

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique  
Département d'Electronique

**Mémoire de Fin d'Etude de  
MASTER ACADEMIQUE** domaine  
: Sciences et technologies Filière :  
Génie électrique  
Spécialité : Microélectronique

*Présenté par :*

**LATEB Meziane  
MENAOUUM Zahir**

Thème

**Etude et simulation d'une chaine d'acquisition pour  
un signal sismique (prospection sismique)**

---

**LIEU DE STAGE :** Entreprise national de Géophysique (ENAGEO)  
[Division Exploitation sismique, département électronique]

**Promoteur :**  
Mr. Rachid ZIRMI

**Encadreur :**  
Mr. Belhadi El Mekki

Soutenu le 30/09/2018, devant le jury composé de:

Mme. SIDI SAID. D    président du jury

Mr. HAMEG.B        member du jury

Promotion 2017/2018

**E.NA.GEO** : Entreprise National de Géophysique

**SWEEP** : Une gamme de fréquence désirée pendant un certain temps

**Fem** : Générateur

**V<sub>analog</sub>** : La tension analogique

**E /B** : Echantillonneur-Bloqueur

**T<sub>ech</sub>** : La période d'échantillonnage

**LSB** : Less Significant Bit

**CAN** : Un convertisseur analogique numérique, Analog to Digital Converter en anglais

**V<sub>num</sub>** : La tension numérique

**TEB** : Error bits rate(nombre de bits erronés)

**SAR** : Successive Approximation Register

**MSB** : Most Significant Bit

**LSB** : Least Significant Bit

## Chapitre I

- Fig I.1.1.** La prospection sismique (pétrolière)
- Fig I.1.2.** Schéma explicatif de la vibro-sismique
- Fig I.1.3.** Géophone
- Fig I.1.4.** Composition et principe du géophone
- Fig I.1.5.** Schéma explicatif de tension induit alternative
- Fig I.1.6.** Loi de Lenz
- Fig I.2.1.** Schéma d'un signal analogique
- Fig I.2.2.** Schéma d'un signal numérique
- Fig I.2.3.** Schéma d'une onde lumineuse
- Fig I.2.4.** Schéma caractéristique du signal acoustique
- Fig I.2.5.** Schéma d'un signal électrique périodique
- Fig I.2.6.** Schéma explicatif sur l'onde électromagnétique
- Fig I.2.7.** Schéma d'un signal sismique révélant l'utilisation d'explosif
- Fig I.3.1.** Schéma d'un Signal échantillonné
- Fig I.3.2.** Schéma explicatif sur la quantification
- Fig I.3.3.** Exemple d'un signal bruité
- Fig I.3.4.** Le tracé du la sortie numérique en fonction de l'entrée analogique

## Chapitre II

- Fig II.1.1** La chaine d'acquisition d'un signal analogique
- Fig II.2.1.** Exemple d'un amplificateur d'instrumentation AD620
- Fig II.2.2.** Schéma de premier étage d'amplification
- Fig II.2.3.** Un filtre quadripôle
- Fig II.2.4.** Filtre passe-bas de premier ordre
- Fig II.2.5.** Filtre d'ordre 2
- Fig II.2.6.** Largeur de bande passante
- Fig II.2.7.** Un filtre passe-bas analogique d'ordre 1 réalisé avec un circuit RC
- Fig II.2.8.** Un signal à l'entrée et à la sortie d'un filtre passe-bas
- Fig II.2.9.** Diagramme de Bode et phase d'un filtre passe-bas passif d'ordre 1
- Fig II.2.10.** Schéma d'un filtre passe-haut
- Fig II.2.11.** Diagramme de Bode du filtre passe-haut passif d'ordre 1
- Fig II.2.12.** Schéma d'un filtre passe-bande RLC

- Fig II.2.13.** Filtre passe-bas analogique réalisé avec circuit RC et montée avec AOP
- Fig II.2.14.** Filtre actif "passe-bas"
- Fig II.2.15.** Schéma très simplifié d'un amplificateur
- Fig. II.2.16.** Les amplificateurs opérationnels
- Fig II.2.17.** Schéma typique d'un amplificateur d'instrumentation
- Fig II.2.18.** Schéma d'un amplificateur d'instrumentation à 2 AOP
- Fig II.2.19.** Schéma typique d'un amplificateur d'instrumentation
- Fig. II.2.20.** (i) Signal analogique (ii) Signal échantillonné (iii) Puis quantifié
- Fig II.3.1.** Passage du MSB de '0' à '1' dans le cas d'un convertisseur unaire (a) et logarithmique (b)
- Fig II.3.2.** Exemple d'un flash 4 bits
- Fig II.3.3.** Exemple de fonctionnement d'un CAN SAR 5 bits
- Fig II.3.4.** Exemple d'un CAN pipeline 15-bits, avec une résolution de 3 bits par étage
- Fig II.3.5.** Principe de la modulation Sigma-Delta
- Fig II.3.6.** Schéma synoptique de convertisseur Flash à multiples étages
- Fig II.3.7.** Exemple de conversion analogique-numérique dans le cas d'un convertisseur ayant une résolution de 8 bits
- Fig II.3.8** Le gain en fonction de la fréquence
- Fig II.3.9.** L'erreur du gain

### **Chapitre III**

- Fig III.3.1.** Diagramme de simulation
- Fig III.3.2.** Vue générale du circuit sous simulateur
- Fig III.1.3.** Le circuit de pré-amplification
- Fig III.3.2.** Représentation des résultats du bloc de pré-amplification
- Fig III.3.5.** Vue ensemble la pré-amplification et les filtres
- Fig III.3.6.** Résultat de filtrage
- Fig III.3.7.** Vue d'ensemble montre la liaison entre les différents étages du circuit
- Fig III.3.8.** Illustration du signal de sortie amplifié et filtré
- Fig III.3.9.** Schéma du circuit contenant les trois premiers blocs
- Fig III.3.10.** Code source
- Fig III.3.11.** Vue de la face avant de l'interface d'affichage
- Fig III.3.12.** Signal obtenu après le test

Dans tous les domaines, grand public ou professionnel, électronique ou autre, les instruments de mesure font de plus en plus appel à du traitement numérique plutôt qu'analogique. Ce choix est souvent justifié par des avantages techniques bien connus aujourd'hui, tels qu'une grande stabilité des paramètres, une excellente reproductibilité des résultats et des fonctionnalités accrues. Mais surtout, l'avenir se charge alors d'apporter à la solution numérique des avantages économiques substantiels car le coût du numérique diminue d'une manière spectaculaire avec le temps.

Dans la plupart des cas, à une certaine échelle, le monde extérieur étant naturellement analogique, des convertisseurs analogiques numériques (CAN) sont chargés d'assurer l'interface entre le monde extérieur et le cœur numérique du matériel. La performance du signal traitant est généralement limitée par la précision du signal d'entrée analogique qui est réalisé à l'interface entre l'information numérique et analogique.

Les géophones sont des éléments sensibles à des ondes sismiques qu'ils transforment en grandeurs électriques (en général une tension). Ils sont souvent associés à une chaîne d'acquisition permettant à la grandeur mesurée d'être conditionnée afin que le signal de sortie (numérique) donne une estimation optimisée du signal d'entrée (analogique).

La chaîne d'acquisition a pour fonction de recueillir et transformer la grandeur à mesurer sous une forme adaptée à son exploitation, elle peut assurer plusieurs rôles par le tranchement de divers dispositifs. Le capteur (géophone), placé en tête de la chaîne d'acquisition, transforme le signal mesuré en signal électrique. Le circuit de conditionnement optimise les caractéristiques du signal de sortie du capteur (filtrage du bruit, amplification). Une conversion analogique numérique du signal peut également être faite afin de rendre la mesure exploitable par un ordinateur.

L'objectif de notre travail est de concevoir une chaîne d'acquisition d'un signal capté par un géophone. Les informations collectées par cette application peuvent aider à une bonne prospection sismique et pour bien visualiser les structures géologiques en profondeur grâce à l'analyse des échos d'onde sismique, Ce mémoire est organisé en trois chapitres. Dont :

Le premier Chapitre présente l'aspect de l'Entreprise National de la Géophysique (E.NA.GEO) et ces différentes tâches, ainsi la source du signal qu'on va traiter et ces multiples caractéristiques. Enfin, des généralités sur les étapes primordiales du traitement de ce signal.

Le deuxième décrit la chaîne d'acquisition, sur ses différents blocs, en introduisant quelques notions dans chaque étape, alors que le troisième chapitre constitue le cœur de notre travail il présente une architecture complète permettant la simulation puis le test de la carte

d'acquisition, en utilisant l'outil de CAO (Conception assisté par ordinateur). Enfin, on conclue notre travail par un aperçu des résultats obtenue lors des essais de simulation et de différentes analyses (domaine temporel et fréquentiel).

## **I. Généralités sur les activités de l'entreprise E.N.A.G.E.O**

### **I.1. présentation de l'entreprise**

L'entreprise nationale de géophysique est une entreprise Algérienne sise à la commune de Hassi-Messaoud, wilaya d'Ouargla, Acteur majeur de l'économie nationale et maillon important de la chaîne de l'exploitation pétrolière Algérien, Disposant d'un potentiel d'intervention important et doté d'équipements à la pointe de la technologie. Elle offre un large panel de service dans le domaine de l'exploitation sismique, pétrolier, et autres substances minérales, Parmi les services qu'elle offre :

- ✓ Etudes topographiques.
- ✓ Sismique réflexion.
- ✓ Sismique réfraction.
- ✓ Sismique de puits.
- ✓ Prospection électrique.
- ✓ Gravimétrie, magnétométrie.
- ✓ Forages hydrauliques.

### **I.2. Les activités de l'entreprise**

#### **I.2.1. Géophysique pétrolière**

**Sismique réflexion** : L'E.N.A.G.E.O possède une grande expérience dans le domaine de la recherche des hydrocarbures par sismiques réflexion et à son actif un grand nombre de puits, découverts dans la zone du désert algérien qui est devenu le terrain de référence de ces équipes.

**Sismique de puits** : Le VSP permet d'étudier la réponse sismique des formations géologiques traversées par un puits. Le traitement des données se fait sur site pour le contrôle de qualité.

#### **I.2.2. Traitements et interprétations des données**

L'ENAGEO dispose d'un centre de calcul situé à Ouled Fayet, Wilaya d'Alger doté d'équipements informatique lui permettant de répondre aux demandes de ses clients en matière de traitements de données. [1]

### I.3. Définition de la géophysique

La géophysique est une discipline importante des sciences de la terre. Elle concerne l'étude des caractéristiques physiques de la terre, en utilisant des techniques de mesures indirectes (gravimétrie, géomagnétisme, sismologie, à l'aide de valeur de référence, se propose en se basant sur les caractéristiques géologiques du domaine étudié, de valider un modèle mathématique issu de mesures faites sur le terrain. De ce fait, elle se trouve à la confluence de la géologie, de la physique, des mathématiques et de l'informatique.

### I.4. La prospection sismique

La prospection sismique est une méthode de prospection géophysique qui permet de visualiser les structures géologiques en profondeur grâce à l'analyse des échos d'ondes sismiques. Il ne faut pas la confondre avec la sismologie, qui est l'étude des ondes sismiques et des séismes pour eux-mêmes.

Les ondes sismiques étudiées peuvent avoir des causes naturelles (séisme) ou artificielles (camion vibreur, explosif, canon à air, etc.) Dans tous les cas, elles suivent les mêmes lois de propagation que les ondes lumineuses. Les trois grandes techniques de prospection sismique sont :

- ✓ La diagraphie acoustique.
- ✓ La sismique par réflexion.
- ✓ La sismique par réfraction.

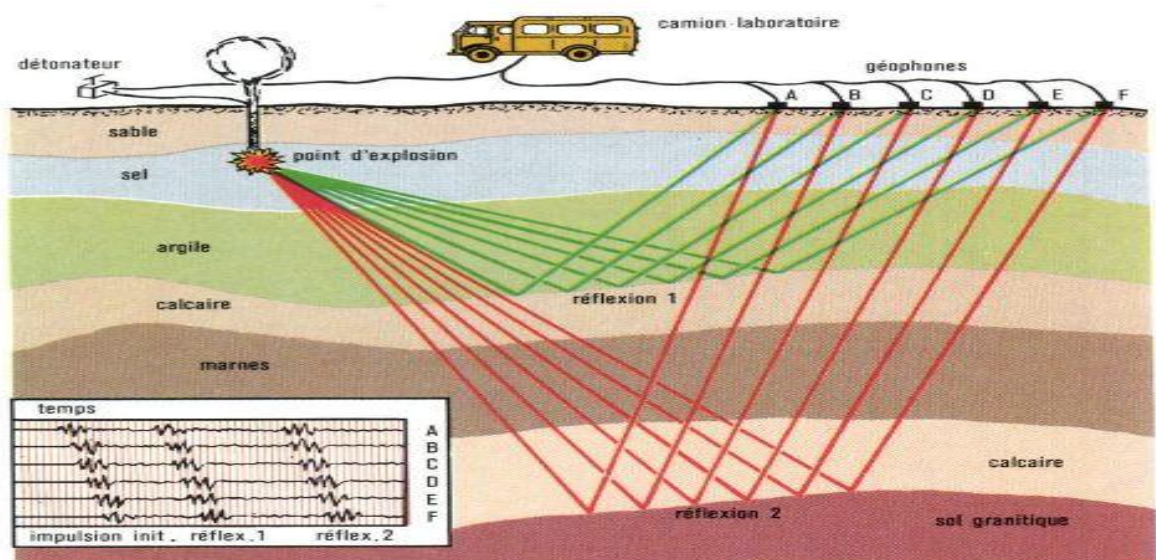


Fig I.1.1. La prospection sismique (pétrolière).

## I.5. Méthodes qu'emplois L'E.NA.GEO

### I.5.1. Méthodes sismiques

Utilisée en prospection pétrolière. La sismique de ce dernier est basée sur la mesure des échos issues de la propagation d'une onde dans le sous-sol. Selon le mode de propagation on parlera de sismique réflexion pour les ondes réfléchies et sismique réfraction pour les ondes transmises par l'interface géologique.

Dans ces méthodes, on provoque un ébranlement au contact de la surface, celui-ci crée un système d'ondes élastiques qui se propage dans le sol. Ces ondes se réfléchissent et se réfractent à chaque fois qu'elles rencontrent un milieu de nature différente. Ces ondes réfléchies nous informent sur la nature de sous-sol, ainsi pour recueillir ces informations en place en surface des capteurs appelés Géophones et toute une série d'équipements qui vont permettent d'accueillir la donnée sismique pour traitement ultérieur. La méthode sismique occupe une grande place dans le domaine de la prospection et ceci est dû à ces qualités.

### I.5.2. La vibro-sismique

Rappelons que notre objet est de déterminer avec le maximum de précision, la réponse impulsionnelle du sous-sol qui permettra de restituer sa structure. Dans cette méthode on transmet au sol une gamme de fréquence désirée pendant un certain temps « SWEEP » et ce en utilisant un engin appelé vibreur sur plusieurs endroits voisins.

On recueillera par la suite la somme des échos grâce aux géophones, on sait que  $s(t)$  est de la forme :

$$ss(tt) = hh(tt) * ee(tt)$$

$e(t)$  : est le Sweep.

Ainsi si l'on désire connaître l'interaction entre le sweep et la réponse du sous-sol  $s(t)$ , on doit corrélérer les deux signaux afin de les comparer.

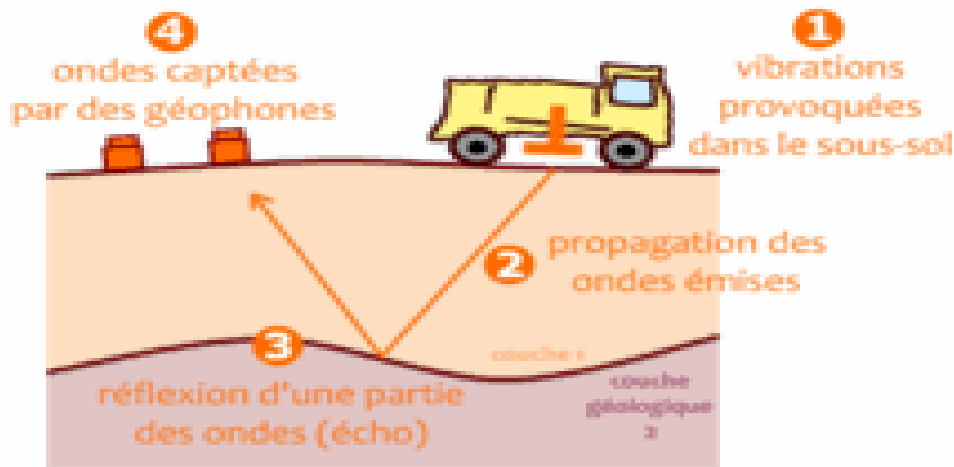
Il y a toute une chaîne de traitement à effectuer pour aboutir à l'enregistrement de la donnée sismique, qui sera par la suite interprétée par les géophysiciens. Cette chaîne est appelée chaîne d'acquisition, il existe sur le marché plusieurs systèmes de firmes différentes.

**NB/** L'auto corrélation est définie par :

$$\int xx(tt). xx(tt)$$

– ζ)

Elle est utilisée pour calculer l'énergie d'un signal avec ces versions retardées, elle est généralement utilisée pour mesurer la similarité entre deux signaux.



**Fig I.1.2.** Schéma explicatif de la vibro-sismique.

### I.5.3. L'échantillonnage d'un signal analogique

Puisque le matériel utilisé est de type digital donc le moindre signal traité par ce dernier doit être de type numérique, donc un signal analogique doit être automatiquement échantillonné et quantifié, en utilisant un convertisseur A/D. n'importe quel ADC prend la valeur du signal analogique a un moment « t », et le convertira en une valeur digital, ainsi il fera la même chose au moment t+1.

L'échantillonnage doit en revanche respecter le théorème de CHANON qui lui nous dit que la fréquence d'échantillonnage doit être supérieure ou égale à deux fois la fréquence MAX du signal lui-même, afin d'éviter les distorsions qui peuvent rendre difficile voir la restitution du signal original.

## I.6. Outil de réception du signal

### I.6.1. Le géophone

#### I.6.1.1. Définition

Un géophone est un capteur sismique appelé aussi un sismomètre, généralement de forme tubulaire, permettant l'enregistrement et la mesure du vecteur vitesse des vibrations sismiques au travers du sol. Le géophone JF-20DX est un capteur de courte période qui travail sur les hautes fréquences de 10 Hz, la est utilisé comme un sismographe.

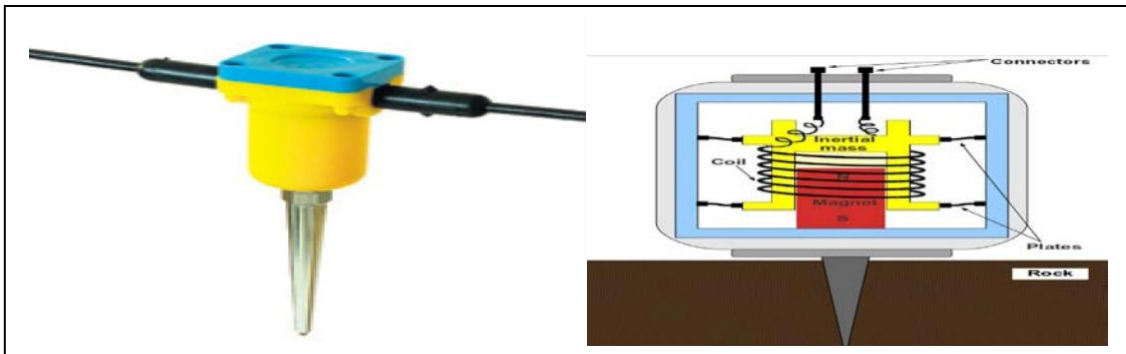


Fig I.1.3. Géophone.

### I.6.1.2 Composition et principe de mesure

La bobine appelée aussi « éléments » est reliée aux deux fils sortant du capuchon. Elle possède un fil fin enroulé et un aimant au centre. Doté d'une résistance de 395 Ohms placée en parallèle à la bobine.

Cette instrument convertit les mouvements (vibrations) du sol en tension, ce courant va être enregistré dans un ordinateur, son circuit analogique comprend le ressort et masse magnétique se déplaçant dans une bobine de fil en générant un signal électrique on l'appelle une réponse à aimant/bobine. [1]

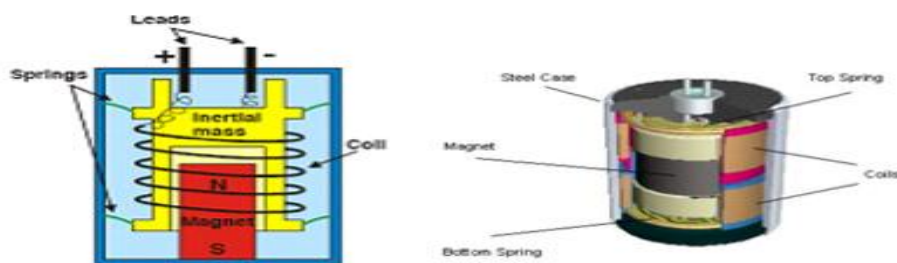


Fig I.1.4. Composition et principe du géophone.

Il est notamment utilisé par les géophysiciens, pour enregistrer les tremblements de terre, vibrations de machines, et dans l'industrie pétrolière. Le géophone enregistre les échos de vibrations produites par des matériels produisant des vibrations, des chocs violents, ou les vibrations produites par des camions-vibreurs, en complément des carottages exploratoires (ou d'autres données pour dresser les cartes des formations géologiques). Il n'est toutefois performant que dans la gamme des basses fréquences (4Hz-400Hz), ses performances se dégradant fortement dans les hautes fréquences. Des systèmes de correction existent, mais augmentent le coût du matériel.

