement mesure à quel point une distribution est supérieure ou inférieure à une distribution normale avec une valeur d'aplatissement de 0.

$$KUR = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(i) - \bar{x})^4}{\left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x(i) - \bar{x})^2 \right]^2} \quad (II.15)$$

II.11. Conclusion

Le traitement de signal est un domaine passionnant en ingénierie électronique et en informatique. Il implique l'analyse, la modification et l'exploitation de signaux pour extraire des informations utiles.

Un aperçu du concept de signaux et de leurs propriétés a été donné. Les signaux aléatoires sont également traités. La plupart du temps, le signal physique est un signal transitoire. Les signaux physiques issues des conduites sont captés par des dispositifs innovant dédié à cette application. Le signal est ensuite traité et analysé. Ces tâches feront l'objet du chapitre suivant.

Chapitre III

Présentation du prototype expérimental

II.1. Introduction

La détection de fuites dans les réseaux de distribution d'eau est un processus important pour assurer l'efficacité et la sécurité des systèmes de distribution d'eau. La détection basée sur des capteurs de pression est une nouvelle technique récemment utilisée vue ces performances par rapport aux méthodes classiques. Nous avons conçu et construit une conduite prototype au niveau du laboratoire. Cette dernière se compose de deux parties. Un circuit hydraulique pour faire circuler l'eau à une pression précisément définie et un système électronique pour le collecte de données. La fuite est simulée par un trou percé dans la conduite liée à une électrovanne.

II .2. Système d'acquisition

Notre système de détection de fuite d'eau à transmetteurs de pression est spécialement conçu pour détecter les fuites dans les canalisations de distribution d'eau dès quelle apparaissent. Des capteurs de pression d'eau sont installés à des endroits stratégiques dans la conduite. Ils mesurent en permanence la pression de l'eau à l'intérieur de la conduite.

L'image de pression dans la conduite est mesurée par ces transmetteurs de pression qui fournit un courant proportionnel à la pression à un point donné. Ce dernier est converti en une tension via l'utilisation de la boucle 4-20 mA. La conversion est effectuée par un étage d'adaptation. La boucle nécessite une alimentation de 24 V assurée par une alimentation stabilisée. Les signaux sont visualisés par un PC en utilisant une carte d'acquisition professionnelle DSPACE. Les signaux visualisés peuvent être enregistrés sous forme de fichiers Excel et traités avec des programmes développés sous MATLAB.

III.3. Chaîne d'acquisition

Le schéma synoptique de la chaîne d'acquisition **Figure (III.1)** contient sept blocs fonctionnels. Il est constitué de blocs représentant un circuit hydraulique avec deux transmetteurs de pression et une électrovanne. Les principes fonctionnels des différents blocs.

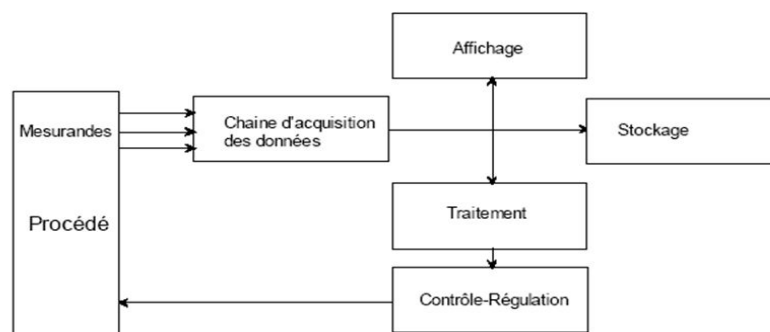


Fig.III. 1 .Schéma de la chaîne d'acquisition.

L'élément principal de la chaîne est le transmetteur de pression. Nous avons opté pour des transmetteurs de la firme Pratt & Whitney très précis. Sa gamme va jusqu'à 100 PSI.

III.4. Capteurs de pression

Capteur de pression est un instrument utilisé pour mesurer la pression d'un liquide (liquide ou gaz).

Les mesures de pression sont effectuées selon différents principes.

- Application d'une masse connue en réponse à l'application d'une pression sur une distance connue (poids mort) [16].
- Changement de niveau de liquide sous pression (manomètre à liquide).
- Détection de déformation d'éléments sensibles sous pression.

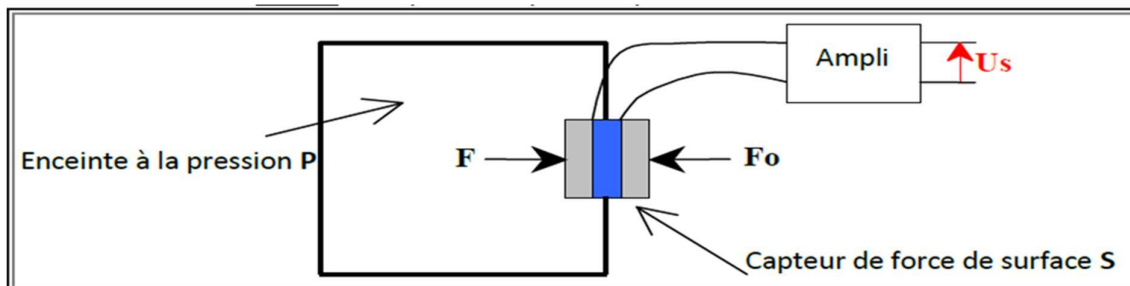


Fig.III. 2. Schéma illustrant un capteur de pression.



Fig.III. 3. Capteur de pression.

III.4.1. Les caractéristiques techniques du capteur de pression

D'après les informations du constructeur, le transmetteur contient 3 fils à sa sortie.

- Fil noir : Sortie du signal.
- Fil blanc : La masse.
- Fil rouge : Alimentation du transmetteur.

III.5. Boucle 4-20 m A

La boucle de courant de 4 à 20 mA, Figure (III.4) est une interface analogique qui reste la méthode la plus courante pour connecter des sources de boucle de courant à un circuit détection.

Cette boucle est à l'intérieur du transmetteur.

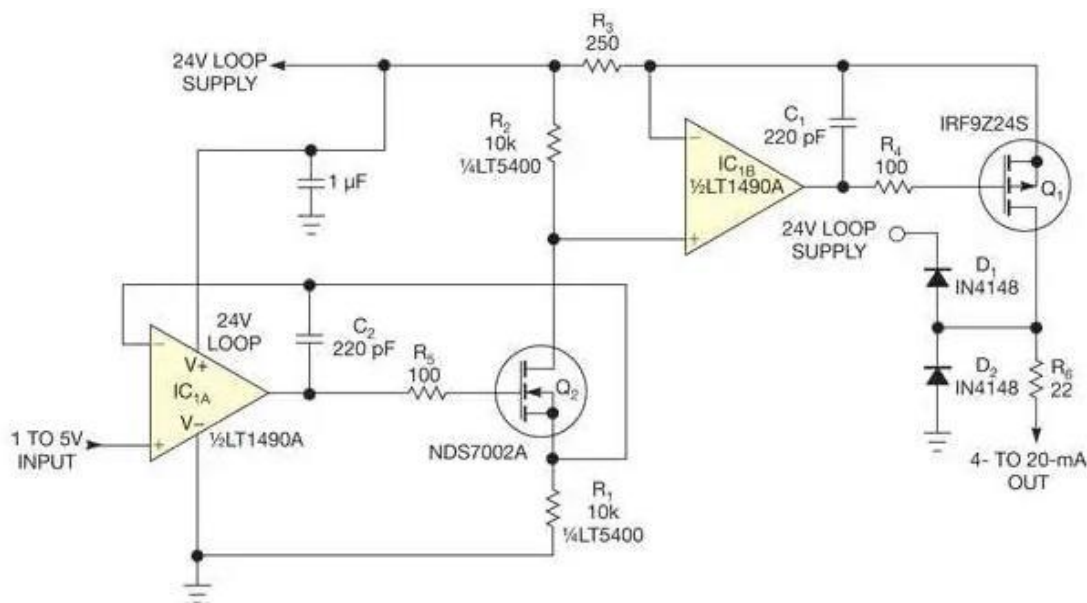


Fig.III. 4. Schéma de la boucle 4-20 m A.

Cette interface nécessite la conversion d'un signal de tension typiquement, de 1 à 5 V en une sortie de 4 à 20 mA [18]. Les exigences strictes en matière de précision imposent l'utilisation de résistances de précision coûteuses ou d'un potentiomètre d'ajustement pour calibrer l'erreur initiale de dispositifs moins précis afin d'atteindre les objectifs de conception. Aucune de ces deux techniques n'est optimale dans l'environnement de production actuel, axé sur le montage en surface et les équipements de test automatique. Il est difficile d'obtenir des résistances précises dans des boîtiers montés en surface, et le réglage des potentiomètres nécessite une intervention humaine, ce qui est incompatible avec les objectifs de production.

Le réseau de résistances adaptée **LT5400** de la technologie linéaire aide à résoudre ces problèmes dans un circuit simple qui ne nécessite pas de réglages de compensation mais qui atteint une erreur totale de moins de 0,2%.

Le circuit utilise deux étages d'amplification pour exploiter les caractéristiques uniques d'adaptation du **LT5400**.

Le premier étage applique une tension de 1 à 5V, provenant typiquement d'un DAC, à l'entrée non inverseuse de l'ampli opérationnel **IC_{1A}**. Cette tension règle le courant à travers **R₁** à exactement V_{IN}/R_1 à travers le transistor à effet de champ **FET Q₂**. Le même courant est réduit à travers **R₂**, de sorte que la tension aux bornes de **R₂** est égale à l'alimentation de la boucle de 24V moins la tension d'entrée.

Cette partie du circuit comporte trois sources d'erreur principales : L'adaptation de **R₁** et **R₂**, la tension de décalage de **IC_{1A}** et les fuites du transistor **Q₂**. Les valeurs exactes de **R₁** et **R₂** ne sont pas critiques, mais elles doivent correspondre exactement l'une à l'autre. Le **LT1490A** a une tension d'offset inférieure à 700 μ V sur une plage de 0 à 70°C. Cette tension contribue à une erreur de 0,07% pour une tension d'entrée de 1V. Le **NDS7002A** a un courant de fuite de 10 nA, bien qu'il soit généralement beaucoup plus faible. Ce courant de fuite représente une erreur de 0,001%. Le deuxième étage maintient la tension aux bornes de **R₃** égale à la tension sur **R₂** en faisant passer du courant par **Q₁**. La tension aux bornes de **R₂** étant égale à la tension d'entrée, le courant traversant **Q₁** est exactement la tension d'entrée divisée par **R₃**. En utilisant un shunt de courant de précision de 250 Ω pour **R₃**, le courant suit avec précision la tension d'entrée. Les sources d'erreur pour le deuxième étage sont la valeur de **R₃**, la tension de décalage de **IC_{1B}** et le courant de fuite de **Q₁**. La résistance **R₃** détermine directement le courant de sortie, sa valeur est donc cruciale pour la précision du circuit. Ce circuit prend l'avantage de la résistance de shunt de 250 Ω couramment utilisée pour compléter la boucle de courant. La pièce **Riedon SF-2** de la figure a une précision initiale de 0,1 % et une faible dérive en température. Comme dans la première étape, la tension d'offset contribue pas moins de 0,07 % d'erreur. **Q₁** a une fuite inférieure à 100 nA, ce qui donne une erreur maximale de 0,0025%. L'erreur totale de sortie est de 0,2 % sans aucun réglage. La résistance de détection de courant **R₃** est la principale source d'erreur. Si vous utilisez un dispositif de meilleure qualité, tel que la série **PLT** de Vishay, vous pouvez obtenir une précision de 0,1 %. Les sorties de boucle de courant sont soumises à des contraintes considérables en cours d'utilisation. **R₆** assure une certaine isolation. Nous pouvons obtenir une meilleure isolation en augmentant la valeur de **R₆**, au détriment d'une certaine tension de conformité à la sortie. Si la tension de sortie maximale est inférieure à 10V, vous pouvez augmenter la valeur de **R₆** à 100 Ω , ce qui permet d'isoler encore davantage la tension

de sortie. Si votre conception nécessite une protection accrue, vous pouvez installer un **suppresseur de tension transitoire** sur la sortie, avec une certaine perte de précision due au courant de fuite.

Cette conception n'utilise que deux des quatre résistances adaptées dans le boîtier LT5400. Vous pouvez utiliser les deux autres pour d'autres fonctions du circuit, comme un inverseur de précision ou un autre convertisseur de 4 à 20 mA. Vous pouvez également placer les autres résistances en parallèle avec R_1 et R_2 . Cette approche réduit la contribution de la résistance à l'erreur statistique par la racine carrée de deux.



Fig.III. 5. Test du bon fonctionnement du transmetteur de pression.

Puisque l'entrée de la carte d'acquisition n'accepte que des tensions on a besoin d'un bloc d'adaptation qui permet la conversion courant-tension du courant provenant de la boucle 4-20mA, de sorte que :

$$U = R \times I \quad (III.1)$$

Nous avons choisi une tension variant autour de 6V pour cela la résistance doit être de l'ordre de 330Ω .

Pour le courant minimal ($I = 4 \text{ mA}$) la tension correspondante est $U_{\text{min}} = 1,32\text{V}$ et pour le courant maximal ($I = 20 \text{ mA}$) on trouve une tension maximale de $U_{\text{max}} = 6,6\text{V}$. La courbe liant le courant et la pression est linéaire et par conséquent on peut écrire :

$$I = a \times P + b \quad (III.2)$$

Pour une pression de 0 PSI le courant est de 4 mA **Figure (III.5)**.

