



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

**MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES**

Pour l'obtention du Diplôme de

**MASTER en GENIE BIOMEDICAL**

**Spécialité : Instrumentation Biomédicale**

Présenté par : Bouabdelli Fatma

Senouci Houria

---

**DETECTEUR DE DISTANCE A INFRAROUGE**

---

**Soutenu le Mardi 26/06/2018 devant le Jury**

Mr.	Khokhal M	<i>Prof</i>	Université de Tlemcen	Président
Mr	Debbal Sidi Med .El amin	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr	Dib N	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Examineur

**Année universitaire 2017-2018**

# Remerciements

*Nous tenons à remercier notre Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté pour compléter ce modeste travail.*

*Ce travail a été entrepris au Laboratoire du Génie Biomédicale de la faculté de technologie de l'Université Abou-Bakr Belkaid sous la direction de Monsieur DEBBAL Sidi Mohamed, que nous remercions d'avoir pris en charge la direction de notre mémoire de fin d'étude. Malgré son emploi du temps chargé, nous a fait profiter de ses conciles et ses suggestions pertinentes. Grace à sa rigueur scientifique, il a su nous aider au travers de nos interrogations.*

*Nos remerciements s'adressent également au président de jury Mr. KHOKHAL M d'avoir accepté de lire et d'évaluer notre mémoire.*

*Nôtre gratitude et remerciements vont aussi à Mr .Dib N qui a aimablement accepté de juger ce modeste travail.*

*Un grand merci à Mr. HAMOUDI YUCEF et Mr. BELAID BOUMEDIEN pour nous avoir aidés et dirigés par leurs conseils le long de notre travail.*

*Nous exprimons nos remerciements à tous les enseignants qui nous ont encadrés pendant notre cursus universitaire sans oublier les membres du Laboratoire d'électronique. Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

## *Dédicace*

*Avec l'aide de dieu clément, on a pu réaliser ce modeste mémoire qui est le fruit d'un long et dure travail.*

*Je dédie ce travail avec grande joie et cœur ouvert à mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragé avec leurs présences et leurs participations actives durant mes études. Un grand merci pour eux. Ensuite, à ceux qui me sont très chers mon beau père et ma belle mère je leur dédie ce travail de fin d'étude.*

*Je ne saurais oublier mes frères Ahmed et Aïd et Djilali et Mohamed et ma sœur Khayra et les enfants Abou Berk Sadik et Abed Basset et Ritage et Sondosse Rihabe pour leurs soutien morale.*

*Sans jamais oublier Toute la famille BOUABDELLI*

*Je voudrai bien dédier ce travail à mes amies et mes collègues de l'université de Tlemcen avec qui j'ai passé de bons moments de joie et de détente.*

*Mes professeurs de l'GBM qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.*

*A tous, ceux que j'ai cités et à ceux qui ne sont pas cités, à tous qui m'ont apporté à un moment ou un autre un aide à la conduite de ce travail : un grand merci du fond de mon cœur.*

*A TOUS, JE LEUR DEDIE CE MODESTE TRAVAIL*

*BOUABDELLI Fatma*

## *Dédicace*

*Je commence par rendre grâce à Dieu et sa bonté, pour la patience, la compétence et le courage qu'il m'a donné pour en arriver là.*

*Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions, Je dédie ce mémoire :*

*Spécialement à **ma chère MAMAN** qui m'a élevé et soutenu tout au long de ma vie.*

*A l'âme de **mon cher père**, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*A ma sœur **hayat** et mes frères **Abderrahman, Cherf** et **Sofiane** et a toute ma famille.*

*Je tiens énormément à remercier mes enseignants, mes amis (es) et camarades de cette promotion «instrumentation biomédicale».*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

***Senouci houria***

## La liste des figures

Figure 1.1 : système de mesure.....	2
Figure 1.2 : schéma synoptique d'une chaîne de mesure.....	2
Figure 1.3 : Nature de l'information du capteur numérique.....	3
Figure 1.4 : Nature de l'information du capteur analogique.....	4
Figure 1.5 : Effet thermoélectrique.....	5
Figure 1.6: Effet piézo-électrique.....	5
Figure 1.7 : Effet d'induction électromagnétique.....	6
Figure 1.8 : Effet photo-électrique.....	6
Figure 1.9 : Effet Hall .....	7
Figure 1.10 : Effet photovoltaïque .....	7
Figure 1.11 : capteur à résistance (variation du liquide).....	8
Figure 1.12 : Capteur à résistance (variation de pression).....	9
Figure 1.13 : Capteur capacitif.....	10
Figure 1.14 : Capteur inductif.....	10
Figure 1.15 : Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif.....	11
Figure 1.16 : Exemple d'étendue de mesure d'un capteur.....	11
Figure 1.17 : Domaines de fonctionnement d'un capteur.....	12
Figure 1.18 : Exemple de la sensibilité d'un capteur.....	13
Figure 1.19 : Exemple de temps de réponse d'un capteur.....	13
Figure 1.20 : Exemple de l'hystérésis d'un capteur.....	14
Figure 1.21 : caractéristiques statistiques d'un capteur .....	15
Figure 1.22 : Exemple L'erreur sur le zéro d'un capteur.....	17
Figure 1.23 : Exemple L'erreur sur d'échelle d'un capteur.....	17
Figure 1.24 : Exemple L'erreur de linéarité d'un capteur.....	18
Figure 1.25 : Exemple L'erreur d'hystérésis d'un capteur.....	18
Figure 1.26 : Exemple L'erreur de mobilité d'un capteur.....	19
Figure 2.1: Domaines de l'IR dans le spectre électromagnétique.....	20

Figure 2.2: Positionnement de tables d'examen.....	21
Figure 2.3 : Positionnement fiable et précis de tables d'opération.....	21
Figure 2.4: Positionnement précis du patient sur la tomographie.....	22
Figure 2.5 : contrôle des nombreux mouvements possibles du fauteuil.....	22
Figure 2.6: capteur inductif.....	23
Figure 2.7: principe de capteur .....	24
Figure 2.8: capteur laser.....	25
Figure 2.9: Capteur laser de distance par triangulation.....	26
Figure 2.10: principe de capteur ultrasonique.....	27
Figure 2.11: Système barrage de capteur optique.....	29
Figure 2.12: Système reflex de capteur optique .....	29
Figure 2.13: Système proximité de capteur optique.....	30
Figure 3.1: variation de la tension en fonction de la distance (Émetteur : diode IR ; récepteur : photodiode).....	34
Figure 3.2 : Montage du modèle Thévenin pour le capteur infrarouge (une LED IR).....	35
Figure 3.3 : Représentation graphique des résultats du modèle Thévenin pour le capteur d'infrarouge (LED IR).....	37
Figure 3.4 : Montage du modèle Norton pour le capteur infrarouge ( LED IR).....	38
Figure 3.5 : Représentation graphique des résultats du modèle Norton pour le capteur infrarouge (une LED IR).....	40
Figure 3.6 : Circuit logarithmique.....	40
Figure 3.7 : Représentation graphique des résultats avec l'utilisation d'un circuit logarithmique...	42
Figure 3.8: l'organigramme du programme MATLA.....	43
Figure 3.9 : linéarisation de la courbe de l'émetteur IR par la méthode des moindres carrés.....	44
Figure 3.10 : Montage du l'émetteur IR à deux diodes.....	45
Figure 3.11 : Représentation graphique de tension en fonction de la distance pour capteur infrarouge à deux diodes LED.....	47
Figure 3.12 : Montage du l'émetteur IR à trois diodes.....	48

Figure 3.13 : Représentation graphique de tension en fonction de la distance pour capteur infrarouge à trois diodes LEDs .....	50
Figure 3.14 : Représentation graphique de tension en fonction de la distance pour capteur infrarouge à (1 diode, 2 diodes ,3diodes).....	51
Figure 3.15 : Montage de les parties émission et réception pour capteur infrarouge.....	52
Figure 3.16 : Montage de les parties émission et réception pour capteur infrarouge réal.....	52
Figure 3.17 : montage de suiveur.....	53
Figure 3.18 : signal a l'entrée et à la sortie de suiveur.....	53
Figure 3.19 : montage de amplificateur non inverseurs.....	54
Figure 3.20 : signal à la sortie de l'étage d'amplification.....	54
Figure 3.21 : l'afficheur LEDs sur isis.....	55
Figure 3.22 : l'afficheur LEDs.....	56
Figure 3.23 : l'afficheur LCD avec une carte arduino uno.....	56
Figure 3.24 : carte Arduino uno.....	57
Figure 3.25 : détection de 3 cm.....	62
Figure 3.26 : détection de 7cm.....	62
Figure 3.27 : détection de 15cm.....	63
Figure 3.28 : détection de 25cm.....	63
Figure 3.29 : détection de 30cm.....	64
Figure 3.30 : Variation de la tension en fonction de la distance.....	65
Figure 3.31 : le circuit imprimé réalisé.....	66
Figure 3.31 : le circuit général réalisé.....	66

## La liste des tableaux

Tableau 1.1 : Grandeurs d'entrée et de sortie et effets utilisés par les capteurs actifs.....	8
Tableau 3. 1 : variation de la tension au niveau du récepteur (photodiode) en fonction de la distance vis à vis du capteur infrarouge (émetteur).....	33
Tableau 3. 2 : Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR avec trois valeurs de résistances en série ( $510\Omega$ , $1k\Omega$ et $5.6 k\Omega$ ).....	36
Tableau 3. 3: Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR avec trois valeurs de résistances en // ( $510\Omega$ , $1k\Omega$ et $5.6 k\Omega$ ).....	39
Tableau 3. 4: Variation de la tension en fonction de la distance du capteur IR avec circuit logarithmique.....	41
Tableau 3. 5: Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR avec deux LEDs..	46
Tableau 3. 6: Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR à trois diodes LEDs .....	49
Tableau 3. 7: représente la variation de la tension en fonction de la distance.....	64

## Table des matières

Introduction générale .....	1
1 Introduction .....	2
1.1 Définition.....	2
1.1.1.La chaine de mesure.....	2
1.2 Types de grandeur physique.....	4
1.3 Classification des capteurs .....	4
1.3.1 Capteurs actifs.....	5
1.3.2 Capteurs passifs.....	8
1.4 Caractéristiques métrologiques d'un capteur.....	10
1.4.1 Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur.....	11
1.4.2 L'étendue de mesure.....	11
1.4.3 Domaines de fonctionnement.....	11
1.4.4 Sensibilité.....	12
1.4.5 Finesse.....	13
1.4.6 Linéarité.....	13
1.4.7 Rapidité - Temps de réponse.....	13
1.4.8 L'hystérésis.....	14
1.4.9 Caractéristiques statistiques d'un capteur.....	14
1.4.10 Résolution.....	15
1.4.11 Grandeurs d'influence.....	15
1.5 Les erreurs de mesure dans les capteurs.....	16
1.5.1 L'erreur sur le zéro (l'offset).....	17
1.5.2 L'erreur d'échelle (gain).....	17
1.5.3 L'erreur de linéarité.....	18
1.5.4 L'erreur due au phénomène d'hystérésis.....	18

1.5.5 L'erreur de mobilité.....	19
2 Définition de La lumière infrarouge.....	20
2.1 Les différents types de capteurs de distance .....	22
2.1.1 Capteurs inductifs .....	22
2.1.2 Les Avantages .....	23
2.1.3 Les inconvénients .....	23
2.1.4 Domaines d'utilisation .....	23
2.2 Capteurs capacitifs .....	24
2.2.1 Les avantages .....	24
2.2.2 Les inconvénients .....	25
2.3 Capteurs laser.....	25
2.3.1 Les avantages .....	25
2.3.2 L'inconvénient .....	26
2.4 Capteur laser de distance par triangulation .....	26
2.4.1 La technique pour le récepteur du capteur : rangée de photodiodes.....	26
2.5 Capteur ultrason .....	27
2.5.1 Les avantages .....	27
2.5.2 Les inconvénients .....	27
2.6 Capteurs optique .....	28
2.6.1 Les avantages .....	28
2.6.2 Différents types de capteur optique .....	28
2.7 Capteur de distance infrarouge .....	31
2.7.1 Les Avantages .....	31
2.7.2 Les inconvénients .....	31
3.1 Étude pratique d'émission.....	32
3.1.1 Étude pratique du capteur.....	32
3.1.2 Analyse expérimentale de capteurs.....	33

3.1.3 Analyse expérimentale de différentes méthodes.....	34
3.1.3.1Méthode Thévenin.....	35
3.1.3.2 Méthode Norton.....	38
3.1.3.3Circuit logarithmique.....	40
3.1.3.4 Application de la méthode de moindre carré.....	42
3.1.3.5 Emetteur IR à deux diodes .....	45
3.1.3.6 Emetteur IR avec trois diodes.....	48
3.1.4 Conclusion.....	51
3.2 Circuit d'émission.....	51
3.3 Circuit de réception.....	53
3.3.1 Une photodiode.....	53
3.3.2 Adaptation d'impédance.....	53
3.3.3 La fonction amplificateur.....	54
3.4 La partie d'affichage.....	55
3.4.1 L'afficheur LEDs .....	55
3.4.2 L'afficheur LCD avec une carte arduino uno.....	56
3.4.2.1 Arduino uno.....	57
3.4.2.2 L'afficheur LCD.....	60
3.5 Conclusion.....	67
Conclusion.....	68

## Introduction général

Les capteurs de déplacement sont nombreux et basés sur des principes physiques variés parmi lesquels on trouve la lumière infrarouge. L'infrarouge est un rayonnement électromagnétique situé dans une région spectrale invisible à l'œil humain. Leur domaine s'étend de  $0,8 \mu\text{m}$  à  $1000 \mu\text{m}$ .

On a utilisé un émetteur Infrarouge (Emission) couplé à un détecteur de déplacement Infrarouge (Récepteur) dont la propriété est de convertir l'information infrarouge reçue en un signal électrique exploitable. Ce signal est souvent de très faible amplitude, c'est pourquoi, il devrait donc être au préalable amplifié puis adapté au reste des blocs de la chaîne de mesure ou d'acquisition.

L'objectif escompté de ce mémoire est de concevoir et de réaliser un appareil de détection de distance qui doit répondre à des besoins spécifiques. Ceci se fera par l'utilisation de deux transducteurs à infrarouge l'un pour l'émission et un deuxième pour la réception.

Notre travail est subdivisé en trois parties distinctes :

- Le premier chapitre présente succinctement les notions théoriques et fondamentales sur les capteurs.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des différentes méthodes existantes pour la détection de distance.
- Le troisième et dernier chapitre est composé de deux parties :
  - La première partie dans laquelle nous sommes principalement intéressés à étudier la linéarité de différents capteurs par différentes méthodes afin de sélectionner le capteur et la méthode les plus appropriés pour être utilisés par la suite dans notre chaîne de mesure.
  - La deuxième partie concernera essentiellement la réalisation du dispositif (Chaîne de mesure) regroupant l'ensemble des blocs allant de l'amplification jusqu'à l'affichage de l'information qui s'agit ici de la distance mesurée par notre dispositif

# Chapitre

# 01

## 1 Introduction

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs ....), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité,.....).

Le capteur est l'élément indispensable à la mesure de ces grandeurs physiques.

### 1.1 Définition

C'est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique une autre grandeur électrique.



Figure 1-1 : système de mesure

#### 1.1.1 La chaîne de mesure

Généralement le signal de sortie n'est pas directement utilisable. On appelle chaîne de mesure l'ensemble des circuits qui amplifient, adaptent, convertissent, linéarisent, digitalisent le signal avant sa lecture sur le support de sortie.

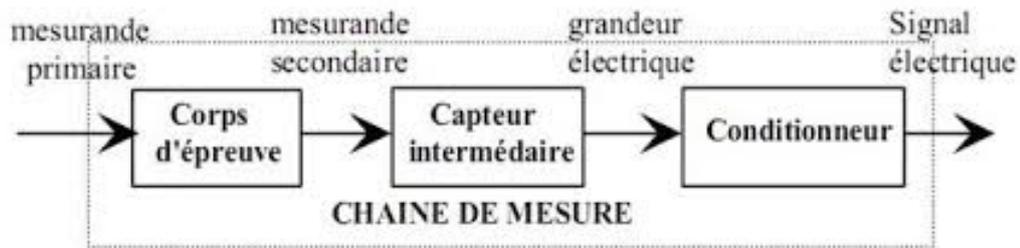


Figure 1-2 : schéma synoptique d'une chaîne de mesure

De manière classique la sortie d'une chaîne de mesure est du type électrique. Si la chaîne de mesure fait intervenir plusieurs transducteurs, on appelle corps d'épreuve celui en contact direct avec le mesurande.

Par définition, un corps d'épreuve est un transducteur (partie d'un capteur) qui permet la transduction d'une grandeur physique non exploitable en une grandeur physique exploitable.

# Chapitre 01 : Notion théoriques sur les capteurs

Le dernier transducteur est associé à un conditionneur qui fournit la grandeur électrique de sortie de manière exploitable. Le choix de ce conditionneur est une étape importante car il détermine la nature finale du signal électrique et va influencer les performances de la mesure. [1]

## 1.1.1.1 Les capteurs numériques

Les capteurs numériques donnent en sortie une valeur finie. Par exemple, si une grandeur physique croît de manière linéaire, la sortie du capteur qui va la mesurer donnera soit une information du type "TOR" (Tout Ou Rien), un train d'impulsion ou un échantillonnage.

**a) tout ou rien (TOR) :** il informe sur l'état d'un système ne pouvant avoir que deux états stables. Comme par exemple une vanne. Si cette vanne est ouverte, on affectera à la sortie du capteur un "0" ou un "1" logique selon la volonté du concepteur du capteur et la sortie prendra l'autre valeur si elle est fermée. Ce type de montage est dit "bivalent" : c'est le fait que la sortie du montage ne peut prendre que deux valeurs (ouvert/fermé.1/0).

**b) train d'impulsions :** chaque impulsion est l'image d'un changement d'état. Par exemple, un codeur incrémental donne un nombre fini et connu d'impulsions par tour.

**c) échantillonnage :** c'est l'image numérique d'un signal analogique sous la forme d'un "escalier" (on retrouve cette caractéristique en sortie des convertisseurs analogiques / numériques). Pour un intervalle de tension d'entrée, correspond une seule valeur de la sortie.

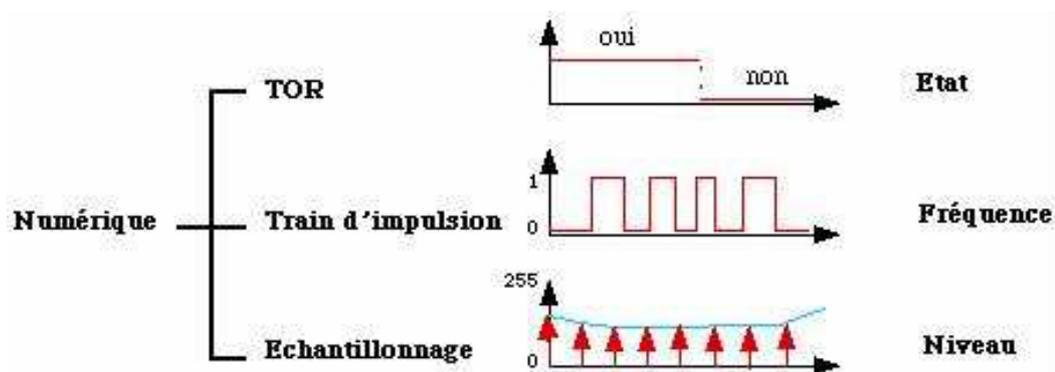


Figure 1-3 Nature de l'information du capteur numérique.

## 1.1.1.2 Les capteurs analogiques

Les capteurs analogiques servent à transformer une grandeur physique en un autre type de variation d'impédance, de capacité, d'inductance ou de tension. Un signal est dit analogique si l'amplitude de la grandeur physique qu'il représente peut prendre une infinité de valeurs dans un intervalle donné.

a) **signal continu** : c'est un signal qui varie lentement dans le temps et qu'on retrouve en sortie d'une sonde de température, de pression ou encore d'une photo résistance.

b) **temporel** : c'est la forme de ce signal au cours du temps. C'est aussi la trace du signal sur l'écran d'un oscilloscope.

c) **fréquentiel** : c'est le spectre fréquentiel qui transporte l'information désirée [2].