### I.6.1.3. Principe de fonctionnement

Lorsque des ondes sismiques arrivent au sismomètre, la bobine légère et solidaire du sol, suit ces vibrations. Par l'inertie de la masse de l'aimant et des ressorts, a une vibration propre, qui est beaucoup plus lente que celle de la bobine. Ceci entraîne une variation du champ magnétique dans la bobine et génère un courant induit alternatif.

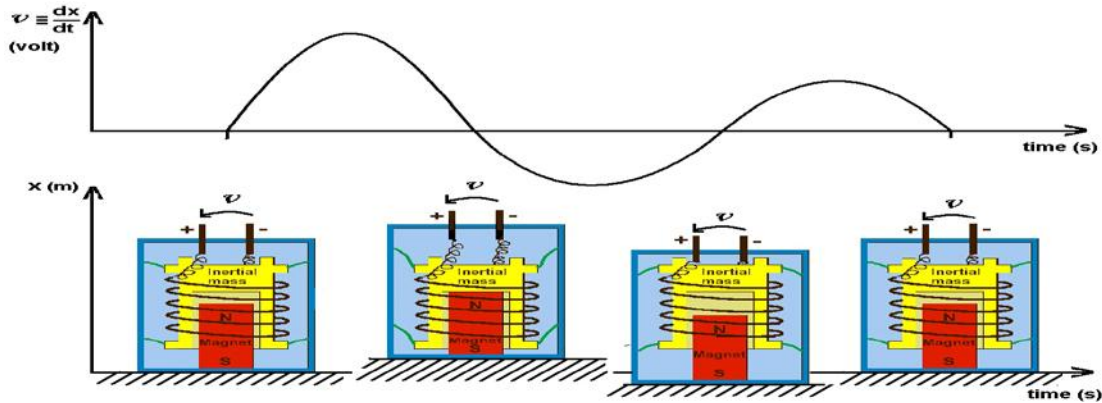


Fig I.1.5. Schéma explicatif de tension induit alternative.

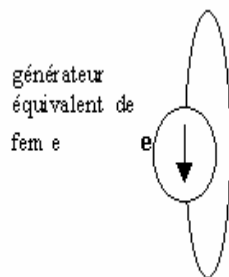
### I.6.1.4. Loi de Lenz

C'est un phénomène d'induction que en rapprochons l'aimant d'une bobine connectée sur un galvanomètre, on détecte un courant électrique crée par la bobine. Le sens de courant dépend de la façon dont on déplace l'aimant. Elle permet d'exprimer la force électromotrice qui apparaît aux bornes de la bobine, alors elle devient équivalente à un générateur, cette fem permet la circulation du courant dans le circuit lorsqu'il est refermé grâce au galvanomètre.

Soit  $\Phi$  le flux du vecteur champ magnétique  $B$  au travers d'une surface  $S$  :

$$\Phi = N \cdot B \cdot S$$

$N$  : nombre de spire



Loi quantitative de Lenz Faraday :

$$e = - d\Phi / dt$$

Cette relation traduit bien tous les phénomènes observés expérimentalement

Fig I.1.6. Loi de Lenz.

### I.6.1.5. Introduction sur l'état de l'art sur les signaux

Le numérique est plus récent, son développement est principalement dû aux ordinateurs et il prend de plus en plus de « parts de marché » de l'analogique. Ce chapitre explique les formes sous lesquelles peut se présenter les signaux analogique et numérique. Nous commencerons par donner la notion de l'analogique et le numérique comme deux procédés pour stocker des informations, puis parler sur l'élément nécessaire qui porte l'information qui s'appelle le signal.

## II. Les signaux

### II.1. Qu'est ce que un signal

Le mot signal vient du latin *signum* : signe : c'est la variation d'une grandeur physique de nature quelconque porteuse d'information. Les signaux sont des grandeurs physiques variant en fonction du temps  $x(t)$  obtenues à l'aide de capteur. Le traitement du signal s'applique à tous les signaux physiques (onde acoustique, signal optique, signal magnétique, signal radioélectrique, etc.). Le traitement d'image peut être considéré comme une extension du traitement du signal aux signaux bidimensionnels (images). Un signal est donc la représentation physique de l'information transportée d'une source à une destinataire. [2]

### II.2. Un signal analogique

Est un signal continu qui peut prendre une infinité de valeurs, alors que le signal numérique est un signal discret (discontinu), qui se résume en une succession de « 0 » et de « 1 ».

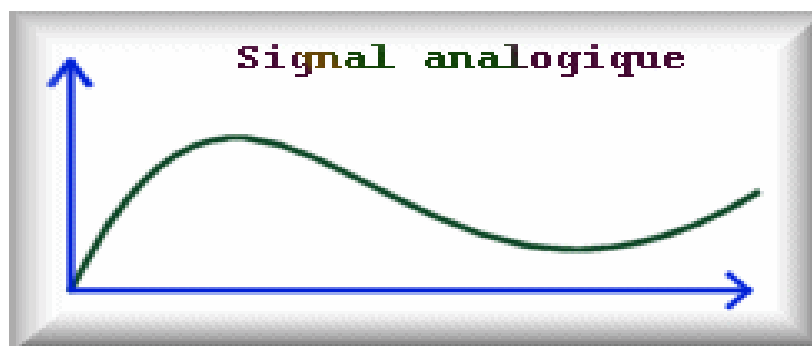


Fig I.2.1. Schéma d'un signal analogique.

### II.3. Un Signal numérique

Est un signal analogique constitué de deux niveaux possibles (par exemple " 0 " = 0v et " 1 " = 5v) et lorsque le signal analogique s'éloigne de ces deux tensions cela n'est pas grave car tous signal proche de 0v sera considéré comme = " 0 " et tout signal proche de 5v sera = " 1 " avec un seuil de tension entre les deux d'où une immunité exceptionnelle contre les parasites et une facilité exemplaire à faire des copies parfaites de ce type de signal. [2]

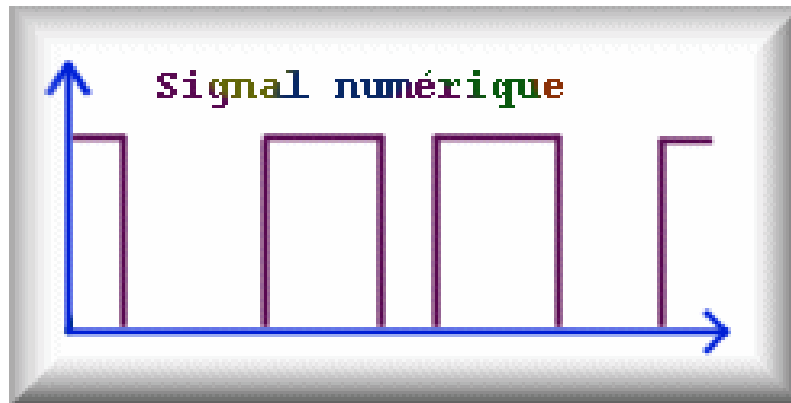


Fig I.2.2. Schéma d'un signal numérique.

### II.4. Les différents types de signaux

#### II.4.1. Le signal lumineux

Qu'ils soient visibles ou invisible. Ils sont des ondes électromagnétiques qui se propagent très rapidement même si leur vitesse dépend du milieu. Le phénomène de réflexion permet d'utiliser la lumière pour mesurer la vitesse des distances autrement inaccessible à partir des capteurs spécifiques.

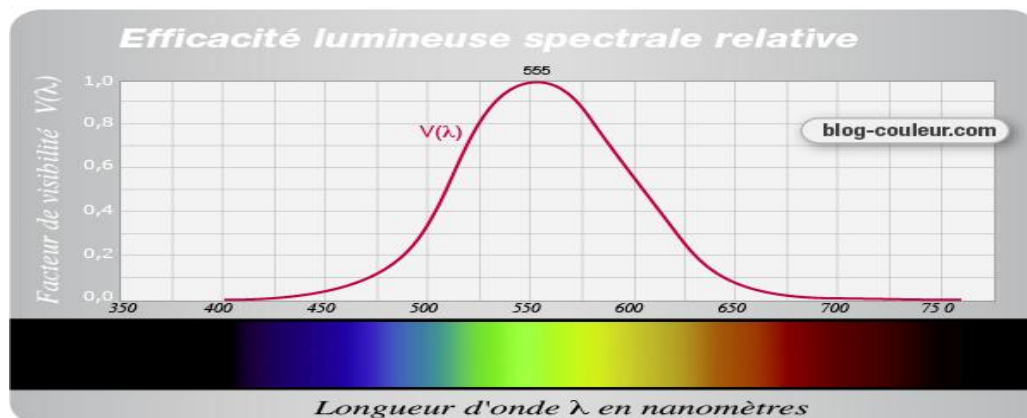


Fig I.2.3. Schéma d'une onde lumineuse.

## II.4.2. Le signal acoustique

C'est un signal analogique, il est représentatif de l'onde sonore, il est capté par un capteur acoustique et si la vibration est une onde sinusoïdale alors le signal est sinusoïdal. La grandeur physique responsable des variations du signal acoustique est bien sûr l'intensité de l'onde sonore. La grandeur physique responsable des variations du signal acoustique est bien sûr l'intensité de l'onde sonore, L'analyse d'un signal acoustique nous fournit d'une part une multitude d'indications sur la composition et la nature d'une onde sonore et d'autre part elle nous renseigne sur les performances que doivent présenter les différents éléments composant la chaîne électronique ou acoustique.

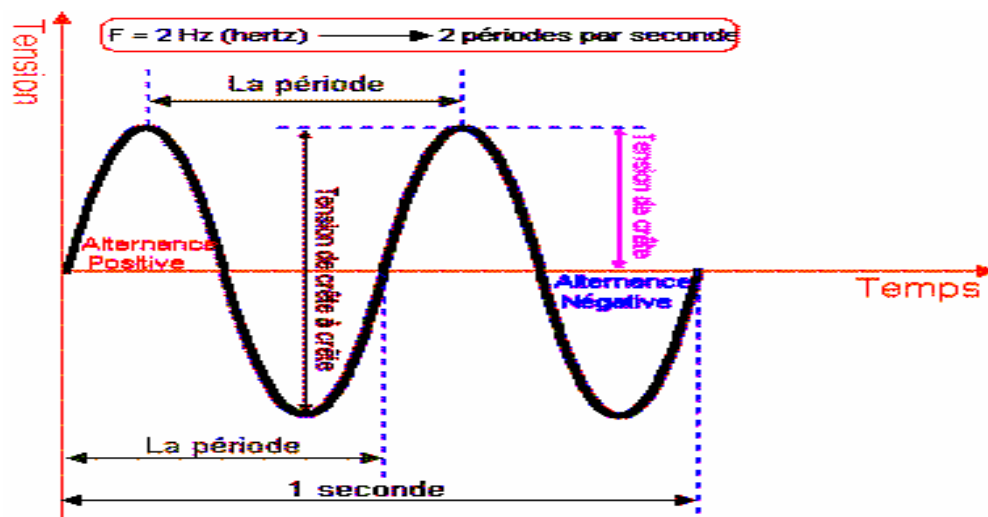


Fig I.2.4. Schéma caractéristique du signal acoustique.

## II.4.3. Le signal électrique

C'est une grandeur électrique dont la variation dans le temps transporte une information, d'une source à une destination. La grandeur électrique que l'on considère pour la transmission et le traitement du signal peut être directement la différence de potentiel ou l'intensité d'un courant électrique. Ce signal peut facilement être mesuré grâce aux appareils de mesure que sont les voltmètres et oscilloscope, On caractérise un signal électrique par :

- ✓ Sa forme.
- ✓ Sa période (ou fréquence).
- ✓ Son amplitude.
- ✓ Sa valeur moyenne (ou sa composante continue).

Un signal électrique complexe peut être décomposé en somme de deux signaux distincts : la composante continue (valeur moyenne) et la composante alternative.

✓ Signal électrique complet = composante continue + composante alternative

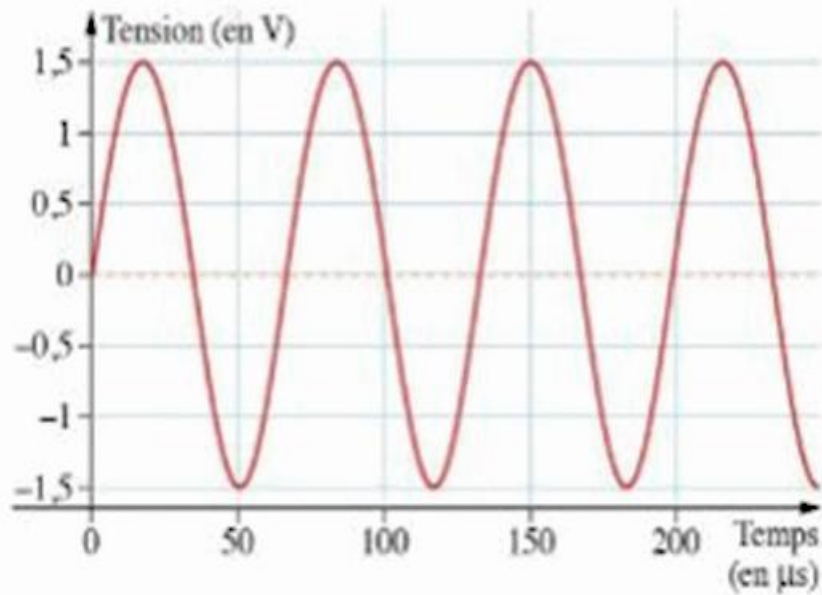


Fig I.2.5. Schéma d'un signal électrique périodique.

#### II.4.4. Le signal électro magnétique

Il est à la fois un champ électrique et un champ magnétique variable dans le temps, susceptible de propager dans l'air comme dans le vide, elle est capable de transporter les informations.

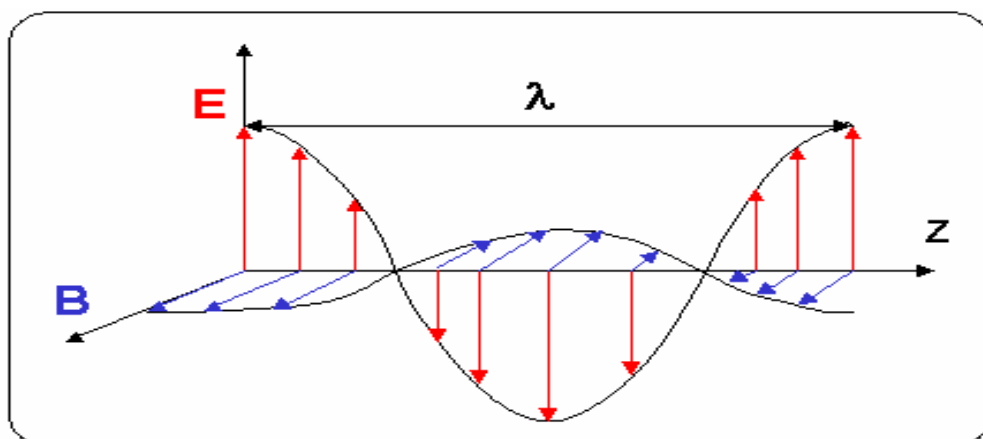


Fig I.2.6. Schéma explicatif sur l'onde électromagnétique.

## II.4.5. Le signal sismique

Un signal sismique est complexe et aléatoire. Il peut être représenté comme la superposition d'ondes de fréquence variée dont l'amplitude est plus aux moins importantes, un certain nombre de paramètre dépendant de la source et des sols traversées conditionnement la nature du signal sismique. Ce signal la est détecte par aux moins un capteur sismique qui est le géophone. [3]

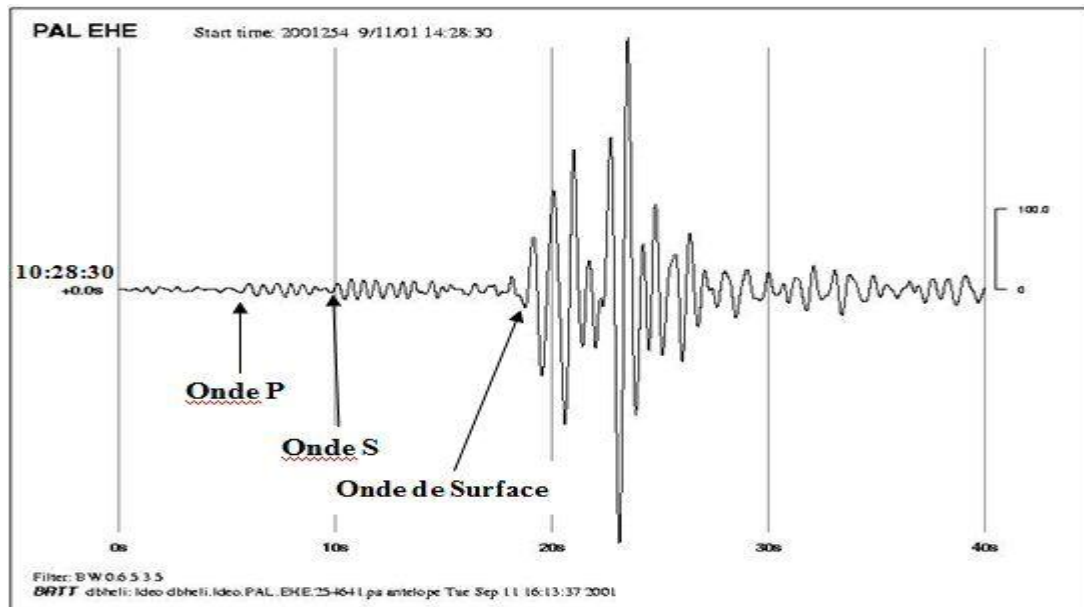


Fig I.2.7. Schéma d'un signal sismique révélant l'utilisation d'explosif.

## III. La conversion analogique numérique

### III.1. Généralités

La conversion analogique numérique est l'étape qui permet de passer d'un signal analogique continu en temps et en amplitude à un signal discret en temps (échantillonnage) et en amplitude (quantification). La conversion analogique numérique se passe donc généralement en deux étapes distinctes: l'échantillonnage- blocage et la quantification.

### III.2. L'échantillonnage

Consiste à maintenir la valeur du signal continu analogique  $V_{in}$  pendant une durée fixée appelée période d'échantillonnage, ceci se fait par un circuit nommé Echantillonneur-Bloqueur (E/B). La tension  $V_{analog}$ , continue par morceaux est obtenue. La période d'échantillonnage  $T_{ech}$  est fixée selon le théorème de Shannon: la Fréquence d'échantillonnage

doit être au moins égale au double de la composante fréquentielle maximale du signal continu analogique. Afin de convertir un signal analogique en signal numérique, il est nécessaire de mesurer son amplitude à intervalles de temps réguliers (c'est l'échantillonnage) et d'affecter une valeur binaire à chacune des mesures (c'est la quantification). [4]

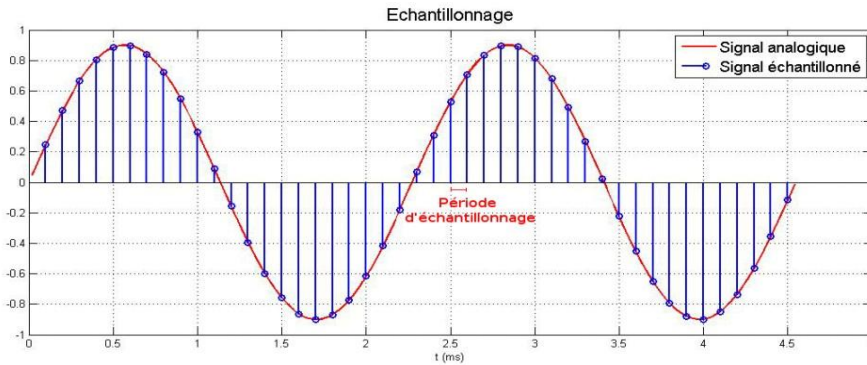


Fig I.3.1. Schéma d'un Signal échantillonné.

### III.3. Quantification

Le signal échantillonné peut être converti sous forme des valeurs binaire (numérique) pour être stocké. Ce codage s'appelle la quantification. Alors le rôle de la quantification est de donner une image binaire d'un signal analogique par exemple de transformer une tension à des chiffres c'est le passage d'un signal continu vers un signal discret. Un convertisseur analogique numérique (CAN) est caractérisé par deux principaux paramètres son nombre de bits  $N$  (ou résolution) et sa dynamique d'entrée,  $V_{in} = [V_{min}, V_{max}]$ . A partir de cela, le quantum  $q$  ou LSB (Less Significant Bit) est déterminé par la relation:

$$q = \frac{\Delta V}{2^N - 1}$$

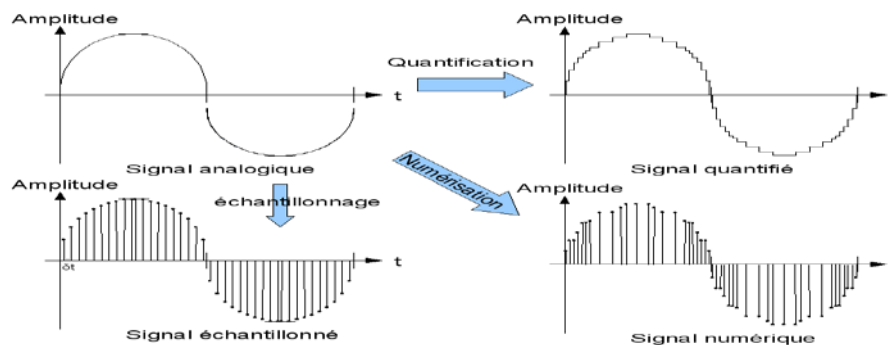


Fig I.3.2. Schéma explicatif sur la quantification.