$4\text{mA} = a \times 0 + b$ par conséquent on peut en déduire la valeur de **b**

$$b = 4 \text{ mA}$$

$$a = \operatorname{tg} \alpha = (20 - 4) / (100 - 0) = 0,16 \quad (\text{III.3})$$

Par conséquent on trouve la relation liant le courant et la pression **Figure (III.6)**.

$$I = 0,16 P \text{ (PSI)} + 4 \text{ (mA)} \quad (\text{III.4})$$

$$P \text{ (PSI)} = (I \text{ (mA)} - 4 \text{ mA}) / 0,16 \quad (\text{III.5})$$

P (PSI)	0	20	40	60	80	100
I (mA)	4	7,2	10,4	13,6	16,8	20

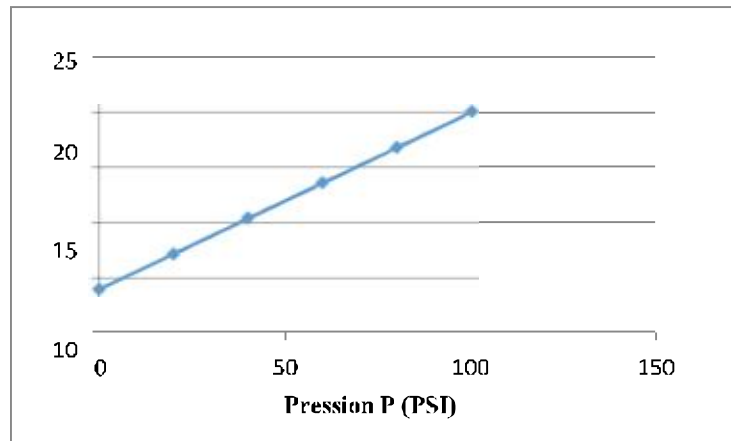


Fig.III. 6. Courbe liant le courant et la pression.

III.6. Circuit hydraulique

Un circuit hydraulique est réalisé à cet effet au niveau du laboratoire. Il se compose des éléments suivants :

III.6.1. Réservoir

Le réservoir de la **Figure (III.7)** est en plastique et a une capacité de 150 litres.

Il est utilisé pour stocker l'eau qui coule dans la conduite.



Fig.III. 7. Réservoir.

III.6.2. Pompe

Une pompe à eau de la marque EUROMATIC, ayant les caractéristiques suivantes Figure (III.8) :

- 1) Type **PMC 3**
- 2) La tension d'alimentation = 220 V. La fréquence = 50Hz . La vitesse de rotation par minute = 2850 trs/min
- 3) PII~A 3.5
- 4) $P_2(\text{kW}) - 0.6$. HP = 0.8
- 5) $P_1(\text{kW}) - 0.8$
- 6) $Q - 100 \text{ l min} . H = 35$



Fig.III. 8. Pompe à eau.

III.6.3. Conduite

Nous avons utilisé un tube en BELD de la société PLAST TUBE de Sétif Algérie fabriqué en 2022 **Figure (III.9)** de diamètre $\phi=40$ mm, avec une longueur de 100 m et ayant une pression nominale de **PN 10**. Afin d'assurer la **bonne étanchéité** du circuit, nous devons alimenter le **circuit** avant de commencer les **mesures** et s'assurer qu'il n'y a pas de fuites dans notre conduite.



Fig.III. 9. Conduit

III.6.3.1. Spécifications techniques

Les spécifications techniques sont données par le **Tableau (III.1)**. [27]

Tableau.III.1. Spécifications techniques

Caractéristiques et méthodes d'essais	PE 100
Caractéristiques dimensionnelles	norme :NA 7700
Indice de fluidité à 190°C-5Kg(g/10min)NA 357 /ISO 1113	0,2 à 0,3 g/10 min
Masse volumique NA 7603 /ISO 1183	956Kg/m3
Caractéristiques en traction NA 7701 /ISO 6259	$\sigma_e \geq 19\text{MPa}$, $\epsilon_r \geq 400\%$
Retrait à chaud NA 7615 /ISO 2505	$\leq 3\%$
Résistance à la pression hydraulique NA 7517 /ISO 1167	à 20°C $\sigma = 12 \text{ MPa}$
Stabilité à l'oxydation à 210°C NA 7705 ISO 10837	t ≥ 20 min
Dispersion du noir de carbone NA 7601/ISO 11420	La note < 3
Teneur en noir de carbone NA 7665 /ISO 6964	< 3%
Coefficient de rugosité	K=0.020mm
Teneur en matières volatiles NA 7715 /ISO 1269	$\leq 350 \text{ mg/kg}$

III.6.4. Génération de la fuite d'eau

Pour simuler une fuite nous avons percé des trous de différents diamètres de 4 jusqu'au 12 mm au niveau de la conduite. Nous n'avons pas laissé la fuite libre pour simuler le caractère aléatoire de l'évènement. Pour cela nous avons utilisé une électrovanne commandée manuellement par un bouton poussoir **Figure (III.10)** et **Figure (III.11)**.

III.6.5. Une électrovanne

Une électrovanne ou électrovalve est une vanne commandée électriquement. Grâce à cet organe, il est possible de commander la création de la fuite sur la conduite à des positions définies initialement et garder son caractère aléatoire. Par conséquent on va perdre une certaine quantité du débit initial. Dans notre prototype la position où la fuite est produite est liée par un petit tuyau au réservoir principal. Les caractéristiques techniques de l'électrovanne sont données par :

- Puissance de 8 watts
- Un débit de 0,7 bar
- Tension de la bobine 220 V



Fig.III. 10. Electrovanne.



Fig.III. 11. Bouton poussoir

III.6.6. Accessoires

Sont divisé en deux types :

- ✓ Les forets de pressage ainsi que la perceuse que nous avons utilisés sont montrés par les **Figure (III.12)** et **Figure (III.13)**.



Fig.III. 12. Foret.



Fig.III. 13. Perceuse.

- ✓ Des raccords et des coudes pour assurer l'étanchéité du circuit hydraulique.
- ✓ Des colliers de prise en charge sur lesquelles on a placé nos transmetteurs **Figure (III.14)**

Fig.III. 14. Collier de prise en charge de diamètre $\varnothing=40$ mm.

III.7. Circuit électronique

Le circuit électronique globale est donné par la **Figure (III.15)**.



Fig.III. 15. Circuit électronique.

III.7.1. La carte DS1104

Le contrôle en temps réel du système continu se fait via un PC connecté à la carte.

dSPACE DS1104. La programmation s'effectue à l'aide des outils de modélisation SIMULINK de Matlab pour y contribuer.

Représenter graphiquement les problèmes à l'aide de blocs interconnectés [18]. Les systèmes de développement en temps réel basés sur DSP incluent Simulink : vous pouvez convertir des blocs Simulink en code machine.

Fonctionne sur des systèmes basés sur DSP. Cela réduit considérablement le temps de développement

Nous réalisons un prototype du panneau de contrôle. Le prototypage passe par trois phases :

1. Structuration des systèmes de contrôle à l'aide de Simulink Blocks
2. Simulations du système pour vérifier les résultats dans différents scénarios.
3. Exécutez le modèle en temps réel via la carte DS1104

La carte DS104 (Master PPC) dispose de 8 convertisseurs ADC analogique-numérique. La tension d'entrée est de -10V à +10V, et 8 convertisseurs numérique-analogique DAC. La tension d'alimentation est de -10V à +10V. Il dispose également de plusieurs interfaces en particulier les entrées et sorties numériques, les codeurs incrémentaux.

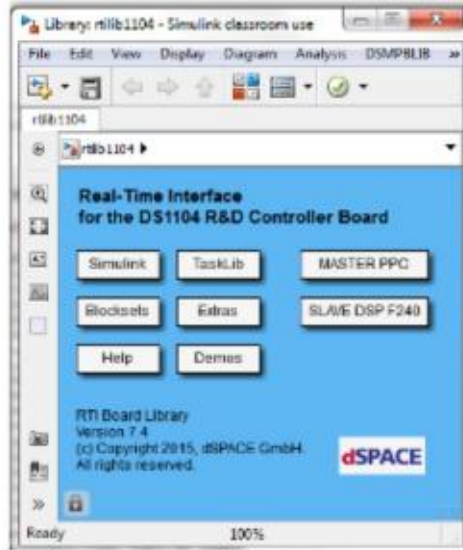


Fig.III. 16. Dspase modèle Micro13box.

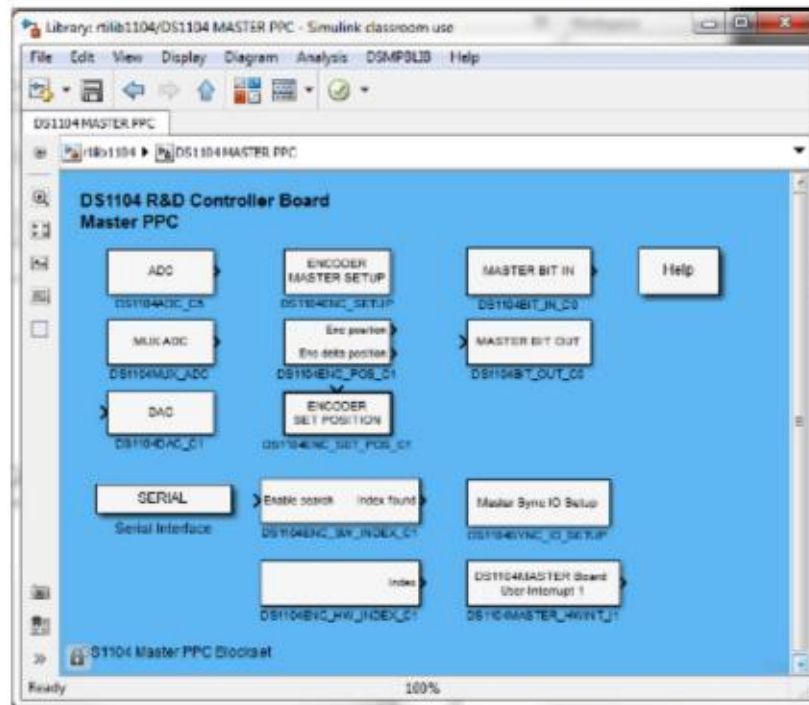
III.7.2 Principe de fonctionnement

1. Démarrer le Matlab
2. Construction du Model SIMULINK

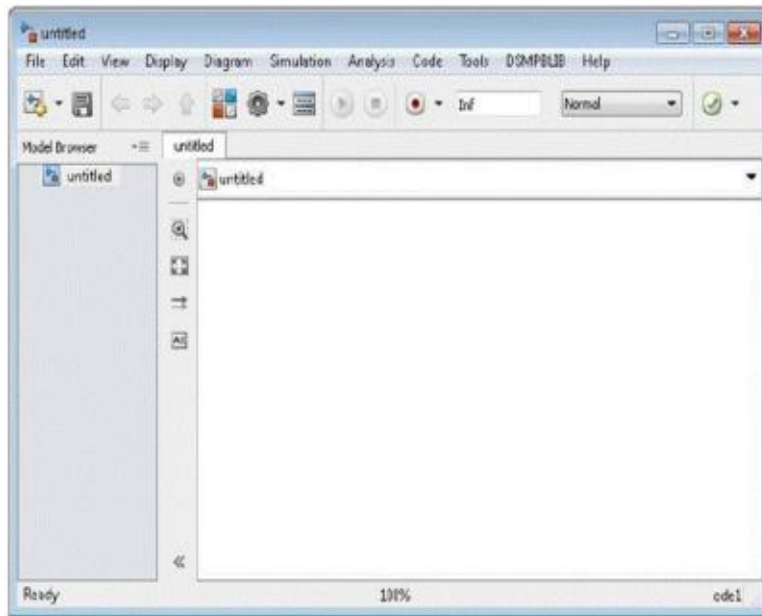
Pour ajouter des blocs de la bibliothèque RTI1102, ouvrez la bibliothèque en tapant la commande RTI1102, ou depuis le navigateur de la bibliothèque Simulink.



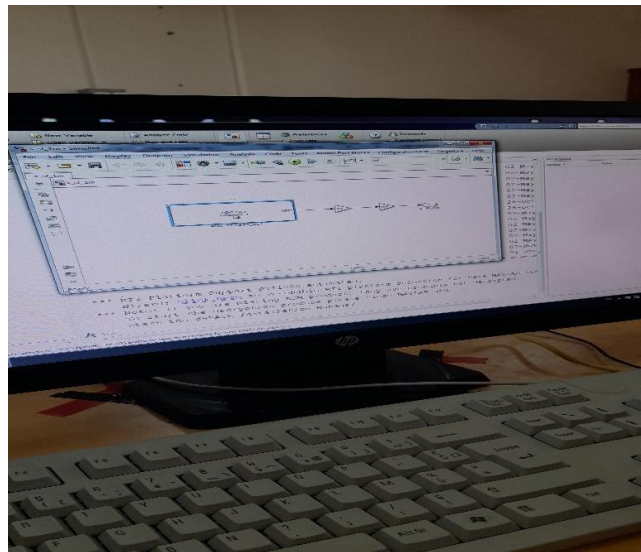
Cliquez par exemple sur MASTER PPC, la fenêtre suivante s'ouvre :



Choisissez new file



Ajoutez des blocs **simulink** , des blocs ADC et DAC à partir de la bibliothèque **master PPC** et ajoutez un fichier **contacts** suivants



Enregistrez le fichier et ensuite réglez les paramètres de simulation.

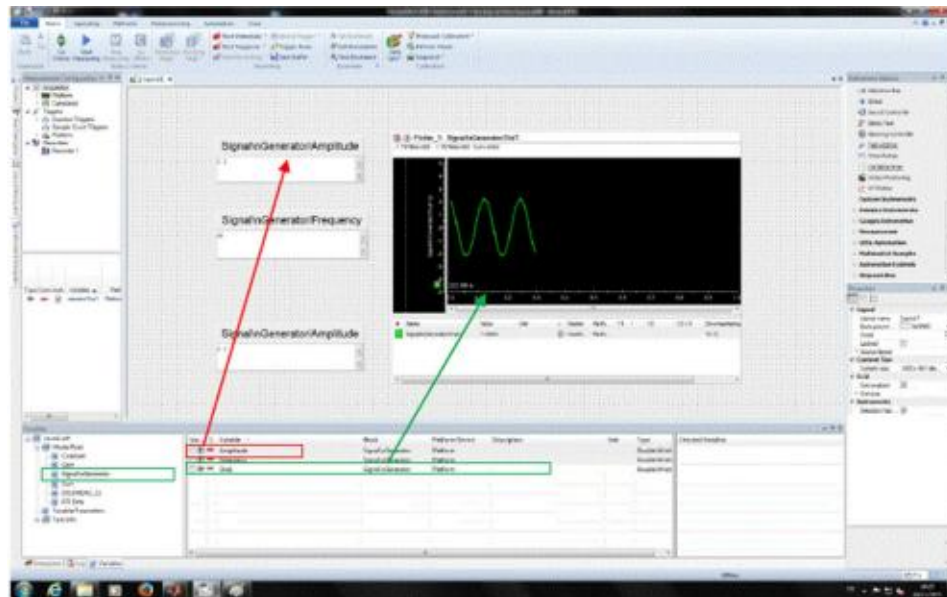
3. Implémentation d'une application temps réel avec ControlDesk Next Generation

Control Desk est une interface qui permet de visualiser différentes variables en temps réel pour un fichier, un programme développé sous Simulink et aussi pour modifier les paramètres qui définissent le réglage exécutez les blocs composants du schéma Simulink.