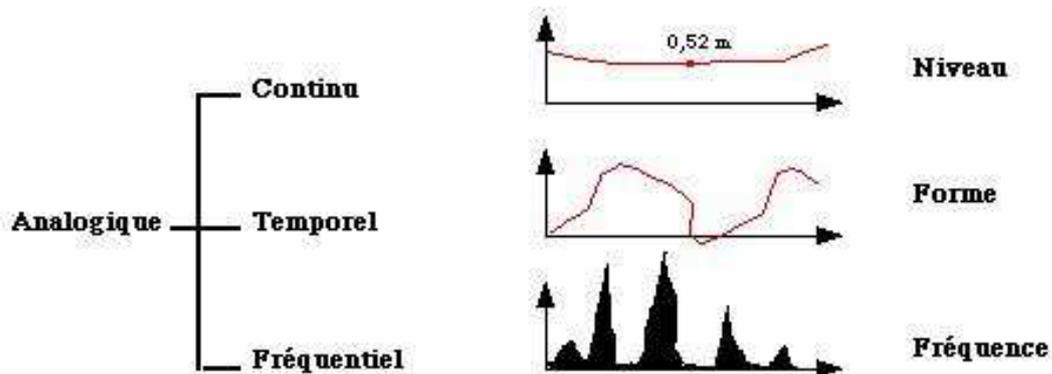


Figure 1-4 : Nature de l'information du capteur analogique.

## 1.2 Types de grandeur physique

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

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

## 1.3 Classification des capteurs

Si l'on s'intéresse aux phénomènes physiques mis en jeu dans les capteurs, on peut classer ces derniers en deux catégories.

- Capteurs actifs
- Capteurs passifs

## 1.3.1 Capteurs actifs

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie à la grandeur physique à prélever (énergie thermique, mécanique ou de rayonnement).

Les effets physiques les plus rencontrés en instrumentation sont :

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

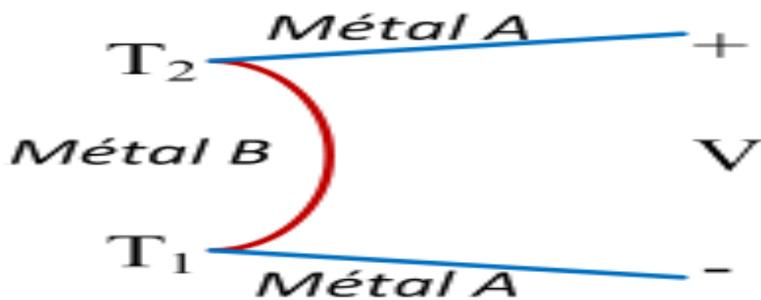


Figure 1-5 : Effet thermoélectrique

- **Effet piézo-électrique** : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées.

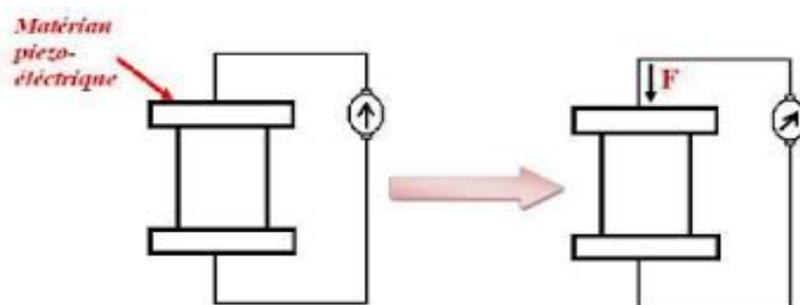


Figure 1-6 : Effet piézo-électrique

- **Effet d'induction électromagnétique** : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique (détection de passage d'un objet métallique).

$$e = - \frac{d\phi}{dt} \quad (1.1)$$

Avec :

E : tension électrique.

$d\phi$  : flux d'induction magnétique

$dt$  : le temps.



Figure 1-7 : Effet d'induction électromagnétique

- **Effet photo-électrique** : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique.

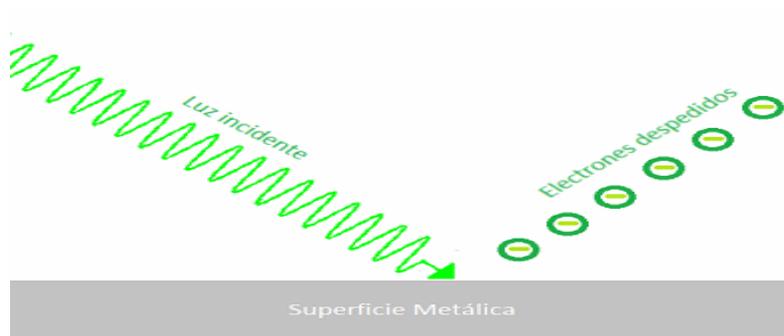


Figure 1-8 : Effet photo-électrique.

- **Effet Hall** : Un champ magnétique  $B$  et un courant électrique  $I$  créent dans le matériau une différence de potentiel  $U_H$ .

$$U_H = R_H \frac{IB}{a} \quad (1.2)$$

$$R_H = -\frac{1}{n_e} \quad (1.3)$$

Avec :

$R_H$  : constante de Hall.

$n_e$  : nombre d'électrons.

$I$  : courant électrique.

$B$  : Un champ magnétique.

$U_H$  : différence de potentiel.

$a$  : épaisseur de matériau dans la direction du champ magnétique.

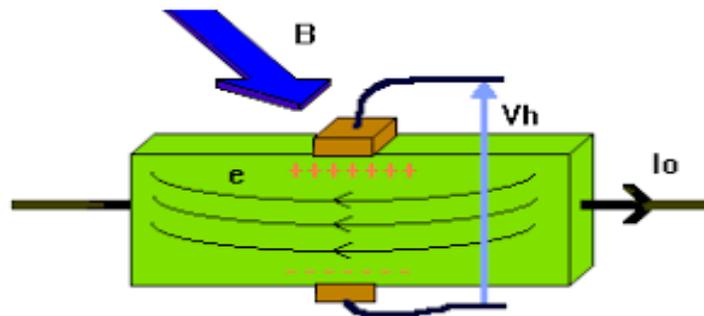


Figure 1-9 : Effet Hall

- **Effet photovoltaïque** : Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes.

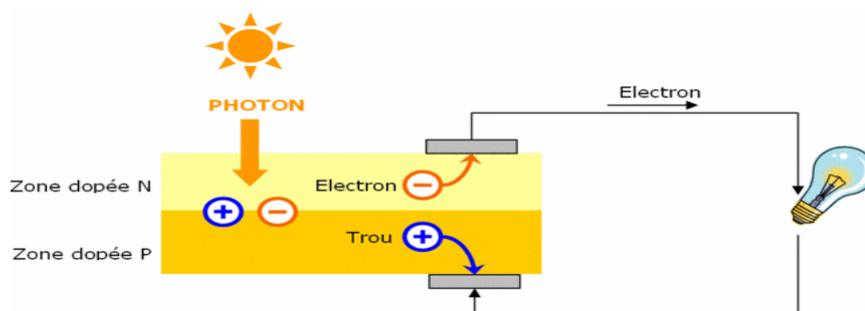


Figure 1-10 : Effet photovoltaïque

## Chapitre 01 : Notion théoriques sur les capteurs

Grandeur physique Mesurée	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électrique	Charge Electrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
Vitesse		
Position(Aimant)	Effet Hall	Tension
Courant		

**Tableau 1-1 : Grandeurs d'entrée et de sortie et effets utilisés par les capteurs actifs.**

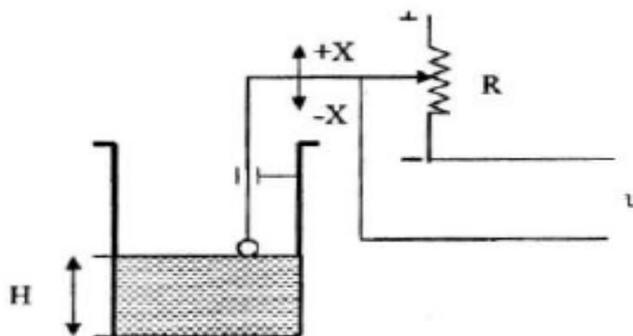
### 1.3.2 Capteurs passifs

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. [4]

#### a) Capteurs à résistance

Les capteurs à résistance transforment la grandeur d'entrée, tel que le déplacement mécanique, les forces, les efforts, la pression...etc., en une variation de la résistance.

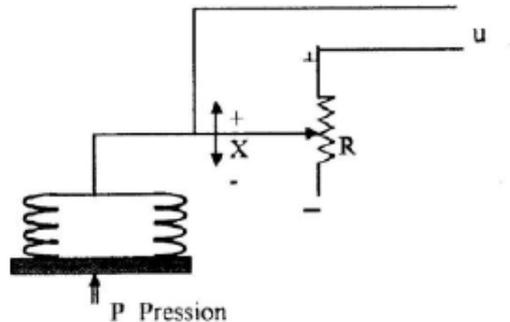
Les figures (1.11) et (1.12) représentent une forme schématique des exemples sur les capteurs à résistance.



**Figure 1-11 : capteur à résistance (variation du liquide).**

## Chapitre 01 : Notion théoriques sur les capteurs

La variation du niveau du liquide (H), entraîne le déplacement du curseur du potentiomètre R (variation de la résistance).



**Figure 1-12 : Capteur à résistance (variation de pression).**

La figure (1-12) représente la variation de la pression P qui entraîne la déformation du soufflet. Cette dernière met en déplacement le curseur du potentiomètre R (variation de la résistance).

### a) Capteurs capacitifs

Dans un capteur capacitif, la variation de la grandeur d'entrée entraîne une variation proportionnelle de la capacité du condensateur.

La capacité d'un condensateur plan est donnée par la relation suivante :

$$C = \epsilon \cdot S / d = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot s / d \quad (1.4)$$

Avec :

$\epsilon_r$  : Permittivité du milieu (relative).

S : Surface des plaques (section).

d : La distance entre les armatures.

$\epsilon_0$ : Permittivité absolue de vide.

La variation de distance entre les armatures : le condensateur est destiné à la traduction de déplacements rectilignes ; il est inséré dans un montage en pont.

Pour  $dl=0$ , le pont est équilibré :  $V_s=0$ . Pour un déplacement  $dl$  de l'armature mobile, la tension de sortie  $V_s$  est proportionnelle à  $dl$ . (Figure 1.13)

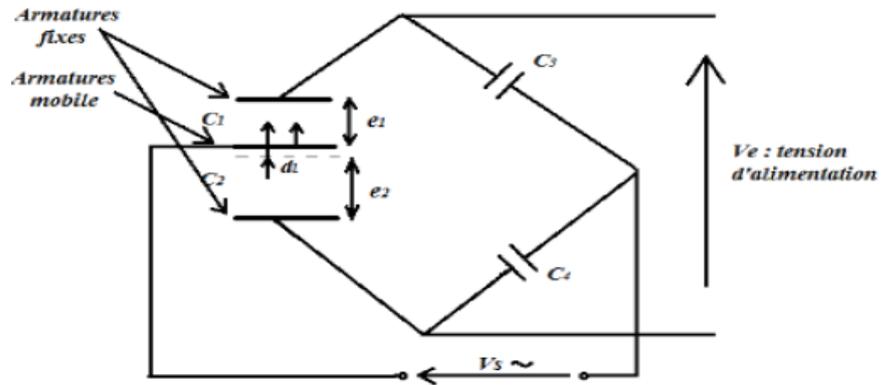


Figure 1-13 : Capteur capacitif.

## a) Capteurs inductifs

D'une manière analogue, le capteur inductif transforme la grandeur d'entrée en une variation de la résistance inductive figure (1.14).

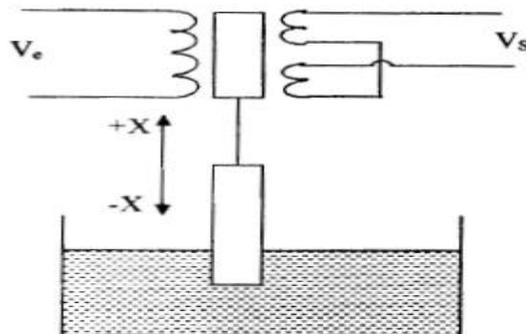


Figure 1-14 : Capteur inductif

## 1.4 Caractéristiques métrologiques d'un capteur

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

## 1.4.1 Caractéristique d'entrée-sortie d'un capteur

Elle donne la relation d'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée. Elle est donnée classiquement par une courbe en régime permanent. Elle ne donne pas d'informations sur les caractéristiques transitoires du capteur. Figure (1.15) [1]

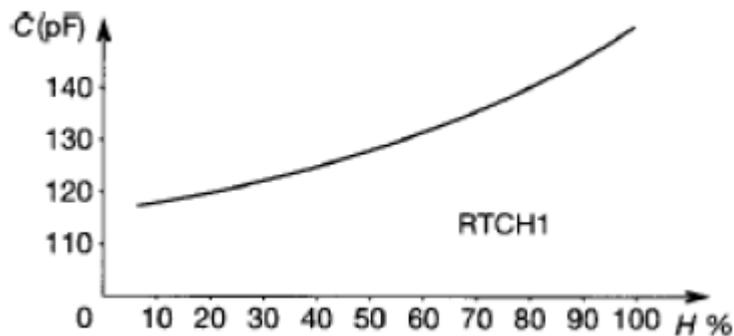


Figure 1-15 : Exemple de caractéristique d'un capteur d'humidité du type capacitif.

## 1.4.2 L'étendue de mesure

C'est le domaine de variation possible de la grandeur à mesurer. Elle est définie par une valeur minimale et une valeur maximale. Ces deux valeurs extrêmes s'appellent la portée minimale et la portée maximale. [4]

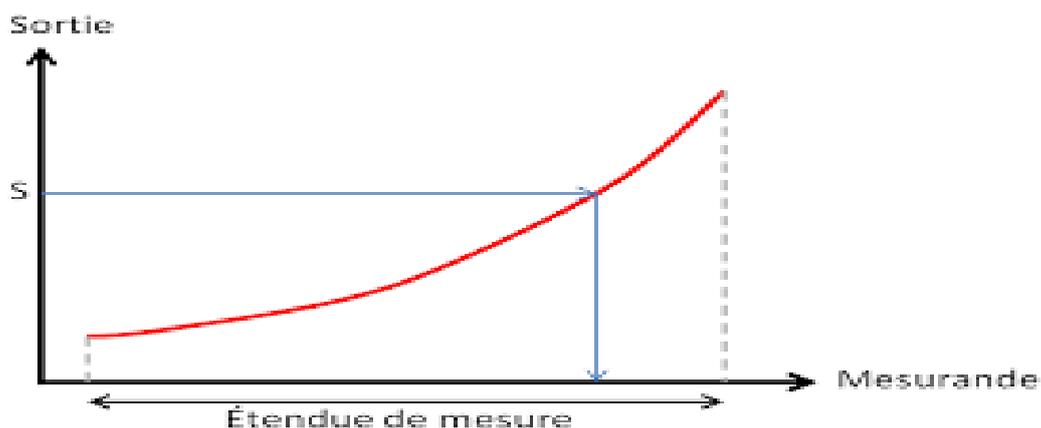


Figure 1-16 : Exemple d'étendue de mesure d'un capteur.

## 1.4.3 Domaines de fonctionnement

Ils définissent les zones dans lesquelles les caractéristiques du capteur sont assurées par rapport à des spécifications données. On peut classer cette zone en trois familles :

### 1.4.3.1 *Domaine nominal d'utilisation*

Représente la zone de travail normale du capteur dans laquelle le mesurande peut évoluer sans modification des Caractéristiques du capteur.

### 1.4.3.2 *Domaine de non-détérioration*

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

### 1.4.3.3 *Domaine de non-destruction*

Il définit les limites garantissant la non-destruction du capteur mais dans lequel il peut y avoir des modifications permanentes des caractéristiques du capteur. [1]



Figure 1-17 : Domaines de fonctionnement d'un capteur.

## 1.4.4 Sensibilité

C'est une caractéristique importante pour l'exploitation et l'interprétation des mesures. Elle détermine l'évolution de la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée en un point donné. C'est la pente de la tangente à la courbe issue de la caractéristique du capteur.

Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante. [5]

$$\text{Sensibilité} = \frac{d(\text{Grandeur de sortie})}{d(\text{Mesurande})}$$

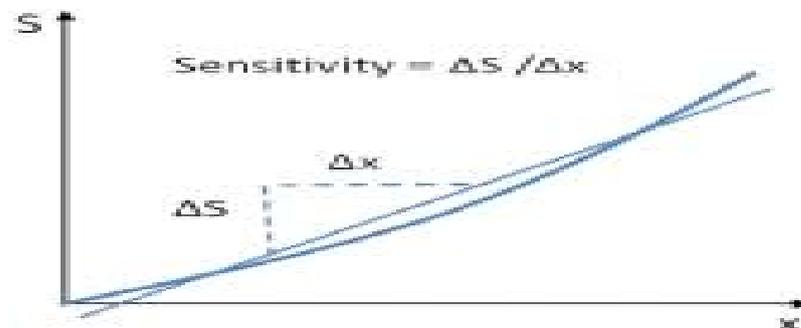


Figure 1-18 : Exemple de la sensibilité d'un capteur.

## 1.4.5 Finesse

C'est la qualité exprimant l'aptitude d'un capteur à ne pas venir modifier par sa présence la grandeur à mesurer. Cela permet d'évaluer l'influence du capteur sur la mesure. On la définit non seulement vis à vis du capteur mais aussi vis à vis de l'environnement d'utilisation du capteur. [6]

## 1.4.6 Linéarité

Un capteur est dit **linéaire** dans une zone déterminée du mesurande si sa sensibilité y est indépendante de la valeur du mesurande.

Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur, par exemple par la méthode des moindres carrés. [4]

## 1.4.7 Rapidité - Temps de réponse

La rapidité est la spécification d'un capteur qui permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande. Le temps de réponse caractérise cette rapidité. Ce paramètre renseigne sur le comportement du capteur durant les phases transitoires de variation du mesurande. C'est une caractéristique importante lorsqu'il faut des temps de réaction rapides. [7]

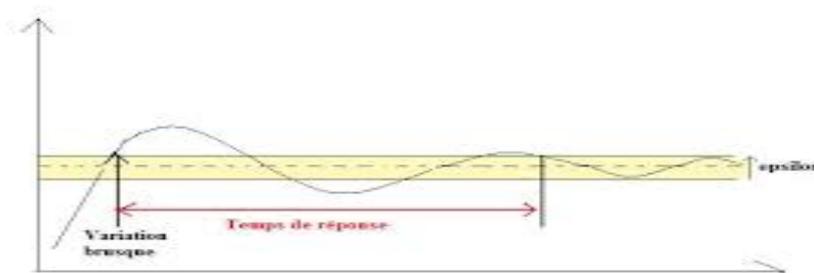


Figure 1-19 : Exemple de temps de réponse d'un capteur

## 1.4.8 L'hystérésis

L'hystérésis est définie par l'amplitude de l'écart maximum exprimé en pourcentage de l'étendue de mesure. [1]

Lorsque les courbes de transfert du capteur pour une variation croissante et décroissante de la grandeur physique ne sont pas identiques, on parle d'une erreur due à l'hystérésis du capteur. [7]

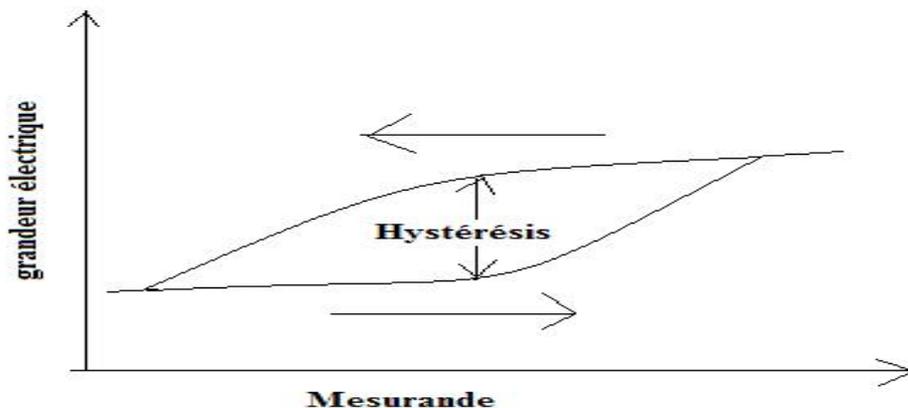


Figure 1-20 : Exemple de l'hystérésis d'un capteur

## 1.4.9 Caractéristiques statistiques d'un capteur

### 1.4.9.1 Fidélité

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

### 1.4.9.2 Justesse

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

### 1.4.9.3 Précision

Elle définit l'écart en % que l'on peut obtenir entre la valeur réelle et la valeur obtenue en sortie du capteur. Ainsi un capteur précis aura à la fois une bonne fidélité et une bonne justesse. [3]

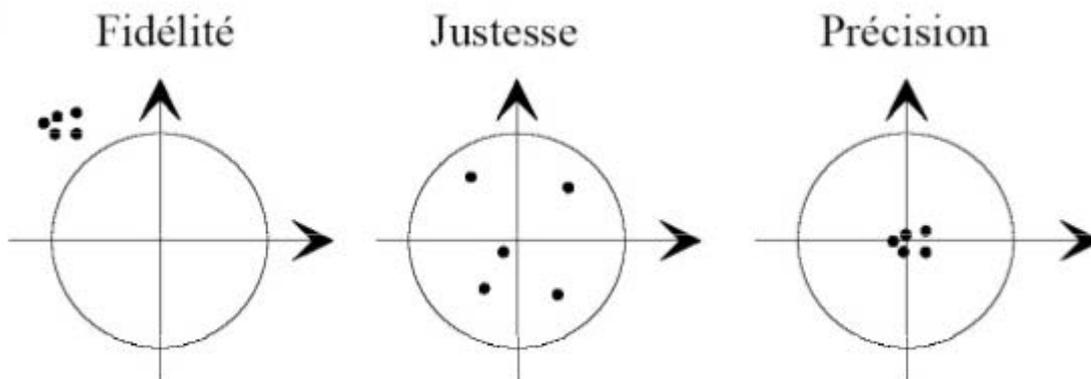


Figure 1-21 : caractéristiques statistiques d'un capteur .