### III.4. le rapport signal sur bruit

Est un indicateur de la qualité de la transmission d'une information. C'est le rapport des puissances entre :

- ✓ le signal d'amplitude maximale pour laquelle la distorsion à la sortie reste inférieure à une valeur limite.
- ✓ le bruit de fond, information non significative correspondant en général au signal présent à la sortie du dispositif en l'absence d'un signal à l'entrée. Il s'exprime généralement en décibels (dB).

La plupart du temps, l'information est transmise par un signal électrique ou radioélectrique. Le bruit a une origine interne ou externe au dispositif :

**Les sources internes :** sont souvent dues à des phénomènes microscopiques aléatoires, rencontrés en particulier lors de l'amplification électronique d'un signal : bruit thermique, bruit grenaille, bruit de scintillation .Bruit en créneaux, bruit d'avalanche ;

**Les sources externes :** sont des perturbations existant en dehors du dispositif et qui y pénètrent soit par défaut d'isolation (voir Compatibilité électromagnétique) soit parce qu'il n'est pas possible de s'en isoler (transmission en milieu ouvert).

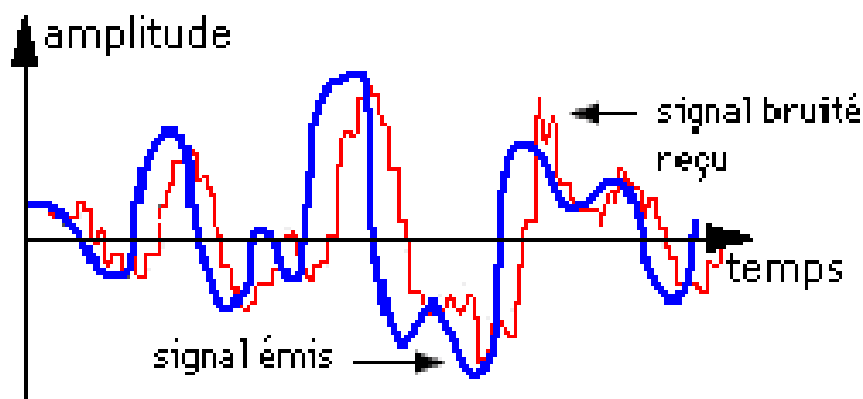
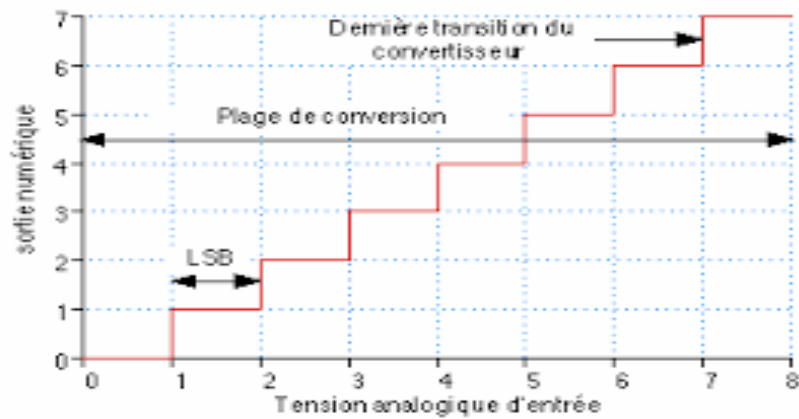


Fig I.3.3. Exemple d'un signal bruité.

### III.5. Fonction de transfert

La fonction de transfert d'un convertisseur analogique numérique est simplement le tracé de la tension numérique  $V_{\text{num}}$  en fonction de la tension analogique  $V_{\text{analog}}$ . Celle-ci est donnée d'un CAN de résolution  $n$  bit. [5]



**Fig I.3.4.** Le tracé de la sortie numérique en fonction de l'entrée analogique.

## I.V. Conclusion

Le signal capté grâce à des techniques et des méthodes spécifiques propre à l'entreprise ENAGEO, ce signal est un signal analogique qui est capté par le géophone est à faible amplitude et bruité, C'est pour cela qu'on est appelé à faire la conversion analogique numérique avec toutes ces étapes pour avoir un signal sain. se qu'on illustrera dans le deuxième chapitre.

## I. Introduction

L'objectif de la numérisation est de transformer le signal analogique en un signal numérique. L'interface nécessaire entre le monde analogique et le traitement numérique donné est le convertisseur analogique numérique (CAN, ou ADC pour Analog to Digital Converter en anglais).

Les caractéristiques du signal capté par un géophone sont à faible amplitude et bruité, le processus de traitement analogique permet de l'amplifier et l'atténuation des parasites, il devient adaptable à la conversion en numérique. Dans ce chapitre on va parler sur les différents blocs de la chaîne d'acquisition.

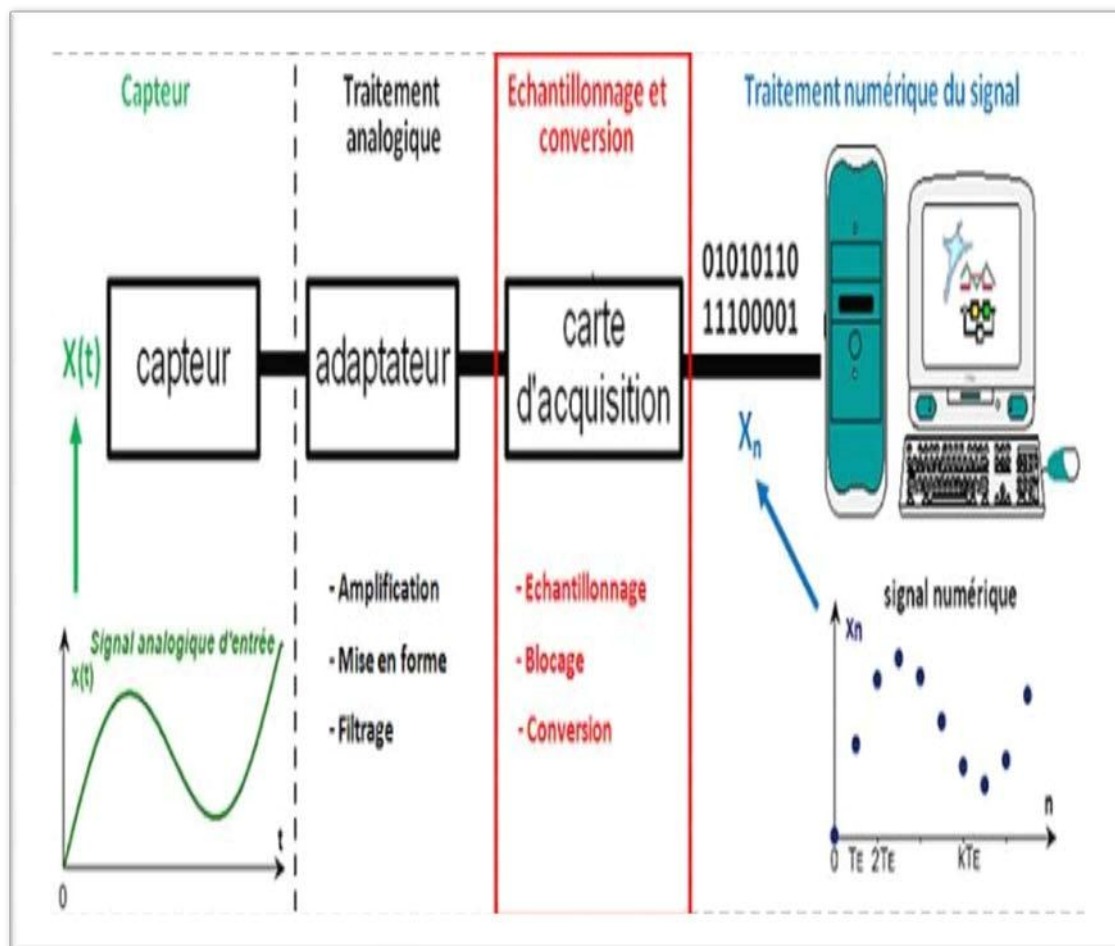


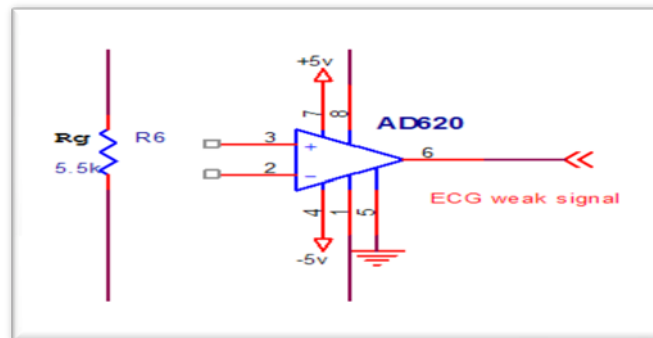
Fig II.1.1 La chaîne d'acquisition d'un signal analogique.

## II. Traitement analogique

### II.1. La pré-amplification

#### II.1.1. Définition

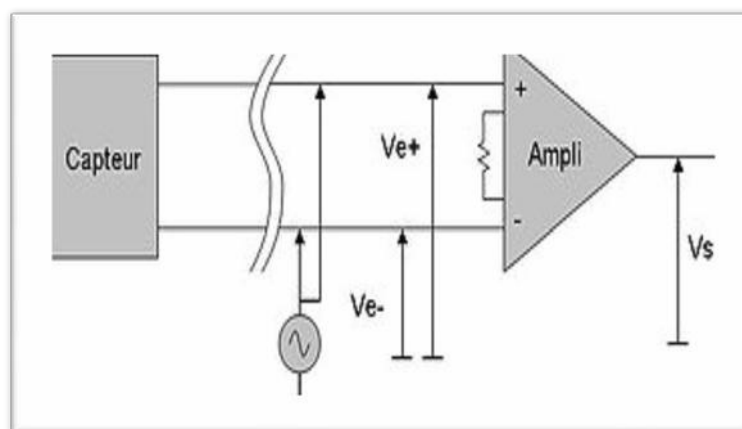
Un préamplificateur est un amplificateur électronique qui reçoit et adapte un signal avant de le transmettre à l'amplificateur principal.



**Fig II.2.1.** Exemple d'un amplificateur d'instrumentation AD620.

#### II.1.2. Principe

Un préamplificateur joue le rôle de premier étage d'amplification situé au plus près de la source de signal. C'est lui qui est le garant d'un bon rapport signal sur bruit en sortie du système puisqu'il doit réussir à extraire un très faible signal électrique. Grâce à sa proximité à la source du signal, il permet de limiter les dégradations de celui-ci par des interférences parasites ou par son atténuation lors du transport.[6]

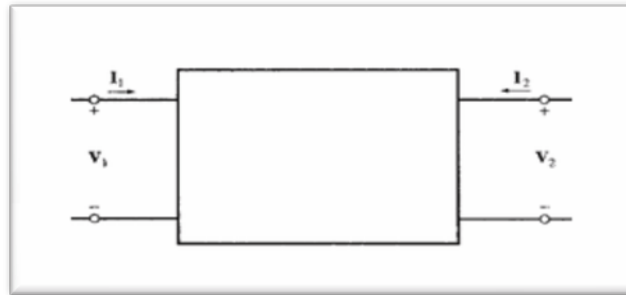


**Fig II.2.2.** Schéma de premier étage d'amplification.

## II.2. Le Filtrage

### II.2.1. Définition

Un filtre électronique est un circuit qui réalise une opération volontaire de mise en forme d'une grandeur électrique (courant ou tension). On le considère comme un quadripôle dont les grandeurs électriques d'entrée et de sortie seraient un signal. Cette approche exploite l'important effort mathématique fourni dans le domaine du traitement du signal.



**Fig II.2.3.** Un filtre quadripôle.

Les filtres analogiques sont réalisés à l'aide d'un agencement de composants physiques (résistance, condensateur, inductance, transistor, etc.). Les filtres électroniques analogiques utilisent, éventuellement en combinaison avec des composants actifs (amplificateurs), des résistances, qui sont des composants indifférents aux variations dans le temps, avec d'autres dipôles qui emmagasinent l'énergie pour la restituer ultérieurement, appelés réactances.

### II.2.2. Étude et calcul des filtres

Pour l'étude des filtres, on transpose l'organisation du réseau de composants en une fonction de transfert qui exprime les rapports dynamiques entre la grandeur d'entrée et la grandeur de sortie d'un quadripôle. On peut définir et étudier un filtre par sa réponse impulsionnelle ou par sa réponse en fréquence; Ces deux approches sont équivalentes.

Considéré du point de vue de la réponse en fréquence, un filtre amplifie ou atténue différemment certaines parties d'un signal. Par exemple, dans un récepteur de radio, on peut trouver des réglages de tonalité pour augmenter ou réduire les sons graves (basses fréquences) ou les sons aigus (hautes fréquences) du signal audio. Ces commandes correspondent à des filtres. [7]

L'instrument mathématique correspondant à cette étude, est la fonction de transfert, qui s'écrit comme suit :

$$H=VS/VE$$

### II.2.3. Ordre des filtres

On peut décrire les filtres du point de vue de l'ordre de l'équation de leur fonction de transfert, qui est aussi, en électronique analogique, le nombre d'éléments réactifs indépendants qui les composent. Plus l'ordre est élevé, plus la pente de la transition entre les régions d'atténuation et d'amplification est forte.

Un filtre du premier ordre, composé d'une seule cellule réactance-résistance, a une pente maximale de 6 dB/octave.

Le classement des filtres selon l'ordre est comme suit : (on s'intéresse sur le filtre passe-bas).

#### II.2.3.1 Un filtre de premier ordre

Un filtre passe-bas du premier ordre est caractérisé par sa fréquence de coupure. La fonction de transfert du filtre est obtenue en dé normalisant le filtre passe-bas normalisé en remplaçant  $(\omega n)$  par  $\frac{\omega}{\omega_c}$  ce qui donne la fonction de transfert suivante :

$$H(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = \frac{K}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$$

Ou :

$$V_s = V_e \frac{K}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$$

$V_e$  : Le signal d'entrée.

$V_s$  : Le signal de sortie.

$K$  : Le gain du filtre.

Et :

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

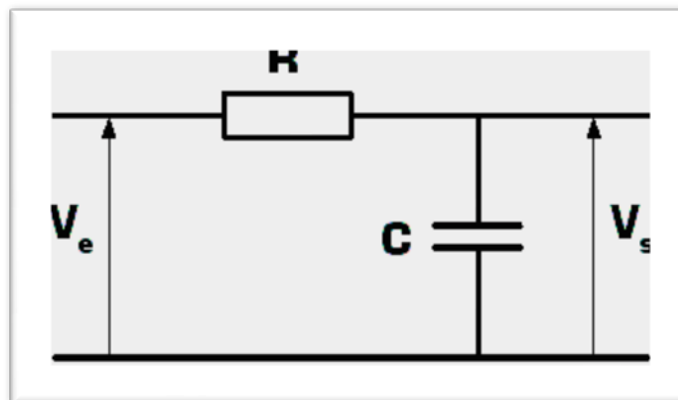


Fig II.2.4. Filtre passe-bas de premier ordre.

### II.2.3.2. Un filtre du deuxième ordre

Caractérisé par la fréquence propre et le facteur de qualité Q. il est représenté par la fonction de transfert suivante :

$$H(j\omega) = \frac{V_s}{V} \frac{K}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \frac{\omega}{Q\omega_0}}$$

Où

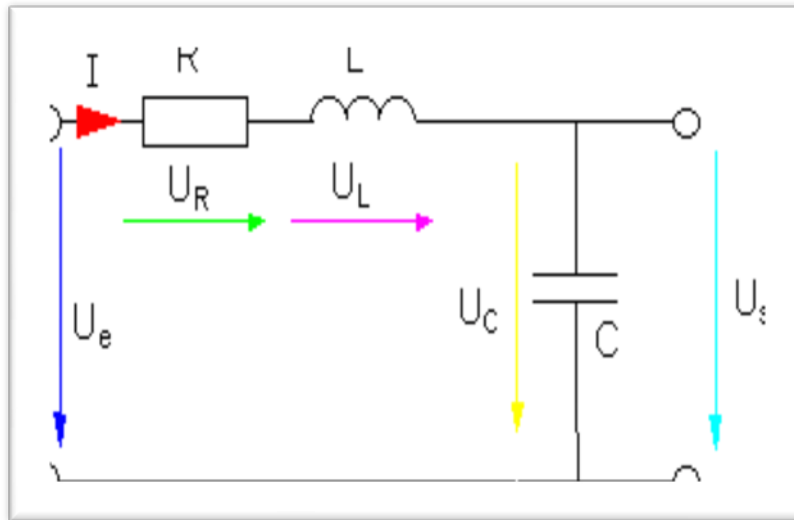
$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0$$

Le module et la phase de la fonction de transfert sont égaux à :

$$|H(j\omega)| = \frac{V_s}{V} \frac{K}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{\omega}{Q\omega_0}\right)^2}}$$

$$\phi(\omega) = -\arctan \frac{\frac{\omega}{Q\omega_0}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$



**Fig II.2.5.** Filtre d'ordre 2.

### II.2.3.3. Filtre d'ordre supérieur à deux

La conception des filtres d'ordre supérieure à deux consiste à utiliser ceux d'ordre 1 et 2 en cascade. Mais la difficulté en serait grandement augmentée. Il se peut aussi de décomposer ceux d'ordre supérieure à deux en produit de filtre d'ordre 1 et 2, du aux propriétés des polynômes. [8]

### II.2.4. Facteur de qualité Q

Le facteur de qualité décrit la capacité d'un filtre à sélectionner une fréquence. Il représente le rapport de la largeur de la bande passante à la fréquence centrale. La bande passante est celle entre les fréquences pour lesquelles la puissance du signal est divisée par deux, par rapport au maximum.

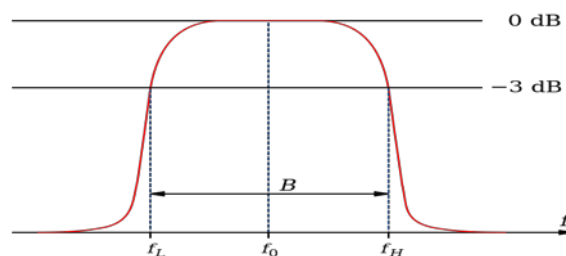


Fig II.2.6. Largeur de bande passante.

Soit un filtre de fréquence centrale  $f_0$ , ses fréquences de coupure (définies comme

celles

ou le niveau diffère de 3 dB de celui de la fréquence centrale)  $f_1$  et  $f_2$ .

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad (\text{II.6})$$

### II.2.5. Ondulations résiduelles

Ce sont les défauts de la réponse en fréquence par rapport à un schéma idéal.

### II.2.6. Stabilité

Un filtre qui comporte un apport de puissance par un élément amplificateur électronique. Ce dernier peut devenir instable, c'est-à-dire se transformer en oscillateur, ce qui le rend incapable de transmettre le signal. L'étude de la stabilité d'un filtre est une part cruciale de la conception des filtres.

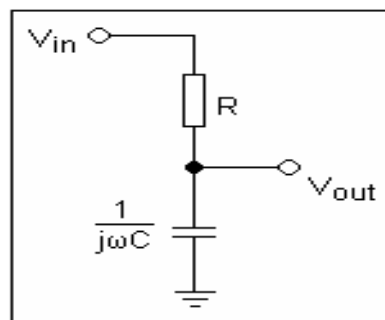
## II.2.7.Types de filtres

Il y a plusieurs types de filtres, on cite :

### II.2.7.1.Filtres passe-bas (intégrateurs)

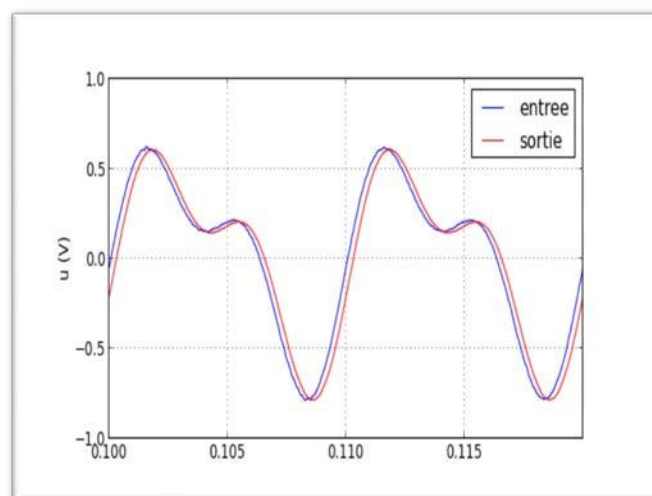
#### II.2.7.1.a. Définition

Le filtre passe-bas est un dispositif qui démontre une réponse en fréquence relativement constante (gain fixe) aux basses fréquences et un gain décroissant aux fréquences supérieures à la fréquence de coupure. La décroissance plus ou moins rapide dépend de l'ordre du filtre. Idéalement, le filtre passe-bas aurait un gain unitaire (ou fixe) aux basses fréquences et gain nul aux fréquences supérieures à la coupure  $f_c$ .



**Fig II.2.7.** Un filtre passe-bas analogique d'ordre 1 réalisé avec un circuit RC.

Les filtres passe-bas servent à éliminer les parties du signal hors de la bande passante utile, qui pourraient générer des distorsions (intermodulation, Crénelage) par la suite. Pour le signal d'un géophone, le passe-bas atténue les aigües et amplifie les basses. Une alimentation en courant continu est un filtre passe-bas qui élimine les restes d'ondulation du redresseur.