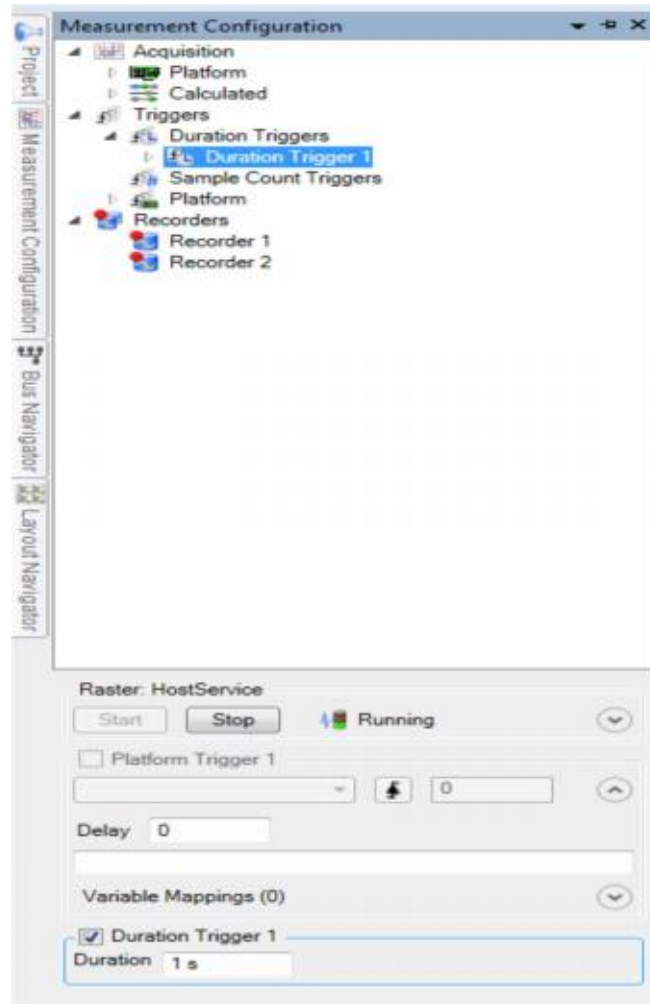
Visualiser des variables ou des signaux, les paramètres peuvent être modifiés au moyen d'outils graphiques, vous pouvez choisir dans la fenêtre des outils.

4. Comment faire une mesure

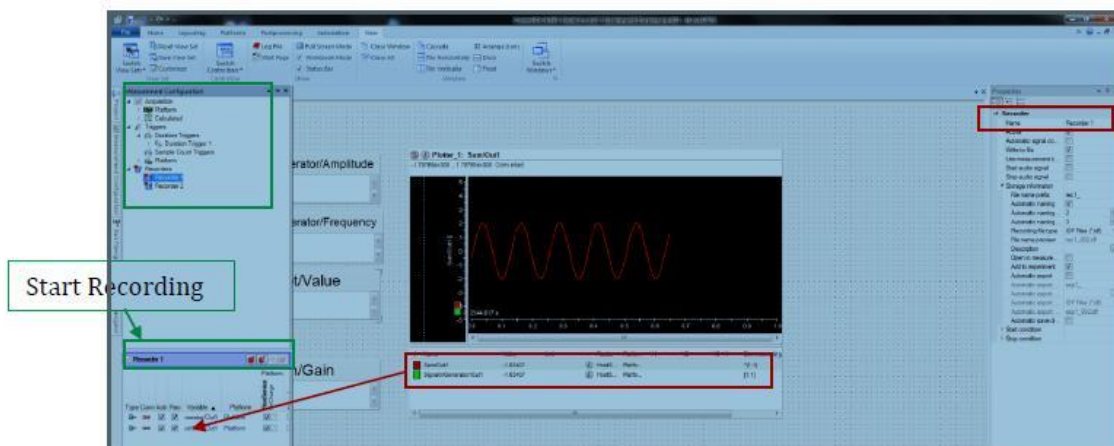
Insérez dans le Layout un « **plotter** » et des « **numerical input** », ensuite glissez les variables correspondantes à chaque instrument virtuel.



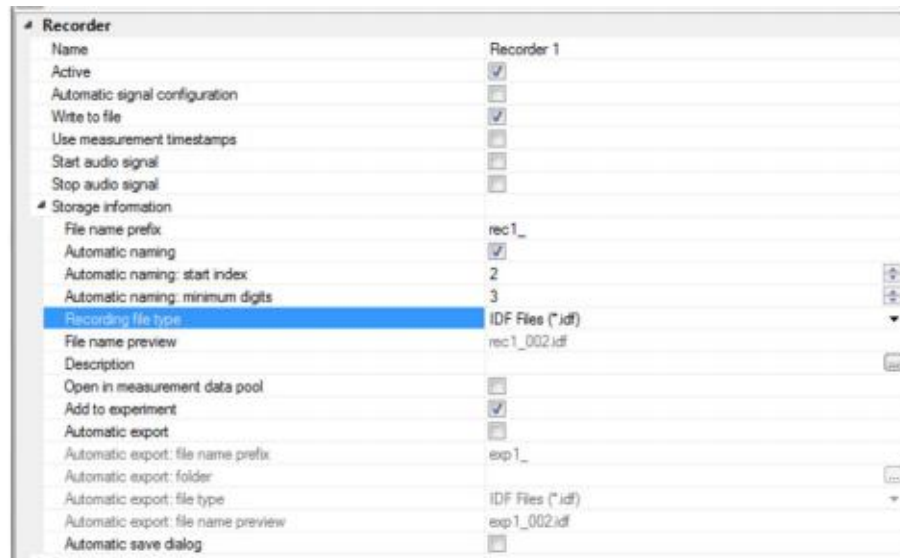
Pour augmenter le temps d'affichage de la mesure, allez dans configurer la mesure > Triggers > duration trigger 1" puis changez Duration en 20 s



Pour enregistrer les données (mesures) dans votre ordinateur allez **Measurement** puis **View Measurement** configurez la mesure puis dans **Recorders** puis choisissez **Create New Recorder**. Nommer l'enregistrement puis glisser les variables que vous voulez mesurer dans le tableau **Recorder**.



Régler les paramètres d'enregistrement dans la fenêtre propriétés et commencer l'enregistrement en cliquant sur le bouton Star Immediate Recording

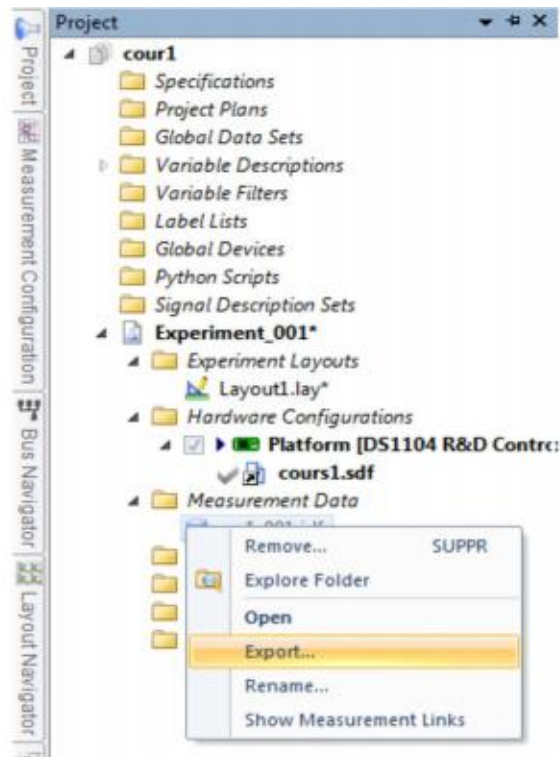


Le nom du fichier d'enregistrement par défaut est rec1.idf.

Pour exporter les données vers un fichier Matlab, allez dans **Project, Experiment1, Measurement**

Data et cliquez droit sur le fichier. idf créé puis export en choisissant bien le type de fichier .mat dans

l'onglet Save as Type.



Une fois vous avez exporté le fichier .mat ou .csv.

III.7.3 Schéma d'acquisition élaboré sous Simulink

Les signaux provenant des transmetteurs de pression sont faibles pour cela une amplification est avérée indispensable ce qui nous a pousser à utiliser un étage d'amplification après avoir convertis nos signaux par un convertisseur analogique numérique avec une fréquence d'échantillonnage égale à 1KHz **Figure (III.17)**. Les fichiers des données délivrés par le dispositif d'acquisition ont une extension .csv et .mat vont être stocker dans le disque dur du PC **Figure (III.17)**)

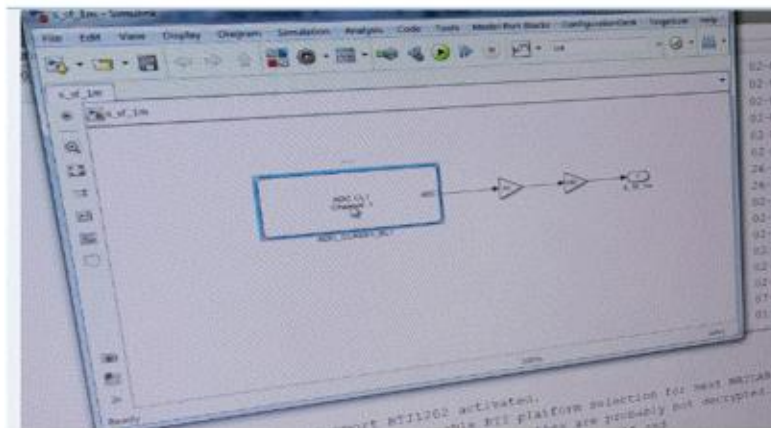


Fig.III. 17. Schéma d'acquisition élaboré sous Simulink.

III.8. Conclusion

L'acquisition des signaux de pression repose sur une carte d'acquisition professionnelle. Cette dernière est liée à un PC. La communication est réalisée via le port série à travers un câble data.

L'installation des drivers est faite par un CD délivré avec la carte.

Le quatrième chapitre est dédié à l'analyse et l'interprétation des courbes obtenues.

Chapitre IV
Résultats et discussions

IV.1. Introduction

Après avoir appris les techniques d'analyse du signal telles que les concepts de traitement du signal comme la convolution et la corrélation numérique, qu'on va les introduire pour analyser les signaux reçus de la conduite prototype que nous avons réalisée au niveau de notre laboratoire et qui simule un réseau de distribution d'eau réel. L'idée de base est d'acquérir simultanément les deux signaux provenant des deux transmetteurs de pression à l'aide d'une carte d'acquisition sophistiquée basée autour d'un DSP et un FPGA. Les transmetteurs de pression récupèrent non seulement l'information utile mais également le bruit. Ce dernier est dû à plusieurs paramètres. Par conséquent, les signaux acquis sont généralement noyés dans le bruit, quel que soit l'instrument utilisé analogique ou numérique pour cette acquisition. Vu que nous récupérons toujours du bruit, cela nécessite un filtrage pour ne garder que l'information pertinente. Afin de n'exploiter que le signal utile, un débruitage est nécessaire. Après plusieurs tests de filtre, en prenant le rapport signal sur bruit (SNR) comme métrique de performance. Nous avons constaté que le filtre de Kalman avait un meilleur rapport signal/bruit. Nous avons donc adopté le filtre de Kalman adaptatif pour le débruitage de nos signaux. L'inter-corrélation va être utilisée ainsi que le décalage temporel entre les deux signaux pour déterminer la position exacte de la fuite par rapport à l'un des capteurs.

IV.2. Résultats et discussions

Les signaux des transducteurs de pression lus précédemment vont être analysés. La détection est rendue possible par l'analyse des deux signaux acquis. L'emplacement de la fuite va être déterminé par application des équations obtenues à partir des modèles mathématiques développés. Dans ce but, nous avons pris des enregistrements à des différentes positions sur la conduite avec deux transducteurs de pression placés de part et d'autre de la fuite.

IV.3. Synoptique du système d'acquisition proposé

La Figure (IV.1) ci-dessous représente un synoptique du système de détection élaboré.

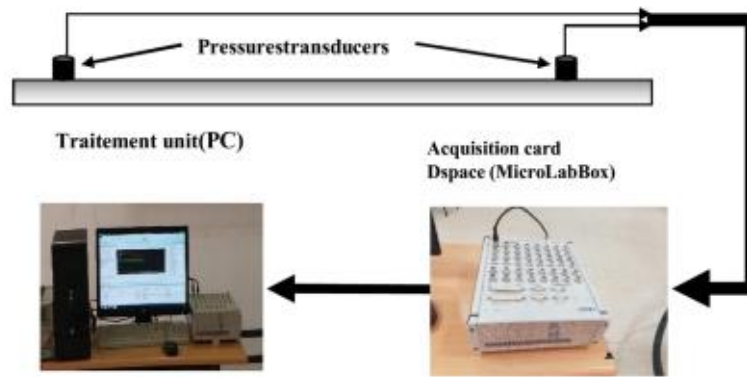


Fig.IV. 1. Synoptique du système de détection.

Deux transmetteurs de pression distants entre eux de L . La position de la fuite est prise initialement distante de $15.5m$ par rapport à la pompe. Les emplacements des capteurs par rapport à la position de la fuite sont choisis préalablement pour qu'elle ne soit pas au milieu de la portion de circuit. Nous avons fixé l'un des capteurs à une position de $1.5m$ par rapport à la position de la fuite. L'autre nous l'avons déplacé par rapport à la position de la fuite également par des distances de $1.5m$ jusqu'à la distance de $78m$. Les mesures sont effectuées dès qu'on active le bouton poussoir simulant ainsi la fuite. Les temps d'enregistrement sont choisis sur une longue durée de $20s$. La fuite est activée approximativement à $t - 10s$ des débuts de chaque enregistrement. La fuite est détectée par une singularité qui se produit sur les signaux de pression acquis. Cette singularité représente une dépression constatée au niveau de la conduite détectée par les capteurs. L'onde de pression se propage de part et d'autre de la fuite **Figure(IV.2)** et arrive à des temps différés aux transducteurs.