### 1.4.10 Résolution

La résolution d'un appareil est la plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible de l'indication délivrée par l'instrument. Elle peut être exprimée en points, qui sont alors le nombre de valeurs différentes que l'instrument peut afficher. [3]

### 1.4.11 Grandeurs d'influence

La relation  $s=f(m)$  entre mesurande et grandeur électrique n'est de cette forme que dans cas idéal .En réalité beaucoup d'éléments autres que le mesurande peuvent modifier la grandeur E. La relation est de la forme

$$s=f(m, g_1, g_2, \dots) \text{ ou les } g_i \text{ sont les grandeurs d'influence. [1]}$$

On les classe en deux types :

#### 1.4.11.1 Grandeurs d'ambiance (environnement)

Grandeur physique autre que le mesurande dont la variation peut modifier la réponse du capteur :

- Température : modifications des caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles
- Pression, vibrations : déformations et contraintes pouvant altérer la réponse
- Humidité : modification des propriétés électriques (constante diélectrique ou résistivité). Dégradation de l'isolation électrique

•Champs magnétiques : création de fém d'induction pour les champs variables ou modifications électriques (résistivité) pour les champs statiques. [8]

### **1.4.11.2 Grandeurs d'influence d'alimentation**

Paramètre électrique (courant, tension, fréquence) des circuits d'alimentation du capteur.

### **1.4.12 Reproductibilité ou répétabilité**

Ces deux termes sont souvent mélangés par erreur, c'est pour cela que nous allons définir la différence qu'il y a entre la reproductibilité et la répétabilité.

La répétabilité est la mesure d'un même échantillon avec la même méthode dans le même laboratoire avec la même personne et le même équipement alors que la reproductibilité est la mesure du même échantillon avec la même méthode mais dans un laboratoire différent avec des personnes différentes et des équipements différents.

L'écart-type permet de quantifier ces deux notions, dans ces cas-là on parlera d'écart-type de répétabilité ou de reproductibilité. L'écart-type montre la dispersion des valeurs autour de la moyenne : cela permet de savoir si la répétition des mesures n'engendre pas une trop grande dispersion autour de la moyenne. Si l'écart-type est faible, cela signifie qu'exécuter deux mesures donne des valeurs proches de ce que l'on attend et donc le capteur est dit répétable ou reproductible. La connaissance de ces écart-types permet d'avoir un ordre d'idée sur l'estimation des incertitudes. Bien sur seule une analyse à partir des documents techniques ainsi que des expériences permet d'avoir une incertitude globale la plus fidèle possible à la réalité.

## **1.5 Les erreurs de mesure dans les capteurs**

Les erreurs de mesure ont des causes systématiques que l'opérateur peut corriger ou non. Ces erreurs ont des causes clairement identifiées et prévisibles. [8]

## 1.5.1 L'erreur sur le zéro (l'offset)

Appelée aussi «dérive » est généralement due au vieillissement des composantes d'un capteur et aux variations de température. Elle se traduit par un décalage de la grandeur de sortie indépendante du mesurande (voir la figure 1.22).

Erreur de zéro = Valeur de y quand X = 0

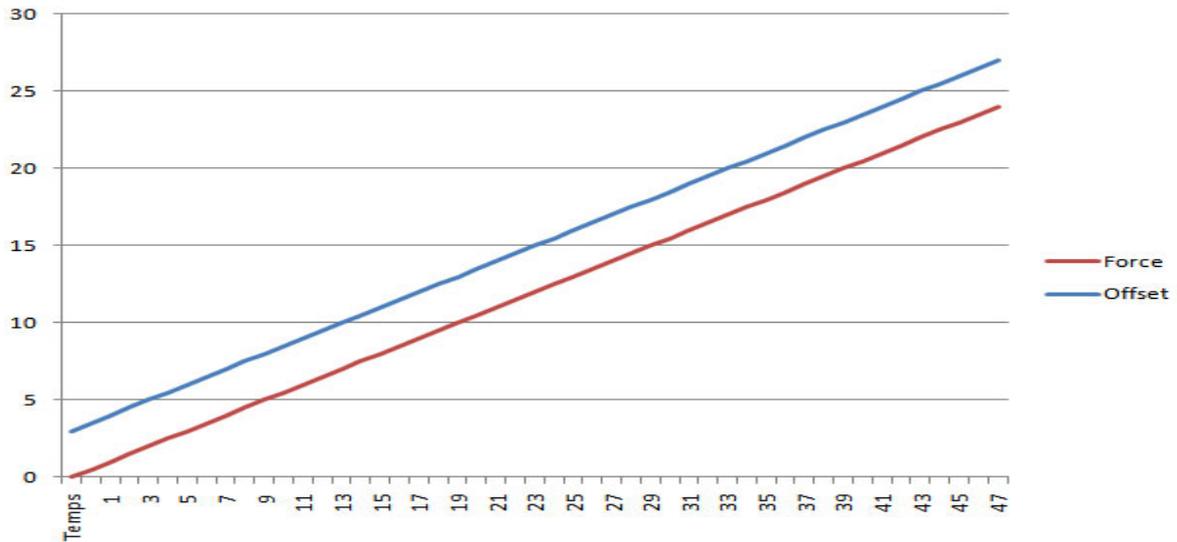


Figure 1-22 : Exemple L'erreur sur le zéro d'un capteur

## 1.5.2 L'erreur d'échelle (gain)

C'est une erreur qui dépend de façon linéaire de la grandeur Mesurée.

Erreur de gain =  $20 \log(dy/dx)$

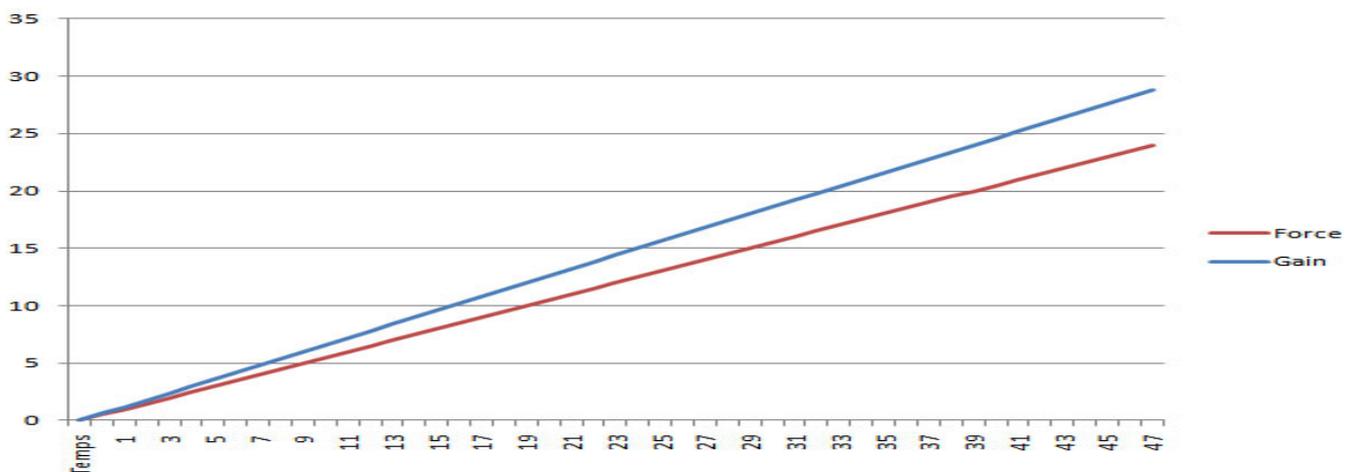


Figure 1-23 : Exemple L'erreur sur d'échelle d'un capteur

## 1.5.3 L'erreur de linéarité

La caractéristique n'est pas une droite.

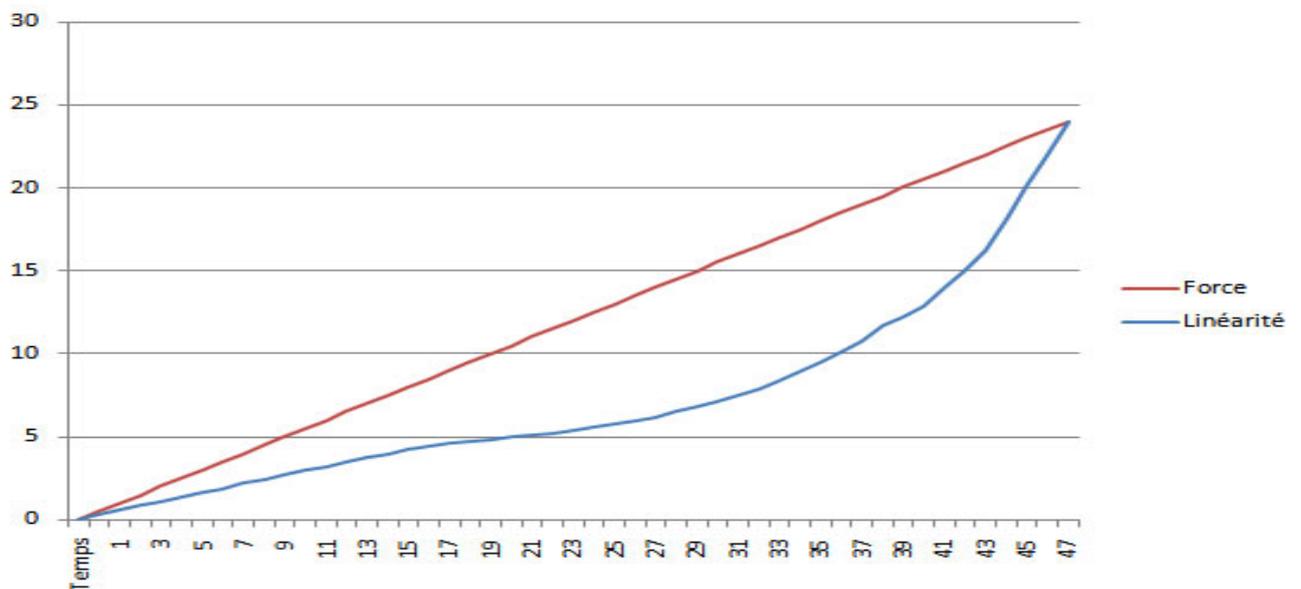


Figure 1-24 : Exemple L'erreur de linéarité d'un capteur

## 1.5.4 L'erreur due au phénomène d'hystérésis

Il y a phénomène d'hystérésis lorsque le résultat de la mesure dépend de la précédente mesure.

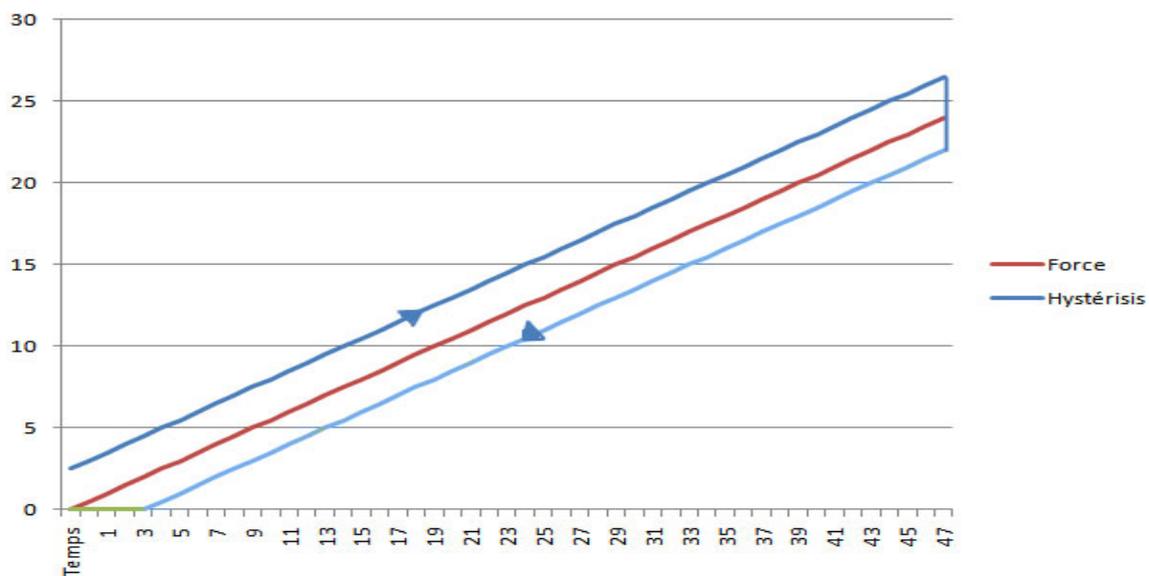


Figure 1-25 : Exemple L'erreur d'hystérésis d'un capteur

## 1.5.5 L'erreur de mobilité

La caractéristique est en escalier, cette erreur est souvent due à une numérisation du signal.

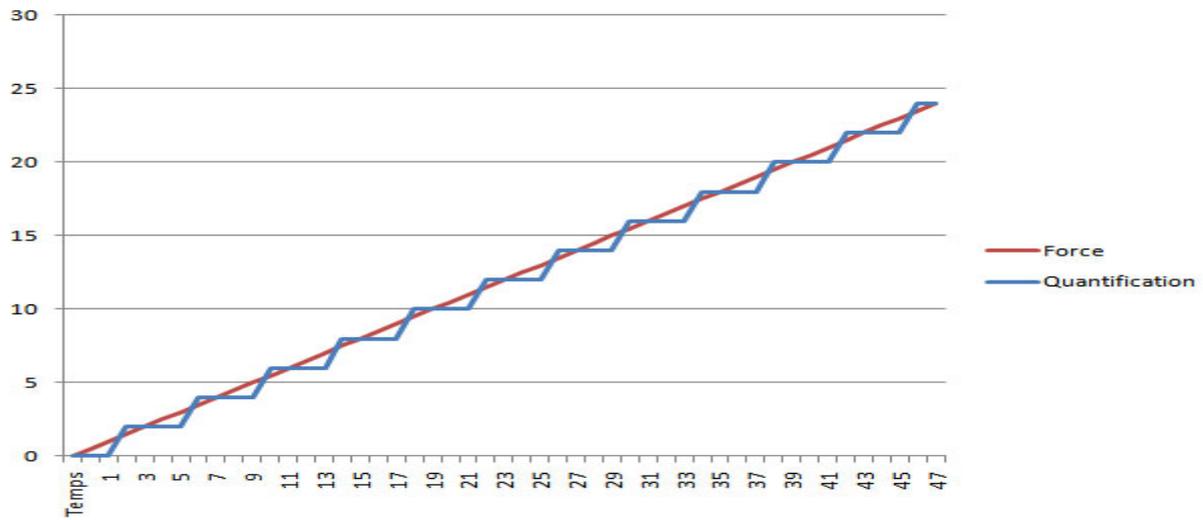


Figure 1-26 : Exemple L'erreur de mobilité d'un capteur

# Chapitre

02

### 2 Définition de La lumière infrarouge :

Le rayonnement infrarouge (IR) fut découvert en 1800 par Frédéric Wilhelm Hershel. Ces radiations localisées au-delà des longueurs d'onde dans le rouge, Le domaine infrarouge s'étend de 0,8  $\mu\text{m}$  à 1000  $\mu\text{m}$ . Il est arbitrairement divisé en 3 catégories, le proche infrarouge (0,8 à 2,5  $\mu\text{m}$  soit 12500-4000  $\text{cm}^{-1}$ ), le moyen infrarouge (2,5 à 25  $\mu\text{m}$  soit 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ ) et le lointain infrarouge (25 à 1000  $\mu\text{m}$  soit 400-10  $\text{cm}^{-1}$ ). [9]

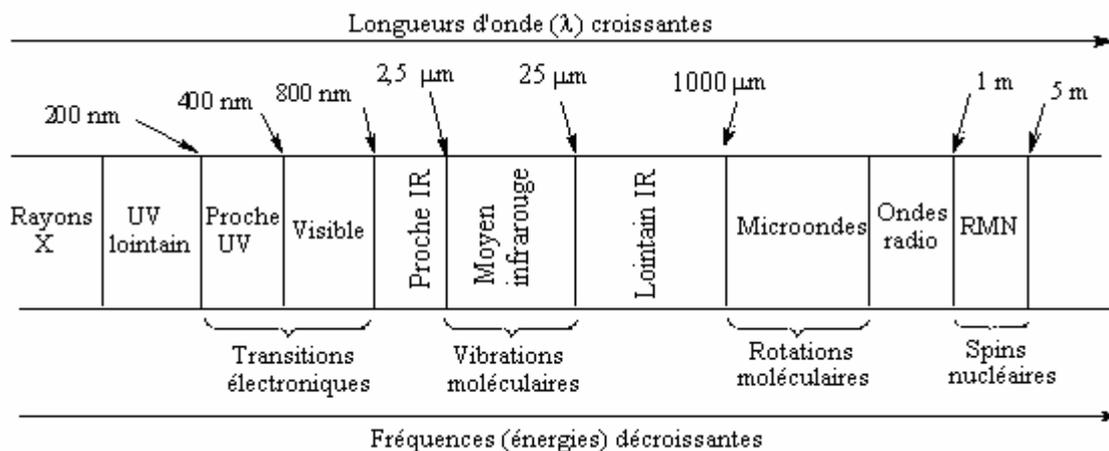


Figure2. 1: Domaines de l'IR dans le spectre électromagnétique

Les radiations infrarouges traversent facilement l'atmosphère, ils sont utilisés dans de nombreux applications telle 'que :

- **Télécommunications** TV et stéréo télécommandes
- **Chauffage domestique** à infrarouge qui utilisant le gaz ou l'électricité pour porter à température élevée un matériau qui rayonne fortement.
- **Le domaine industriel**, on effectue le séchage de la peinture des carrosseries automobiles et La soudure et le découpage de matériaux même très réfractaires,
- **Les fins militaires**, on peut associer un détecteur à un système d'asservissement permettant de localiser la position d'une cible fixe ou mobile à condition qu'elle rayonne une énergie infrarouge discernable de l'environnement

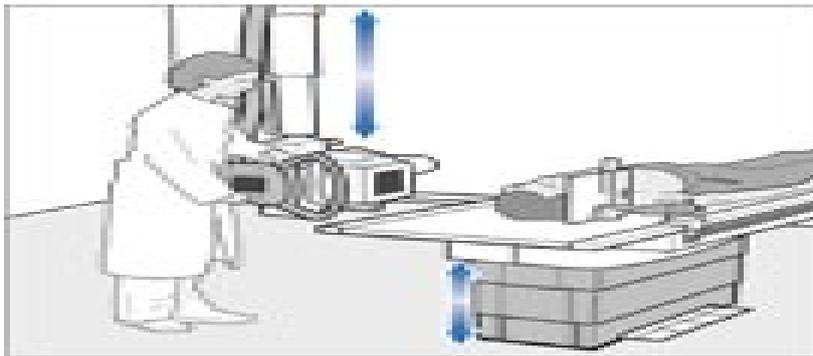
## Chapitre02 : capteurs de mesure de distance

- **Pour le Domaine médicale il existe** La thermographie médicale permet le diagnostic des tumeurs non profondes, en photographie aérienne, pour prendre des vues panoramiques par temps couvert, et aussi l'entherapie, ils activent les processus cellulaires, en particulier la cicatrisation. [10]

Les capteurs de position et de déplacement sont employés partout : leur emploi est très général. En effet, d'une part, le contrôle des positions et déplacements est indispensable pour le fonctionnement correct d'un grand nombre de machines, telles que les machines outils,...