**Fig II.2.8.** Un signal à l'entrée et à la sortie d'un filtre passe-bas.

### II.2.7.1.b. Fonction de transfert et réponse en fréquence

La fonction de transfert est donnée par l'équation suivante :

$$HH(j\omega) = \frac{Vs}{V} \frac{K}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}}$$

Le module et la phase de la fonction de transfert sont égaux à :

$$|HH(j\omega)| = \left| \frac{Vs}{V} \right| = \frac{K}{\sqrt{1^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}}$$

$$\phi(\omega) = \arg HH(j\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)$$

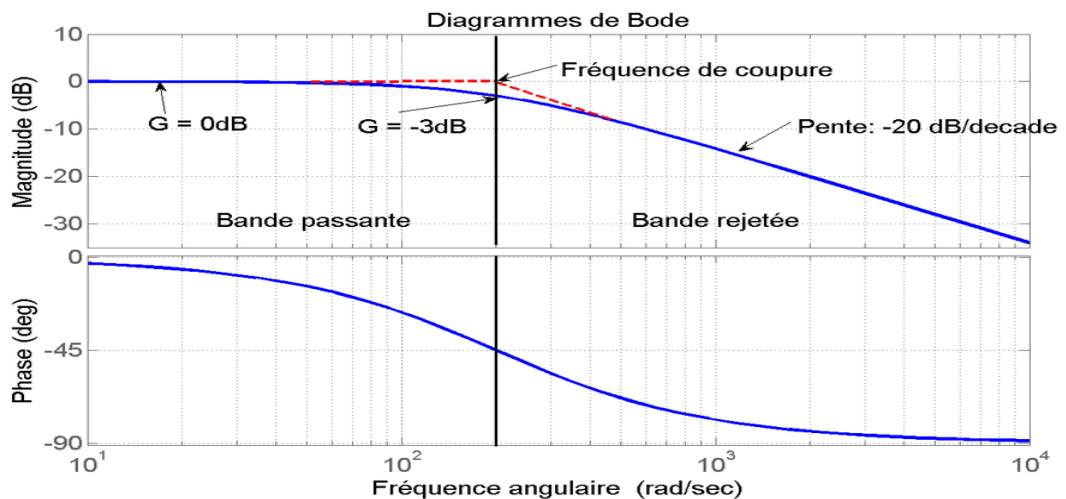


Fig II.2.9. Diagramme de Bode et phase d'un filtre passe-bas passif d'ordre 1.

### II.2.7.2. Filtres passe-haut (dérivateurs ou différenciateurs)

Un filtre passe-haut amplifie plus les fréquences au-dessus d'une fréquence déterminée, appelée fréquence de coupure, et atténue les autres (basses fréquences). On

pourrait aussi bien l'appeler coupe-bas.

On distingue ceux qui ont une réponse en plateau, qui ont un gain pour les basses fréquences et un autre gain, supérieur, pour les hautes fréquences, avec une zone de transition entre deux fréquences de transition, et ceux qui ont une réponse infinie, pour lesquelles la réponse au courant continu, la limite basse des fréquences est nulle ( $-\infty$  dB), et un gain pour les hautes fréquences, jusqu'aux limites du système.[9]

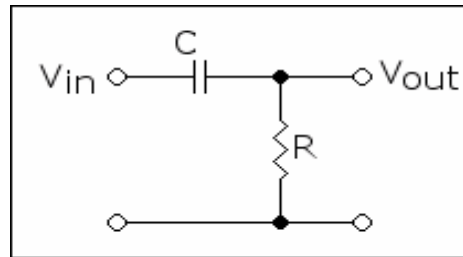


Fig II.2.10. Schéma d'un filtre passe-haut.

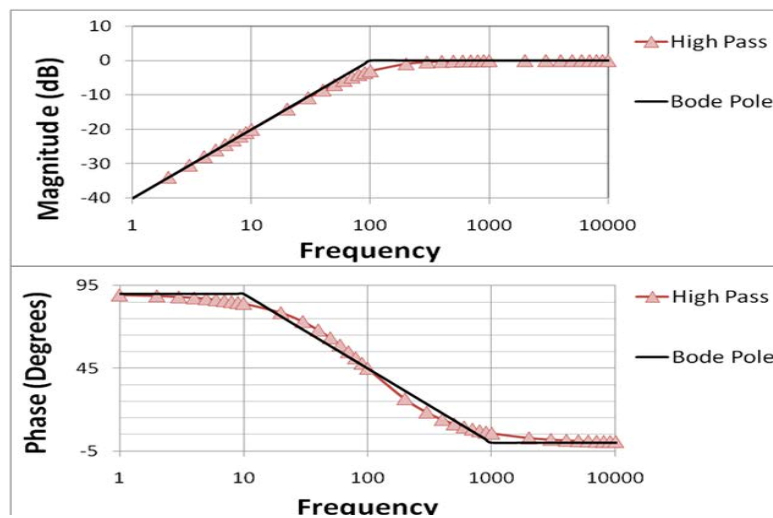


Fig II.2.11. Diagramme de Bode du filtre passe-haut passif d'ordre 1.

### II.3.7.3. Filtrés passe-bande et coupe-bande

Un filtre passe-bande présente un gain supérieur pour une certaine bande de fréquences, il atténue une plage de fréquences.

Du point de vue de la réponse impulsionnelle, les filtres passe-bande reflètent le degré de ressemblance du signal d'entrée à une impulsion type. Ils permettent de détecter un signal dans un milieu comprenant du bruit.

Les filtres passe-bande et coupe-bande sont nécessairement du second ordre ou d'un ordre supérieur.

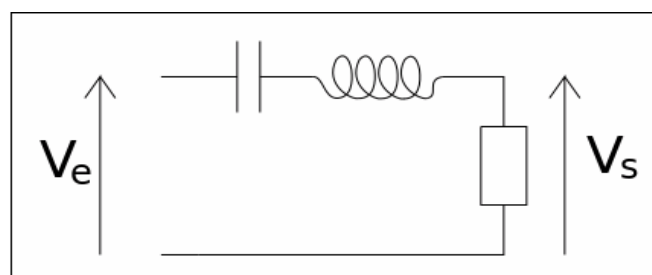


Fig II.2.12. Schéma d'un filtre passe-bande RLC.

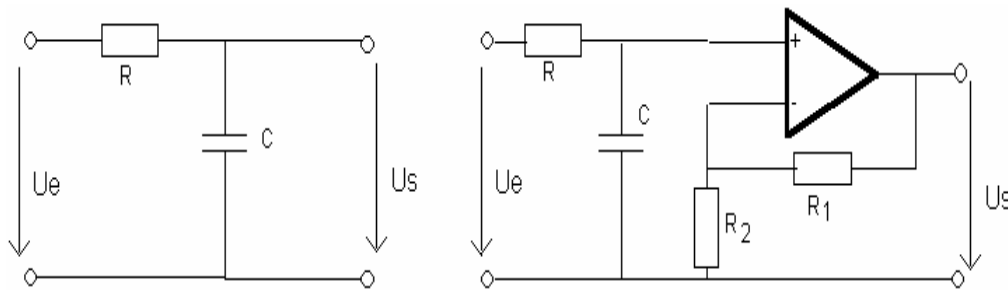
**Note :**

Une pente de  $-20\text{db/décade}$  équivaut à une pente de  $-6\text{db/octave}$  ou une octave correspond à doubler la fréquence.

- Un gain de  $0\text{db}$  correspond à un gain linéaire de 1 (unitaire).
- Un gain  $> 0\text{db}$  correspond à un gain linéaire  $> 1$  (amplification).
- Un gain  $< 0\text{db}$  correspond à un gain linéaire  $< 1$  (atténuation).

**II.2.8. Filtres analogiques****II.2.8.1. Filtre passif**

Un filtre passif se caractérise par l'usage exclusif de composants passifs (résistances, condensateurs, bobines couplées ou non). Par conséquent, leur gain (rapport de puissance entre la sortie et l'entrée) ne peut excéder. Autrement dit, ils atténuent le signal, différemment selon la fréquence.



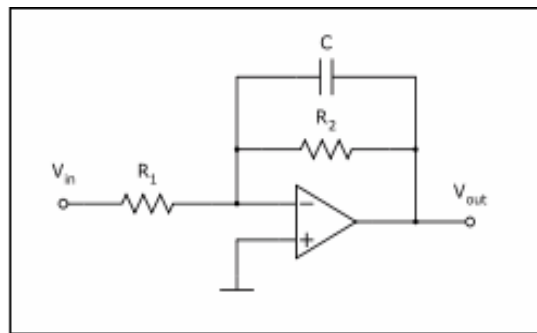
**Fig II.2.13.** Filtre passe-bas analogique réalisé avec circuit RC et montée avec AOP.

**II.2.8.2. Filtre actif**

Les filtres actifs utilisent au moins un composant actif (transistor, amplificateur opérationnel, ou autre circuit intégré analogique). Il s'agit essentiellement d'un circuit amplificateur dont la réponse en fréquence est réglée par les éléments déphaseurs. En conséquence, ils peuvent avoir un gain total supérieur à 1. Ils peuvent aussi bien amplifier certaines fréquences que les atténuer.

Contrairement aux filtres passifs, ils nécessitent une alimentation électrique. Lorsque la tension de crête du signal atteint la tension de l'alimentation, ou bien lorsque la variation de tension de sortie dépasse les possibilités du circuit, le filtre actif produit rapidement une importante distorsion. L'élément amplificateur du filtre actif apporte inévitablement un peu de bruit.

La conception des filtres actifs demande des précautions pour assurer leur stabilité.



**Fig II.2.14.** Filtre actif "passe-bas".

## II.3. L'amplification

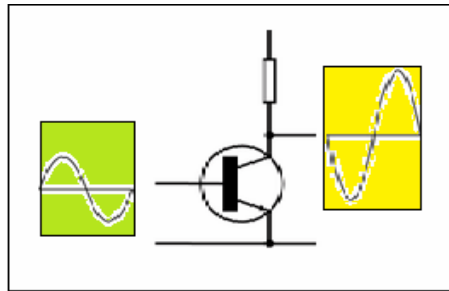
### II.3.1. Amplificateur électronique

Un amplificateur électronique (ou amplificateur, ou ampli) est un système électronique augmentant la tension et/ou l'intensité d'un signal électrique. L'énergie nécessaire à l'amplification est tirée de l'alimentation du système. Un amplificateur parfait ne déforme pas le signal d'entrée : sa sortie est une réplique exacte de l'entrée mais d'amplitude majorée.

Les amplificateurs électroniques sont utilisés dans quasiment tous les circuits électroniques : ils permettent d'élever un signal électrique, comme la sortie d'un capteur, vers un niveau de tension exploitable par le reste du système. Ils permettent aussi d'augmenter la puissance maximale disponible que peut fournir un système afin d'alimenter une charge comme une antenne ou une enceinte électroacoustique.

### II.3.2. Principe de fonctionnement

Un amplificateur électronique utilise un ou plusieurs composants actifs (transistor ou tube électronique) afin d'augmenter la puissance électrique du signal présent en entrée. Les composants actifs utilisés dans les amplificateurs électroniques permettent de contrôler leur courant de sortie en fonction d'une grandeur électrique (courant ou tension), image du signal à amplifier. Le courant de sortie des composants actifs est directement tiré de l'alimentation de l'amplificateur. Suivant la façon dont ils sont implantés dans l'amplificateur, les composants actifs permettent ainsi d'augmenter la tension et/ou le courant du signal électrique d'entrée [10]



**Fig II.2.15.** Schéma très simplifié d'un amplificateur.

Les amplificateurs peuvent être conçus pour augmenter la tension (amplificateur de tension), le courant (amplificateur suiveur) ou les deux (amplificateur de puissance) d'un signal. Les amplificateurs électroniques peuvent être alimentés par une tension simple (une alimentation positive ou négative, et le zéro) ou une tension symétrique (une alimentation positive, une négative et le zéro). L'alimentation peut aussi porter le nom de « bus » ou « rail ». On parle alors de bus positif ou négatif et de rail de tension positive ou négative.

Les amplificateurs sont souvent composés de plusieurs étages disposés en série afin d'augmenter le gain global. Chaque étage d'amplification est généralement différent des autres afin qu'il corresponde aux besoins spécifiques de l'étage considéré. On peut ainsi tirer avantage des points forts de chaque montage tout en minimisant leurs faiblesses.

### **II.3.3. Types d'amplificateurs**

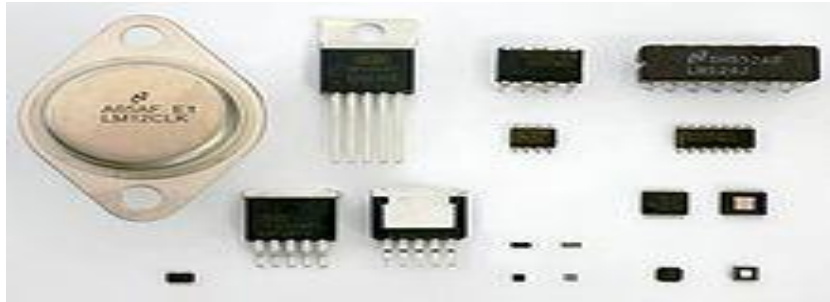
#### **II.3.3.1. Amplificateurs intégrés**

On appelle amplificateur intégré un amplificateur se présentant sous la forme d'un circuit intégré. Un circuit intégré (CI ou puce électronique) est lui-même un type de composant constitué de plusieurs composants électroniques sous forme miniaturisée. Le circuit intégré permet de reproduire une ou plusieurs fonctions électroniques plus ou moins complexes, facilitant sa mise en œuvre. Il contient principalement des transistors, des diodes, des résistances, des condensateurs, plus rarement des inductances car elles sont plus difficilement miniaturisables.

#### **II.3.3.2. Amplificateurs opérationnels**

Les amplificateurs opérationnels (aussi dénommé ampli-op ou ampli op, AO, AOP, ALI, AIL ou encore CIL) ont été initialement conçus pour effectuer des opérations mathématiques en utilisant la tension comme image d'une autre grandeur. C'est le concept de base des calculateurs analogiques dans lesquels les amplificateurs opérationnels sont utilisés

pour modéliser les opérations mathématiques de base (addition, soustraction, intégration, dérivation...). Cependant, un amplificateur opérationnel idéal est extrêmement souple d'utilisation et peut effectuer bien d'autres applications que les opérations mathématiques de base. En pratique, les amplificateurs opérationnels sont constitués de transistors, tubes électroniques ou de n'importe quels autres composants amplificateurs et ils sont implémentés dans des circuits discrets ou intégrés.



**Fig. II.2.16.** Les amplificateurs opérationnels.

### **II.3.3.3. Amplificateurs programmables**

Un amplificateur programmable désigne un amplificateur conçu pour que son gain soit programmable à distance, généralement via une liaison filaire (RS, GPIB ou autre), à la différence des amplificateurs classiques nécessitant un réglage manuel via une molette par exemple.

### **II.3.3.4. Amplificateurs d'instrumentation**

Un amplificateur d'instrumentation est un dispositif électronique destiné au traitement de faibles signaux électriques. L'application typique est le traitement de signaux issus de capteurs de mesure. Son fonctionnement est basé sur le principe de l'amplification différentielle.

Dans cette partie de ce chapitre on essaie d'expliquer un peu le fonctionnement des AOP d'instrumentations puisque nous sommes utilisés dans notre projet.

L'amplificateur d'instrumentation est généralement réalisé à partir d'un ou de plusieurs amplificateurs opérationnels, de telle manière qu'il améliore leurs caractéristiques intrinsèques : offset, dérive, bruit d'amplification, gain en boucle ouverte, taux de réjection du mode commun, impédance d'entrée.

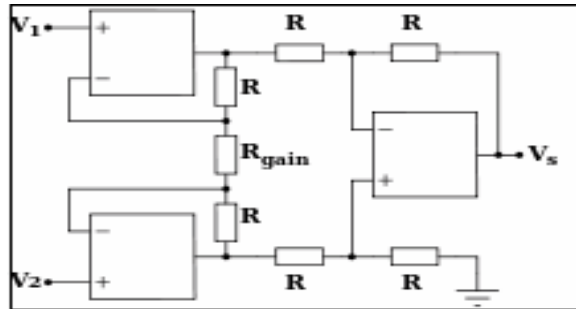


Fig II.2.17. Schéma typique d'un amplificateur d'instrumentation.

L'amplificateur est un élément essentiel dans la partie de conditionnement d'une chaîne d'acquisition : il permet le traitement de signaux issus de capteurs de mesure.

#### II.3.3.4.a. Fonctionnement

L'amplificateur d'instrumentation est réalisé à partir d'amplificateurs opérationnels (AOP) qui est un amplificateur avec un gain différentiel très important. La fonction de transfert idéale s'écrit :

$$G = \frac{V_s}{(e^+ - e^-)} \quad (\text{II.1})$$

En réalité l'AOP présente des défauts : courants d'offset et tension d'offset à l'entrée, TRMC, impédance de sortie, variation en fréquence du gain.

Le but de l'amplificateur d'instrumentation est de réduire ces défauts.

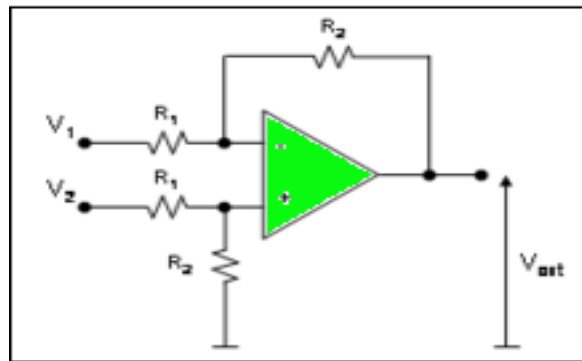
#### II.3.3.4.b. Amplificateur différentiel

L'amplificateur différentiel classique est réalisé à partir d'un amplificateur opérationnel, utilisé en mode linéaire (contre réaction de la sortie sur son entrée négative, peut être aussi sur l'entrée positive suivant un autre schéma).

Le gain de ce montage est :

$$G_d = \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{II. 2})$$

Le gain peut se régler par une résistance placée entre les points communs des deux \$R\_2\$ préalablement divisées en deux chacune.



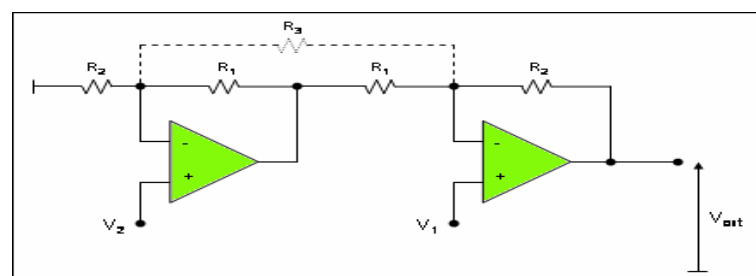
**Fig II.3.4** Schéma d'un amplificateur différentiel classique (1 AOP).

Ce montage est principalement utilisé lorsque les contraintes de complexité, de coût, de taille, de faible consommation sont importantes. De plus ce montage autorise des excursions d'entrée au-delà de la tension d'alimentation. Il présente néanmoins certaines limitations : le TRMC du montage correspond au TRMC de l'AOP, l'impédance d'entrée est égale à  $R_1 + R_2$ , donc relativement faible. Ce montage conviendra donc pour des sources de faible impédance, et avec une faible fluctuation de la tension de mode commun.

Il faut également noter que ce montage est à la base de tous les amplificateurs de mesure. Les montages plus élaborés utilisent d'autres AOP pour limiter les inconvénients de l'amplificateur différentiel classique.

### II.3.3.4.c. Amplificateur de mesure

#### Montage à 2 AOP



**Fig II.2.18.** Schéma d'un amplificateur d'instrumentation à 2 AOP.

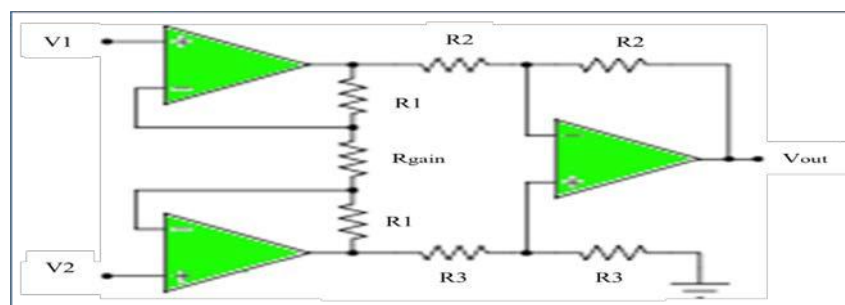
Le gain de ce montage est :

$$G \approx 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{Sans } R_3) \quad (\text{II.3})$$

$$G_{dd} = 1 + 2 * \frac{R_2}{R_3} \quad (\text{II.4})$$

(Avec  $R_3$ , ce qui permet de contrôler le gain avec une seule résistance variable)

## Montage à 3 AOP



**Fig II.2.19.** Schéma typique d'un amplificateur d'instrumentation.

Ce montage est le plus utilisé. Son gain est :

$$\frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = 1 + \frac{2R_1}{R_{gain}} \frac{R_3}{R_2} \quad (\text{II.5})$$

L'amplificateur d'instrumentation idéal devrait avoir un gain en mode commun (TRMC) nul. En réalité, dans le circuit (Fig II.3.6.), la valeur de ce gain est déterminée par les tolérances des valeurs des résistances qui rendent le schéma asymétrique, et par le gain de mode commun non nul des deux AOP utilisés. La réalisation de résistances appariées en valeur est la principale contrainte de fabrication des circuits d'instrumentation.