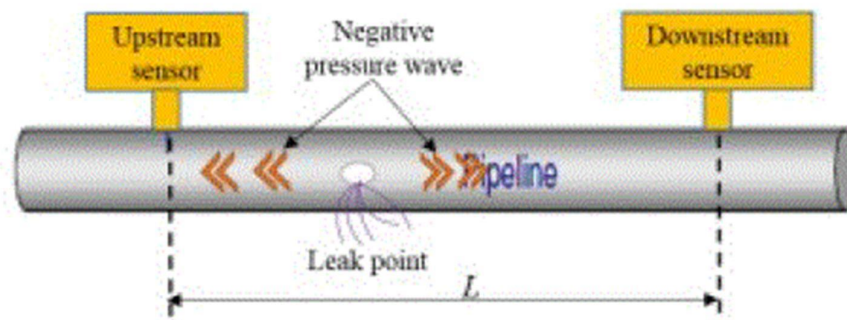


Fig.IV. 2. Propagation de l'onde dans la conduite.

IV.4. Signaux d'acquisition

Nous avons présenté dans la **Figure (IV.3)** les signaux sans et avec fuite pour une position choisie aléatoirement. La position du premier transducteur est de 1.5m par rapport à la fuite par contre le deuxième transducteur est pris à la position de 1m. L'axe des abscisses représente le temps en seconde et l'axe des ordonnées représente la pression en PSI.

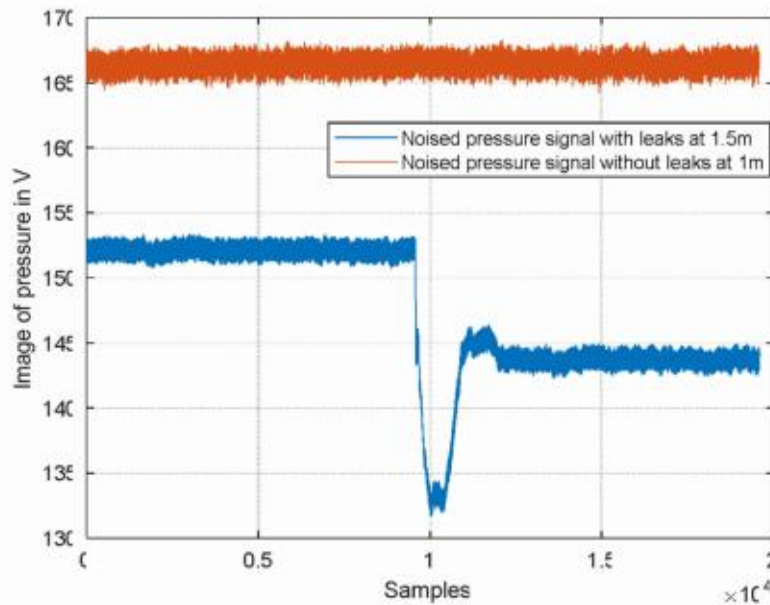


Fig. IV. 3. Présentation de deux signaux de pression bruités l'un avec fuite et l'autre sans fuite.

En analysant les deux signaux. Le signal tracé en rouge représente le signal sans fuite détecté par le transducteur. L'image de pression en ce point de la conduite a une valeur moyenne de 1.68V. On constate également la nature aléatoire du signal acquis autrement dit, une juxtaposition d'une pression et d'un bruit. La constance de la valeur de pression en ce point est visible.

Par contre, le deuxième signal tracé en bleu représente le signal avec fuite. Une singularité est remarquée. Cette dernière s'est produite à $t=0.98s$. A noter qu'on a constaté une stabilité de notre signal jusqu'au moment de l'action sur le bouton poussoir à $t=0.98s$. Ensuite une dépression allant jusqu'à 1.33V s'y produite. Elle atteint une valeur moyenne de 1.44V progressivement.

Les paramètres statistiques obtenus du bruit :

La valeurs moyenne du bruit est de 0.3357 et un écart type de 0.5251.

Les signaux temporels de pression brutes (sans filtrages) provenant des deux capteurs pour le cas d'une conduite avec fuite sont représentés par la **Figure (VI.4)**.

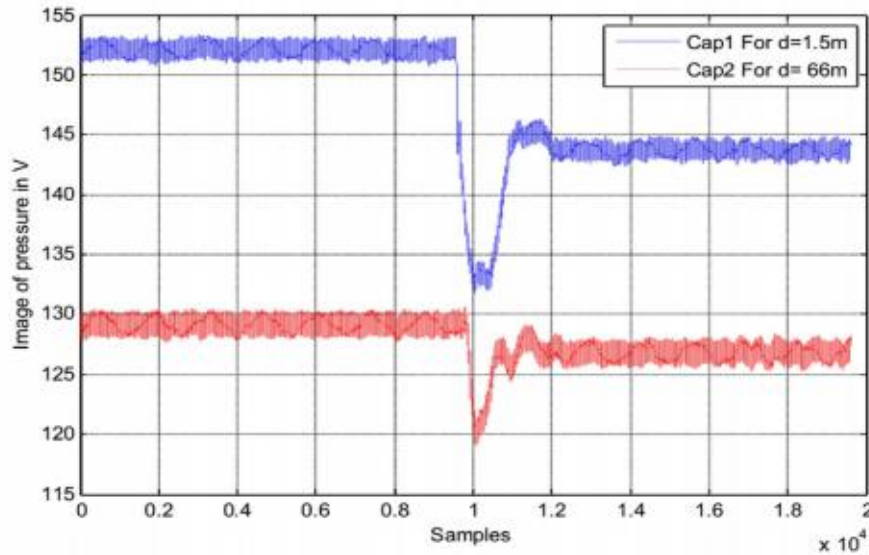


Fig. IV. 4. Signaux temporels avec fuite issus des deux capteurs de pression.

La Figure(IV.4) illustre deux signaux où la fuite existe. Le premier le plus proche de la fuite a présenté une dépression forte allant jusqu'à 1.33V par contre l'autre a montré une dépression moins profonde que le premier décalé temporellement par rapport au premier d'un temps approximativement égal $\Delta t = 0.02s$.

Nous constatons également que les deux signaux sont entachés de bruit. Pour cela un filtrage est indispensable. Dans ce travail nous avons opté un filtrage adaptatif de Kalman. Son efficacité va être confirmée en utilisant les critères adéquats.

IV.5. Filtrage des signaux par le filtre kalman

Pour débiter les signaux de fuite issue des capteurs, un algorithme du filtre de kalman que nous avons adopté est appliqué à chaque signal. Après avoir exécuté le programme développé sous Matlab. Les résultats obtenus pour des différentes valeurs de Q et de R sont présentés par les Figures (IV.5, IV.6 et IV.7).

- Pour un $Q=0.1$ et un $R=2$

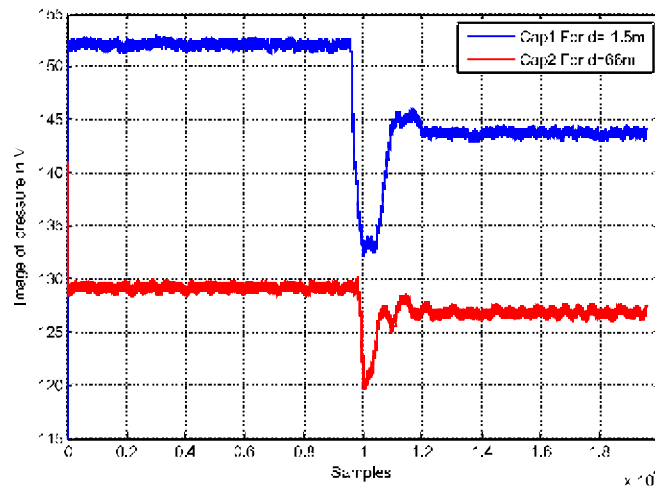


Fig. IV. 5. Débruitage des signaux bruts pour $Q=0.1$ et $R=2$.

En calculant le rapport signal sur bruit des signaux obtenues après débruitage et les signaux brutes, on a trouvé que le **SNR=42.3638 dB**

Nous avons choisi au début pour le Q et le R des valeurs de $Q=0.1$ et $R=2$, nous constatons que notre débruitage est mauvais pour ces valeurs, et qu'il y a un décalage temporel entre les signaux des transducteurs représentant qu'ils arrivent à des temps différés aux capteurs. A l'instant $t = 0.87$ S s'y produit une dépression signalant la production d'une fuite détectée par le capteur le plus proche de la fuite et à l'instant $t = 0.99$ S le phénomène de dépression est détecté par le deuxième capteur.

- Pour un $Q=0.01$ et un $R=4$

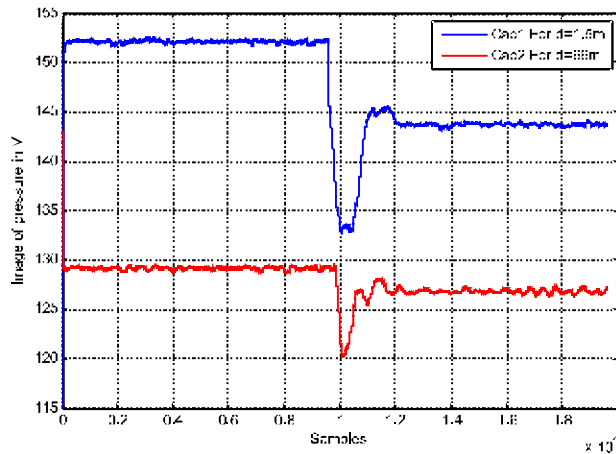


Fig.IV. 6. Débruitage des signaux bruts pour $Q = 0.01$ et $R=4$.

Le SNR trouvé pour d'autres valeurs de Q et de R est de **SNR=37.6829 dB**

Nous constatons que lorsque nous avons modifié les paramètres Q et R, nous avons obtenu un débruitage relativement mieux que le premier, mais ce n'était pas tout à fait parfait, et l'amplitude du signal dans le premier transducteur est supérieure à celle du deuxième transducteur comme nous l'avons trouvé précédemment. A noter qu'au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la pompe la pression diminue.

- Pour un $Q=0.001$ et un $R=6$

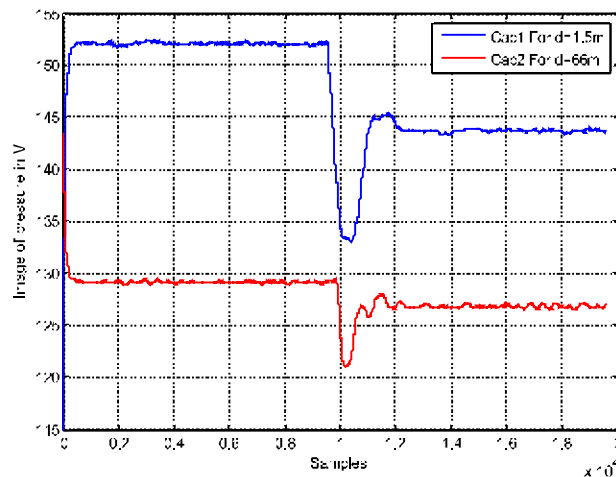


Fig.IV. 7. Débruitage des signaux bruts pour $Q = 0.001$ et $R=6$.

Le SNR est de **SNR=35.1442**

Dans ce dernier cas, lors de la modification des paramètres de sorte que Q et R ont pris les valeurs, $Q = 0.001$ et $R=6$ nous avons obtenu un meilleur débruitage total, et à partir de là, nous disons que le filtrage des deux signaux a été efficace par le filtre kalman.

IV.6. Calcul des performances du signal filtré par SNR

Afin de connaître les performances de filtrage de nos signaux on a utilisé le SNR (Signal Noise Ratio) comme moyen de discrimination très utilisé dans ces cas. Pour cela on a besoin de calculer les Puissance des signaux, avant et après filtrage et calculer leurs rapports de puissances pour pouvoir déterminer leur SNR et par la suite leur SNR en décibels (dB) sur une fenêtre temporelle donnée.

On a :

Puissance de signal

$$P_S = \frac{1}{N} \sum x_i^2 \quad (IV.1)$$

Puissance de bruit

La puissance de bruit est obtenue en faisant la soustraction entre la puissance du signal avant filtrage avec celle de la puissance du signal après filtrage.

$$P_B = \frac{1}{N} \sum x_i^2 - y_i^2 \quad (IV.2)$$

SNR(dB)

$$SNR_{dB} = 10 \log \left(\frac{P_S}{P_B} \right) \quad (IV.3)$$

✓ Pour Q=0.1 et R=2 on trouve : SNR=42.3638

✓ Pour Q=0.001 et R=6 on trouve : SNR= 35.1442

✓ Pour Q=0.01 et R= 4 on trouve : SNR=37.6829

Le SNR qu'on a trouvé pour Q=0.001 et R=6 nous a donné un meilleur débruitage.

IV.7. Variation SNR en fonction de Q et de R

La variation du SNR en fonction de Q et de R est donnée par les Figures (IV.8 et IV.9)

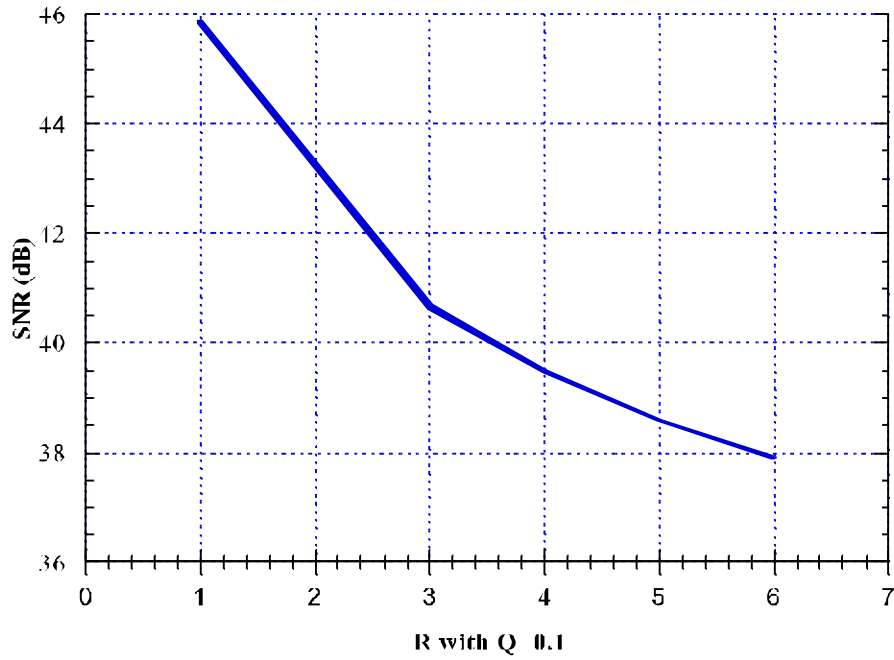


Fig.IV. 8.Variation du SNR en fonction de R avec Q constant.