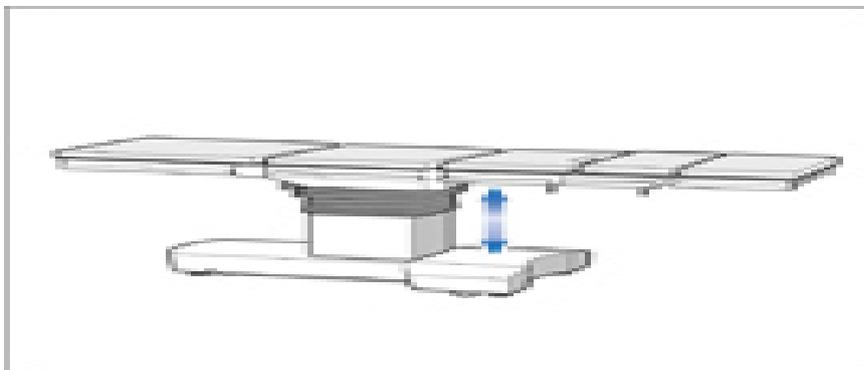
Les capteurs de position sont utilisés dans un grand nombre d'applications partout où il faut automatiser, contrôler, tester ou surveiller au moyen de la mesure de la distance, de la position ou de la longueur. Nous allons donner ici un aperçu d'utilisations des capteurs de position pouvant être utilisés dans le domaine médical :

1- Positionnement de tables d'examen selon la situation du patient pour le diagnostic et le traitement.



**Figure2. 2: Positionnement de tables d'examen**

2- Positionnement fiable et précis de tables d'opération au moyen de capteurs de position pour la réalisation de diverses interventions chirurgicales.



**Figure2. 3 : Positionnement fiable et précis de tables d'opération**

## Chapitre02 : capteurs de mesure de distance

---

3- Positionnement précis du patient sur les appareils de diagnostic médical, p.ex. Pour la tomographie ou la mammographie.

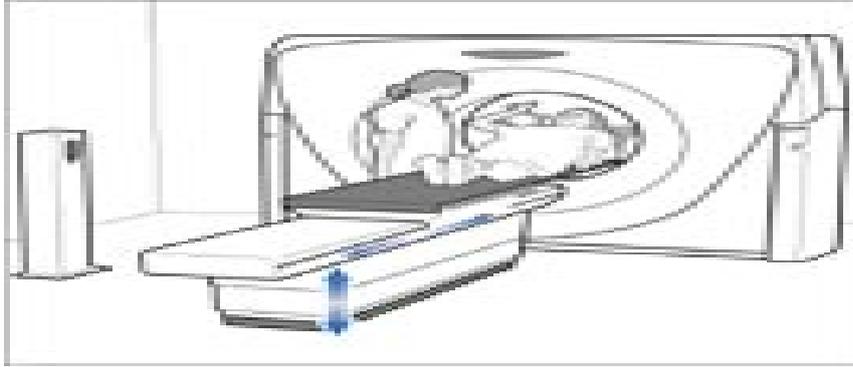


Figure2. 4: Positionnement précis du patient sur la tomographie

4- Les nombreux mouvements possibles du fauteuil sont contrôlés grâce à des capteurs de position, Contrôle précis et rapide des mouvements du fauteuil Développement de capteurs spéciaux possible



Figure2. 5 : contrôle des nombreux mouvements possibles du fauteuil

### 2.1 Les différents types de capteurs de distance :

#### 2.1.1 Capteurs inductifs :

Il se compose d'un oscillateur dont les bobinages constituent la face sensible. A l'avant de celle-ci est créé un champ magnétique alternatif ayant une fréquence de 100 à 600 kHz selon les modèles.

## Chapitre02 : capteurs de mesure de distance

Lorsqu'un objet métallique pénètre dans ce champ, il est le siège de courants induits circulaires qui se développent à sa périphérie. Ces courants constituent une surcharge pour le système oscillateur et entraînent de ce fait une réduction de l'amplitude des oscillations au fur et à mesure de l'approche de l'objet métallique, jusqu'à blocage complet. La détection est effective lorsque la réduction de l'amplitude des oscillations est suffisante pour provoquer un changement d'état de la sortie du. [11]

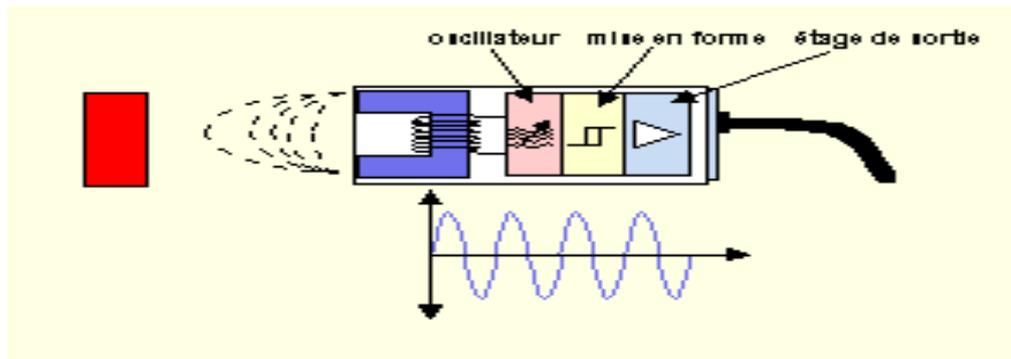


Figure2. 6: capteur inductif

### 2.1.2 Les Avantages :

- Mesure sans contact et sans usure
- Précision et résolution élevées
- Haute résistance thermique – Matériaux ferromagnétiques et non ferromagnétiques
- Pour les environnements industriels typiques : salissure, pression, température
- Pour les mesures rapides jusqu'à 100 kHz

### 2.1.3 Les inconvénients :

En général, de part la technologie utilisée pour leur fabrication, les capteurs inductifs de déplacement sont chers et surtout utilisés dans l'industrie pour une utilisation fréquente. [12]

### 2.1.4 Domaines d'utilisation :

Le capteur inductif est utilisé dans de nombreuses applications en milieu industriel, notamment dans les chaînes d'assemblage et les systèmes de régulation de position.

Les capteurs inductifs miniaturisés sont destinés à être des éléments de base à bon nombre d'applications, soit liées à la miniaturisation de systèmes déjà existants (micro-paliers magnétiques ou gyroscopes miniaturisés) ou soit liées à des besoins nouveaux (contrôle angulaire de micro-moteur pas à pas, imagerie de relief de pièces métalliques ou détection de fissures dans les conduites de gaz).

## Chapitre02 : capteurs de mesure de distance

Pour donner des exemples d'industries où les capteurs inductifs sont utilisés, on en trouve dans l'aéronautique (tests et analyses de la déflexion du fuselage, simulateur de vol), Le génie civil (pour la détection de séismes) et l'automobile (développement des moteurs et des suspensions). [13]

### 2.2 Capteurs capacitifs :

Le principe de la mesure de déplacements capacitive est basé sur le mode de fonctionnement du condensateur à plaques idéal. Les deux électrodes à plaque sont formées par le capteur et l'objet à mesurer situé face à celui ci.

Si un courant alternatif de fréquence constante traverse le condensateur du capteur, l'amplitude de la tension alternative au niveau du capteur est proportionnelle à l'écart entre les électrodes du condensateur. [14]

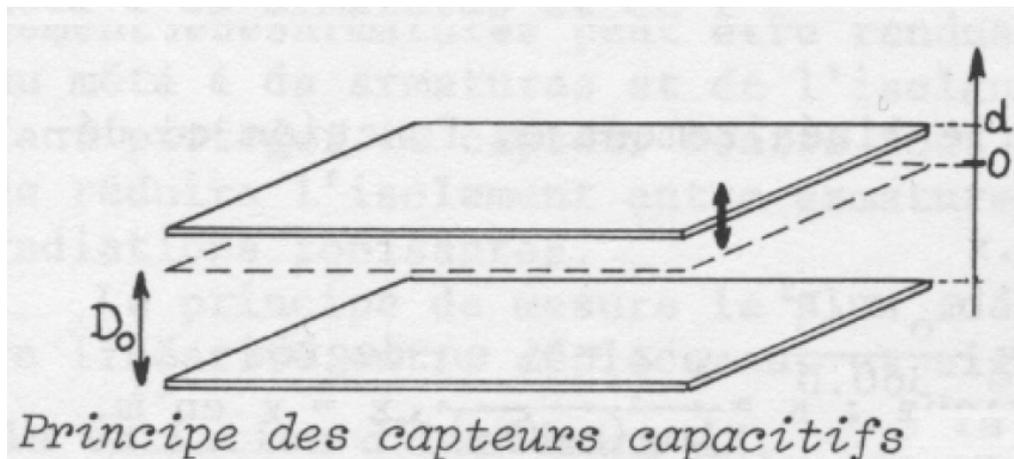


Figure2. 7: principe de capteur capacitif

#### 2.2.1 Les avantages :

- Mesure sans contact et sans usure
- Mesure de distance et d'épaisseur sur les conducteurs et les isolants
- Haute précision de mesure et stabilité
- Largeurs de bande élevées pour les mesures rapides
- Idéal pour les environnements industriels, les champs magnétiques et le vide

### 2.2.2 Les inconvénients :

Les capteurs capacitifs mesurent contre tous les objets électriquement conductibles mais également contre les isolants via un câblage correspondant. Les capteurs capacitifs sont utilisés pour la mesure de déplacement, la mesure de position et également la mesure d'épaisseur.

### 2.3 Capteurs laser :

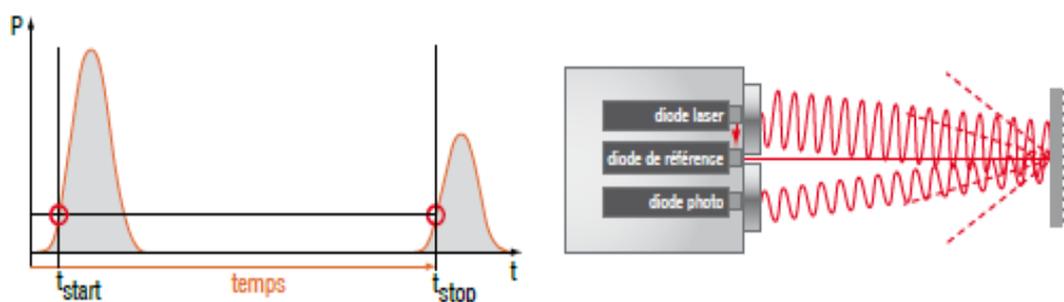


Figure2. 8: capteur laser

Les capteurs laser sont conçus pour réaliser des mesures de distances sans contact dans les grandes plages de mesure. Ce type fonctionne selon le procédé de comparaison de phases. Une lumière laser est projetée en permanence en direction de l'objet. Le récepteur compare le décalage de phase du signal émis avec celui du signal reçu. Ceci permet de calculer la distance avec précision.

Ce capteur fonctionne selon le principe de mesure par temps de vol. Une impulsion laser est émise et le temps que met l'impulsion réfléchi pour retourner au capteur est mesuré avec précision. A partir de la vitesse de la lumière et du temps calculé, il est possible de déterminer la distance. [15]

#### 2.3.1 Les avantages :

- Grandes plages de mesure.
- Haute répétabilité.
- Temps de réponse rapide.
- Excellent rapport qualité/prix.

### 2.3.2 L'inconvénient :

Les capteurs mesurent sur des surfaces à réflexion diffuse ou sur un tableau réflecteur spécial.

## 2.4 Capteur laser de distance par triangulation :

Le principe est basé sur la triangulation. Le rayon laser touche l'objet par un petit faisceau. Le récepteur du capteur détecte la position du faisceau. L'angle augmente avec la distance avec l'objet. Le capteur peut mesurer la distance en calculant d'après l'angle qu'il a mesuré.

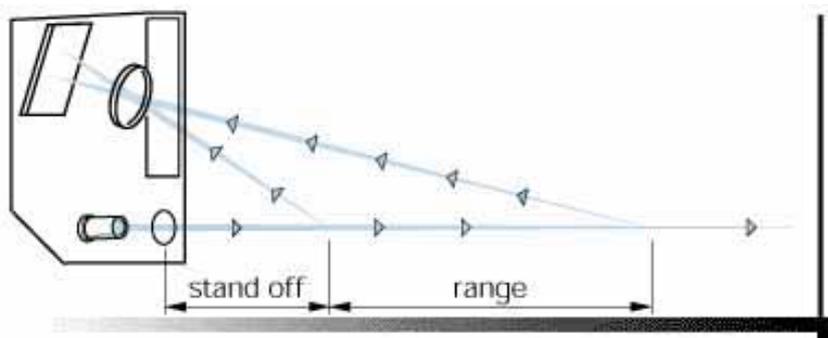


Figure2. 9: Capteur laser de distance par triangulation.

### 2.4.1 La technique pour le récepteur du capteur : rangée de photodiodes :

Le récepteur à l'intérieur du capteur est une rangée de photodiodes. Le microcontrôleur lit les valeurs des photodiodes pour les exploiter. Suivant la répartition de la lumière sur la ligne, il déduit avec exactitude l'angle avec lequel il a reçu le rayon lumineux, et peut donc déduire la distance qui le sépare de l'objet. La distance est transmise analogiquement ou numériquement (via un port série) en valeur proportionnelle à la distance. Le microcontrôleur assure une grande linéarité et précision de mesure. L'association des photodiodes et du microcontrôleur permet d'ignorer les réflexions parasites et donc d'obtenir aussi des mesures fiables sur des surfaces critiques.

Ce capteur peut s'adapter à des surfaces de couleurs différentes en changeant sa sensibilité interne, ce qui permet de le rendre quasiment indépendant de la surface de mesure.

## Chapitre02 : capteurs de mesure de distance

Une sortie digitale indique lorsqu'il n'y a pas d'objet à mesure (il n'y a pas d'objets dans la plage de mesure), un autre indique lorsqu'il ne reçoit pas suffisamment de lumière.

### 2.5 Capteur ultrason :

Le capteur ultrasonique fonctionne sur le principe du temps de propagation du son. Il émet une impulsion ultrasonique. L'objet à détecter réfléchit le son. L'intervalle de temps séparant l'émission de la réception du train d'ondes réfléchi est proportionnel à la distance

Cette valeur est transmise au système de commande sous la forme d'un signal électrique ou de tension.

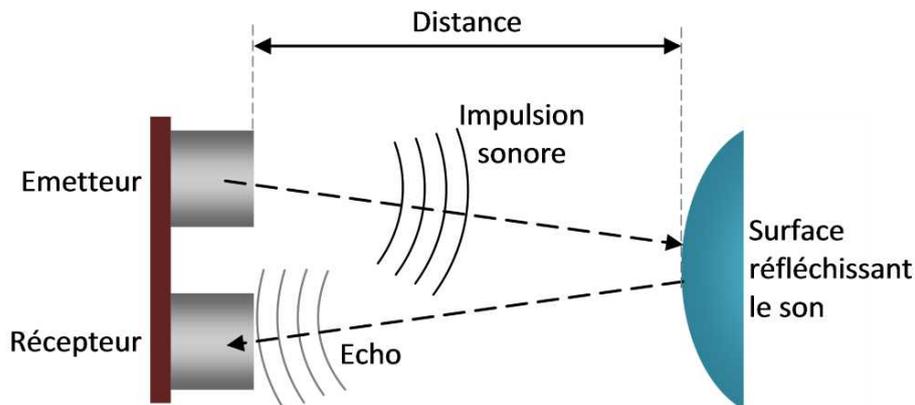


Figure2. 10: principe de capteur ultrasonique

#### 2.5.1 Les avantages :

- Pas de contact
- Pas de pièce mobile.
- Précision fiable.
- Pas de maintenance.

#### 2.5.2 Les inconvénients :

- Ne peut opérer sous vide ou sous haute pression.
- Il est très vite inopérant lorsqu'il y a présence d'échos parasites, en présence de poussière ou encore lorsqu'il se trouve dans un endroit trop étroit. [16]

### 2.6 Capteurs optique :

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux. Ses deux constituants de base sont donc un émetteur à diode électroluminescente et un récepteur à phototransistor de lumière.

La détection est effective quand la cible pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie. Elle est réalisée selon deux procédés :

- blocage du faisceau par la cible.
- renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

Le faisceau lumineux émis comporte deux zones :

- une zone de fonctionnement recommandée dans laquelle l'intensité du faisceau est suffisamment élevée pour assurer une détection normale. Selon le système utilisé, barrage, reflex ou proximité, le récepteur, le réflecteur ou la cible doivent être situés dans cette zone

- une zone dans laquelle l'intensité du faisceau n'est plus suffisante pour garantir une détection fiable.

#### 2.6.1 Les avantages :

- détection d'objets de toutes formes et de matériaux de toutes natures.
- détection à très grande distance. [17]

#### 2.6.2 Différents types de capteur optique :

##### 2.6.2.1 Système barrage :

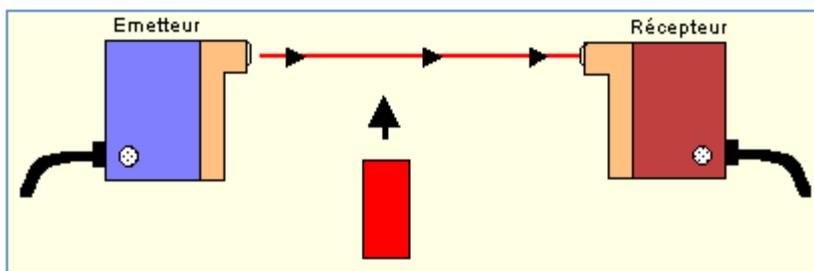


Figure2. 11: Système barrage de capteur optique

## Chapitre02 : capteurs de mesure de distance

L'émetteur et le récepteur sont dans deux boîtiers différents montés en vis-à-vis. L'objet passe entre les deux. Il est détecté dès qu'il vient couper le faisceau optique

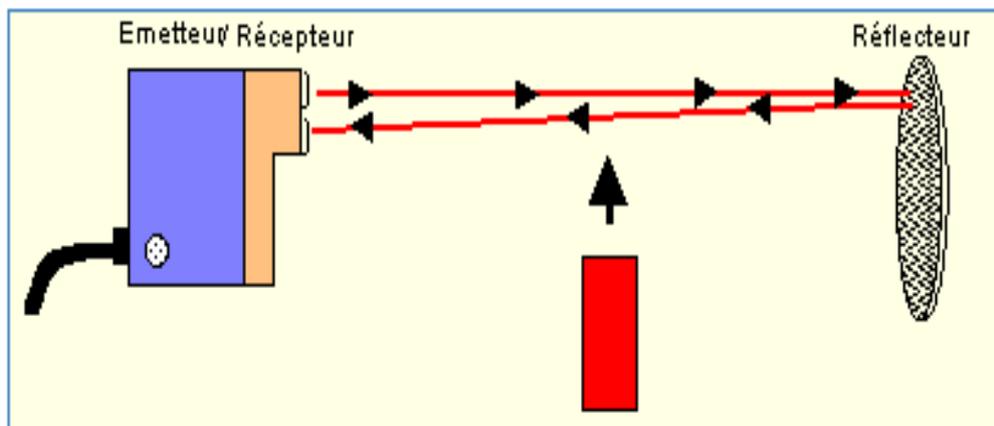
### 2.6.2.1.1 Les avantages :

- Portée élevée (plusieurs dizaines de mètres).
- Détection de pièces très réfléchissantes.
- Bonne répétabilité.
- Utilisation dans des conditions difficiles (pluie, brouillard, fumée, poussières...).