### II.3.3.4.d. Réalisations

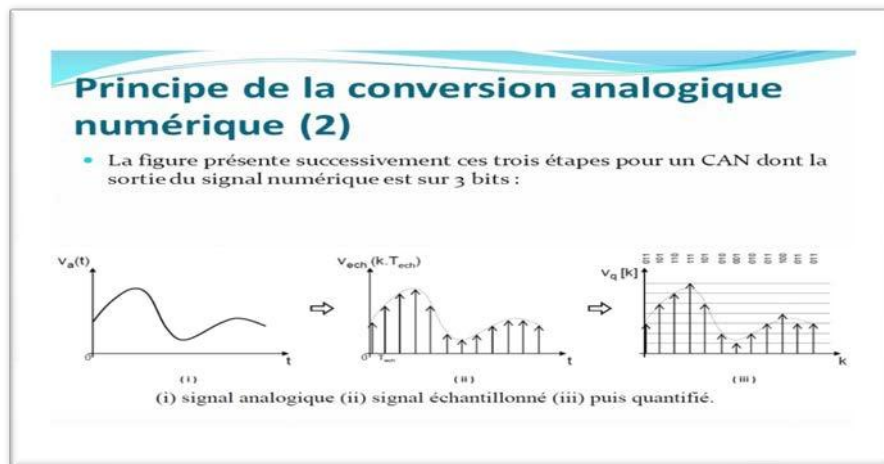
Les amplificateurs d'instrumentation peuvent être réalisés avec des AOP individuels et des résistances de précision, mais ils sont aussi disponibles en circuits intégrés chez de nombreux fabricants (Texas Instruments, Analog Devices, Linear Technology, etc.). Généralement ces circuits offrent de très bons TRMC, du fait de la fabrication très précise des résistances intégrées (découpe au laser).[11]

## III. Conversion Analogique-numérique

### III.1. Définition

Un convertisseur analogique numérique (CAN) est un dispositif électronique permettant la conversion d'un signal analogique en un signal numérique. Conceptuellement, la conversion analogique numérique peut être divisée en deux étapes : l'échantillonnage, la

quantification. La (**figure II.2.20.**) présente successivement ces deux étapes pour un CAN dont la sortie du signal numérique est sur 3 bits :

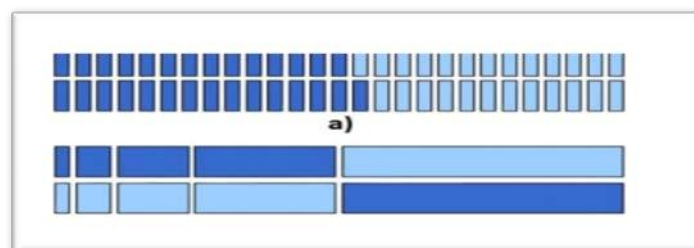


**Fig. II.2.20.** (i) Signal analogique (ii) Signal échantillonné (iii) Puis quantifié.

Un signal analogique,  $v_a(t)$  continu en temps et en amplitude (i) est échantillonné à une période d'échantillonnage constante  $T_{ech}$ . On obtient alors un signal échantillonné  $v_{ech}(k.T_{ech})$  discret en temps et continu en amplitude (ii). Ce dernier est ensuite quantifié, on obtient alors un signal numérique  $V_q[k]$  discret en temps et en amplitude (iii). La quantification est liée à la résolution du CAN (son nombre de bits) ; dans l'exemple précédent  $V_q[k]$  peut prendre huit amplitudes différentes (soit  $2^3$ , 3 étant le nombre de bits du CAN). La figure II.1.iii présente également le code numérique sur trois bits (en code binaire naturel) associé à  $V_q[k]$  en fonction du temps. [12]

### III.2. Les différentes architectures de CAN

Il existe de nombreuses architectures, et on peut les classer en trois grandes familles : les convertisseurs unaires, les convertisseurs logarithmiques ou binaires (**Figure II.3.1.**).

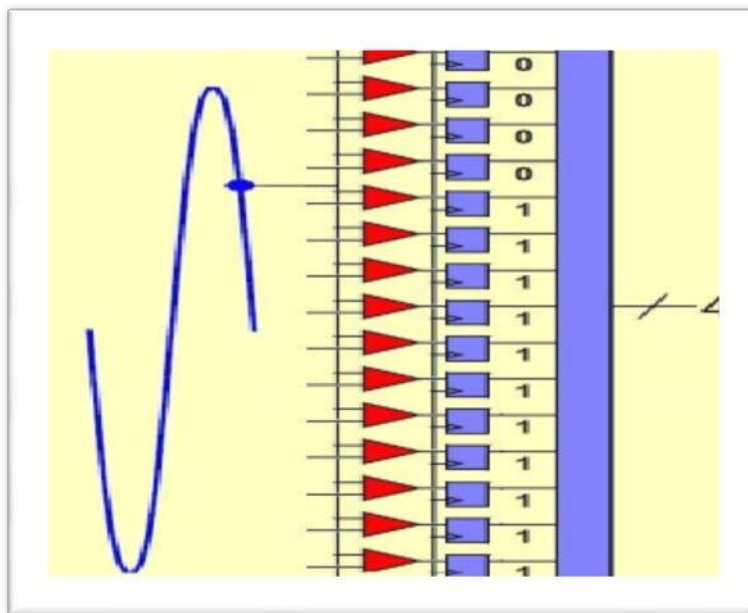


**Fig II.3.1.** Passage du MSB de '0' à '1' dans le cas d'un convertisseur unaire (a) et logarithmique (b).

Dans le premier cas, on a  $2N$  valeurs en parallèle, et la monotonie est globalement garantie dans la majorité des cas car chaque passage à un niveau adjacent ne met en jeu qu'une seule tension (**Figure II.3.1. a**). Dans le cas logarithmique, on a  $N$  valeurs en parallèle, et le passage à un niveau adjacent peut parfois mettre en jeu l'ensemble des tensions (exemple sur la (**Figure II.3.1. b**) dans le cas où l'on passe d'un niveau correspondant au signal numérique  $*0,1,\dots,1+$  au niveau correspondant à  $*1,0,\dots,0+$ , et où l'ensemble des signaux de sortie va changer d'état).

### III.2.1. Le convertisseur flash

La structure flash, unaire, est basée sur le principe de conversion directe, on convertit  $N$  bits à partir de  $2N$  niveaux (**Figure II.3.2.**).



**Fig II.3.2. :** Exemple d'un flash 4 bits.

La valeur d'entrée sera comparée aux  $2N - 1$  tensions de références (via autant de comparateurs, suivis d'une bascule), généralement réalisées à partir d'une échelle de résistance, allant le plus souvent de la masse à la tension d'alimentation. C'est l'architecture présentant la meilleure bande passante. Par ailleurs, il est possible de disposer davantage de bascules à la suite des comparateurs afin d'améliorer grandement le TEB en forçant la tension de sortie à représenter une valeur numérique, c'est-à-dire en lui imposant d'être à VDD ou à la masse. Toutefois, les convertisseurs Flash présentent quelques inconvénients.

### III.2.2. Le convertisseur à approximations successives (SAR)

Les convertisseurs de type SAR (pour Successive Approximation Register) appartiennent à la famille des convertisseurs logarithmiques : pour convertir le signal analogique d'entrée en N bits, ils ont besoin, dans le cas d'une architecture à 1bit par étage. La (Figure II.3.3.) représente le cas d'un CAN SAR 5 bits. La structure est constituée d'un comparateur qui va amplifier la différence entre la tension d'entrée et une valeur de référence, d'un pointeur qui sélectionnera le bit considéré, d'un registre qui sera rempli du MSB au LSB avec la valeur numérique du signal, et enfin d'un Convertisseur Analogique numérique (ADC) qui va créer la tension de référence en fonction de la valeur du registre.

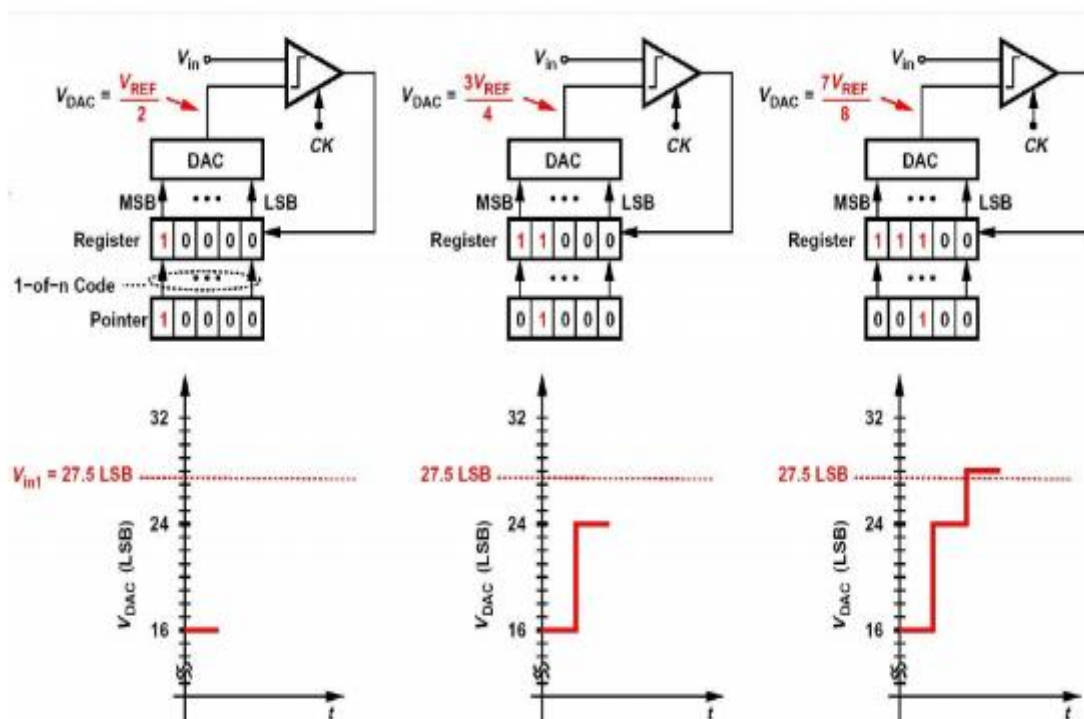
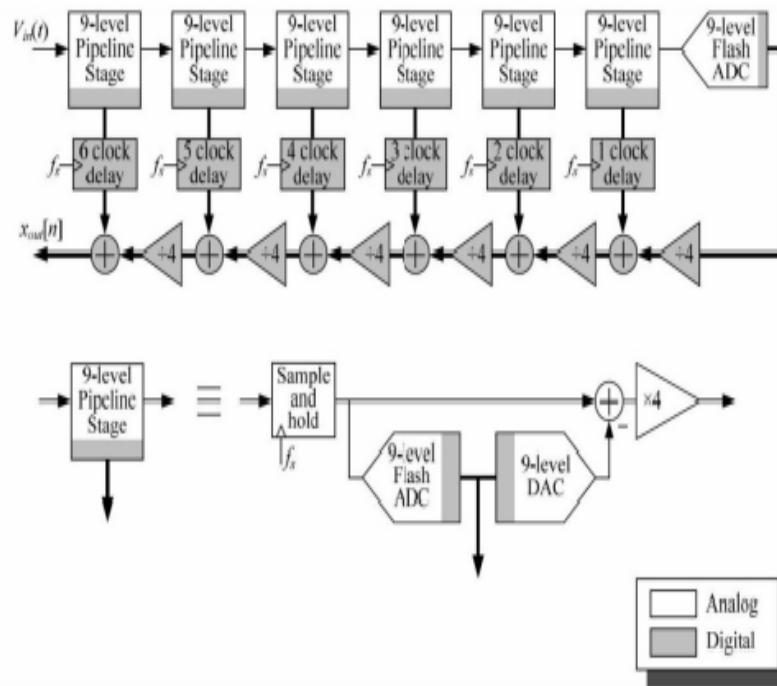


Fig II.3.3. Exemple de fonctionnement d'un CAN SAR 5 bits.

Au début de la conversion, toutes les valeurs du registre sont à '0'. Puis, le MSB est mis à '1', afin de créer une tension de  $V_{ref}/2$  (tension milieu). Si le comparateur indique que la valeur en entrée est supérieure à cette tension, alors le MSB gardera sa valeur, et dans le cas contraire, le MSB passera à '0'. Le pointeur passe alors au bit suivant, et le processus se répète jusqu'au LSB.

### III.2.3. Le convertisseur Pipeline

Cette structure est à approximation logarithmique, et ses caractéristiques dépendent, comme dans le cas du CAN SAR, du nombre de bits résolus par étage. Pour une architecture où  $n$  bits seront résolus par étage, au moins  $k = N/n$  étages seront requis pour réaliser une conversion de  $N$  bits. La valeur numérique de sortie sera seulement retardée.



**Fig II.3.4.** Exemple d'un CAN pipeline 15-bits, avec une résolution de 3 bits par étage.

### III.2.4 Le convertisseur Sigma-Delta

Les convertisseurs Sigma-Delta font partie de la famille des CAN à base temporelle, et leur principe est basé sur la théorie du sur-échantillonnage. La modulation Sigma-Delta consiste à convertir le signal analogique en un train de pulsations (généralement de type unaire) qui portera une information en fréquence plutôt qu'en tension ou courant. L'utilisation de pulsations se justifie par le fait qu'ils sont en pratique insensibles au bruit : une variation de 10mV sur une pulsation de 1V ne va pas changer sa valeur numérique.

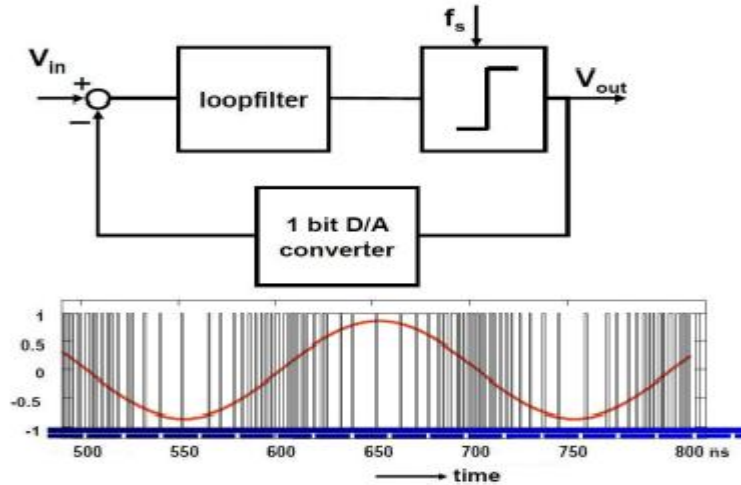
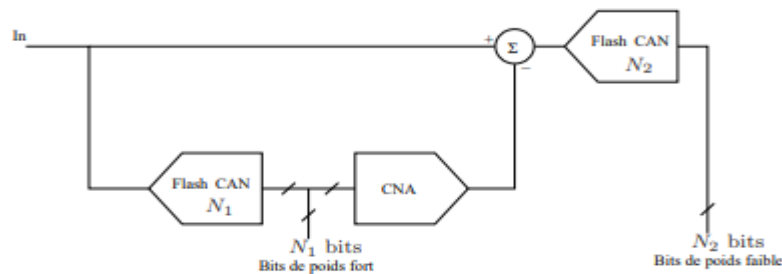


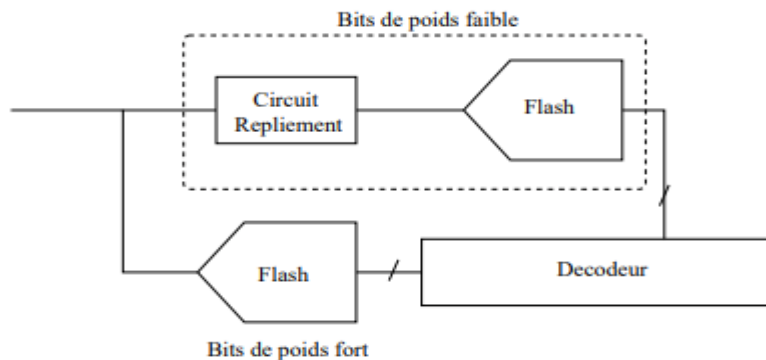
Figure II.3.5. : Principe de la modulation Sigma-Delta.

### III.2.5. Le convertisseur à multiples étages Flash

Afin de diminuer le nombre de comparateurs et de références, la conversion peut être effectuée en 2 étapes successives par 2 convertisseurs Flash (Fig II.3.6 (a)). Durant la première étape, les bits de poids fort sont déterminés par le premier CAN Flash. Ensuite, un convertisseur numérique-analogique (CNA) reconvertit ces bits en signal analogique.



(a) Convertisseur Flash à 2 étages

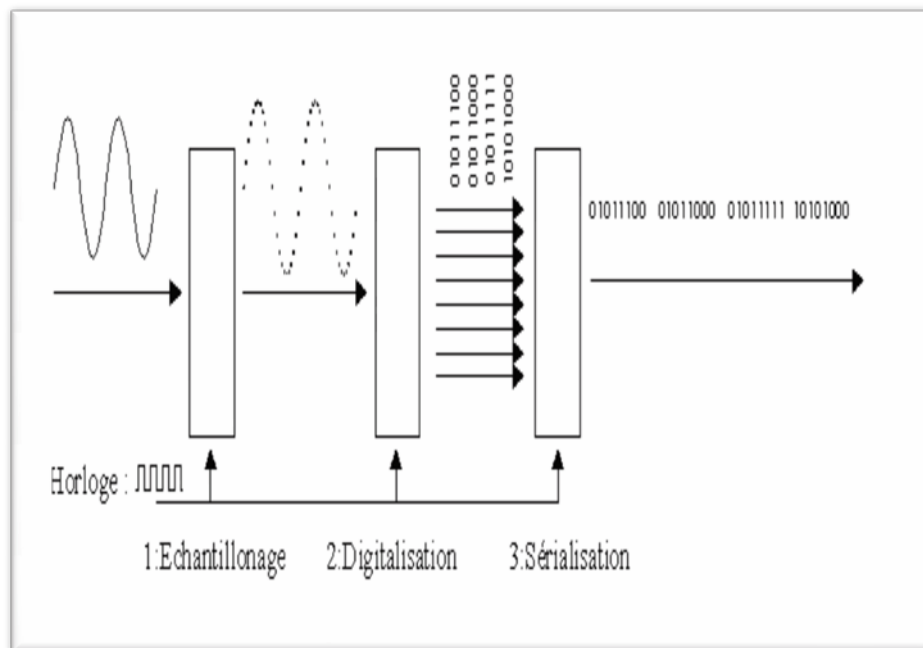


(b) Convertisseur Flash à repliement

Fig II.3.6. Schéma synoptique de convertisseur Flash à multiples étages.

### III.3. Principe de conversion et définitions

Le principe d'un CAN est de transformer un signal analogique, donc à temps et à amplitude continus, et représentant une quantité physique (signal sonore, vitesse, rayonnement,...), en un signal numérique discret, quantifié par un nombre défini de '0' et de '1' (8 dans l'exemple de la **Figure II.3.7.**) appelés « bits ». Ce nombre est appelé « résolution », et sa valeur va dépendre de la précision obtenue et donc la complexité du convertisseur. Le bit représentant la valeur la plus forte est appelé « MSB » pour Most Significant Bit, et le bit représentant la valeur la plus faible est appelé « LSB » pour Least Significant Bit. Un autre paramètre fondamental (et complémentaire) est la fréquence de conversion, et celle-ci se définit par le nombre de conversions effectuées par secondes. On parle aussi de « bande passante » d'un convertisseur, qui représente la fréquence maximal du signal à convertir, est égale à la moitié de la fréquence de conversion afin de respecter le critère de Nyquist. [13]



**Figure II.3.7.** Exemple de conversion analogique-numérique dans le cas d'un convertisseur ayant une résolution de 8 bits.

### III.4. Conversion et Echantillonnage

#### III.4.1. Echantillonnage (vision fréquentielle)

Conséquences

- ✓ On définit  $f_e / 2$  comme la fréquence de Nyquist.

### III.4.2. Quantification (linéaire)

Le signal échantillonné et maintenu doit être quantifié c'est-à-dire qu'on lui affecte une valeur numérique entière la plus proche possible de la vraie valeur. Soit  $X$  la plage max admissible en entrée du quantificateur,  $N$  le nombre de valeurs que peut prendre le signal,  $\Delta X$  l'incrément de quantification.

$$X = N \cdot \Delta X + \varepsilon$$

$\varepsilon$  : est l'erreur de quantification.

Compte tenu du seuil pour l'arrondi,  $\varepsilon = \pm \Delta X / 2$  l'erreur relative car  $N \gg 1$   $N = 2^n$  avec  $n$  = nombre de bits du convertisseur.

### III.5. Le Gain

Le gain désigne la capacité d'un circuit électronique à augmenter la puissance ou l'amplitude d'un signal. Le gain se calcule généralement en effectuant le ratio du signal de sortie sur celui d'entrée.

Le gain  $G$  en puissance d'un montage se calcule de la façon suivante :

$$G = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}$$

Avec :  $P_e$  et  $P_s$  respectivement les puissances d'entrée et de sortie.

Le gain peut varier en fonction de la fréquence. C'est le cas pour les filtres car ils atténuent certaines composantes d'un signal et en laissent passer d'autres. Afin d'étudier le comportement fréquentiel du gain d'un filtre ou de n'importe quel montage électronique, on peut utiliser des outils graphiques tels que le diagramme de Bode ou le diagramme de Nyquist.