Dans la Figure (IV. 9), nous constatons avec un Q constant $Q=0.1$ le SNR diminue graduellement avec l'augmentation de R .

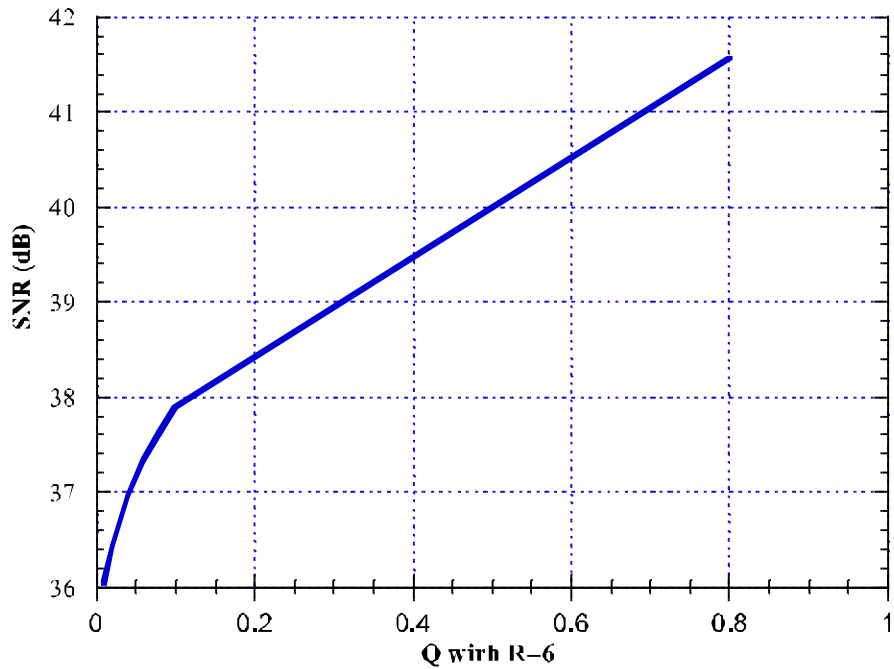


Fig.IV. 10.Variation du SNR en fonction de Q avec R constant.

Dans la Figure (IV. 9), nous constatons avec un R constant $R=6$ le SNR augmente graduellement en faisant l'augmentation de Q .

IV.8. Localisation de la position de la fuite

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la localisation de la fuite par rapport à l'un des transducteurs. Ces méthodes dépendent des modèles proposés. Pour notre cas deux méthodes sont utilisées pour la détermination de la position exacte de la fuite par rapport à l'un des transducteurs.

- **En mesurant le décalage temporel.** En se basant sur ce dernier on peut connaître la position par rapport à l'un des transducteurs.
- **En utilisant la fonction d'inter-corrélation des deux signaux filtrés.** Le maximum de la fonction d'inter-corrélation est utilisé pour la détermination du décalage temporel qui entre pour calculer la position exacte par rapport à l'un des transducteurs.

Décalage temporel

Cette méthode consiste à déterminer la position de la fuite par rapport à l'un des transducteurs.

$$X_1 = v \cdot t_1 \quad (IV.4)$$

$$X_2 = v \cdot t_2 \quad (IV.5)$$

$$X_1 - X_2 = v \cdot \Delta t \quad (IV.6)$$

$$X_2 - (L - X_1) = v \cdot \Delta t \quad (IV.7)$$

$$2X_1 = L + v \cdot \Delta t \quad (IV.8)$$

$$X_1 = \frac{L + v \cdot \Delta t}{2} \quad (IV.9)$$

La vitesse de propagation de l'onde de pression dans la dernière équation (IV.9) peut être obtenu de deux façons. On peut la déterminer comme étant la moyenne des vitesses obtenues à partir des mesures effectuées, comme, elle peut être également obtenue à partir de l'équation donné en [29], ou cette vitesse de propagation de l'onde de pression dépend des paramètres de la conduite tels que l'épaisseur, le diamètre de la conduite.

$$v = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{1}{K} + \frac{d}{eE} \right)}} \quad (IV.10)$$

v : Vitesse de propagation de l'onde de pression m/s

ρ : Densité de liquide = 998.2 Kg/m³

K : Module d'élasticité du liquide = 2.2 * 10⁹ Pa

E : Module de Young = 9 * 10⁸ N/m²

d : Diamètre inter de la conduite = 40 * 10⁻³ m

e : Epaisseur de la conduite = 2.4 * 10⁻³ m

En utilisant les valeurs caractérisant la conduite la valeur calculée de la vitesse est de :

$$v = 229.785504 \text{ m/s}$$

Pour Les distances prédéterminées $X_1 = 1.5\text{m}$ et $X_2 = 71.5\text{m}$ Figure (IV.10) le délai trouvé entre eux est de 0.345s . Cette dernière valeur est obtenue en calculant la différence du nombre d'échantillons entre les deux signaux et en multipliant par le temps d'échantillonnage $\Delta t = 0.001\text{s}$. La vitesse moyenne trouvée expérimentalement est de

$$v = 202.8985507246 \text{ m/s}$$

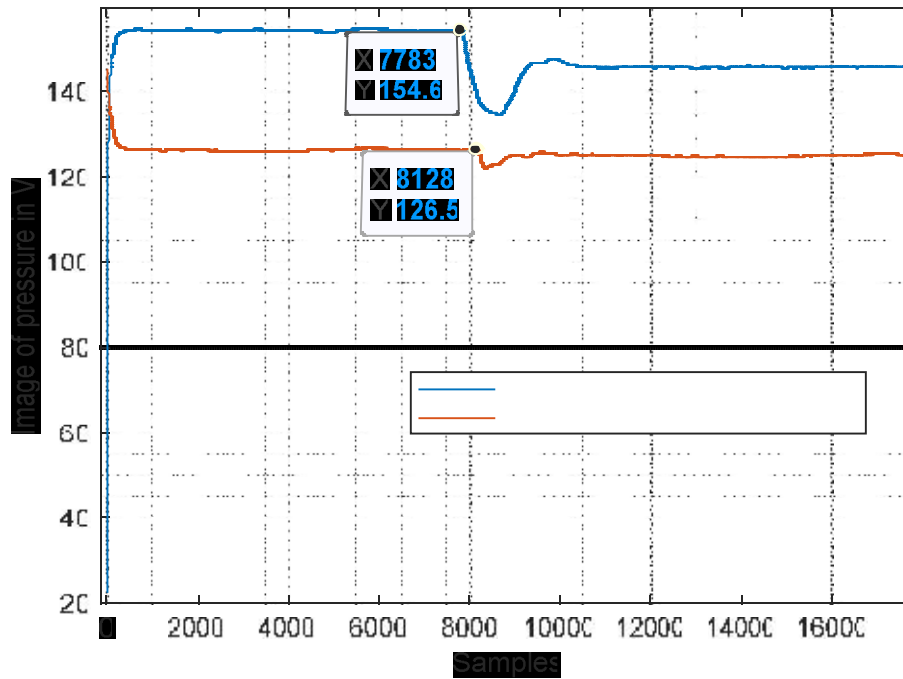


Fig. IV. 11. Délai entre les deux signaux pour les distances $x_1 = 1.5\text{m}$ et $x_2 = 71.5\text{m}$.

Pour une position prise arbitrairement Figure(IV.11).

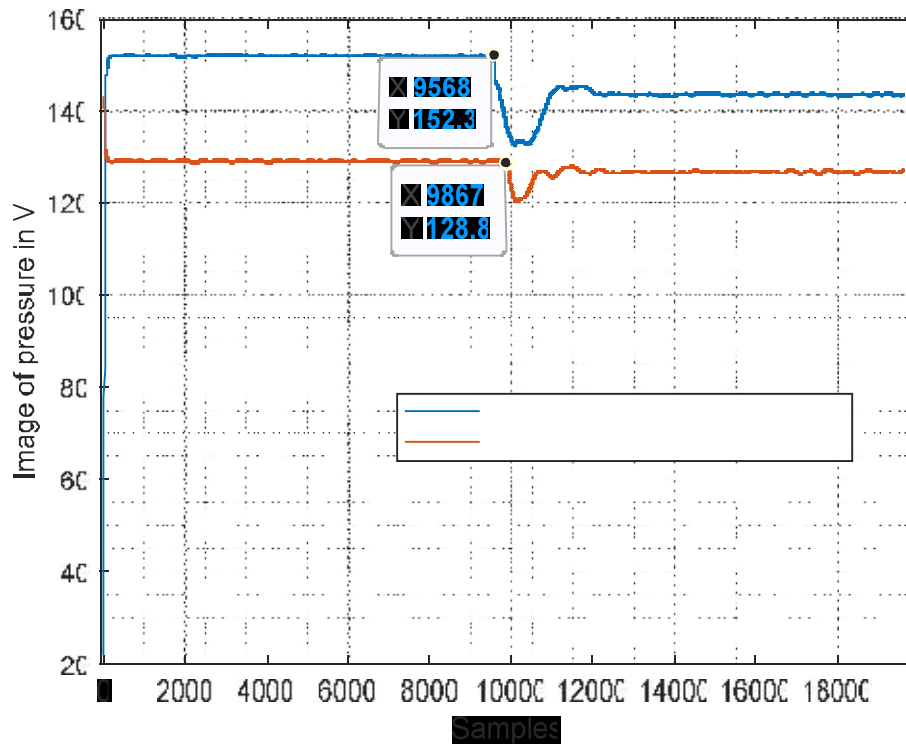


Fig.IV. 12.Délai entre les deux signaux pour $x_1= 1.5m$ et $x_2 =61m$.

Connaissant la vitesse qui est de $v = 202.8985507246$ m/s et le décalage temporel qu'on a trouvé entre les deux signaux est de $\Delta t= 0.299s$. La distance trouvée par calcul est de $X_1= 60.666m$ très proche de la valeur réelle qui est de $61m$.

Le décalage temporel Δt peut être obtenue avec une autre méthode en calculant la fonction de corrélation des deux signaux. Le pic obtenu va servir pour calculer Δt [30].

$$\Delta t = \frac{N-1-K_{pic}}{f_s} \tag{IV.11}$$

Le K_{pic} est déduit de la courbe de la Figure (IV.12). Ce qui nous facilite la détermination du décalage temporel et par conséquent la détermination de la position par rapport à l'un des transducteurs.

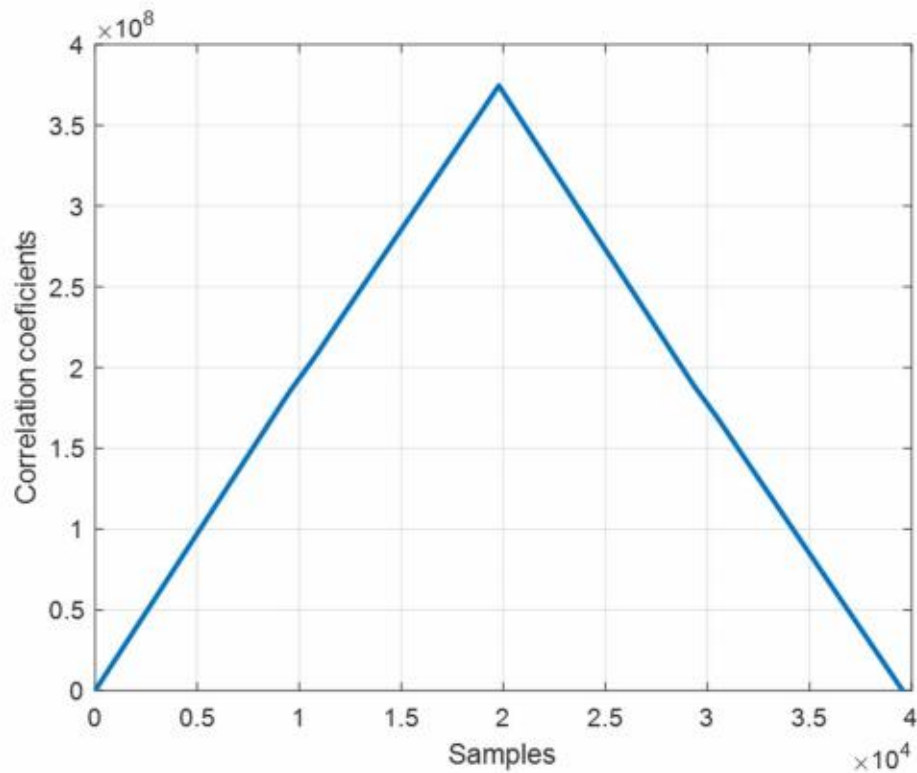


Fig.IV. 13.Résultat de corrélation de deux signaux.

IV.9. Conclusion

La détection de la fuite peut être signalé avec la constatation de la dépression sur les deux signaux provenant des deux transducteurs. Il suffit donc de choisir un seuil (threshold) pour confirmer la présence de la fuite. Si nous dépassons ce seuil nous disons qu'on a une fuite et par conséquent on commence à la localiser. En appliquant une corrélation aux deux signaux de pression, nous avons pu estimer la distance à la fuite par rapport à l'un des transducteurs. Les résultats obtenus sont plus proche des valeurs expérimentales. Elles contiennent une erreur liée à la distance effective. Après filtrage du signal, on observe des valeurs qui vont servir pour calculer la distance par rapport à l'un des transducteurs. En raison d'erreurs de mesure, les résultats obtenus varieront légèrement.

Conclusion Générale

Conclusion générale

La détection de fuite est une étape essentielle dans la maintenance et le bon fonctionnement des réseaux de distribution des fluides. Les fuites peuvent avoir des conséquences graves, allant d'une perte de productivité à des accidents majeurs. C'est pourquoi il est crucial de disposer de méthodes de détection de fuite efficaces et fiables.

La détection de fuite présente de nombreux avantages. Tout d'abord, elle permet de réduire les pertes d'eau associées aux fuites. Les fuites peuvent causer des pertes d'eau importantes, ce qui peut affecter l'efficacité du système de distribution d'eau et augmenter les coûts pour les opérateurs. En plus des endommagements qu'elles peuvent causer, elles peuvent agir sur la santé publique par la pénétration des contaminants dans le réseau de distribution. En détectant les fuites rapidement, les opérateurs peuvent réduire ces pertes et assurer que la distribution d'eau fonctionne de manière efficace. Il existe plusieurs méthodes de détection de fuite, chacune est adaptée à des situations spécifiques.