### 2.6.2.1.2 Inconvénient :

- Nécessite de monter deux boîtiers et de les aligner
- Risque de réflexions parasites
- Détection délicate dans le cas des objets à faible atténuation (le faisceau ne traverse qu'une seule fois la pièce)

### 2.6.2.2 *Système reflex :*



**Figure2. 12: Système reflex de capteur optique**

L'émetteur et le récepteur sont dans le même boîtier. La lumière émise est renvoyée par un réflecteur. L'objet est détecté lorsqu'il coupe le faisceau optique.

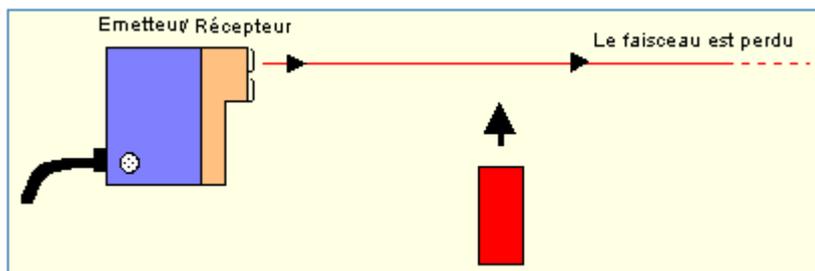
### 2.6.2.2.1 Les avantages :

- Facilité de montage (émetteur et récepteur dans le même boîtier)
- Atténuation plus facile à mesurer que dans le cas de la barrière simple (le faisceau traverse deux fois l'objet).

### 2.6.2.2.2 Les inconvénients :

- Nécessite d'utiliser un réflecteur
- Ne convient pas pour la détection d'objets réfléchissants (sauf si on utilise un filtre de polarisation)
- Utilisation de cellules « spécial verre » pré- férable dans le cas de produits transparents
- Portée moins importante qu'en émetteur récepteur.

### 2.6.2.3 *Système proximité* :



**Figure2. 13: Système proximité de capteur optique**

Comme pour le système reflex, émetteur et récepteur sont regroupés dans un même boîtier. Le faisceau lumineux, émis en infrarouge, est renvoyé vers le récepteur par tout objet suffisamment réfléchissant qui pénètre dans la zone de détection.

### 2.6.2.3.1 Les avantages :

- Montage simple et économique (un seul boîtier)
- Ne nécessite pas de réflecteur

### 2.6.2.3.2 Les inconvénients :

- La distance de détection dépend de la couleur et du pouvoir réfléchissant de l'objet (sauf pour les détecteurs à triangulation)
- Portées plus faibles que celles des détecteurs à barrière
- Détection difficile lorsque l'objet a un état de surface lisse et brillant.[18]

## 2.7 Capteur de distance infrarouge :

Le principe d'un capteur par réflexion est d'éclairer l'obstacle avec une LED infrarouge, et de mesurer la lumière réfléchi avec une photodiode ou un phototransistor. Qu'ils sont laissent passer un courant proportionnel à l'énergie lumineuse reçue. L'objet éclairé retransmet une énergie proportionnelle à la distance

### 2.7.1 Les Avantages :

- Doit être petits.
- Bon marché et faciles à mettre en œuvre.

### 2.7.2 Les inconvénients :

- Ils sont sensibles à la lumière ambiante.
- Ils sont difficiles à calibrer.
- Ils ne conviennent aussi que pour des courtes distances. [19]

# Chapitre

03

### 3.1 Étude pratique d'émission

#### 3.1.1 Étude pratique du capteur

Dans cette partie une étude pratique détaillée de la chaîne infrarouge que nous avons réalisée sera effectuée.

Cette étude pratique est menée par un ensemble de test et plusieurs essais sur les différentes méthodes afin de voir la meilleure linéarité.

Des valeurs et des courbes essentielles ont été prélevées en différents points tests. Pour cela nous avons produit un flux lumineux à l'aide d'une LED infrarouge (transducteur d'émission), et nous avons mesuré la variation de la tension issue de la photodiode (transducteur de réception) en fonction de la distance.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

### 3.1.2 Analyse expérimentale de capteurs

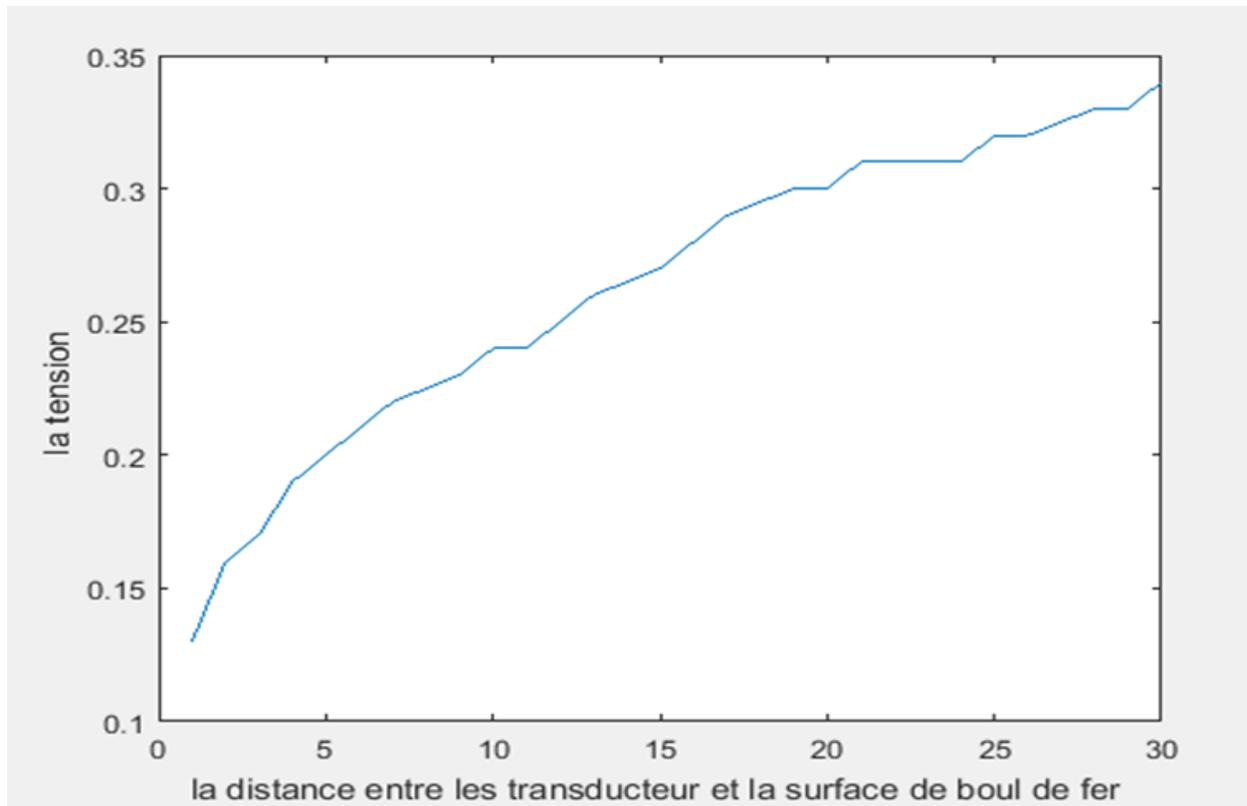
Les résultats notés dans le tableau présentent la réponse d'un capteur infrarouge.

Distance (cm)	tension(V)
1	0.13
2	0.16
3	0.17
4	0.19
5	0.20
6	0.21
7	0.22
8	0.22
9	0.23
10	0.24
11	0.24
12	0.25
13	0.26
14	0.265
15	0.27
16	0.28
17	0.29
18	0.295
19	0.30
20	0.30
21	0.31
22	0.31
23	0.31
24	0.31
25	0.32
26	0.32
27	0.325
28	0.33
29	0.33
30	0.34

**Tableau 3. 1 : variation de la tension au niveau du récepteur (photodiode) en fonction de la distance vis à vis du capteur infrarouge (émetteur).**

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

Le graphique ci-dessous illustre les variations de tension en fonction de la distance :



**Figure 3. 1: variation de la tension en fonction de la distance (Émetteur : diode IR ; récepteur : photodiode).**

### 3.1.3 Analyse expérimentale de différentes méthodes

Il existe différents procédés, dits de linéarisation, qui permettent de corriger le défaut de linéarité d'un capteur ou dans sont conditionneurs éventuel lorsqu'ils présentent dans leur domaine d'emploi des écarts à la linéarité interdisant de considérer la sensibilité comme constante.

Nous pouvons linéaires la courbe de la figure (3.1) par utilisation des ce méthodes :

- De thévenin (1.3.1) ou de Norton (1.3.2) trois résistances différents sera utilisés à cet effet ( $510\Omega$ ,  $1k\Omega$  et  $5.6 k\Omega$ ).
- De circuit logarithmique.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

### 3.1.3.1 Méthode Thévenin

Nous avons placé une résistance en série avec le capteur et à chaque fois nous changeons la valeur de la résistance et nous prenons les mesures pendantes. (Figure3.2)

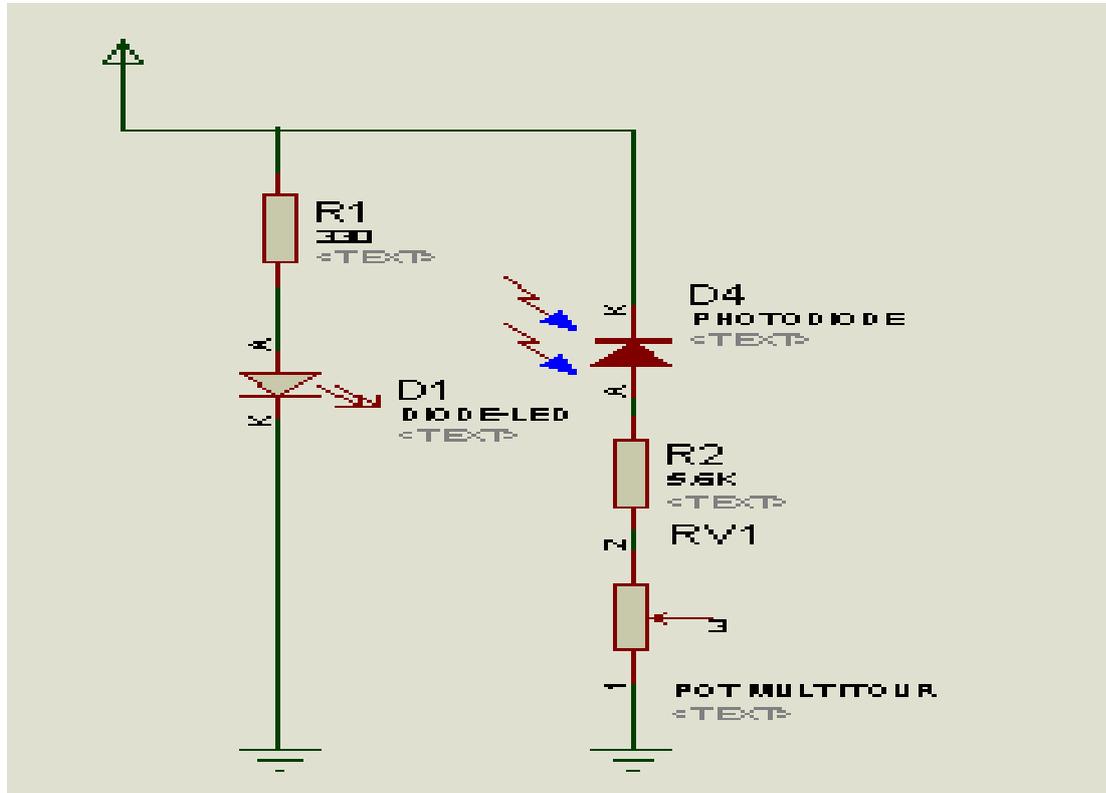


Figure (3.2) : Montage du modèle Thévenin pour le capteur infrarouge (une LED IR).

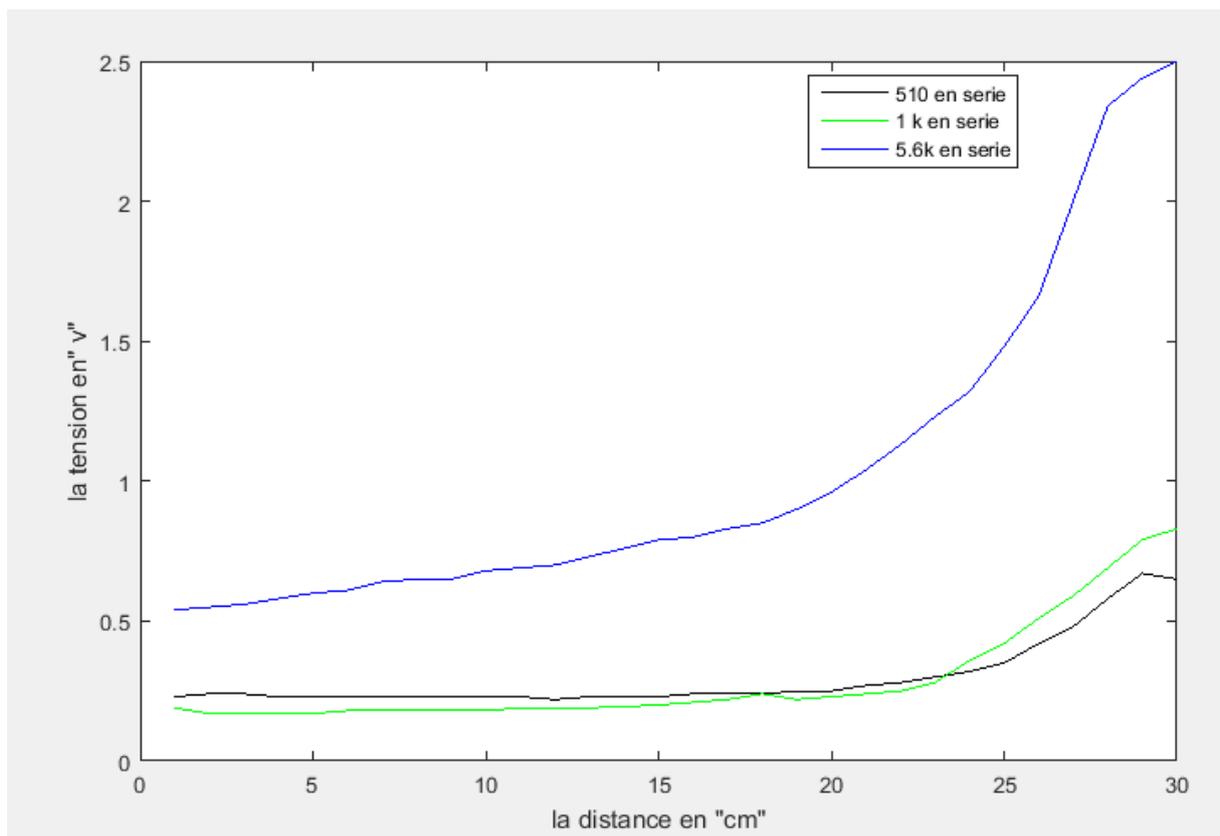
## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

Distance (cm)	Tension(V) pour R=510	Tension(V) pour R=1k	Tension(V) pour R=5.6k
1	0.23	0.2	0.54
2	0.24	0.2	0.55
3	0.24	0.2	0.56
4	0.23	0.19	0.58
5	0.23	0.2	0.60
6	0.23	0.2	0.61
7	0.23	0.2	0.64
8	0.23	0.205	0.65
9	0.23	0.21	0.65
10	0.23	0.20	0.68
11	0.23	0.20	0.69
12	0.22	0.20	0.70
13	0.23	0.20	0.73
14	0.235	0.21	0.76
15	0.23	0.22	0.79
16	0.24	0.23	0.80
17	0.24	0.235	0.83
18	0.24	0.23	0.85
19	0.25	0.20	0.90
20	0.25	0.21	0.96
21	0.27	0.23	1.04
22	0.28	0.25	1.13
23	0.30	0.28	1.23
24	0.32	0.31	1.32
25	0.35	0.38	1.48
26	0.42	0.50	1.66
27	0.48	0.61	2.00
28	0.58	0.73	2.34
29	0.67	0.84	2.44
30	0.65	0.77	2.5

**Tableau 3. 2 : Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR avec trois valeurs de résistances en série (510 $\Omega$ ,1k $\Omega$ et 5.6 k $\Omega$ ).**

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge



**Figure (3.3) : Représentation graphique des résultats du modèle Thévenin pour le capteur d'infrarouge (LED IR).**

Nous remarquons d'après l'utilisation du modèle Thévenin une modification (non linéaire) au niveau de courbe (pour les trois résistances) à partir d'un seuil (20-25cm)

### 3.1.3.2 Méthode Norton

Nous avons placé une résistance en parallèle avec le capteur et à chaque fois nous changeons la valeur de la résistance nous prenons les mesures.