Le gain représente en fait le rôle du filtre. Plus le gain est grand pour une fréquence  $f$  donnée, moins les signaux de cette fréquence sont atténués. Au contraire, plus le gain est faible, plus le signal est atténué.

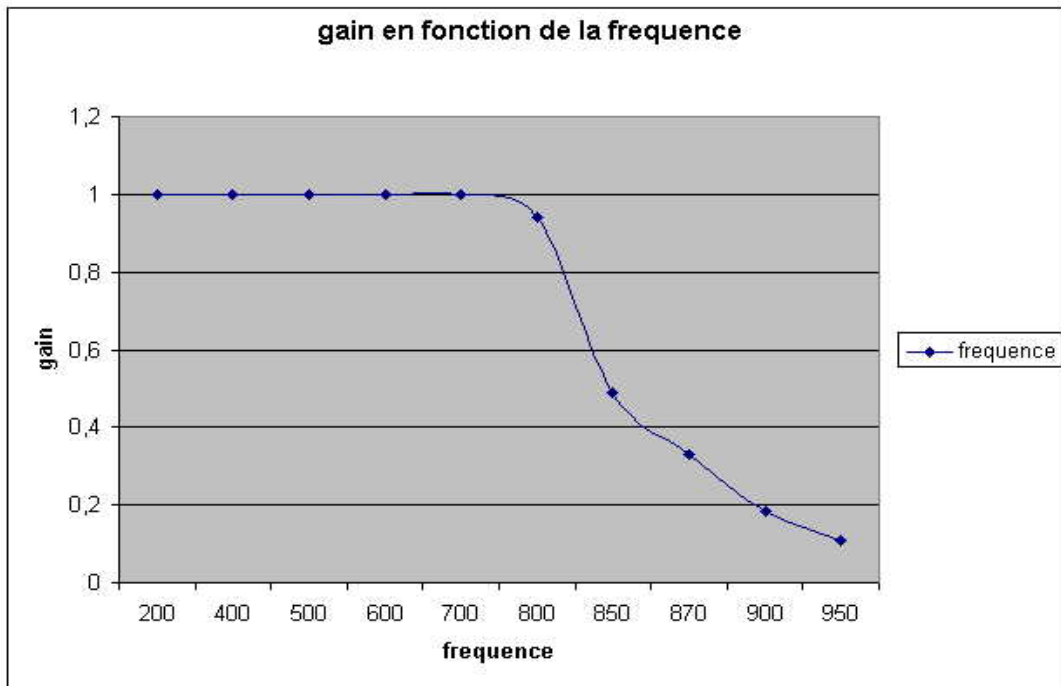


Fig II.3.8 Le gain en fonction de la fréquence.

### III.6. L'erreur de gain

Le gain global d'un CAN correspond à la valeur de la pente de sa fonction de transfert. L'erreur de gain quantifie la déviation de cette pente vis-à-vis de la pente idéale.[14]

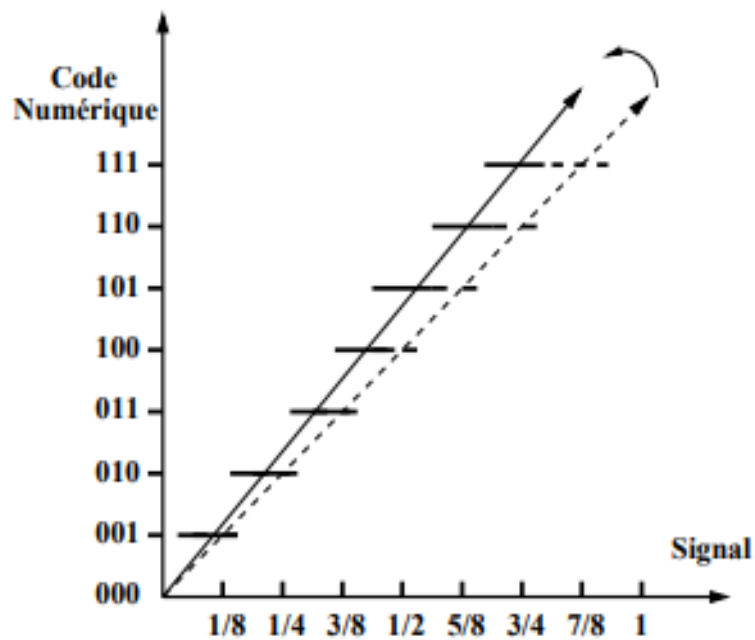


Fig II.3.9. L'erreur du gain.

### III.7. Le rapport Signal-sur-Bruit (SNR)

Le SNR (calculé en dB) est défini comme le rapport entre la puissance du signal sur la puissance de bruit. En général, le SNR d'un CAN est caractérisé par la numérisation d'un signal sinusoïdal pur d'amplitude pic à pic  $V_{pp}$ . Le SNR est alors obtenu en effectuant le rapport entre la puissance contenue dans l'harmonique fondamentale du signal numérisé et celle contenue dans toutes les fréquences restantes (harmoniques d'ordre supérieur compris).

Dans le cas particulier d'un CAN idéal, on peut écrire :

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} (V_{pp}^2 / 8 / E^2 P_q)$$

À partir de l'équation on obtient :

$$\text{SNR} = 6.02 N + 1.76$$

Cette valeur définit la valeur maximale de SNR que peut atteindre un CAN de résolution  $N$  bits.

## IV. Conclusion

Lorsqu'on numérise le signal d'un géophone on a besoin de deux blocs essentiels, le traitement analogique (pré amplification, filtrage, amplification) et la conversion ADC, cette dernière consiste à échantillonner le signal puis le quantifier par un nombre défini de « 0 » et de « 1 ».

## I. Introduction

Dans ce chapitre nous allons rentrer dans le vif du sujet et exposer la carte d'acquisition réalisée dans ce travail. Cette carte est élaborée dans le but d'acquérir un signal sismique réel capté par le géophone. Pour cela, deux parties ont été envisagées : partie simulation et partie test. La partie simulation est faite principalement, sous logiciel **NI Multisim**. Elle a pour but de nous renseigner sur le fonctionnement de la carte et de connaître, au préalable la qualité des résultats, pour effectuer par la suite des modifications si elles sont nécessaires. Après que la simulation soit faite correctement.

## II. Matériel et logiciel utilisé

### II.1. Matériel

Dans ce travail on utilise :

- ✓ Un géophone pour capter le signal.
- ✓ Amplificateur d'instrumentation du constructeur ANALOG DEVICE (AD620).
- ✓ Des composants passifs (résistance et condensateur).
- ✓ Un platine ArduinoMega 2560.
- ✓ Générateur de basse fréquence.
- ✓ Un Oscilloscope.
- ✓ Un Ordinateur.

### II.2. Logiciels

- ✓ NI Multisim version 14.0.1
- ✓ Un Compilateur IDE Arduino 1.6.3

### II.3. Description du Matériel

#### II.3.1. La carte arduino

La carte Arduino repose sur un circuit intégré microcontrôleur de la famille **ATMEL** associée à des entrées/sorties qui permettent, à l'utilisateur, d'interfacier différents éléments externes :

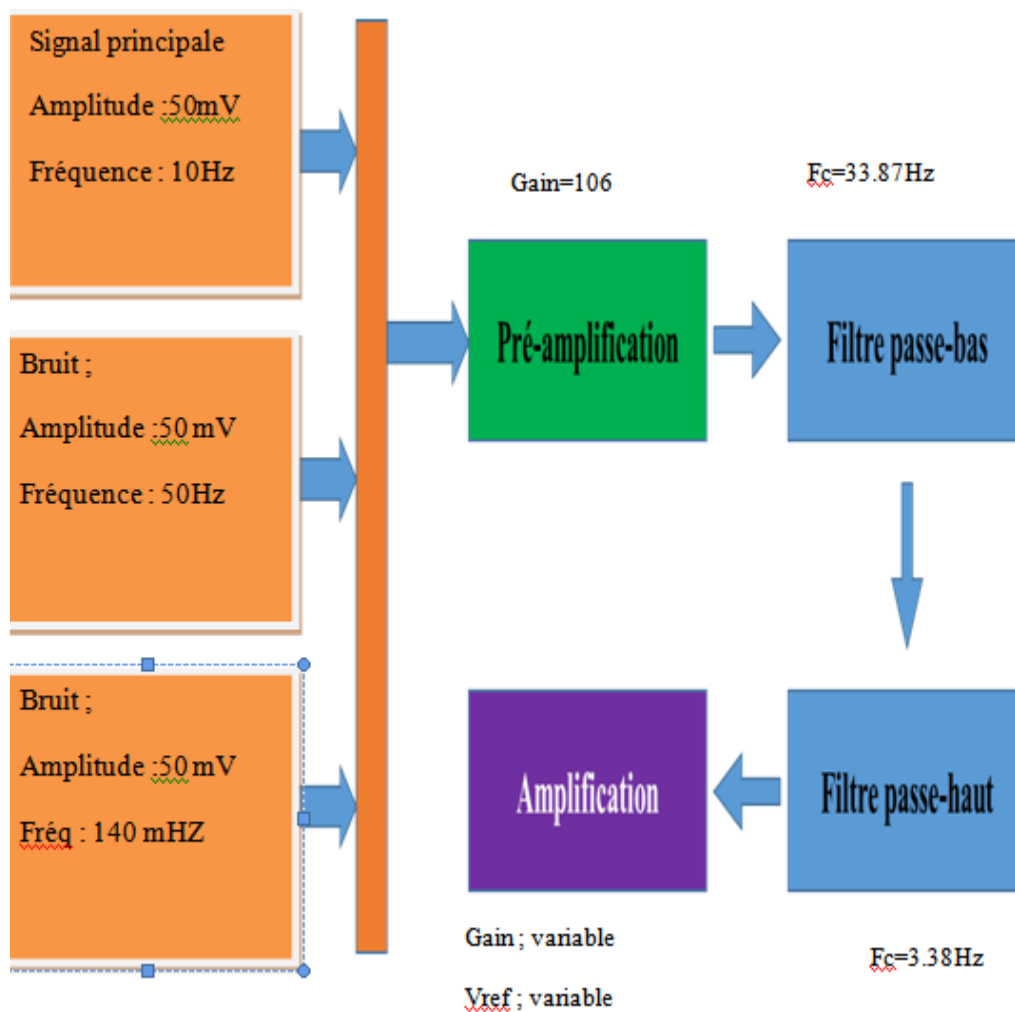
**Côté entrées** : des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, etc.

**Côté sorties :** des actionneurs qui agissent sur le monde physique telle une petite lampe qui produit de la lumière, un moteur qui actionne un bras articulé, etc.

Il est noté que la plateforme Arduino (logiciel+circuit) est libre et ses plans sont disponibles sur internet. On peut donc les étudier et créer nos propres dérivés. Plusieurs constructeurs proposent ainsi différents modèles de circuits électroniques programmables et utilisables avec le logiciel Arduino. [15]

### III. Partie 1 : Simulation

Dans cette partie nous expliquerons, pas à pas, les démarches prises en compte lors de la simulation de la carte. Pour faire cette simulation, nous avons fait recours en premier lieu au logiciel **NI Multisim**. Ce dernier constitue un outil convivial et puissant surtout lorsqu'il s'agit d'effectuer une visualisation des circuits analogiques et numériques. Les démarches à suivre, au cours de la simulation, sont illustrées dans le diagramme suivant. [16]



**Fig III.3.1.** Diagramme de simulation.

La figure ci-après fournie une vue générale de notre circuit sous le simulateur NI Multisim.

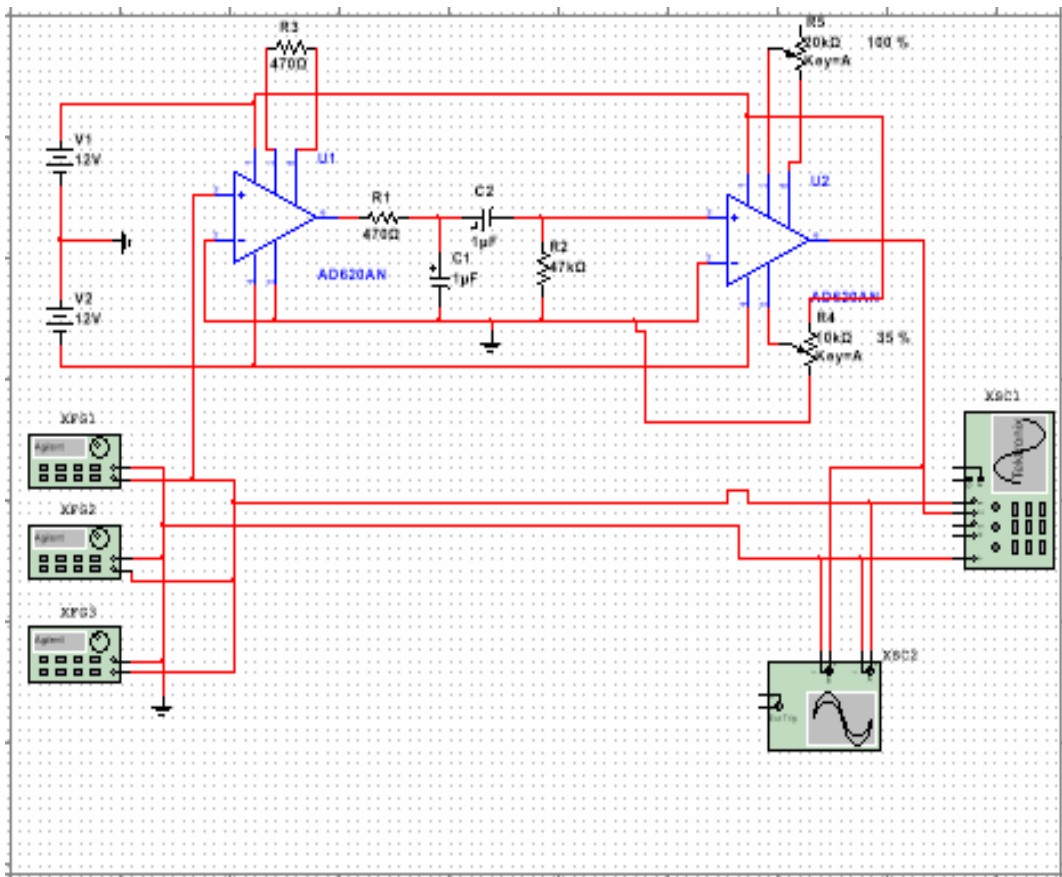


Fig III.3.2. Vue générale du circuit sous simulateur.

### III.1. L'étage de pré-amplification

Un étage primordial dans cette carte est celui de pré-amplification. Suite aux bonnes caractéristiques exigées dans cet étage, ce dernier est réalisé à l'aide d'un amplificateur d'instrumentation, constitué par un circuit intégré nommé l'AD620 (pour plus de détails consulter la 1<sup>er</sup> page du datasheet dans Annexe).

Pour faire le test on génère trois signaux sinusoïdaux différents :

- ✓ Signal 1 : à une amplitude de **50mVpp** constant supposé comme un signal principal et une fréquence de **10 Hz**.
- ✓ Signal 2 : à une amplitude variable et une fréquence de **100Hz** supposé comme un bruit qui réagit sur le signal principal joue le rôle d'un bruit dans le monde réel.
- ✓ Signal 3 : à une amplitude variable et une fréquence de **150mHz** supposé aussi comme un bruit.

En suite nous introduisons les trois signaux à l'AD620 à travers la broche 3.

- ✓ Après nous appliquons une alimentation symétrique de 12v sur l'AD620.

La résistance R1 de 470 Homs est ajoutée pour avoir un gain égal à 106 selon la formule.

$$GG_{aaaaaa} = \frac{49.4kk\Omega}{RR_{gg}} + 1$$

La figure ci-dessous expose un essai de simulation depuis le logiciel NI multisim.

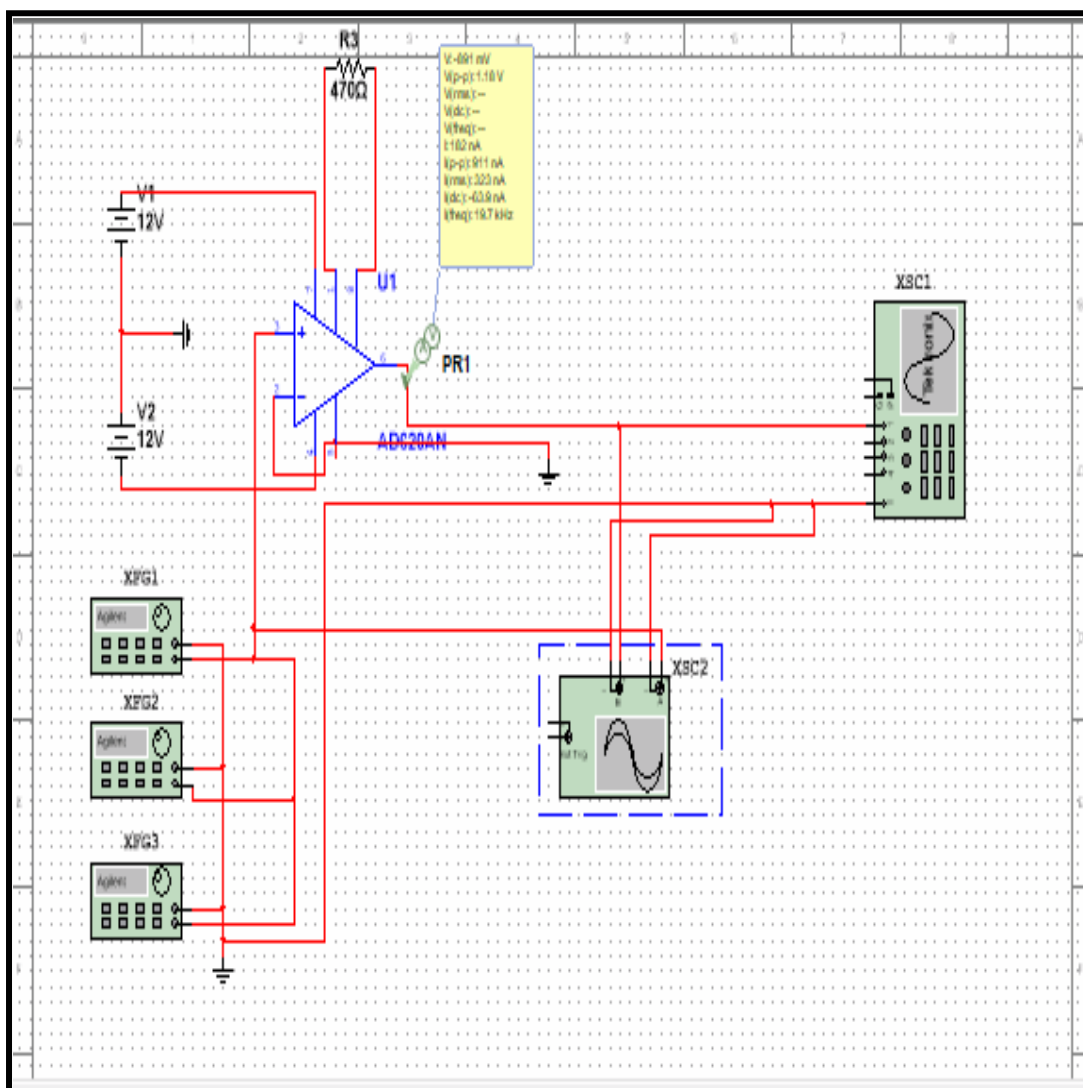
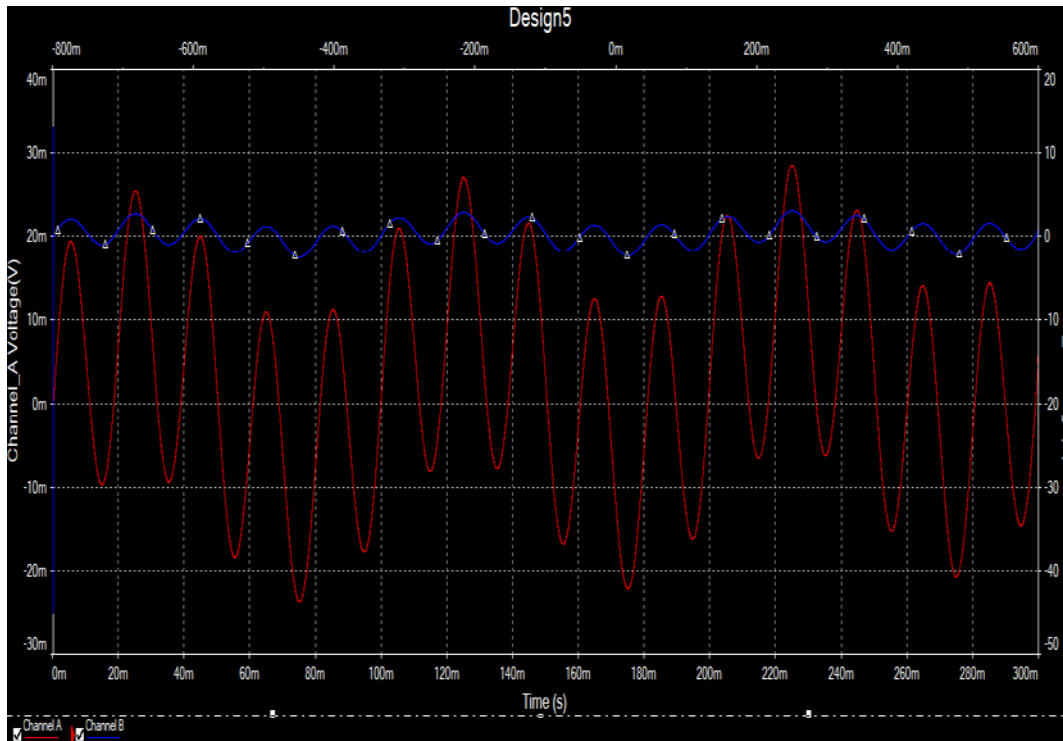


Fig III.1.3. Le circuit de pré-amplification

Après l'amplification, on a obtenu le résultat ci-dessous. Il montre un signal informatif de fréquence principal de **10Hz**, auquel est superposé un signal bruit de **100Hz et 150mHz**.