Ce travail de recherche nous a permis d'élaborer et de concevoir un réseau de distribution prototype sur lequel on a disposé des transducteurs de pression qu'on a vu meilleurs que d'autres capteurs, à causes des fausses alarmes qu'on rencontre généralement par les autres détecteurs. Nous avons utilisé également une carte d'acquisition professionnelle qui se base sur un FPGA et un DSP pour pouvoir fonctionner en temps réel. Puisque les fuites dans la majorité des cas son souterraines, ces fausses alarmes, provoquent l'endommagement des lieux ce qui est ennuyeux pour les citoyens. Il est possible toujours d'améliorer ce détecteur afin de l'exploiter convenablement au future avec des meilleures conditions. Par conséquent, notre but principal est de détecter et localiser une fuite dans un réseau de distribution d'eau. Pour cela on a installé des transmetteurs de pression pour capter les signaux de pression dans notre conduite prototype. De plus la méthode de localisation est basée essentiellement sur le traitement du signal pour connaître la position de la fuite. La propagation de l'onde de pression dépend de la nature du matériau de la conduite utilisée et la matière transportée. On doit toujours la calculer au début et l'utiliser comme un paramètre connu. Plusieurs techniques sont appliquées pour la détermination de la position par rapport à l'un des capteurs. Dans notre travail on s'y basé sur le décalage temporel des signaux provenant des transmetteurs. Les résultats obtenus ont montré les performances de la technique employée.

Nous avons divisé le travail en quatre chapitre. Dans le premier chapitre nous avons traité quelques notions sur les réseaux de distribution. Le deuxième chapitre a été dédié à des

notions de base sur le traitement de signal. Le chapitre trois a été réservé à une présentation du prototype expérimental de la conduite. Dans le chapitre quatre nous avons fait une analyse des résultats qu'on a obtenu suivi de discussions des courbes que nous avons présentées. Le mémoire est couronné par une conclusion qui résume le travail qu'on fait suivie des perspectives pour les futurs travaux.

Perspectives

- Faire des tests sur un réseau réel.
- La détection simultanée de plus d'une fuite.
- Installer des micros cameras qui se déplacent par des micro moteurs le long de la conduite.
- Analyse de la terre au voisinage des réseaux et en analysant les paramètres physiques comme la permittivité et la perméabilité on peut juger la présence ou l'absence des fuites dans le réseau.

Références

bibliographiques

Référence

- [1] **IIAFSI, LAKHIDAR** : ‘Application de la Technique EMD pour l’analyse des données des signaux de fuite dans les réseaux de distribution d’eau’, master, université Mohamed Boudiaf- M’sila, Juin 2016
- [2] **BENHAMZA OUSSAMA** : Méthodes de détection de fuites dans un système hydraulique Par Badji Mokhtar- analyse de l’onde de pression, ANNABA JUIN 2019
- [3] **IIAMIDI AMEL & ALI SAOUCHI NORA**: Application de la STFT dans la détection des fuites d’eau’, master, université Mohamed Boudiaf- M’sila, 2016/2017
- [4] **Mr: OUNADI Belkacem** : ‘Simulation Numérique D’un Ecoulement dans un Canal de Compresseur mono-étage’ Mémoire de fin D’études en vue de l’obtention du diplôme de master académique en génie mécanique option : énergétique Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 2010 2011
- [5] Capteur de pression, **R.HATTERER** professeur de Physique Appliquée au lycée de la Méditerranée de la Ciotat/P6/P7
- [6] **Riadh BEN HAMOUDA** : Notions De mécanique Des Fluides
- [7] **DOCTEUR M’HAMED BERIACHE** : ‘Mécanique Des Fluides II’ 3ème Année Licence Génie Mécanique Energétique, Université Hassiba Benbouali, Chlef
- [8] **R.HATTERER** : Professeur de Physique Appliquée au lycée la Méditerranée de La Ciotat. Sources :<http://perso.club-internet.fr/gatl/> G. Asch et collaborateurs, Les capteurs en instrumentation industrielle (DUNOD)G.
- [9] Equation de la conservation de la masse <http://olivier.granier.free.fr/ci/fluides/co/rappels-de-cours-eq-locale-conser-masse.html>
- [10] **HARTEM NESSRINE** : ‘Etude des pertes d’eau dans les réseaux d’eau potable’ (cas réseau de la commune de Bendjerrah), Mémoire de Master Présenté à l’Université 08 Mai 1945 de Guelma , Septembre 2020
- [11] **DR. SAMIRA BABA HAMED** : ‘Les systèmes de distribution en eau potable’, Université des Sciences et de la Technologie d’Oran Mohamed Boudiaf
- [12] **Mr. GRARADJI KAMAL Mr. SADOON AREZKI**: ‘Filtrage de l’ECG par seuillage de coefficients d’ondelettes ‘Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou 2008/2009
- [13] **Quentin MIFSUD** : ‘ Mesure de la Fatigue auditive des assistants de Régulation Médicale du Samu Travaillant sous Casque Téléphonique : impacts sur l’intelligibilité dans le bruit’ , université de lorraine faculté de pharmacie ,novembre2015
- [14] **FILALI KOSSEILA BEKHTAOUI SOFIANE** : ‘Etudes et simulation d’un filtre passe

- bande pour des applications radiofréquences' Mémoire de Fin d'Etudes de MASTER
ACADEMIQUE Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
- [15] **LAGUEAGUE SEYFEDDINE OUALI ELHADJ TAIEB** : 'Détection des fuites dans les réseaux de distribution d'eau', master, université Mohamed Boudiaf- M'sila, 2018 /2019
- [16] Les Différents Types de Capteurs Chapitre 2 , Cours de : Capteurs et actionneurs en instrumentation
- [17] <https://www.edn.com/convert-1-to-5v-signal-to-4-to-20-ma-output>
- [18] **ABDALLAH DARKAWI**. Initiation au système dSPACE, de l'interface RTI dans Simulink et de ControlDesk Next Generation 5.4. _Ecole d'ingénieur. France. 2016, pp.17. <cel-01259564>HALId:cel-0125956 <https://hal.archives-ouvertes.fr/cel-01259564>
Submitted on 20 Jan 2016
- [19] **BELMAIDI FATHIA** : En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Electronique Option télé-détection Intitulé : 'Application du filtre de Kalman pour le débruitage des signaux' 14 / 12 /2015
- [20] **G. BAUDOIN et J.-F. BERCHIER** 'Éléments de Traitement Du signal' École Supérieure d'Ingénieurs en Électrotechnique et Électronique Septembre 1998 – version 0.89
- [21] **LIONEL AUVERGNE** Aide-Mémoire 'Traitement du Signal Nouvelle présentation, 2005 © Dunod, Paris, 2000 ISBN 2 10 049690 5
- [22] <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr> 'Introduction au Traitement du Signal'
- [23] **ANDREI DONCESCU** 'Les Bases du Traitement des Signaux Numériques' Licence Professionnelle Université Paul Sabatier
- [24] **CHRISTIAN JUTTEN** : ' Théorie du Signal' Département Informatique et Electronique des Systèmes Embarqués IESE4 Univ. Grenoble Alpes - Polytech' Grenoble Juillet 2018
- [25] **SANAE RECHKA** : 'Etude de Méthodes de Filtrage Des-signaux dans les réseaux Électriques De Distribution' avril 2002 Université du Québec à Trois-Rivières
- [26] **CHRISTIAN JUTTEN** : 'Filtrage Linéaire Optimal 'Université Joseph Fourier - Polytech' Grenoble Cours de cinquième année du département 3i Options *Images et Signaux et Automatique* Août 2010
- [27] Tubes en PEHD pour eau **SITE WEB : WWW.SEFIF-MAILLE.COM**
- [28] **Hugues GARNIER** 'Signaux aléatoires' hugues.garnier@univ-lorraine.fr université de Lorraine

- [29] PAWEL OSTAPKOWICZ:** 'Leakage detection from liquid transmission pipelines using improved pressure wave technique'. *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2014; 16 (1): 9–16.
- [30] JIAN LI, SHILI CHEN, YU ZHANG, SHIJU JIN:** 'Cross-correlation Method for Online Pipeline Leakage Monitoring System' *State Key Laboratory of Precision Measuring Technology and Instruments Tianjin University Tianjin, P.R.China*

Annexes

Two Wire Gage/Absolute Pressure Transmitters

Model 811 FMG and 811 FMA

HAZARDOUS LOCATIONS

4-20mA, 2 WIRE

BULKHEAD MOUNTING



The Two Wire Factory Mutual Approved Models 811 FMA and 811 FMG transmitters have welded, stainless steel diaphragms for use with liquid, gas, or corrosive vapors. Both models have hermetically sealed, stainless steel cases which require no adjustments. These transducers are corrosion and shock resistant, as well as reverse polarity protected. The two wire 4-20mA output permits cable runs up to 10 miles long with high signal to noise ratio. Model 811 FMG utilizes SENSOTEC's proprietary "true gage" design. Both models are approved for outdoor hazardous Class 1, Division 1, Groups A, B, C and D; Class 2, Dust ignition proof Division 1, Groups E, F, and G; and Class 3. A dual pipe thread pressure filling is provided for easy bulkhead mounting.

Model 811 FMG (Gage): Order Code BP421
Model 811 FMA (Absolute): Order Code BP422

PERFORMANCE

Pressure Range	0-2 to 10,000 psi
Accuracy (min)	±0.25% F.S.
Non-linearity (max)	+0.15% F.S.
Hysteresis (max)	±0.10% F.S.
Non-repeatability (max)	±0.05% F.S.
Output (std)	4-20mA
Resolution	Infinite

ENVIRONMENTAL

Temperature, Operating	0° F to 180° F
Temperature, Compensated	60° F to 160° F
Temperature Effect	
- Zero (max)01% F.S./° F
- Span (max)01% Rdg./° F

ELECTRICAL

Strain Gage Type	Bonded foil
Excitation	15 to 40VDC
Insulation Resistance	5000 megohm @ 50VDC
Wiring Code (std)	#22 (See Pg. AP-8)
Electrical Termination (std)	1/2-14NPT male w/7/8" wrench flat, 20GA, 2 ft. cable wth case ground

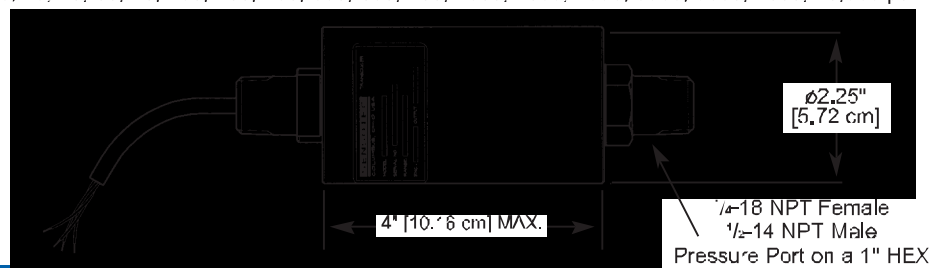
MECHANICAL

Media	Gas, Liquid
Overload-Safe	50% over capacity
Pressure Port	1/4-18NPT female 1/2-14NPT male w/1" Hex
Wetted Parts Material	17-4 PH Stainless
Type	Gage or Absolute
Case Material	Stainless steel

Dimensions

Available Ranges

2; 5; 10; 15; 25; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 500; 750; 1000; 1500; 2000; 3000; 5000; 7500; 10,000 psi



Options (See Appendix)

Wetted diaphragm 10a (25-1000 psi only)

Field Set-up of Transducer and Instrument

The most common method for quick field calibration is the "shunt calibration" technique. This method applies a known, accurate resistance across one leg of the transducer, which simulates an actual physical stimulus when one is not present. Upon application of this resistance, the output of the transducer changes exactly as it would if a known pressure or load were applied.

In performing shunt calibration, the transducer should have no pressure or load applied, so that it is at "zero" initially. The data instrument's ZERO control can then be adjusted to give a zero output on its indicator, or a zero voltage on its output terminals. (In the case of 4-20 milliampere outputs, this value would be a 4 milliamperes.) The shunt calibration circuitry may then be activated by use of the front-panel SHUNT CAL button. A step change in amplifier output or reading will occur. If the amount of the step change does not agree with the expected change as indicated by the Transducer Calibration Data sheet, adjust the SPAN or GAIN control until it does. This will insure that the amplification given by the data device will be correct, so that an actual stimulus will give correct readings.

It is advisable to recheck the zero when the shunt calibration resistance is removed, since there may be some interaction if the GAIN or SPAN control adjustments were large.

Strain gage transducers with internal amplifiers usually have a shunt calibration resistor installed. The shunt calibration resistor may be activated by interconnecting two terminals on the connector. The wiring code section of the Transducer Calibration Data sheet will indicate which terminals are to be interconnected to activate the shunt calibration. For current output units (4-20 milliamperes), several full cycles of adjusting the ZERO and SPAN controls may be required, since these controls interact greatly in such units.

Shown is a typical Transducer Calibration Data sheet. This sheet will be used as an example to illustrate the setup procedure for both unamplified transducers, as well as instruments with an amplified output. The calibration record for amplified transducers includes the "amplified" shunt cal value so no calculation is required.

Calibration
Data Sheet

SENSOTEC
2080 ARLINGGATE LANE • COLUMBIUS, OHIO 43025 (614) 391-3400
INTERNET URL: <http://www.sensotec.com>

CERTIFICATE OF CALIBRATION

MODEL: TJE/9278-03TJD	CAPACITY: 30 PSID PRESSURE
SERIAL NUMBER: 597642	CALIBRATED AT: 30 PSID
CALIBRATION DATE: Dec 03/1998	EXCITATION: 10.0 VOLTS
INPUT RESISTANCE: 358 Ω	CALIBRATION FACTOR: 2.0065 MV/V
OUTPUT RESISTANCE: 352 Ω	SHUNT RESISTOR: 59KΩ
LEAKAGE: ∞	SHUNT CAL FACTOR: 1.5090 MV/V

WIRING CODE

UNAMPLIFIED	
PIN	DESIGNATION
A	(+) EXCITATION
B	(+) SIGNATURE
C	(-) EXCITATION
D	(-) SIGNATURE
E	(-) OUTPUT
F	(+) OUTPUT

Accepted and Certified by: *Michael A. Stanley*
Date Printed: 6/2/1999

Step-by-Step Procedure for Shunt Cal

1. Make all required connections between the transducer and the instrument.
2. Apply power and allow 10 to 20 minutes for stabilization.
3. Turn the ZERO adjustment so that the indicator reads zero. (If you are working with a PSIA transducer, the transducer must be evacuated to get zero. However, the unit can be shunt calibrated at atmosphere, and the atmospheric reading added to the shunt calibration reading.)
4. From the Transducer Calibration Data sheet, obtain the transducer full scale output in millivolts per volt, and the shunt calibration output in millivolts per volt.
5. Select and perform the proper calculation from the discussion below.
6. Depress the SHUNT CAL switch and turn the SPAN or GAIN adjustment to obtain the value calculated in step 5.