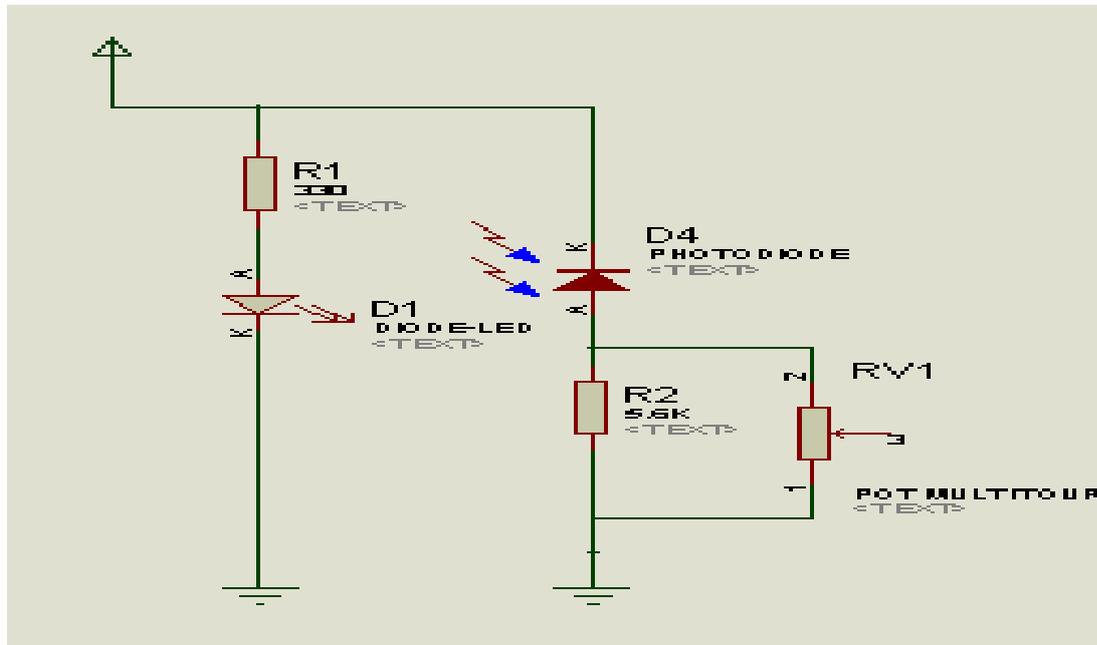


Figure (3. 4): Montage du modèle Norton pour le capteur infrarouge( LED IR)

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

Distance (cm)	Tension(V) R=510	pour	Tension(V) pour R=1k	Tension(V) pour R=22k
1	0.031		0.048	0.12
2	0.032		0.019	0.13
3	0.032		0.048	0.15
4	0.032		0.048	0.16
5	0.031		0.048	0.17
6	0.031		0.049	0.185
7	0.031		0.049	0.18
8	0.031		0.048	0.17
9	0.032		0.048	0.18
10	0.032		0.049	0.18
11	0.033		0.049	0.19
12	0.034		0.050	0.20
13	0.035		0.050	0.20
14	0.035		0.051	0.21
15	0.033		0.051	0.225
16	0.033		0.050	0.22
17	0.035		0.051	0.21
18	0.039		0.049	0.21
19	0.039		0.051	0.22
20	0.039		0.055	0.22
21	0.040		0.057	0.22
22	0.044		0.063	0.23
23	0.046		0.074	0.23
24	0.056		0.087	0.23
25	0.069		0.103	0.22
26	0.088		0.098	0.21
27	0.102		0.115	0.20
28	0.126		0.146	0.20
29	0.15		0.22	0.20
30	0.17		0.21	0.21

**Tableau 3. 3: Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR avec trois valeurs de résistances en // (510Ω,1kΩet 5.6 kΩ).**

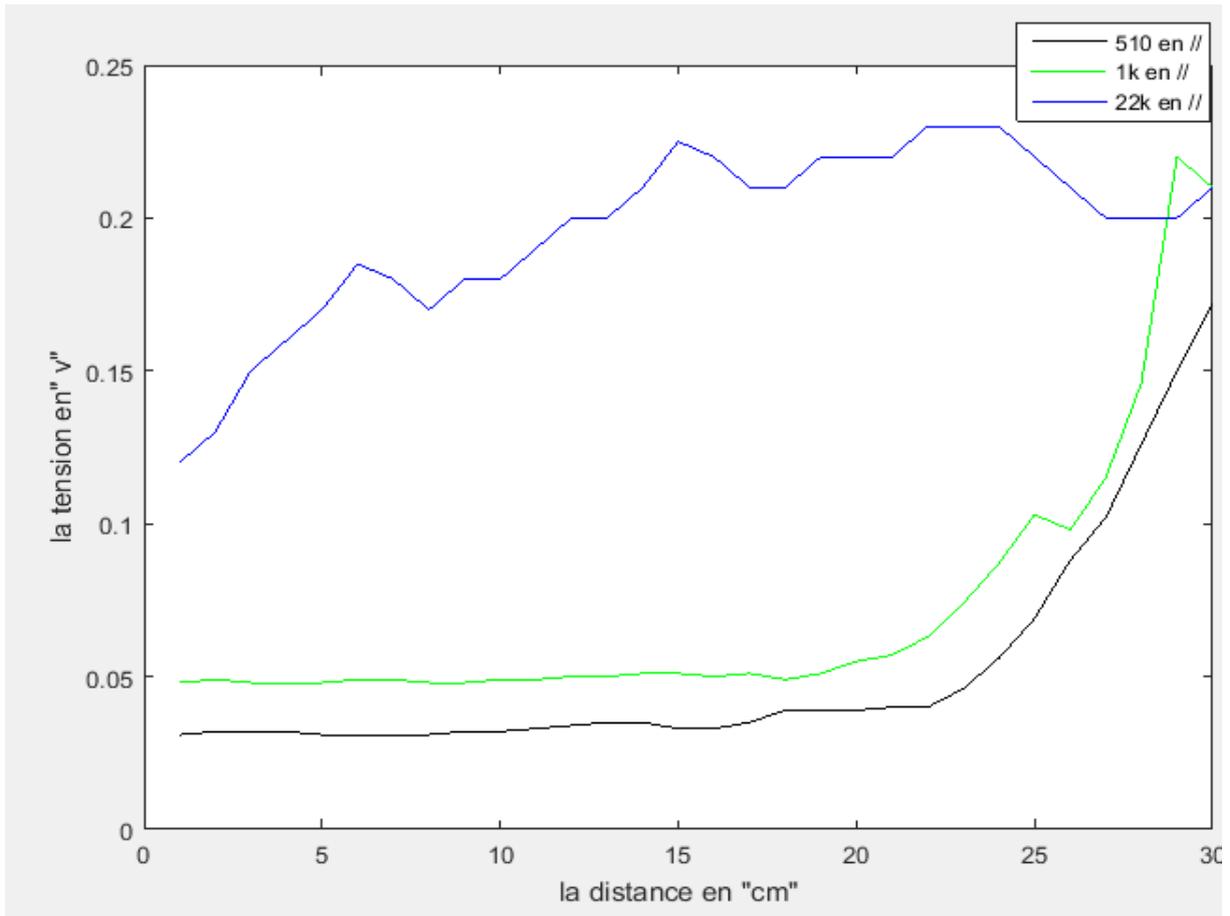


Figure (3. 5) : Représentation graphique des résultats du modèle Norton pour le capteur infrarouge (une LED IR).

Nous remarquons que ce modèle de Norton nous donne des mauvais résultats par rapport au modèle de Thevenin.

### 3.1.3.3 Circuit logarithmique

La tension de sortie du capteur est appliquée à un circuit logarithmique figure (3.6)

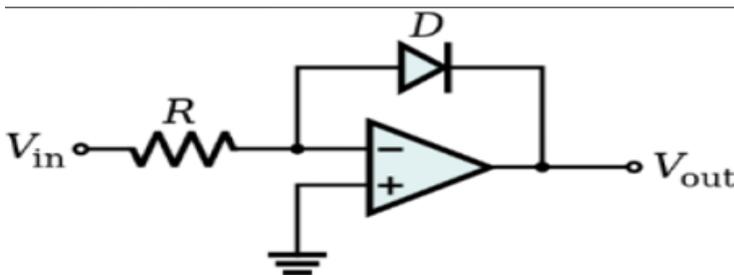


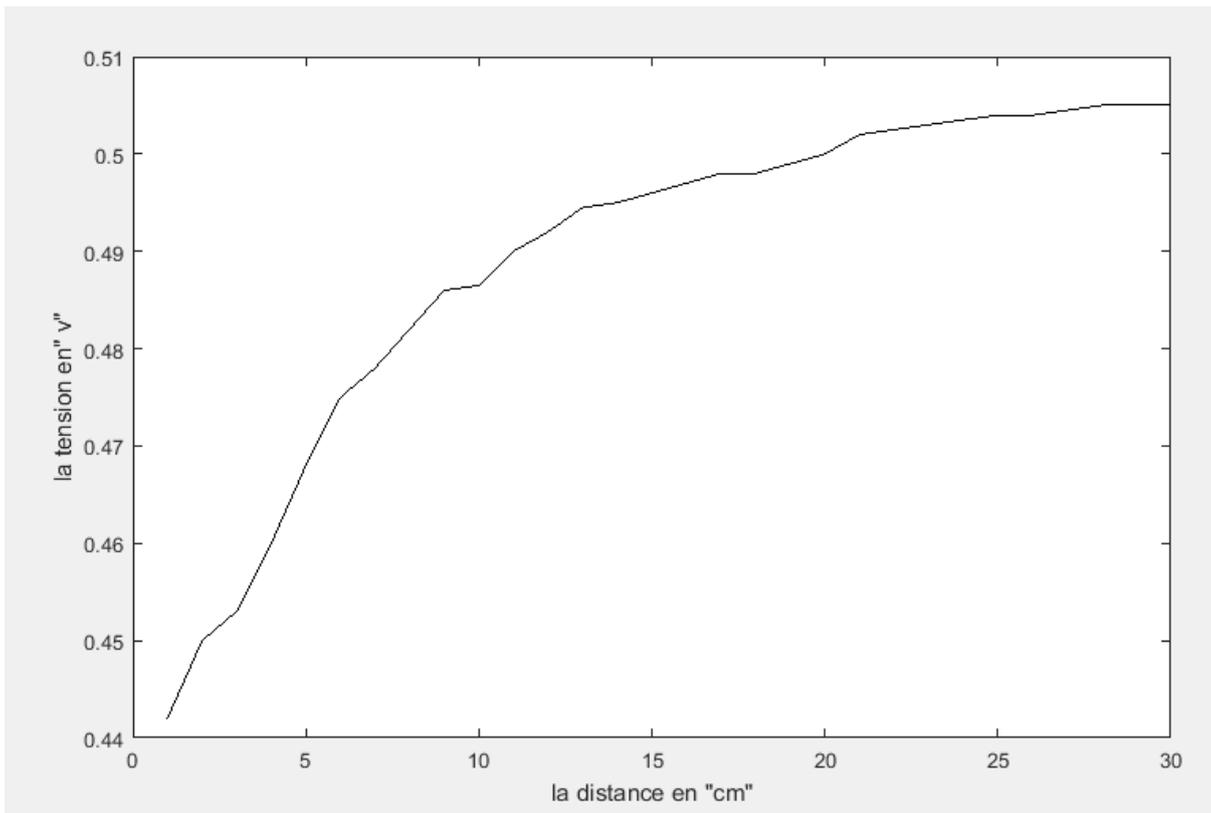
Figure (3. 6) : Circuit logarithmique

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

Distance (cm)	Tension (V)
1	0.442
2	0.45
3	0.453
4	0.46
5	0.468
6	0.475
7	0.478
8	0.482
9	0.487
10	0.49
11	0.492
12	0.494
13	0.495
14	0.496
15	0.497
16	0.498
17	0.498
18	0.498
19	0.99
20	0.50
21	0.502
22	0.502
23	0.503
24	0.5035
25	0.504
26	0.504
27	0.5045
28	0.505
29	0.505
30	0.505

**Tableau 3. 4: Variation de la tension en fonction de la distance du capteur IR avec circuit logarithmique.**



**Figure (3. 7): Représentation graphique des résultats avec l'utilisation d'un circuit logarithmique.**

Nous remarquons que le circuit logarithmique (figure 3.6) n'a pas assuré une bonne linéarité dans la plage de mesure.

### **3.1.3.4 Application de la méthode de moindre carré**

On utilise la méthode des moindres carrés pour obtenir une courbe optimale concernant les mesures.

$$Y = ax + nb$$

$$XY = ax^2 + xb$$

n : nombre de mesure

$$X = \sum x_i$$

$$Y = \sum y_i$$

$$XY = \sum x_i y_i$$

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

Pour faciliter les calculs nous avons établi un programme sous MATLAB :

```
%moindre carrée.
p=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
28 29 30];
v= [0.13 0.16 0.17 0.19 0.20 0.21 0.22 0.22 0.23 0.24 0.24 0.25 0.26
0.265 0.27 0.28 0.29 0.295 0.30 0.30 0.31 0.31 0.31 0.31 0.32 0.32
0.325 0.33 0.33 0.34];

n=10;
p1=(1/n).*sum(p);
v1=(1/n).*sum(v);
a=sum((p-p1).*(v-v1))/sum((p-p1).^2);
b=v1-(a.*p1);
Dc=(a.*p)+b;
plot(p,Dc,'b');hold on
plot(p,v,'k.-')
legend('v=f(p)', 'Dc', 'Location', 'northwest')
grid on
xlabel('distance(cm)'); ylabel('la tension(v)'); title('la courbe de v en
fonction de d .')
```

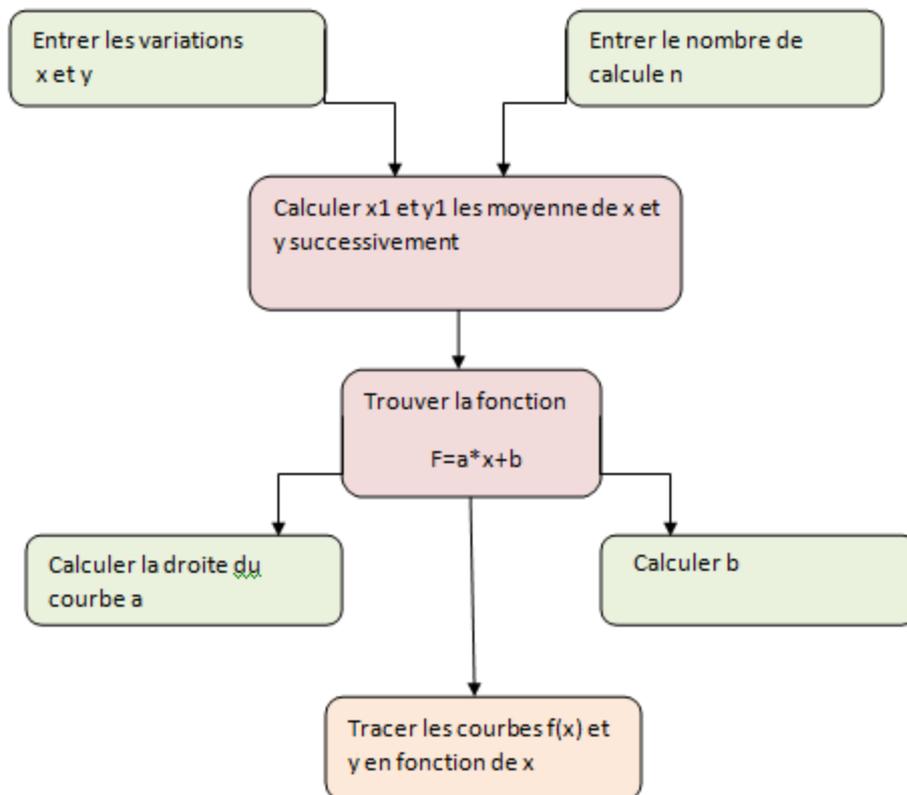
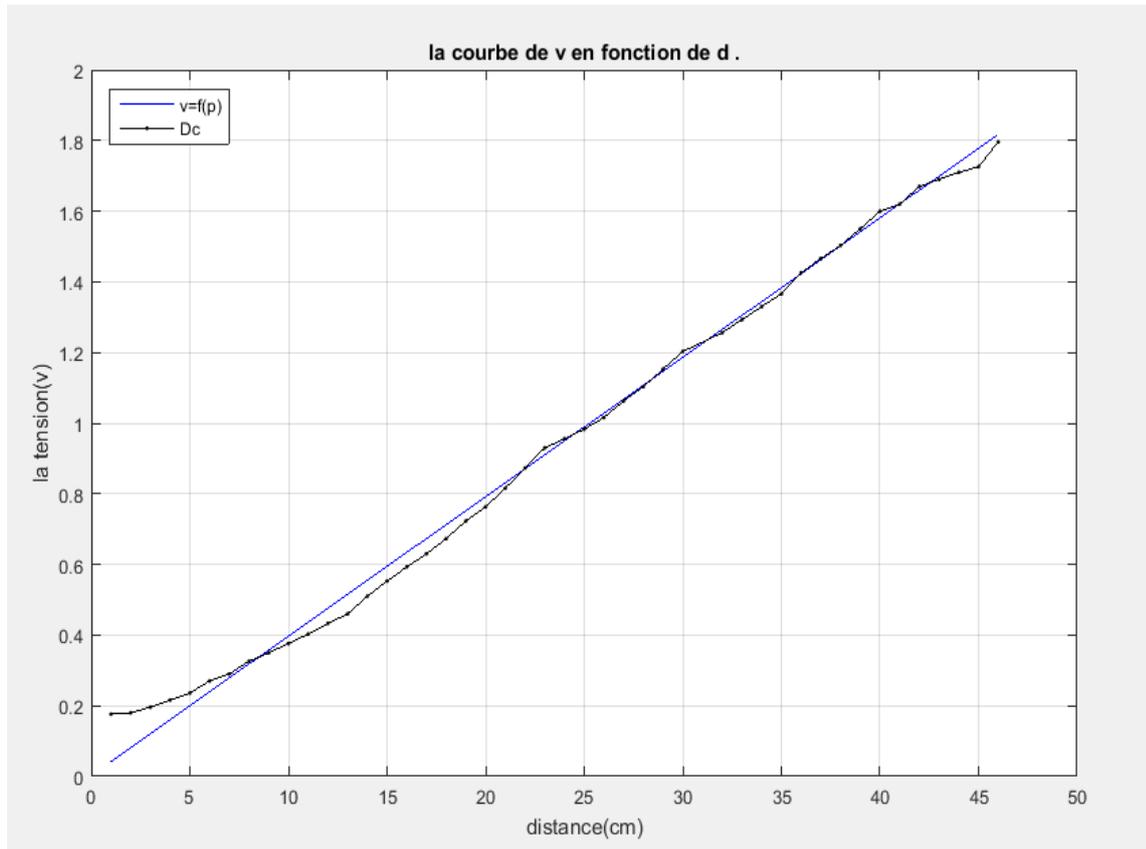


Figure (3. 8): l'organigramme du programme MATLA

Les graphiques ci-dessous illustrent les résultats obtenus :



**Figure (3.9) : linéarisation de la courbe de l'émetteur IR par la méthode des moindres carrés**

Le résultat seuble satisfaisant mais on a pensé utiliser plusieurs diode IR pour améliorer pratiquement la réponse.

## 3.1.3.5 Emetteur IR à deux diodes

En ajoutant une LED infrarouge dans la partie d'émission, les variations de la tension de sortie en fonction de la distance sont présentées sur le tableau (3.5).