La figure suivante illustre la nature de la sortie de l'amplificateur AD620. On remarque que le signal devient bruité amplifié environ de 100 fois. Donc ce résultat montre la nécessité d'ajouter l'étage suivant constituant le bloc de filtrage.



**Fig III.3.2.** Représentation des résultats du bloc de pré-amplification.

### III.2. L'étage de filtrage

Dans cette partie nous proposons de tester le filtre permettant d'éliminer les fréquences proposées comme source bruit. Ceci est fait à l'aide de deux filtres passifs placés en série (voir la figure IV.5). La fréquence de coupure  $FF_{cc}$  du filtre est calculée selon l'équation

Suivante :

$$FF_{cc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$2\pi RC$$

Les deux filtres utilisés pour ce bloc sont :

- ✓ Un premier filtre passe-bas autour d'une fréquence de coupure  $F_c=36\text{Hz}$  pour éliminer la fréquence de 50Hz,
- ✓ Un deuxième filtre passe-haut autour d'une fréquence de coupure ( $F_c=0.15\text{ Hz}$ ). Ce filtre est construit pour éliminer un peu de bruit du signal du géophone.

On sait que la fréquence du signal du géophone est d'environ 10 Hz, Avec une large bande de fréquence de 5Hz à 30Hz.

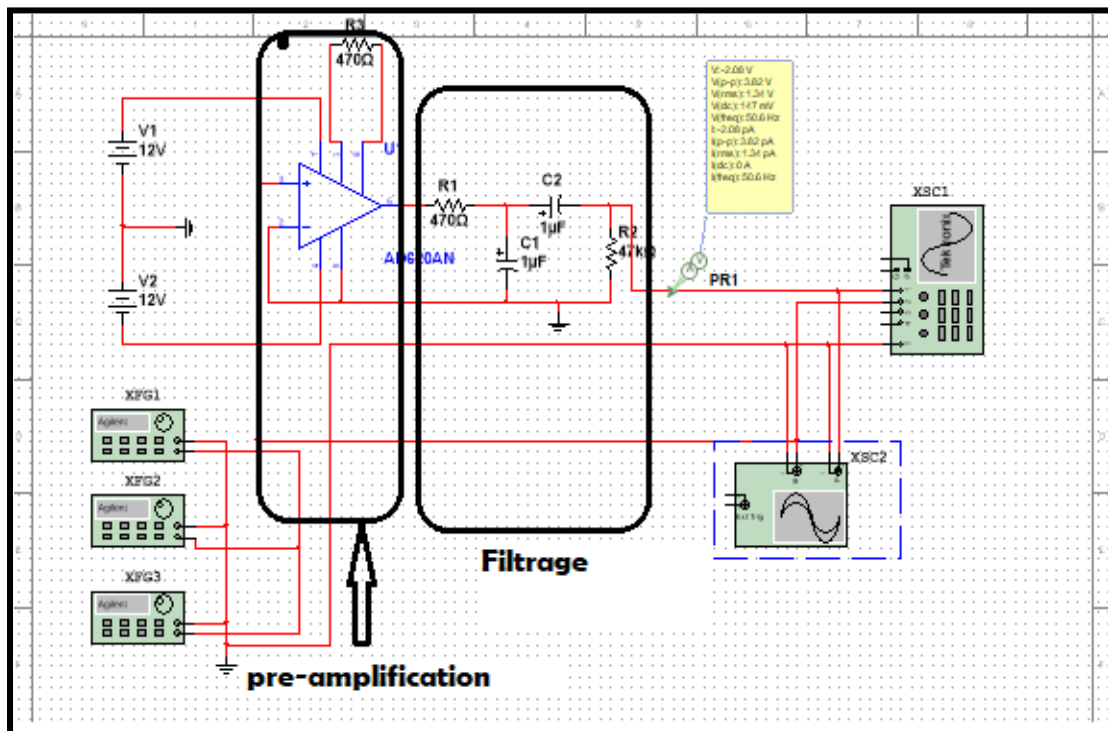


Fig III.3.5. Vue ensemble la pré-amplification et les filtres.

Le résultat obtenu à la sortie du filtre est montré dans la figure ci-dessous. On remarque que le bruit a été largement atténué par ce filtre surtout pour les ondulations qui a une fréquence de 50Hz et 150mHz.

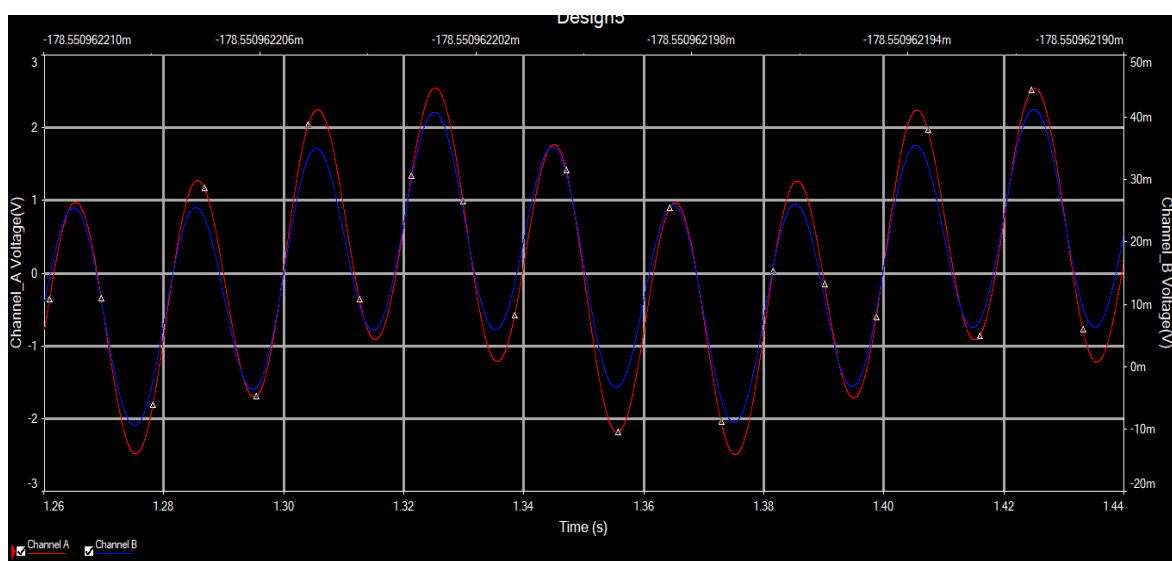
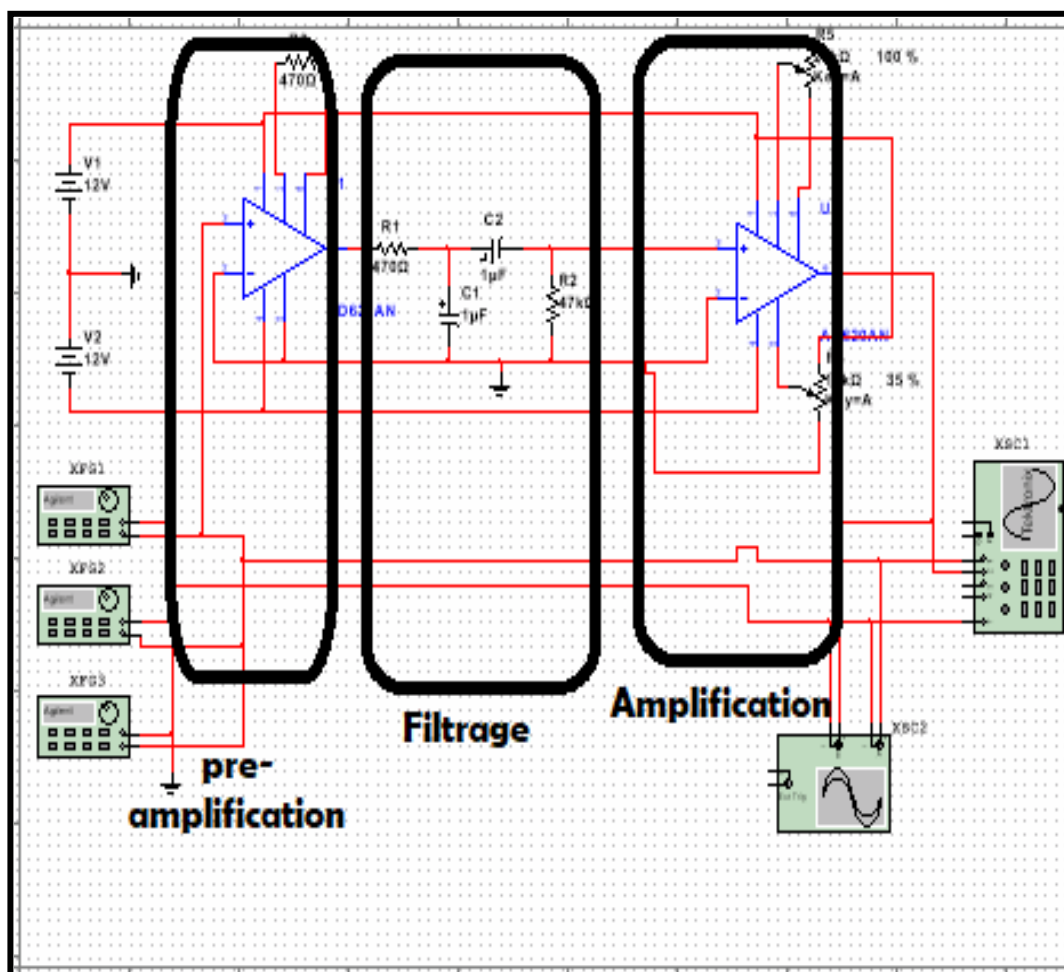


Fig III.3.6. Résultat de filtrage.

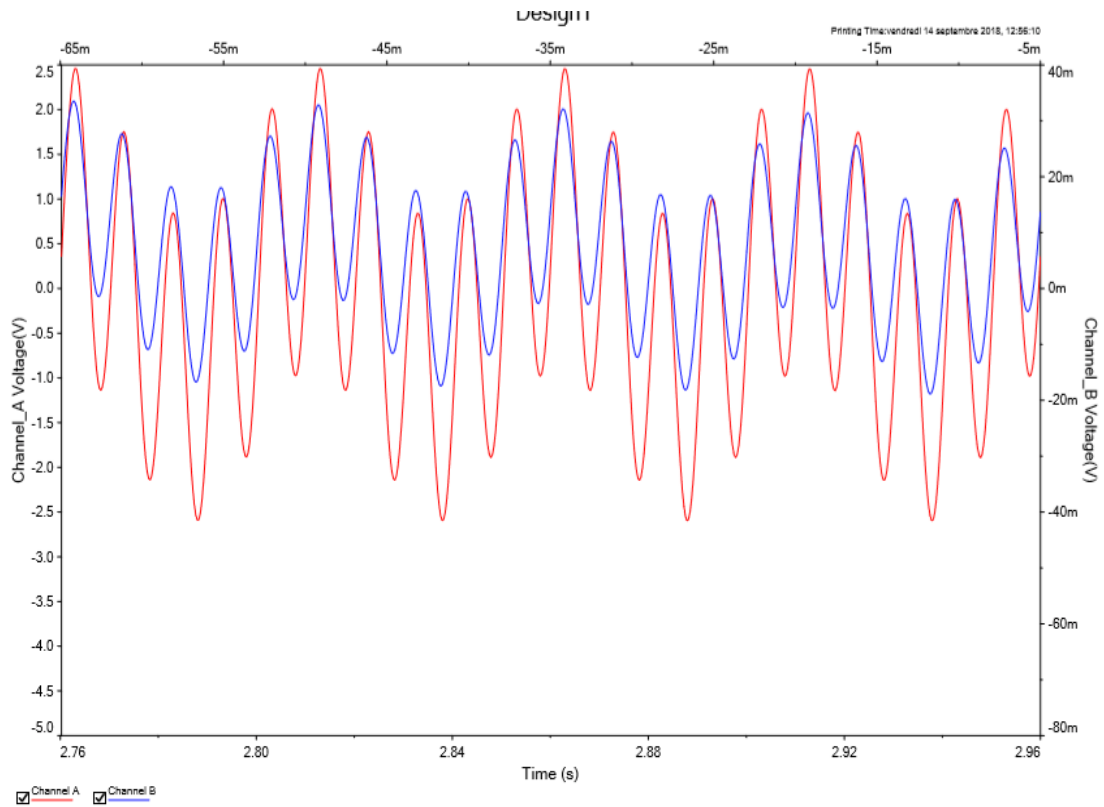
### III.3. L'étage d'amplification

Du fait que le signal à la sortie du filtre est à faible amplitude, qui le rend difficile à traiter, un bloc d'amplification est indispensable. Cet étage permet de rendre le signal adaptable pour la partie de la conversion analogique numérique qu'on discutera par la suite (partie pratique). Le gain d'amplification de cet étage reste ajustable et aussi la valeur de référence. Pratiquement, pour varier le gain et la tension de référence nous utiliserons deux potentiomètres de 10kHoms, l'un placé dans les broches 1 et 8 pour ajuster le gain et l'autre placé sur la broche 5 de référence. La figure suivante montre la coordination entre les trois étages.



**Fig III.3.7.** Vue d'ensemble montre la liaison entre les différents étages du circuit.

Finalement, lorsque la conception de circuit est achevée, nous obtenons (depuis l'oscilloscope) un signal bien amplifié à 3.3Vpp et totalement détaché du bruit.

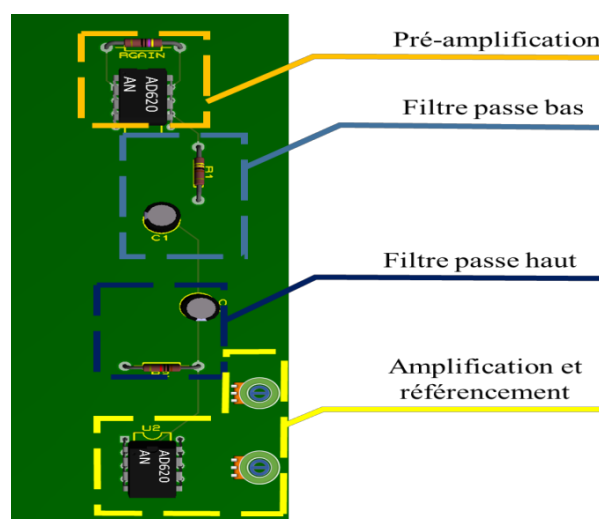


**Fig III.3.8.** Illustration du signal de sortie amplifié et filtré.

#### IV. Partie 2 : test

Après avoir terminé l'étape de simulation nous passons à l'étape suivante concernant le test de cette carte et les résultats de leur simulation.

Dans la partie simulation on a discuté les étages de pré-amplification, filtrage et d'amplification.

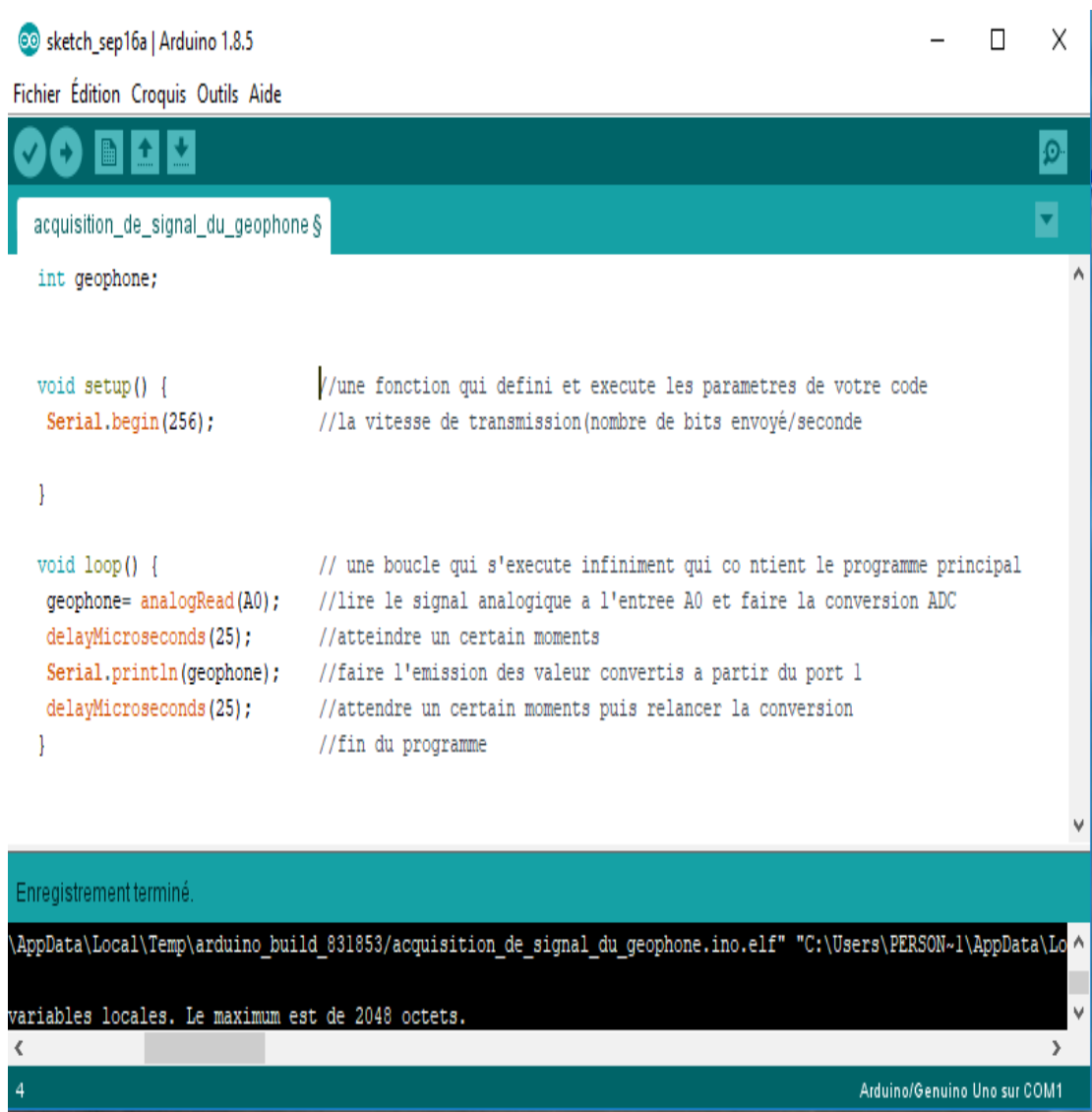


**Fig III.3.9.** Schéma du circuit contenant les trois premiers blocs.

Au cours de cette partie on va évoquer les étages deux autres blocs, aussi importants, qui sont : le bloc de conversion analogique numériques (ADC) et l'interface d'acquisition sous un ordinateur. Par la suite il nous reste qu'à faire la programmation à l'aide du logiciel Arduino qu'on discutera par la suite sa simplicité dans le cadre de notre application.

#### IV.1. La conversion analogique numérique (ADC)

Ce bloc a été réalisé on utilisant un moyen matériel convivial pour la conversion (ADC) qui est la platine **Arduino UNO** à l'aide d'un simple programme sous compilateur Arduino. Le code permettant de faire la conversion et la transmission du signal du géophone depuis la carte du traitement analogique est montré ci-dessous.



```
sketch_sep16a | Arduino 1.8.5
Fichier Édition Croquis Outils Aide
acquisition_de_signal_du_geophone$
int geophone;

void setup() { //une fonction qui defini et execute les parametres de votre code
  Serial.begin(256); //la vitesse de transmission(nombre de bits envoyé/seconde
}

void loop() { // une boucle qui s'exécute infiniment qui contient le programme principal
  geophone= analogRead(A0); //lire le signal analogique a l'entree A0 et faire la conversion ADC
  delayMicroseconds(25); //atteindre un certain moments
  Serial.println(geophone); //faire l'emission des valeur convertis a partir du port 1
  delayMicroseconds(25); //attendre un certain moments puis relancer la conversion
} //fin du programme

Enregistrement terminé.
\AppData\Local\Temp\arduino_build_831853\acquisition_de_signal_du_geophone.ino.elf" "C:\Users\PERSON-1\AppData\Lo
variables locales. Le maximum est de 2048 octets.
4 Arduino/Genuino Uno sur COM1
```

Fig III.3.10. Code source.

## IV.2. Affichage des résultats

Après avoir faire la conversion, il était indispensable d'afficher le signal obtenu.