Unamplified Transducers

Transducers with millivolt outputs usually do not have internal shunt calibration circuitry, but the effect of a known shunt calibration resistor being connected across the leads will be noted on the Transducer Calibration Data sheet. To determine the output of an unamplified transducer under shunt calibration conditions, perform the following calculation:

$$\text{(Shunt Cal Value in mv/v)} \times \text{Excitation Voltage} = \text{Output Voltage}$$

Substituting the values from the sample Transducer Calibration Data sheet into the above equation provides the following:

$$(1.4848 \text{ mv/v}) \times (10 \text{ V}) = 14.848 \text{ millivolts}$$

Instrument with 0 to 5 Volt Output

Consider next an amplified transducer with a 0 to 5 volt output, or an instrument which has been factory calibrated with a transducer. Determining the output under shunt calibration conditions is done with the following equation:

$$\frac{\text{Shunt Cal Output in mv/v}}{\text{Full-Scale Output in mv/v}} \times \text{Full-Scale Output} = \text{Output Voltage}$$

Using the same data sheet as before, and assuming an amplified transducer with a 5 volt full scale provides:

$$\frac{(1.4848 \text{ mv/v})}{(3.0057 \text{ mv/v})} \times 5 \text{ volts} = 2.469 \text{ volts}$$

Instrument with 4-20 Milliampere Output

Consider next the case of a 4-20 milliampere output from an amplified transducer. Notice that this represents a span of 16 milliamperes, offset upward by 4 milliamperes. To calculate the shunt cal output, use the following equation:

$$\frac{\text{Shunt Cal Output in mv/v}}{\text{Full-Scale Output in mv/v}} \times 16 \text{ ma.} + 4 \text{ ma.} = \text{Output Current}$$

Using the same data sheet again, and assuming a 4-20 ma. case,

$$\frac{(1.4848 \text{ mv/v})}{(3.0057 \text{ mv/v})} \times 16 \text{ ma.} + 4 \text{ ma.} = 11.904 \text{ ma.}$$

Instrument Display

The following equation applies to instruments with a display:

$$\frac{\text{Shunt Cal Output in mv/v}}{\text{Full-Scale Output in mv/v}} \times \frac{\text{Full-Scale Display Value}}{\text{Value}} = \frac{\text{Shunt Cal Display Value}}{\text{Value}}$$

Since the transducer shown on the Transducer Calibration Data sheet is a 1,000-pound unit, the display should read:

$$\frac{(1.4848 \text{ mv/v})}{(3.0057 \text{ mv/v})} \times 1,000 \text{ lbs.} = 494 \text{ lbs.}$$

SENSOTEC Wiring Codes

STANDARD WIRING CODES

		Standard Cable	Standard Connector	Submersible Cable
	Unamplified – no shunt cal.			
	– no shunt cal.	#1	#2	#3
	– with shunt cal. (50%)*	#4	#5	#6
	– with sense leads	#7	#8	#9
OPTION 2c	Voltage amp. (Vehicle powered) 0-5 VDC with 11-28 VDC supply @ 25mA			
	– with shunt cal. (80%)*	#14	#15	#16
OPTION 2t	Voltage amp. 0-10 VDC with 15-28 VDC supply @ 40mA			
	– with shunt cal. (80%)*	#46	#47	#48
OPTION 2j	Current amp. (3-wire, 4-20mA) with 22-32 VDC supply @ 65mA			
	– no shunt cal.	#17	#29	#18
	– with shunt cal. (75%)*	#19	#20	#21
OPTION 2k	Current amp. (2-wire, 4-20mA), Not FM approved			
	– no shunt cal.	#22	#23	S
OPTION 2n (2N)	Current amp. (2-wire, 4-20mA), FM approved			
	– no shunt cal**	#22	#23	S

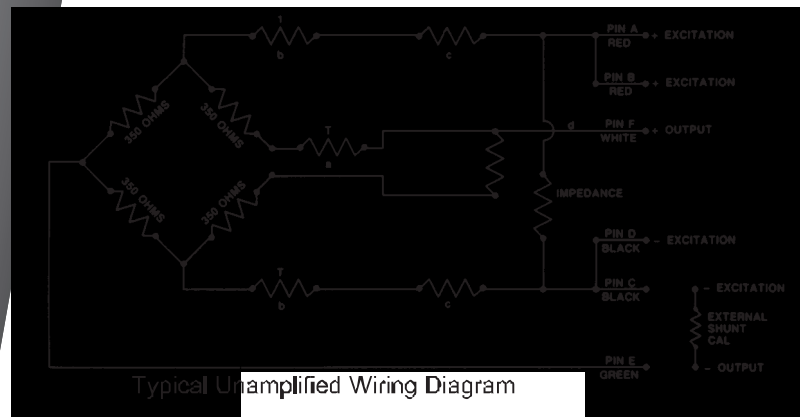
* Interconnecting shunt cal. 1 terminal with shunt cal. 2 terminal (see wiring code) provides 50% (unamplified units) or 75% (4-20mA 3 wire only), .80% (voltage amp) of full scale output for quick calibration.

** Relay buffered shunt cal is optional consult Sensotec.

S Special (consult factory)

DEFINITIONS

- Supply:** Positive lead of source (power supply) used to drive amplified transducer.
- Supply Return:** Negative lead of source (power supply) used to drive amplified transducer.
- + **Output or Output:** Signal side of output.
- **Output or Output Return:** Reference side of output signal.
- Supply Common:** Center terminal if bipolar supplies (i.e. $\pm 15\text{VDC}$) are used.
- + **Excitation:** Positive lead of source (power supply) used to drive unamplified transducer.
- **Excitation:** Negative lead of source (power supply) used to drive unamplified transducer.
- + **Sense:** Positive lead used for sensing bridge excitation with long cables.
- **Sense:** Negative lead used for sensing bridge excitation with long cables.



- a - Zero temperature compensation resistor
- b - Span temperature compensation resistors
- c - Trim resistors for output standardization
- d - Zero balance trim resistors

- #1 Cable/Unamplified**
 Red (+) Excitation
 Black (-) Excitation
 Green (-) Output
 White (+) Output
- #2 Connector/Unamplified**
 A & B (+) Excitation
 C & D (-) Excitation
 E (-) Output
 F (+) Output
- #3 Cable/Unamplified/Submersible**
 Red (+) Excitation
 Brown (-) Excitation
 Yellow (-) Output
 Orange (+) Output
- #4 Cable/Unamplified/Int. Shunt Cal**
 Red (+) Excitation
 Black (-) Excitation
 Green (-) Output
 White (+) Output
 Blue Shunt Cal 1*
 Brown Shunt Cal 2*
- #5 Connector/Unamplified/Int. Shunt Cal**
 A (+) Excitation
 B (-) Excitation
 C (+) Output
 D (-) Output
 E Shunt Cal 1*
 F Shunt Cal 2*
- #6 Cable/Unamplified/Int. Shunt Cal/ Submersible**
 Red (+) Excitation
 Blue (-) Excitation
 Orange (+) Output
 Green (-) Output
 Brown Shunt Cal 1*
 Yellow Shunt Cal 2*
- #7 Cable/Unamplified/Sense Leads**
 Red (+) Excitation
 Black (-) Excitation
 Green (-) Output
 White (+) Output
 Blue (-) Sense
 Brown (+) Sense
- #8 Connector/Unamplified/Sense Leads**
 A (+) Excitation
 B (+) Sense
 C (-) Excitation
 D (-) Sense
 E (-) Output
 F (+) Output
- #9 Cable/Unamplified/Sense/Leads/Submersible**
 Red (+) Excitation
 Blue (-) Excitation
 Orange (+) Output
 Green (-) Output
 Brown (+) Sense
 Yellow (-) Sense
- #10 Cable/Voltage (+/-5VDC Output with +/-15VDC supply) /Submersible**

+/-15VDC Supply	Wire
(+) Supply (+15VDC)	Red
(-) Supply (-15VDC)	Orange
(+) Output (+/-5VDC)	Yellow
(-) Output/Supply Com.	Brown
- #11 Cable/Voltage (+/-5VDC Output with +/-15VDC supply) /Int. Shunt Cal**

+/-15VDC Supply	Wire
(+) Supply (+15VDC)	Red
(-) Supply (-15VDC)	Black
(-) Output/Supply com.	Green
(+) Output (+/-5VDC)	White
Shunt cal 1*	Blue
Shunt cal 2*	Brown
- #12 Connector/Voltage (+/-5VDC Output with +/-15VDC) /Int. Shunt Cal**

+/-15VDC Supply	Pin
(+) Supply (+15VDC)	A
(-) Output/Supply com.	B
(-) Supply (-15VDC)	C
(+) Output (+/-5VDC)	D
Shunt cal 1*	E
Shunt cal 2*	F
- #13 Cable/Voltage (+/-5VDC Output with +/-15VDC) /Int. Shunt Cal/Submersible**

+/-15VDC Supply	Wire
(+) Supply (+15VDC)	Red
(-) Supply (-15VDC)	Brown
(-) Output/Supply com.	Orange
(+) Output (+/-5VDC)	Green
Shunt cal 1*	Blue
Shunt cal 2*	Yellow
- #14 Cable/Vehicle Voltage 0-5VDC Supply/Internal Shunt Cal**
 Red (+) Supply (+11-26VDC)
 Black, Green Output Common/Supply Return (Internal Connection)
 White (+) Output (0-5VDC)
 Blue Shunt Cal 1*
 Brown Shunt Cal 2*
- #15 Connector/Vehicle Voltage 0-5VDC w/11-26VDC Supply/Internal Shunt Cal**
 A (+) Supply (+11-26VDC)
 B, C Output Common/Supply Return (Internal Connection)
 D (+) Output (0-5VDC)
 E Shunt Cal 1*
 F Shunt Cal 2*
- #16 Cable/Vehicle Voltage 0-5VDC w/11-26VDC Supply/Internal Shunt Cal/Submersible**
 Red (+) Supply (+11-26VDC)
 Brown, Orange Output Common/Supply Return (Internal Connection)
 Green (+) Output (0-5VDC)
 Blue Shunt Cal 1*
 Yellow Shunt Cal 2*
- #17 Cable/3 wire current**
 Red (+) Supply
 Black Output common/
 Green Supply return (Internal Connection)
 White (+) Output
- #18 Cable/3 wire current, 4-20mA/Submersible**
 Red (+) Supply
 Brown, Output common/
 Yellow Supply return (Internal Connection)
 Green for outputs
 Orange (+) Output (4-20mA)
- #19 Cable/3 wire current, 4-20mA/Shunt Cal**
 Red (+) Supply
 Black, Output common/
 Green Supply return (Internal Connection)
 White (+) Output (4-20mA)
 Blue Shunt Cal 1*
 Brown Shunt Cal 2*
- #20 Connector/3 wire current, 4-20mA/Shunt Cal**
 A (+) Supply
 B, C Output common/Supply return (Internal connection)
 D (+) Output (4-20mA)
 E Shunt Cal 1*
 F Shunt Cal 2*

**#21 Cable/3 wire current, 4-20mA/
Int. Shunt Cal/Submersible**
 Red (+) Supply
 Brown, Output common/
 Green Supply return (Internal Connection)
 Orange (+) Output (4-20mA)
 Blue Shunt Cal 1*
 Yellow Shunt Cal 2*

#22 Cable/2 wire current, 4-20mA
 Red (+) Supply
 Black (+) Output (4-20mA)
 White Case Ground

#23 Connector/2 wire current, 4-20mA
 A (+) Supply
 B, C & F No Connection
 D (+) Output (4-20mA)
 E Case Ground

**#24 Cable/Frequency Output/
Internal Shunt Cal**
 Red (+) Supply
 Black, Output common/
 Green Supply return (Internal Connection)
 White (+) Output
 Blue Shunt Cal 1*
 Brown Shunt Cal 2*

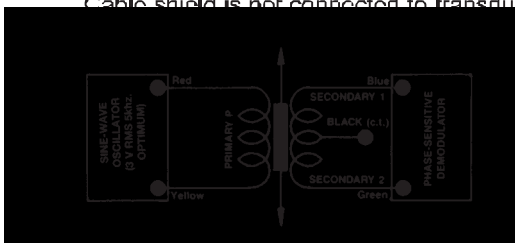
**#25 Connector/Frequency Output/
Internal Shunt Cal**
 A (+) Supply
 B, C Output common/Supply return
 (Internal Connection)
 D (+) Output
 E Shunt Cal 1*
 F Shunt Cal 2*



#28 Consult Sensotec

#29 Connector/3 wire current, 4-20mA/w/22-32VDC Supply
 A (+) Supply (+22-32VDC)
 B, C Output common/Supply return
 (Internal Connection)
 D (+) Output (4-20mA)
 E & F No Connection

#30 AC/AC LVDT
 Red Supply (Calibrated @ 3V RMS 5 KHz)
 Yellow Supply return
 Blue Output
 Green Output return
 Black Secondary Center Tap (normally not connected)
 Cable shield is not connected to transducer.