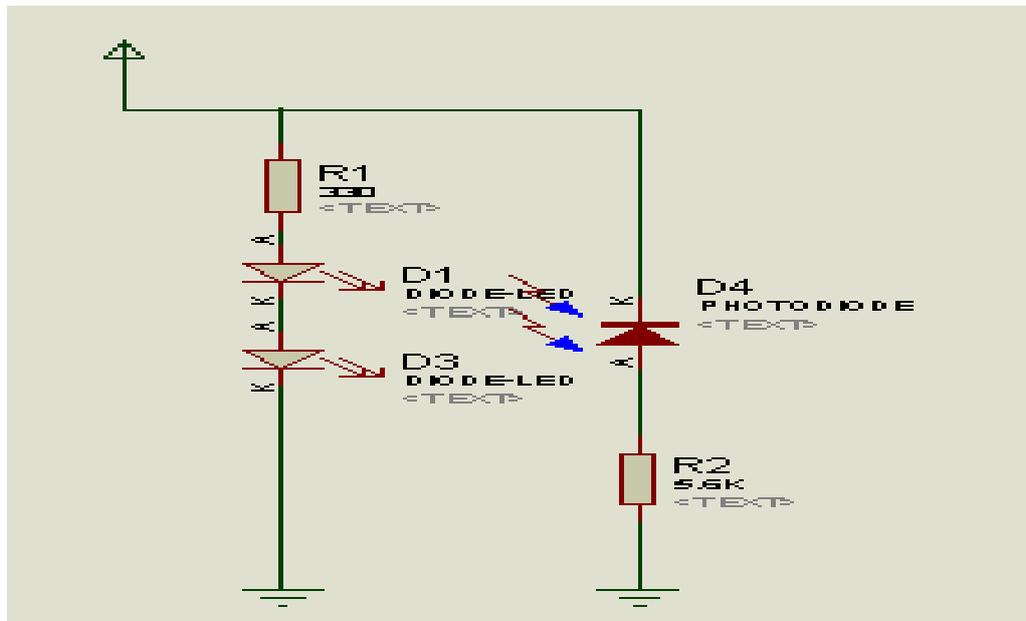


Figure (3. 10) : Montage du l'émetteur IR à deux diodes

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

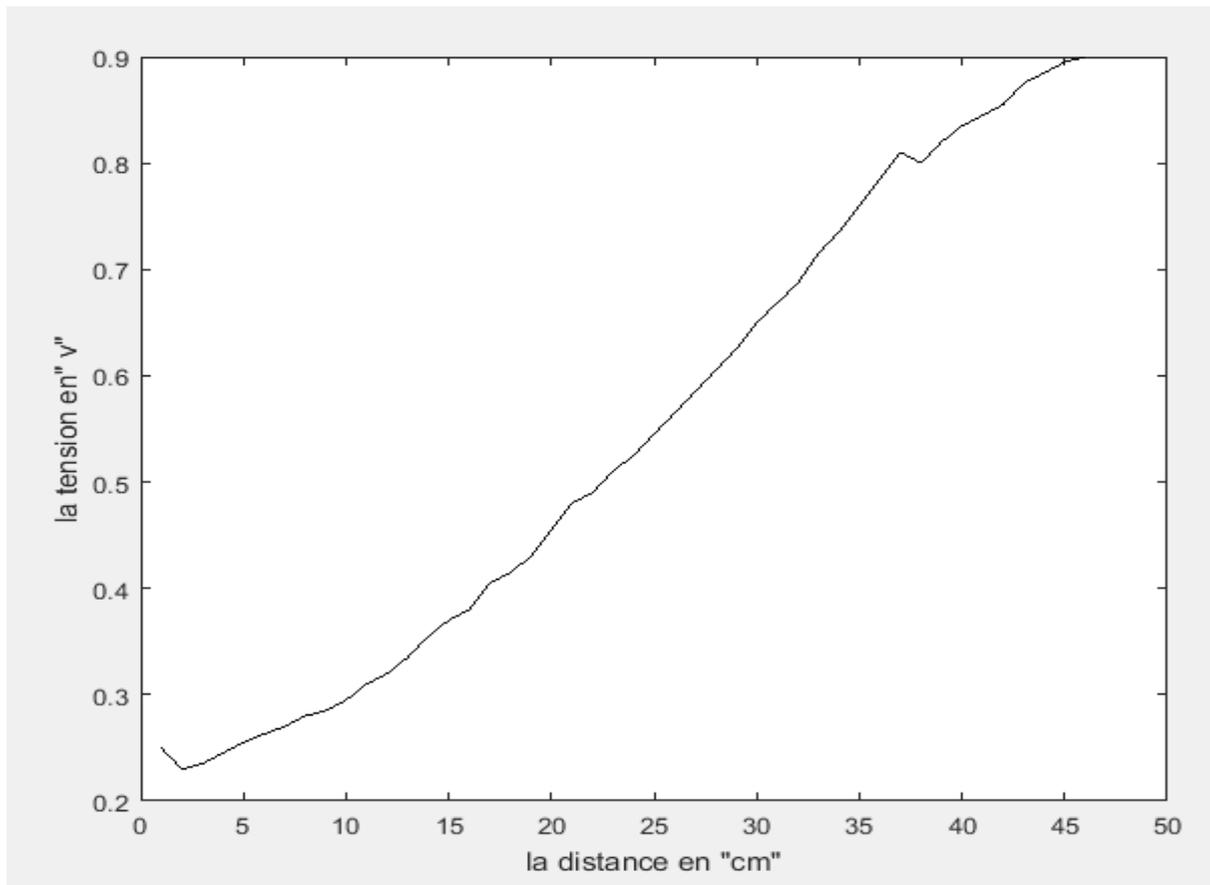
Distance (cm)	Tension (V)
1	0.25
2	0.23
3	0.235
4	0.245
5	0.255
6	0.263
7	0.27
8	0.28
9	0.285
10	0.295
11	0.31
12	0.32
13	0.335
14	0.355
15	0.37
16	0.38
17	0.405
18	0.415
19	0.43
20	0.455
21	0.48
22	0.49
23	0.51
24	0.525
25	0.545
26	0.565
27	0.585
28	0.605
29	0.625
30	0.65
31	0.687
32	0.715
33	0.735
34	0.76
35	0.785
36	0.81
37	0.80
38	0.82
39	0.835
40	0.845
41	0.855
42	0.875
43	0.885
44	0.895
45	0.90

**Tableau 3. 5: Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR avec deux LEDs**

La courbe obtenue est la suivante :

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---



**Figure (3. 11): Représentation graphique de tension en fonction de la distance pour capteur infrarouge à deux diodes LED.**

Nous remarquons d'après la figure (3.11) que la réponse du capteur est nettement meilleure que celle avec une seule diode IR.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

### 3.1.3.6 Emetteur IR avec trois diodes

En ajoutant deux LEDs infrarouge dans la partie d'émission, les variations de la tension de sortie en fonction de la distance sont présentées sur le tableau (3.6)

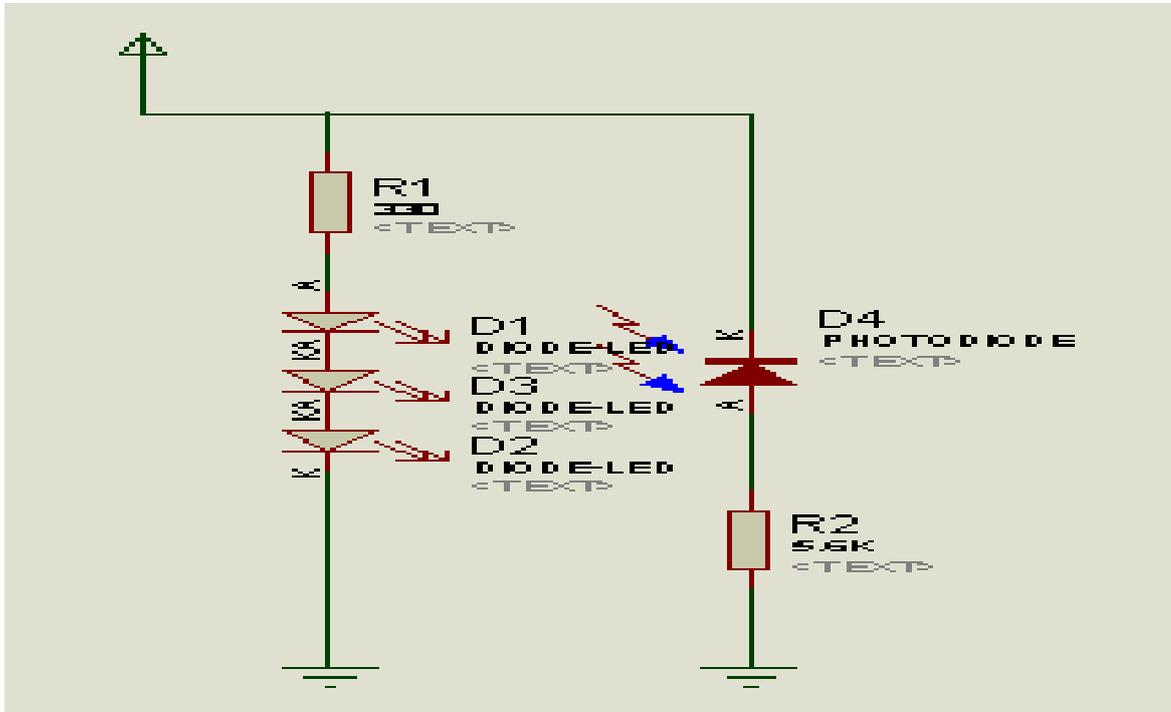


Figure (3. 12) : Montage du l'émetteur IR à trois diodes.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

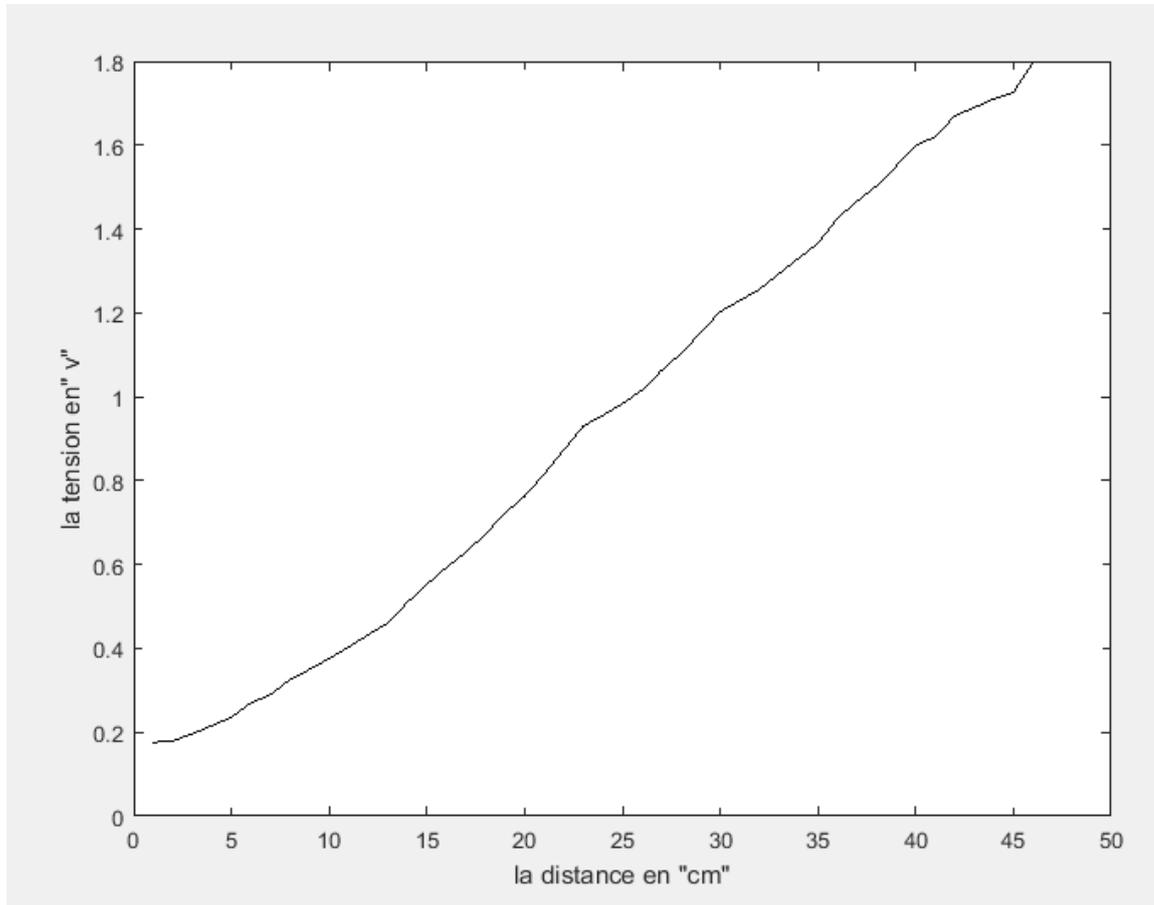
Distance (cm)	Tension (V)
1	0.176
2	0.18
3	0.196
4	0.216
5	0.236
6	0.27
7	0.29
8	0.326
9	0.35
10	0.376
11	0.403
12	0.433
13	0.46
14	0.51
15	0.553
16	0.593
17	0.63
18	0.673
19	0.723
20	0.763
21	0.816
22	0.873
23	0.93
24	0.956
25	0.983
26	1.016
27	1.063
28	1.103
29	1.153
30	1.203
31	1.256
32	1.293
33	1.33
34	1.366
35	1.426
36	1.466
37	1.503
38	1.55
39	1.60
40	1.62
41	1.67
42	1.69
43	1.71
44	1.726
45	1.796

**Tableau 3. 6: Variation de la tension en fonction de la distance pour capteur IR à trois diodes LEDs.**

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

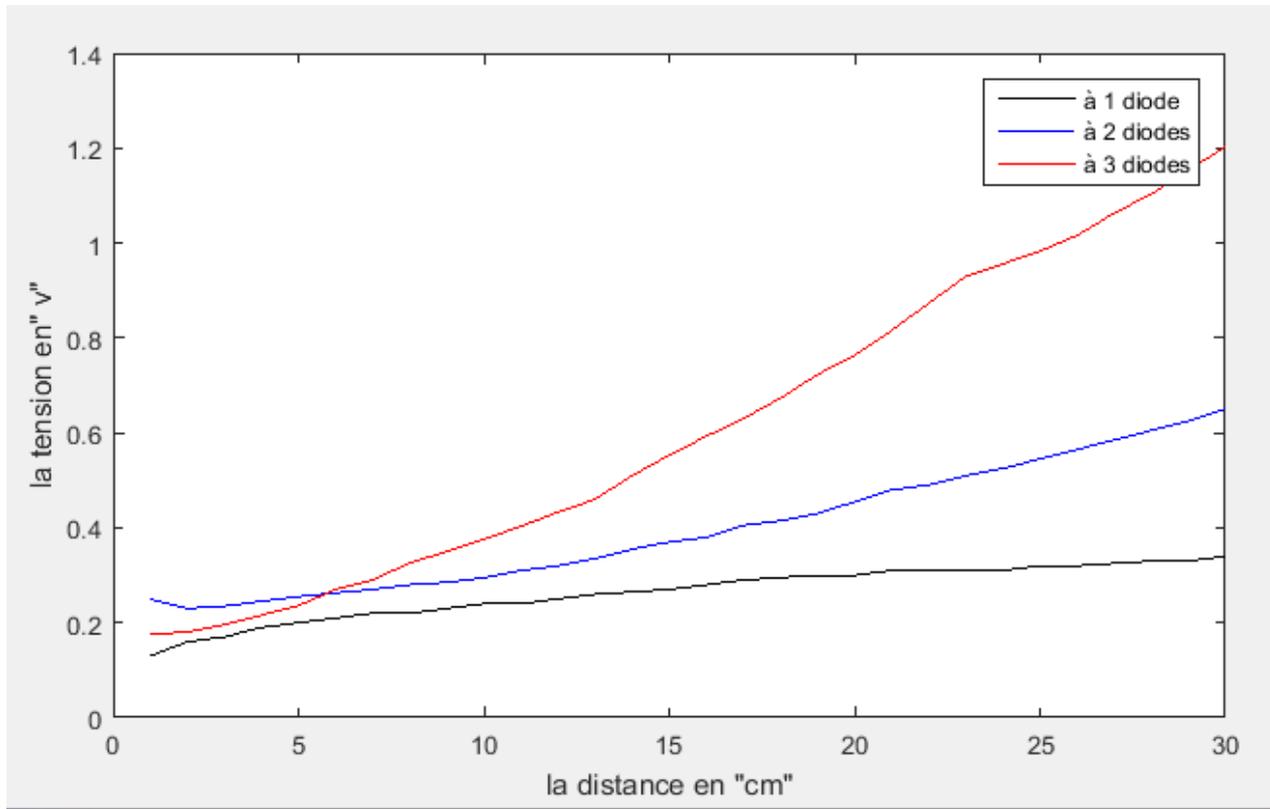
---

La courbe obtenue est la suivante :



**Figure (3. 13) : Représentation graphique de tension en fonction de la distance pour capteur infrarouge à trois diodes LEDs .**

Nous remarquons que la réponse du capteur est linéaire et aussi elle présente une gamme de détection considérable.



**Figure (3. 14) : Représentation graphique de tension en fonction de la distance pour capteur infrarouge à (1 diode, 2 diodes ,3diodes).**

### 3.1.4 Conclusion

Après une série des essais effectués dans cette partie et une étude bien détaillée sur la linéarité du capteur, nous avons sélectionné le plus performant pour la suite de notre chaine de mesure.

Nous avons choisi le capteur compose de 3 LED dans la partie d'émission, qui présente un large intervalle de la linéarité et une gamme de détection considérable [distance=5 à 25]

# Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

## 3.2 Circuit d'émission

Elle est constituée 3 LED infrarouge polarisé en direct alimenté par 5V régulier et stable reliée en série avec une résistance de 330  $\Omega$  (pour protection de la LED). Le tout représente le générateur du flux lumineux qui va éclairer le photorécepteur.

Le mot LED est l'acronyme de Light Emitting Diode (Diode Electroluminescente en français).le symbole de la LED ressemble à celui de la diode mais on y a ajouté deux flèches sortantes pour représenter le rayonnement lumineux émis.

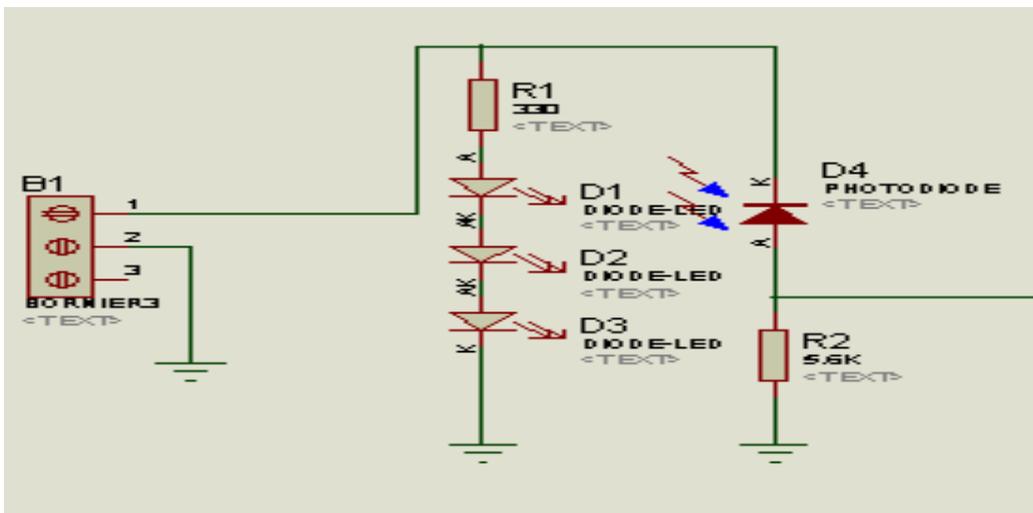


Figure (3. 15): Montage de les parties émission et réception pour capteur infrarouge.

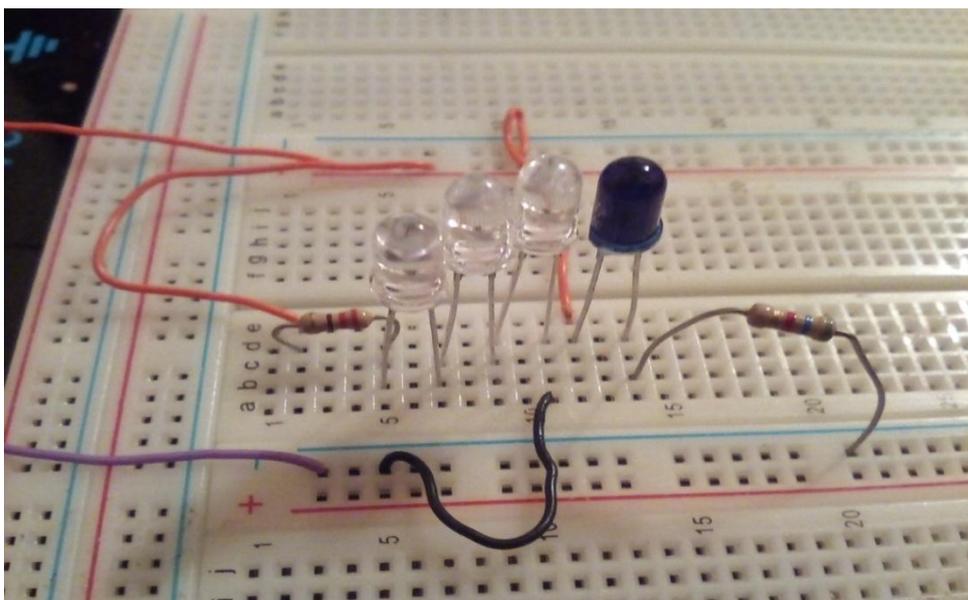


Figure (3. 16) : Montage de les parties émission et réception pour capteur infrarouge réel.

## 3.3 Circuit de réception

Il est constitué comme suit :

- Un transducteur de réception.
- Un suiveur.
- Un amplificateur.

### 3.3.1 Une photodiode

Elle est un composant semi-conducteur ayant la capacité de détecter un rayonnement du domaine optique et de le transformer en signal électrique.

### 3.3.2 Adaptation d'impédance

Nous avons ajouté un suiveur pour garder l'adaptation d'impédance entre les différents étages et pour ne pas avoir une perte d'information.

Pour une meilleure adaptation d'impédance on prévoit d'utiliser un AOP OP07 en montage suiveur.

Donc on a :  $V_e = V_s$

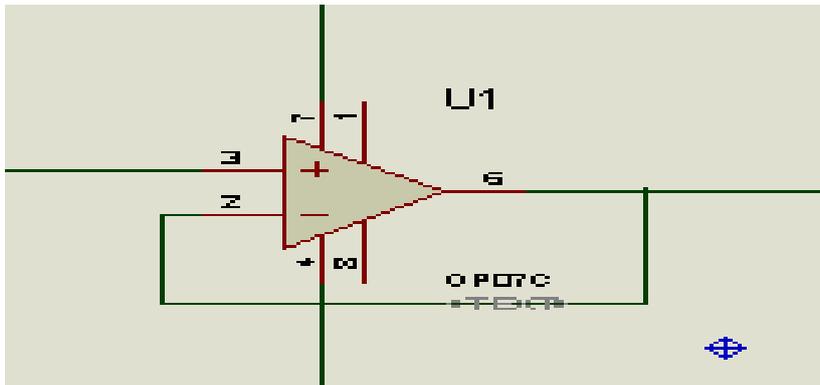


Figure (3. 17) : montage de suiveur.