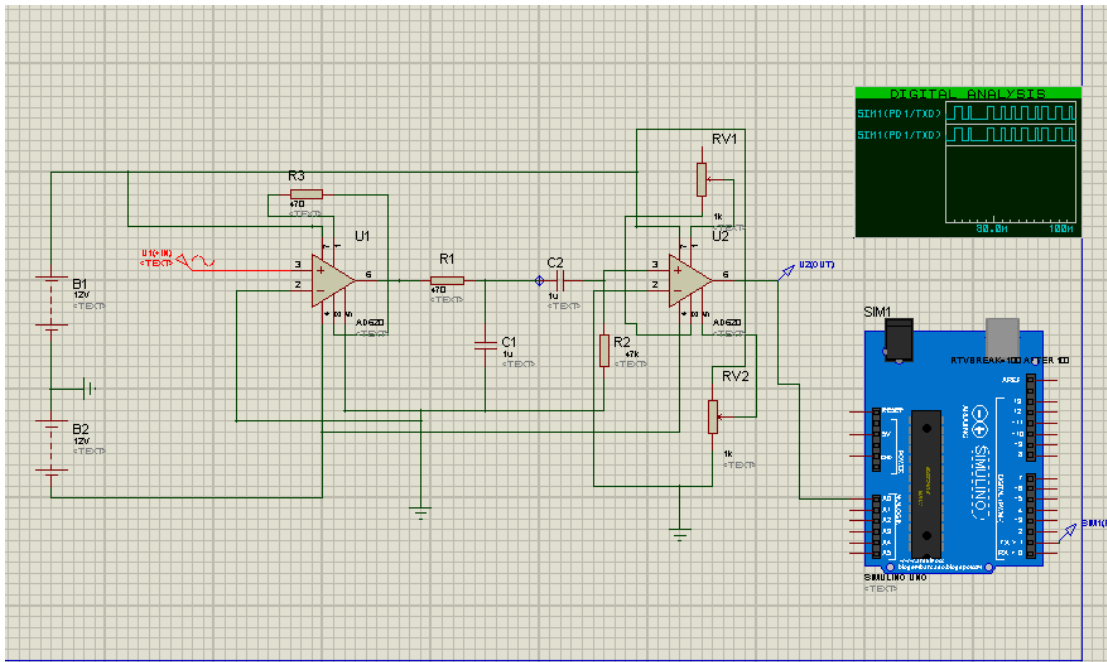


Fig III.3.11. Vue de la face avant de l'interface d'affichage.

La figure ci-dessous montre clairement le résultat obtenu par notre simulation. Cette figure montre clairement que le signal du géophone obtenu est correct et totalement détaché de la source de bruit.

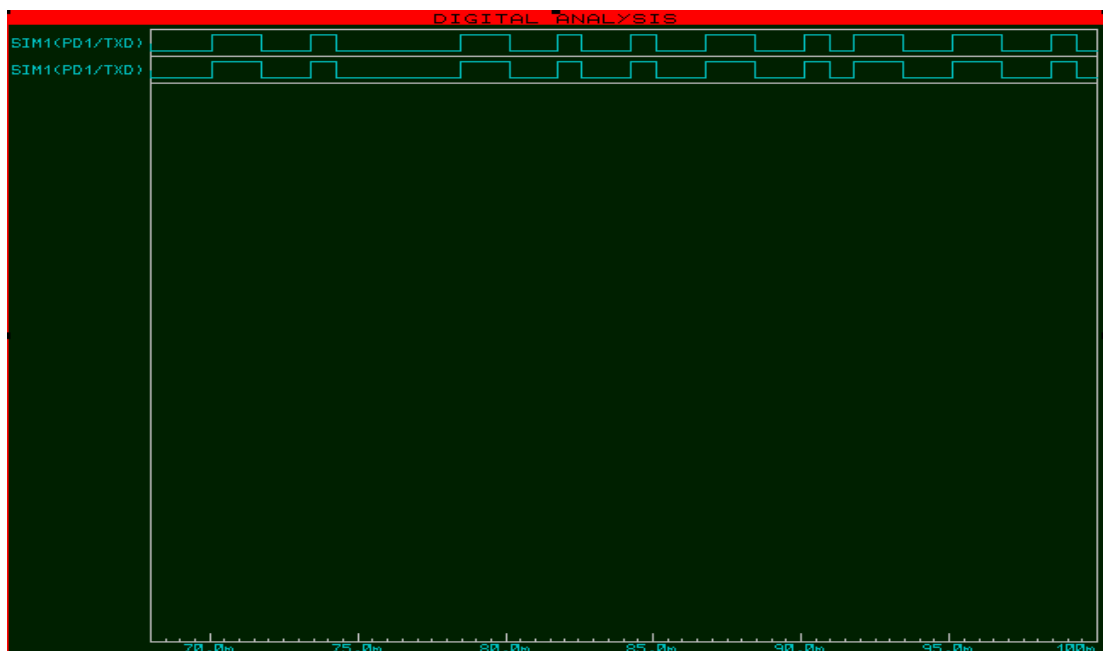


Fig III.3.12. Signal obtenu après le test.

## V. Conclusion

En général on trouve que la technologie numérique est dominée sur l'analogique grâce à ses avantages qui s'adaptent avec les besoins de la vie (technologie plus rapide et plus pratique). Grâce à des instruments définis et après les séries de simulation et de test on a obtenu un signal numérique détaché du bruit et parasites.

Le travail présenté dans ce mémoire été d'étudier les divers étapes du traitement de signal sismique, afin de le convertir en signal numérique. Et pour cela, il a été nécessaire d'étudier et de simuler une chaîne d'acquisition pour le traitement de ce signal.

Le principe fondamental de la conversion analogique numérique consiste d'abord à échantillonner le signal d'entrée puis le quantifié à l'aide de la conversion analogique par ARDUINO. Ces deux actions conjuguées permettent, dans un premier temps, de rejeter le bruit de quantification dans une large bande grâce à l'échantillonnage et en suite de le filtrer pour ne conserver que la bande utile du signal.

L'utilisation de l'outil informatique (**NI Multisim**) donne une grande souplesse pour la représentation des différents blocs de la chaîne d'acquisition. Ainsi que les différents signaux misent en jeux pour chaque bloc.

L'étude de ce projet nous a permis de comprendre une technique qui est très utilisées pour les systèmes d'exploitation sismique. Le problème majeur que nous avons rencontré durant la préparation de ce projet est le manque de références concernant cette technique de conversion.

Enfin on espérant que ce travail ouvre autres perspectives pour la mise en œuvre de cette conversion, qui a des fréquences d'échantillonnage basse avec une meilleure résolution.

## Références bibliographique

- [1] B.bakir, juillet 2016 rapport d'Observer ENAGEO,
- [2] F.mejhoudi, 24/05/2012, conversion d'un signal analogique vers un signal numérique, université Ibn Zohr faculté de Ouarzazate Maroc
- [3]. Christian JUTTEN ; Théorie du signal Cours de deuxième année (3i4) du département 3i, université de Grenoble, novembre 2009
- [4] Z.Boumediene, 2003/2004, étude et simulation d'un convertisseur analogique numérique basé sur la modulation sigma delta, université de chlef
- [5]. I.Riahi, juin 2017, Etude, simulation et réalisation De mini-générateurs BF et d'un mini-voltmètre AC-DC piloté par une carte Arduino Uno R3, université de Tlemcen.
- [6] Gérard Blanchet, Maurice Charbit., Traitement numérique du signal. Simulation sur Matlab
- [7] Maurice Bellanger, traitement numériques du signal théorie et pratique, 2<sup>eme</sup> et 3<sup>eme</sup> cycle d'ingénieur, 8<sup>eme</sup> éditions
- [8] Francis cottet, aide mémoire traitement du signal, master, école d'ingénieure
- [9] Christian Gargour- David bensousen- Vankat Ramachandran, theorie et conception des filtres analogiques.
- [10] Salvator Ragusa, juin 2006, Écrêtage Inversible pour l'Amplification Non-Linéaire des Signaux OFDM dans les Terminaux Mobiles,
- [11] Jacob Millman-Arvin Grabin, microélectronique
- [12] Emmanuel ALLIER, Le 27 novembre 2003, INTERFACE ANALOGIQUE NUMERIQUE ASYNCHRONE : UNE NOUVELLE CLASSE DE CONVERTISSEURS BASES SUR LA QUANTIFICATION DU TEMPS
- [13] Mahir Jridi, 17 Jul 2008, Etude, Modélisation et Amélioration des Performances des Convertisseurs Analogique Numérique
- [14] J.Herault, B.Jutten, dixieme colloque sur le traitement du signal et ces applications ;24 mai 2005
- [15] Mohamed Ali ZERZR, Arduino et Simulink/Matlab® un outil innovant à coût réduit pour le prototypage
- [16] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) (NI Multisim)

## Annexe A

### Caractéristiques des convertisseurs analogique-numérique

Afin de pouvoir comparer de façon objective les différentes architectures de CAN, il est nécessaire de définir les paramètres qui permettent d'évaluer les performances d'un convertisseur.

#### 1. La fonction de transfert d'un CAN

La fonction de transfert d'un CAN est un graphe qui représente la sortie du CAN (en bits ou en valeur analogique équivalente) en fonction du signal d'entrée (Fig. A.1)

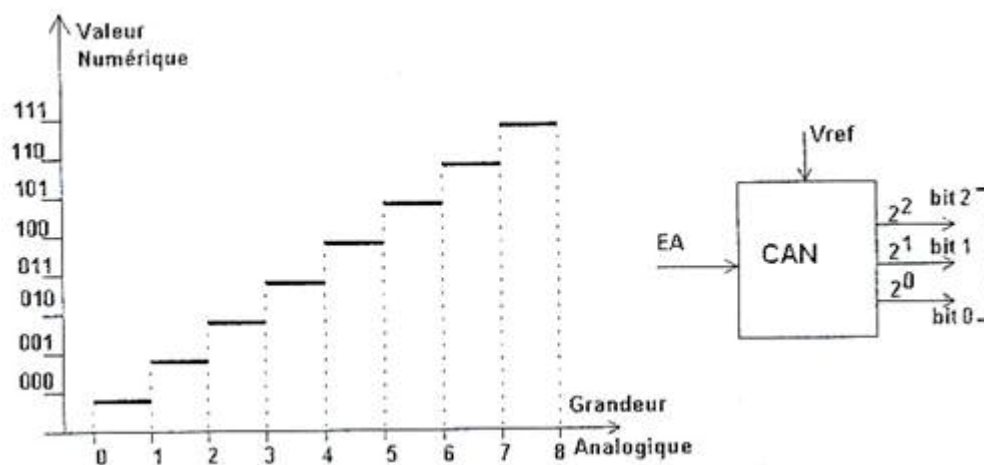


Fig A.1. Fonction de transfert d'un CAN idéal de 3bits.

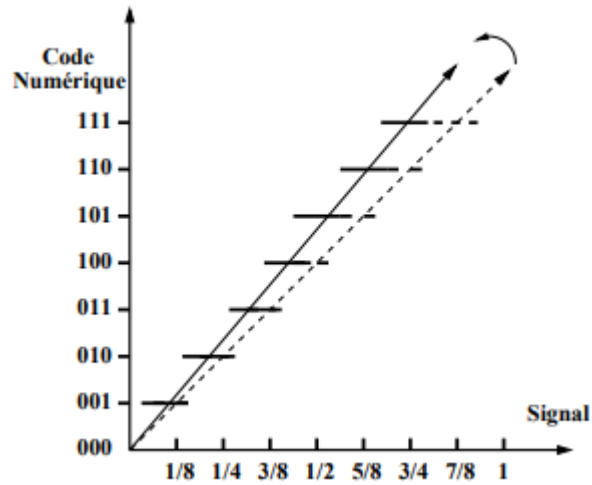
#### 2. La dynamique d'entrée

La dynamique d'entrée est le rapport entre la plus grande amplitude du signal d'entrée admissible par le CAN et le pas de quantification  $P_q$  du CAN.

Exemple : Pour un convertisseur de résolution 12bit, cette dynamique est égale à  $2^{12} = 4096$  soit encore 72dB.

#### 3. L'erreur de gain

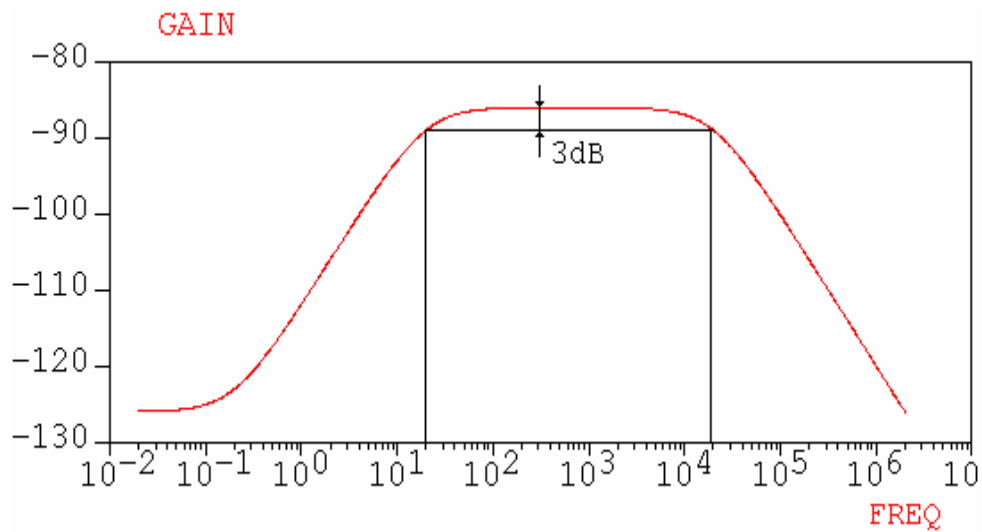
Le gain global d'un CAN correspond à la valeur de la pente de sa fonction de transfert. L'erreur de gain quantifie la déviation de cette pente vis-à-vis de la pente idéale.



**Fig A.2.** L'erreur du gain.

#### 4. Bande passante d'entrée

La bande passante d'entrée permet de définir la bande de fréquence des signaux d'entrée qui peuvent être convertis par le CAN dans le domaine de ses spécifications. En général, elle est égale à la moitié de la fréquence maximale d'échantillonnage du CAN.



**Fig A.3** Gain en fonction de la fréquence (bande passante).

## Annexe B

### 1. Filtre passe-bas du premier ordre

La fonction de transfert d'un filtre passe-bas du premier ordre est du type :

$$HH(ff) = \frac{1}{1 + j\frac{ff}{f_{CC}}}$$

### 2. L'amplificateur de l'AD620

L'amplificateur de mesure d'Analog Devices, à faible dérive, basse consommation et haute précision est idéal pour les applications hautes précision. Il s'agit d'un amplificateur de mesure à faible coût et à haute précision qui, avec une résistance externe, permet à l'utilisateur de définir des gains compris entre 1 et 10 000. La conception de faible encombrement et la faible consommation énergétique (courant d'alimentation de seulement 1,3 mA maximum) en font un choix idéal pour les applications portables ou à distance qui nécessitent une batterie.

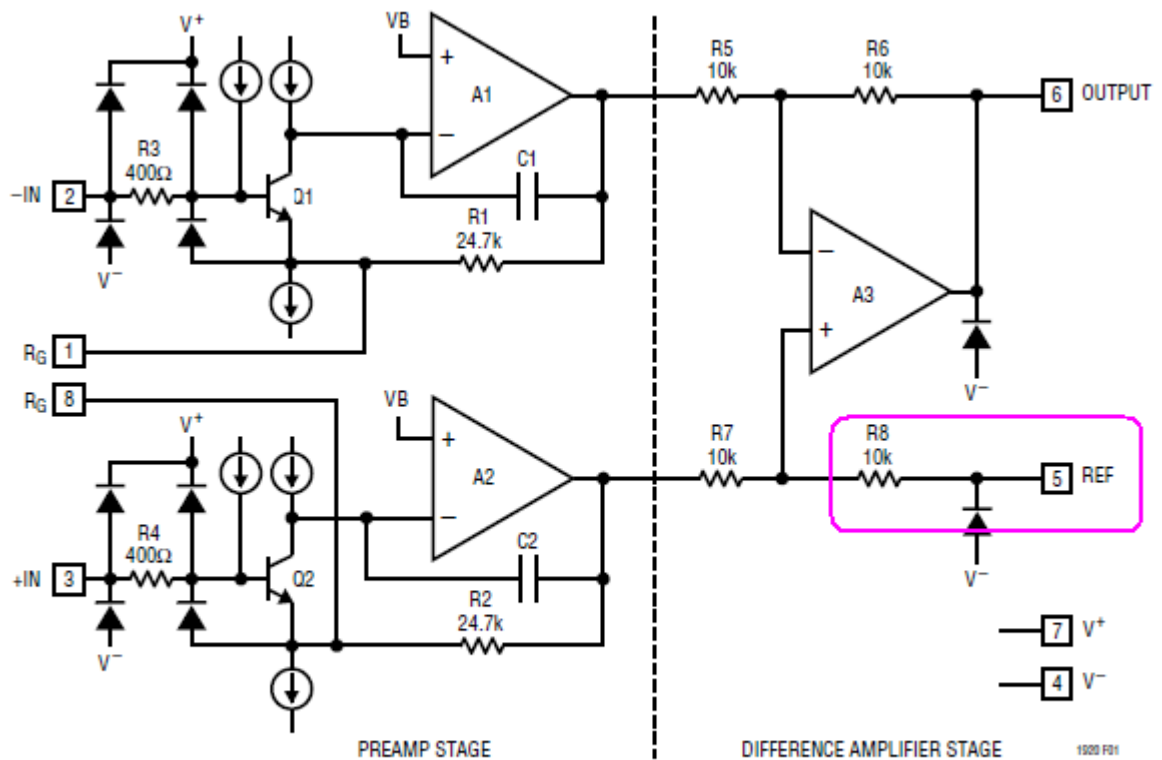


Figure 1. Block Diagram

FIG B.1. Datasheet de l4AD620.

### **3. Arduino**

Est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs, à usage créatif. Comme toute carte microcontrôleur, l'Arduino est constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout connaître, ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe. Ceci est à l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne. L'Arduino est alors un Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique. Il permet aussi, d'étendre les capacités des relations Homme/machine dont le fait qu'il est un projet en source. Au cours de ce chapitre nous allons découvrir, à travers une présentation détaillée, les caractéristiques de la carte Arduino utilisé dans ce projet.

#### **3.1. La compatibilité**

Le logiciel Arduino, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement à certains autres outils de programmation.

#### **3.2. Programmation de la carte**

N'importe quelle carte Arduino, peut être programmée avec le logiciel Arduino. Il suffit, alors, de sélectionner "ArduinoUNO par exemple" dans le menu Tools >Board Le microcontrôleur UNO présent sur la carte Arduino UNO est livré avec un boot loader (petit programme de démarrage) préprogrammé qui vous permet de transférer le nouveau programme dans le microcontrôleur sans avoir à utiliser un matériel de programmation externe. Ce boot loader communique avec le microcontrôleur en utilisant le Protocole original De même, vous pouvez dépasser le boot loader et programmer le microcontrôleur via le connecteur ICSP (In-Circuit Serial Programming).

Ainsi, le code source pour le circuit intégré qui permet la programmation de la carte arduino est disponible. Pour le plus de détails consulter le manuel de programmation des cartes arduino.

Série	Microcontrôleur	Alimentation	La tension d'entrée illimitée	Les E/S numériques	Les entrées analogiques	Mémoire Flash	SRAM	EEPROM	Quartz
Arduino UNO	ATmega328	5V	6 - 20V	14 (dont 6 fournissent la sortie PWM)	6	32 KB (ATmega328) dont 0,5 KB utilisé par bootloader	2 KB (ATmega328)	1 KB (ATmega328)	16 MHz
Arduino MEGA	ATmega2560	5V	6 - 20V	54 (dont 15 fournissent la sortie PWM)	16	256 KB dont 8 Ko utilisé par bootloader	8 KB	4 KB	16 MHz
Arduino PRO	ATmega168 Ou ATmega328	3.3V ou 5V	3.35 -12 V 5 - 12 V	14 (dont 6 fournissent la sortie PWM)	6	6 KB (ATmega168) ou 32 Ko (ATmega328) dont 2 Ko utilisé par bootloader	1 KB (ATmega168) ou 2 KB (ATmega328)	512 bytes (ATmega168) ou 1 KB (ATmega328)	8 MHz (3.3V) ou 16 MHz (5V)
Arduino MICRO	ATmega32u4	5V	6-20V	20 (dont 7 fournissent la sortie PWM)	12	32 KB (ATmega32u4) dont 4 Ko utilisé par bootloader	2.5 KB (ATmega32u4)	1 KB (ATmega32u4)	16 MHz
Arduino ZERO	ATSAMD21G18	3.3V	-	20, qui peuvent tous faire numérique I/O et tous, sauf pour les 2 et 7 peut être utilisée comme sortie PWM	6, 12-bit ADC channels	256 KB	32 KB	Aucun (partie de la mémoire flash peut être utilisée comme une mémoire non volatile avec des limites)	48 MHz
Arduino DUE	AT91SAM3X8E	3.3V	6-16V	54 (dont 12 fournissent la sortie PWM)	12	512 Ko tous disponibles pour les applications de l'utilisateur	96 KB (deux banques: 64KB et 32KB)	-	84 MHz
Arduino LEONARDO	ATmega32u4	5V	6-20V	20 (dont 7 fournissent la sortie PWM)	12	32 KB (ATmega32u4) dont 4 Ko utilisé par bootloader	2.5 KB (ATmega32u4)	1 KB (ATmega32u4)	16 MHz

**Tab** Séries de la carte Arduino et ses caractéristiques

## **Résumé**

Les instruments de mesure font de plus en plus appel à du traitement numérique plutôt qu'analogique dans tous les domaines. Ce choix est souvent justifié par une grande stabilité des paramètres, une excellente reproductibilité des résultats et des fonctionnalités accrues.

Ce mémoire représente un travail sur le traitement du signal sismique (prospection sismique), qui est convertit en un signal numérique. Et ceux en traitant toute une chaine d'acquisition avec ces différentes étapes en comptent l'amplification et le filtrage. Puis la conversion numérique avec ces étapes (l'échantillonnage et la quantification).

## **Mots clés**

Traitement de signal, conversion analogique /Numérique, signal sismique, chaine d'acquisition sismique, géophone, prospection sismique.