**#31 DC/DC LVDT (single power supply)
Reverse polarity protected w/voltage regulator**

Dual Supply
 Red +12 to +20V input
 Blue -12 to -20V input
 Black OV common

Single Supply
 Red +24 to 40V input
 Blue Supply negative

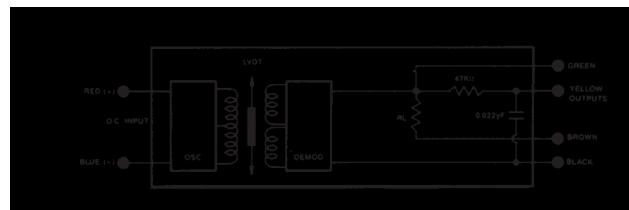
Outputs
 Yellow 0-5-10 Volt
 Green ±5 VDC

* Must be floating output common = 1/2 supply voltage

#32 DC/DC LVDT (single power supply) without reverse polarity protection or voltage regulation

Red (+) Supply (+6 to +12VDC)
 Blue Supply return
 Yellow Note: See below
 Green for outputs
 Black
 Brown

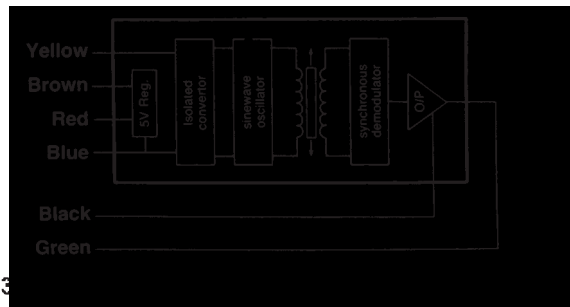
- Short Black and Brown for internal 10,000 ohm load
- Filtered output - Yellow and Black/Brown
- Unfiltered output - Green and Black/Brown



**#35 DC/DC LVDT (single power supply)
Reverse polarity protected w/voltage regulator**

Yellow +5V, Regulated Input
 Brown +5V, Regulated Output
 Red +6V to 18V, Unregulated
 Blue OV, supply common/ground
 Black Output (lo)
 Green Output (hi)
 Shield Connect to Instrument ground

Link the Yellow and Brown wires together when using the +6V/+18V, Input Option. Ensure the Red and Brown wires are disconnected when using the 5V. The D.C. Output signal is electrically isolated from the Input voltage.



#3
 1 + Supply
 2 + Output
 3 N/C
 Case Ground

- #37 Connector/Unamplified**
 1 + Excitation
 2 + Output
 3 - Output
 - Excitation
- #38 Connector/Voltage**
 1 + Supply
 2 + Output
 3 Supply/Output Common
 N/C to Case
- #39 Connector/Unamplified**
 A + Excitation
 B + Output
 C - Output
 D - Excitation
- #40 Unamplified, 6 pin Connector with Signature Module**
 A (+) Excitation
 B (+) Signature
 C (-) Excitation
 D (-) Signature
 E (-) Output
 F (+) Output
- #41 Unamplified, 6 Conductor for Signature Module**
 Red (+) Excitation
 Black (-) Excitation
 Green (-) Output
 White (+) Output
 Blue (-) Signature (Memory -)
 Brown (+) Signature (Memory +)
- #44 Cable, 4-20mA out**
 Red (+) Supply
 Black (+) Output (4-20mA)
 White Case Ground
- #45 Unamplified, 6 pin header for coil connections on LVDT**
 1 & 6 Primary Coil
 2 & 5 Secondary Coils
 3 or 4 Secondary Centre Tap (whichever is longer)
- #46 Vehicle amplifier 0-10VDC**
 Red (+) Supply
 Black Supply return
 Green (-) Output
 White (+) Output (0-10VDC)
 Blue Shunt Cal 1
 Brown Shunt Cal 2
- #47 Vehicle amplifier 0-10VDC**
 A (+) Supply
 B (-) Output
 C Supply return
 D (+) Output (0-10VDC)
 E Shunt Cal 1
 F Shunt Cal 2
- #48 Vehicle amplifier 0-10VDC/
 Submersible Cable**
 Red (+) Supply
 Brown (-) Output
 Orange Supply return
 Green (+) Output (0-10VDC)
 Blue Shunt Cal 1
 Yellow Shunt Cal 2
- #49 FP2000, current output, Bendix connector**
 A (+) Supply 9-28VDC (red)
 B N/C
 C N/C
 D (+) Output 4-20 (black)
 E N/C
 F N/C
- #50 FP2000, voltage output, Bendix connector**
 A (+) Supply 9-28VDC (red)
 B (-) Supply return (black)
 C (-) Output (green)
 D (+) Output 0-5VDC (white)
 E N/C
 F N/C
- #51 FP2000, current output, cable exit**
 (+) Supply 9-28VDC (red)
 (-) Output 4-20 mA (black)
- #52 FP2000, voltage output, cable exit**
 (+) Supply 9-28VDC (red)
 Supply return (black)
 (-) 0VDC output (green)
 (+) 5VDC output (white)
- #53 FP2000, current output, I.S., DIN connector, opt 2N**
 1 (+) Supply
 2 (+) Output
 3 Case ground
- #54 FP2000 current output DIN connector, option 2p**
 1 + supply
 2 + output 4-20 mA
 3 No connection
 GND No connection
- #55 FP2000 current output DIN connector, option 2y with shunt cal.**
 1 + supply
 2 + output 4-20 mA
 3 N/C
 GND Shunt Cal
- #56 FP2000 voltage output pin conn opt. 2e/2f with shunt calibration**
 1 + supply
 2 + output 4-20 mA
 3 Supply ret/output
 GND Shunt Cal
- #57 FP2000 Millivolt output Bendix conn opt. 2u**
 A + excitation
 B - excitation
 C + output
 D - output
 E N/C
 F Shunt Cal
- #58 FP2000 current output Bendix conn opt. 2y**
 A + supply
 B N/C
 C N/C
 D + output (4-20mA)
 E N/C
 F Shunt Cal
- #59 FP2000 current output Bendix connector shunt cal opt. 2N IS**
 A + supply
 B N/C
 C N/C
 D + output (4-20mA)
 E Case ground
 F Shunt Cal
- #60 Voltage output with shunt cal Bendix conn. opts. 2e/2f**
 A + supply
 B - supply return
 C - output
 D + output
 E N/C
 F Shunt Cal
- #61 Current output with shunt cal & integral cable opt. 2y/6r**
 Red + supply
 Black + output
 Green Shunt Cal
- #62 Current output with shunt cal & integral cable opt. 2N IS/6r**
 Red + supply
 Black + output (4-20mA IS)
 Green Shunt
 White Case ground
- #63 Voltage output with shunt cal & integral cable opt. 2e/2f/6r**
 Red + supply
 Black - supply return
 Green Shunt Cal
 White + output
- #64 Current output 2N is with shunt cal & DIN connector**
 1 + supply
 2 + output (4-20mA)
 3 Case ground
 GMP Shunt Cal

Troubleshooting Guide

Unamplified Transducers

Symptom/Problem

No Output

Action/Troubleshooting

Verify correct wiring
 Verify excitation per calibration sheet.
 Make sure pressure, load, etc. is being applied.
 Check strain gage bridge for continuity per calibration sheet.

Erratic/Intermittent Output or Zero Drift

Check electrical connections for discontinuity or damage.
 Check for isolation resistance between bridge wiring and transducer body.
 Make sure pressure, load, etc. is constant.
 Check stability of excitation power supply.
 Check millivolt output with volt meter.
 Check for RFI/EMI interference.
 Make sure there are no rapid changes in temperature.

Incorrect Output

Check actual input and output resistance against calibration sheet data for possible change or open bridge.
 Check Zero offset to see if high.

High Zero Offset

Usually indicates transducer was overranged beyond specifications. Overranged transducers should be recalibrated.
 Check actual input and output resistance measurements against calibration sheet for possible changes or open bridge.
 Check for possible mechanical preload or damping on transducer body.

Amplified Transducers

Symptom/Problem

No Output

Action/Troubleshooting

Make sure power supply voltage meets transducer requirements.
 Check wiring connections and wiring code.
 Check transducer specifications for type of output provided (i.e. voltage, frequency, etc.)
 Make sure pressure, load, etc. is being applied.
 Make sure that the output load is not shorted.

Incorrect Zero Level

Check for pre-load on transducer.
 Adjust zero or balance control.
 For load cells check mounting fixture bias.
 For pressure transducers, check for orientation bias.

Erratic/Intermittent Output or Zero Drift

Make sure pressure, load, etc. is constant.
 Make sure power supply remains within specifications.
 Check for RFI interference.
 Make sure there are no rapid changes in temperature.
 Check electrical connections for discontinuity or damage.
 Check output with volt meter.
 Check for insulation resistance between amplifier wiring and transducer shell.

Incorrect Output

Check "shunt" calibration output value against calibration sheet and adjust span control per instructions.
 Verify that transducer is being operated within its temperature compensated range.
 Check transducer range on label.
 Check for insulation resistance between amplifier wiring and transducer shell.

Transducers with Instrument Readout

Symptom/Problem

Erratic Display

No Display/No Output Voltage

Action/Troubleshooting

Check electrical connections for continuity and wiring code for pin layout.

Blinking Display

Check powerline fuse per instrument instructions.

Incorrect Readout Value

Indicated overload; make sure wires are all connected, and transducer is within its range.

Check transducer range on label.
 Verify that system was set-up per instructions. Review set-up procedure.
 Refer to transducer troubleshooting guide and verify that transducer operates properly.
 Use Shunt-Cal to verify calibration.

Annexe 2

TUBES EN PEHD Pour EAU

DOMAINE D'UTILISATION :

- *Branchement d'alimentation*
- *Réseaux enterrés d'adduction d'eau potable.*
- *Alimentations en eaux.*
- *Installations industrielles et gainage pour la télécommunication (fibre optique).*
- *Réseaux spécifiques d'assainissement, évacuation des hôpitaux et laboratoires.....*
- *Transport de liquides sous pression (réseaux publics, privés ou industriels)*

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES :

Caractéristiques et méthodes d'essais	Spécifications
<i>Caractéristiques Dimensionnelles</i>	<i>PE 100</i>
	<i>Selon la norme :</i>
	<i>NA 7700</i>
<i>Indice de fluidité à 190°C-5Kg (g/10min)</i>	<i>0,2 à 0,3 g/10 min</i>
<i>NA 357 / ISO 1113</i>	
<i>Masse volumique</i>	<i>≥ 956Kg/m³</i>
<i>NA 7603 / ISO 1183</i>	
<i>Caractéristiques en traction</i>	<i>σ_e ≥ 19MPa</i>
<i>NA 7701 / ISO 6259</i>	<i>ε_r ≥ 400%</i>
<i>Retrait à chaud</i>	<i>≤ 3%</i>
<i>NA 7615 / ISO 2505</i>	<i>Aspect conservé</i>
<i>Résistance à la pression hydraulique</i>	<i>Pression d'essai : 2 σ_e/d-e</i>
<i>NA 7517 / ISO 1167</i>	<i>à 20°C σ = 12 MPa</i>
<i>Stabilité à l'oxydation à 210°C</i>	<i>à 80°C σ = 5,5 MPa</i>
<i>NA 7705 ISO 10837</i>	<i>t ≥ 20 min</i>
<i>Dispersion du noir de carbone</i>	<i>La note ≤ 3</i>
<i>NA 7601/ ISO 11420</i>	
<i>Teneur en noir de carbone</i>	<i>≤ 3%</i>
<i>NA 7665 / ISO 6964</i>	
<i>Teneur en matières volatiles</i>	<i>≤ 350 mg/kg</i>
<i>NA 7715 / ISO 1269</i>	
<i>Coefficient de rugosité</i>	<i>K=0.020 mm</i>

Résumé

Dans le cadre de ce travail, nous avons pensé à remédier au problème de détection du bruit de l'environnement et au trafic routier qui est détecté par la majorité des détecteurs acoustiques et vibratoires utilisés et qui provoque généralement des fausses alarmes nuisibles sur les infrastructures par l'utilisation de transmetteurs de pression. Ces derniers ont l'avantage d'être très précis, et leurs informations ne sont pas influencées par les bruits de l'environnement. A cette fin, nous avons conçu une nouvelle conduite prototype en PEHD de 100 mètres de longueur et 40mm de diamètre sur laquelle nos transducteurs sont installés ainsi qu'un système d'acquisition basé essentiellement sur une carte d'acquisition de recherche professionnelle DSPACE modèle MicroLabBox. On a opté pour un filtrage adaptatif (Filtre de Kalman) présentant un meilleur rapport signal sur bruit par rapport au filtrage par ondelette, filtre Wiener ainsi que le filtre de Savistky-Golay (S.G). Nous avons utilisé deux moyens de localisation de l'endroit de la fuite par rapport à l'un des transducteurs. La validation de la technique de détection et de localisation est confirmée par des positions connues au préalable.

Abstract

As part of this work, we thought of remedying the problem of detecting environmental noise and road traffic which is detected by the majority of acoustic and vibration detectors used and which generally causes harmful false alarms on infrastructures by the use of pressure transmitters. These have the advantage of being very precise, and their information is not influenced by environmental noise. To this end, we have designed a new HDPE prototype pipe 100 meters long and 40mm in diameter on which our transducers are installed, as well as an acquisition system based essentially on a DSPACE professional research acquisition card, MicroLabBox model. . We opted for an adaptive filtering (Kalman filter) presenting a better signal-to-noise ratio compared to wavelet filtering, Wiener filter as well as the Savistky-Golay (S.G) filter. We used two means of locating the location of the leak relative to one of the transducers. The validation of the detection and localization technique is confirmed by previously known positions.

ملخص

في إطار هذه المنكرة، فكرنا في معالجة مشكلة الكشف عن التسريبات في قنوات المياه حيث أن الأجهزة المستعملة في جميع أنحاء العالم تعتمد على تحليل الإشارات الصوتية الملتقطة بمستشعرات صوتية و التي في معظم الحالات تلتقط الإشارات الصادرة عن الأعمال اليومية وحركة المرور على الطرق والتي تسبب عموماً إنذارات كاذبة ضارة بأبنى التحتية باستخدام أجهزة إرسال الضغط. هذه لها ميزة كونها دقيقة للغاية ، ولا تتأثر معلوماتها بالضوضاء البيئية، تحقيقاً لهذه الغاية ، قمنا بتصميم أنبوب نموذج أولي جديد من PEHD عالي الكثافة بطول 100 متر وقطر 40 مم تم تركيب مستشعرات الضغط على الأنبوب ، بالإضافة إلى نظام احترافي للتلقط الإشارات DSPACE، نموذج MicroLabBox اخترنا مرشحاً متكيفاً (مرشح كالمان) يقدم نسبة إشارة إلى ضوضاء أفضل مقارنةً بالمرشح الموجي ، ومرشح وينر. وكذلك مرشح Savistky-Golay (S.G) استخدمنا وسيلتين لتحديد موقع التسرب بالنسبة إلى أحد مستشعرات الضغط. يتم تأكيد التحقق من صحة تقنية الكشف والتوطين من خلال المواضع المعروفة سابقاً.