Le signal délivré à la sortie 6 du suiveur est :

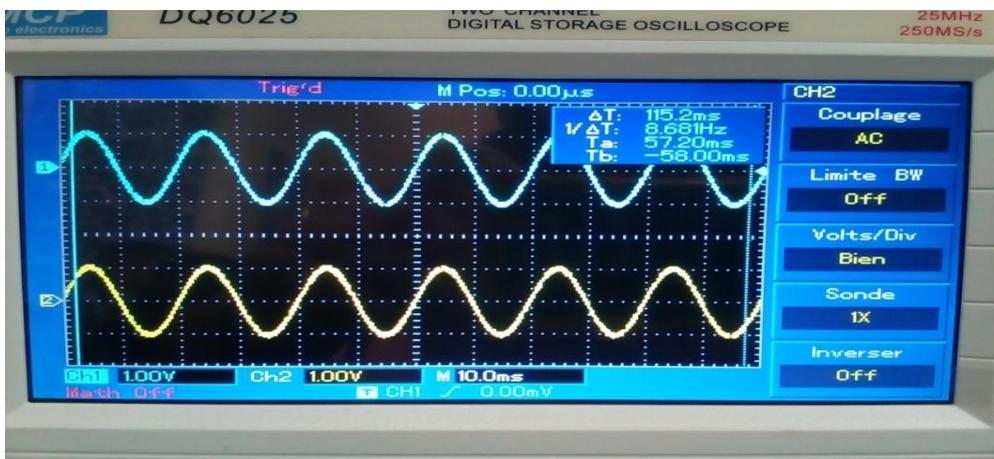


Figure (3. 18) : signal à l'entrée et à la sortie de suiveur.

## 3.3.3 La fonction amplificateur

Lorsque Le signal reçu d'étage de réception est de faible amplitude. , nous allons donc utiliser un étage d'amplification (voir la figure 3.15) composé de amplificateur non inverseurs de type  $\mu A741$  :

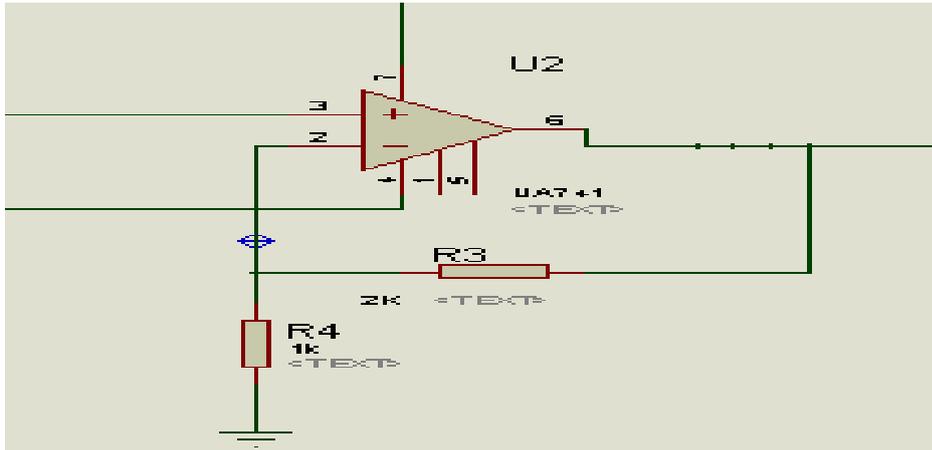


Figure (3. 19): montage de amplificateur non inverseurs.

$V_s = G \cdot V_e$  Avec un gain de :  $G = (R1 + R2) / R1$

$$G = (1+2)/1$$

$$G = 3.$$

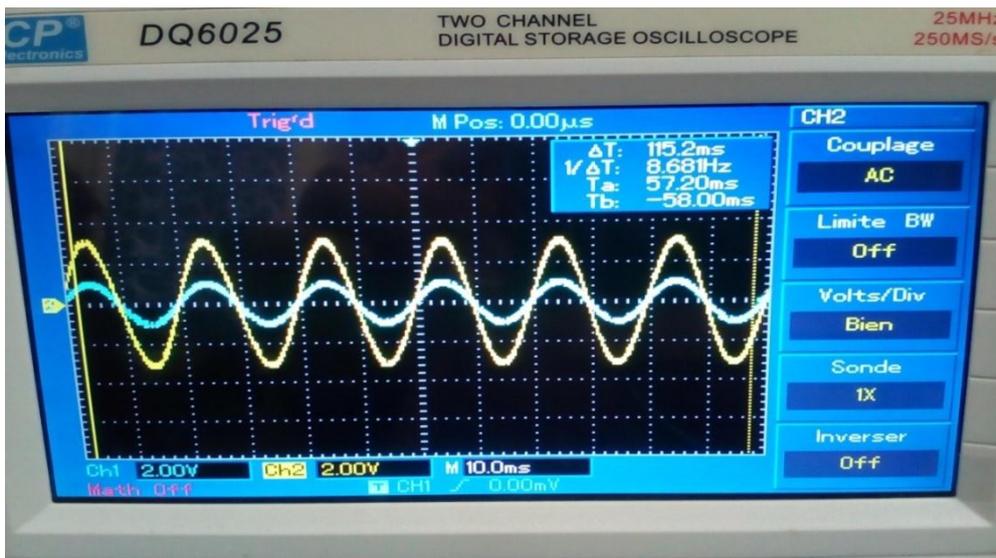


Figure (3. 20) : signal à la sortie de l'étage d'amplification.

## 3.4 La partie d'affichage

Dans cette étape il nous reste qu'à convertir notre signal analogique en un signal affichable.

Nous avons utilisé deux méthodes pour l'affichage l'une basée sur l'afficheur LEDs et d'autre basée sur l'afficheur LCD avec une carte arduino uno.

### 3.4.1 L'afficheur LEDs

Le signal obtenu correspond à la distance entre la photodiode infrarouge et la surface de la cible. Le signal issu va être appliqué à un circuit intégré LM3914.

Le LM3914, en boîtier DIL 18, fonctionne de la manière suivante: il compare une tension d'entrée à une tension de référence et affiche le résultat en allumant, au choix, une LED parmi dix (mode DOT, *point* en anglais), ou les n premières LED (mode BARGRAPH), et ce de manière proportionnelle au rapport entre la tension d'entrée et la tension de référence. Si la tension d'entrée est variable (et c'est là que le LM3914 montre toute son utilité), la variation se traduira par l'allumage ou l'extinction de LED, selon une échelle linéaire. En définitive, on obtient un dispositif d'affichage analogique permettant de visualiser aisément la variation de la tension d'entrée qu'il est illustré dans la figure (3.21).

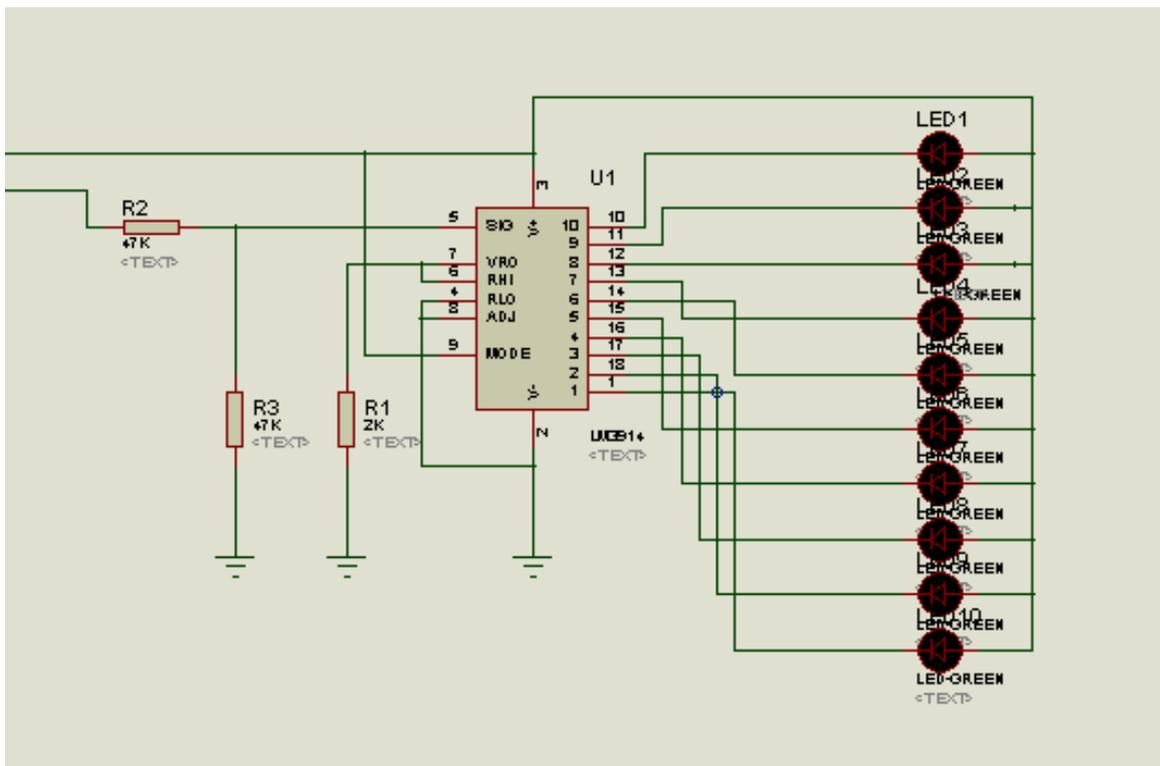


Figure (3. 21) : l'afficheur LEDs sur isis.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

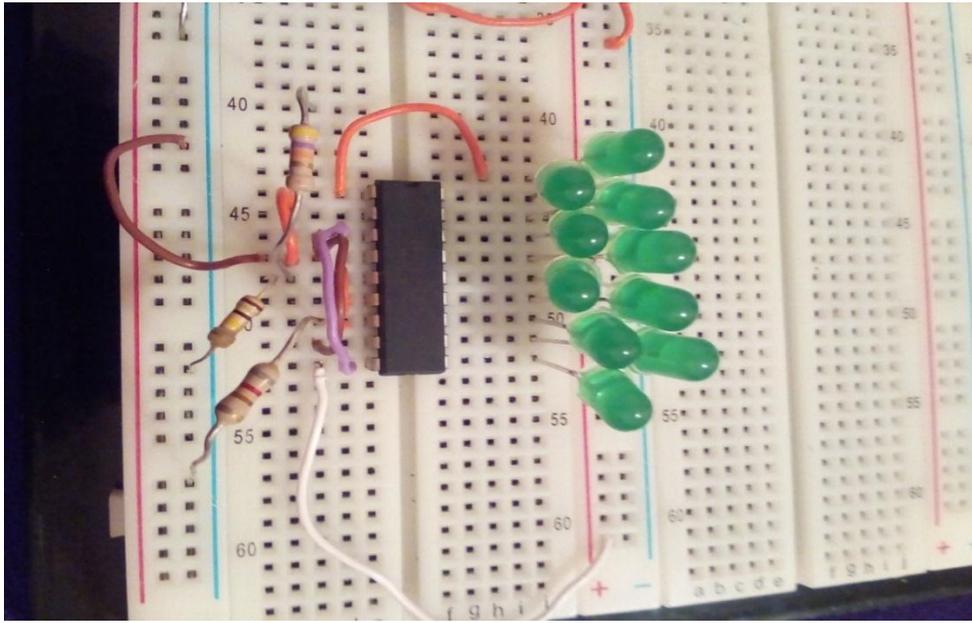


Figure (3. 22) : l'afficheur LEDs.

### 3.4.2 L'afficheurLCD avec une carte arduino uno

Le signal obtenu correspond à la distance entre la photodiode infrarouge et la surface de la cible. Le signal issu va être appliqué à un module Arduino UNO qui doit être programmé pour convertir une tension d'entrée à une valeur de distance correspondante, puis afficher les résultats sur l'afficheur LCD.

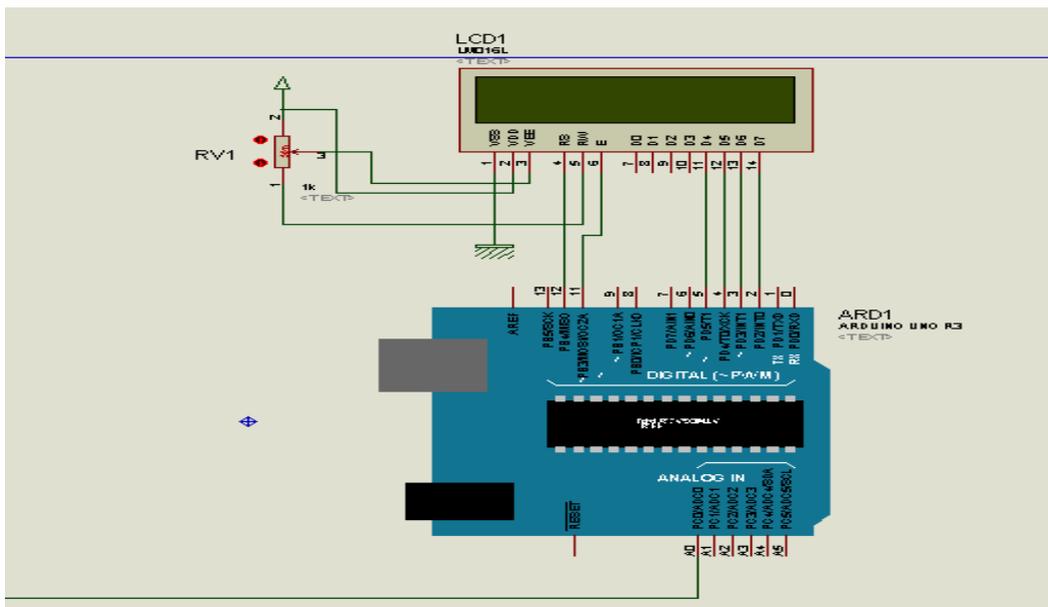


Figure (3. 23) : l'afficheur LCD avec une carte arduino uno.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

### 3.4.2.1 Arduino uno

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre (dont les plans sont publiés en licence libre) sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques.

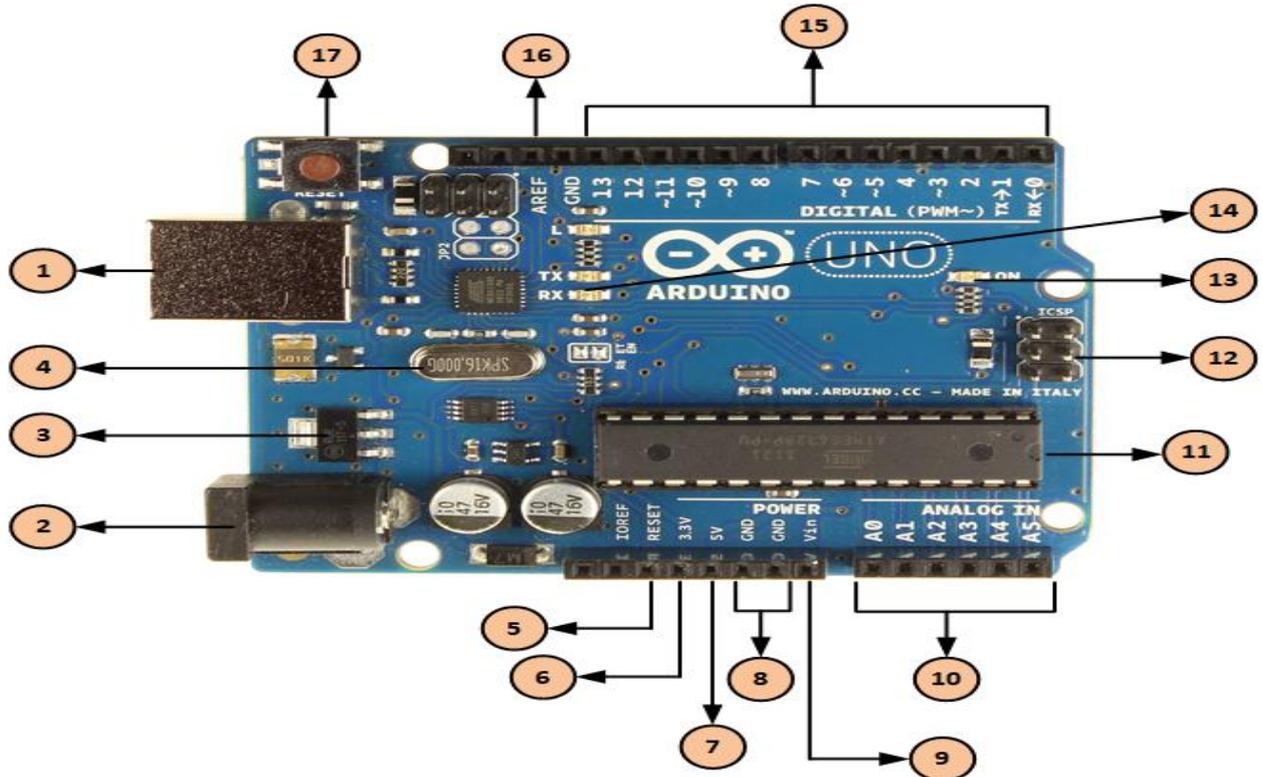


Figure (3. 24): carte Arduino uno.

Comme le montre la figure (3-19), La majorité des cartes Arduino ont **ces composants** en communs :

1

#### Alimentation / Programmation par USB

La carte Arduino peut être alimentée avec un câble USB relié à votre ordinateur. Tout ce dont vous avez besoin, c'est de connecter votre carte Arduino à votre ordinateur avec le câble USB type A/B.

2

Alimentation via connecteur Jack DC

La carte Arduino peut être directement alimentée par ce connecteur Jack DC. Ce connecteur (2)

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

est relié au régulateur de tension intégré à la carte. L'alimentation via ce connecteur (2) doit être comprise entre 5 et 12V.

3

### Régulateur de tension

La fonction du régulateur de tension (3) est de contrôler la tension d'alimentation de l'Arduino pour la stabiliser à la bonne tension du microcontrôleur et de chaque élément de la carte. La tension de stabilisation est de 5 Volts sur les cartes UNO.

4

### Oscillateur à quartz

Un oscillateur à quartz est un élément électronique qui a la particularité de posséder un quartz à l'intérieur qui vibre sous l'effet piézoélectrique. Les propriétés électromécaniques du quartz sont telles qu'on arrive à faire vibrer le quartz à une fréquence très précise. Cet élément aide l'Arduino UNO à calculer les données de temps. Sur le dessus du composant, on peut lire 16.000H9H. Cela signifie que la fréquence est de 16,000,000 Hertz, soit 16 MHz.

5,17

### Arduino Reset

Vous pouvez redémarrer un Arduino avec un "Reset". Cela aura pour effet de redémarrer votre programme depuis le début. Vous pouvez redémarrer l'Arduino UNO de deux manières : soit en utilisant le bouton "Reset" (17), soit en connectant un bouton externe sur la broche de la carte Arduino mentionnée "RESET" (5).

6,7,8,9

### Broches (3.3, 5, GND, Vin)

- 3.3V (6) – Broche d'alimentation de tension 3.3 Volts
- 5V (7) – Broche d'alimentation de tension 5 Volts
- La plupart des composants destinés à fonctionner avec Arduino fonctionnent bien en 3.3 Volts ou 5 Volts.
- GND (8) (Ground / Masse) – Il y a plusieurs broches de ce type présentes sur la carte Arduino, elles sont toutes communes et peuvent être utilisées comme masse (potentiel 0 Volts) pour vos circuits.

Vin (9) – Cette broche permet d'alimenter l'Arduino depuis une source de tension extérieure. Elle est relié au circuit d'alimentation principale de la carte Arduino.

10

### **Broches analogiques**

L'Arduino UNO possède 5 broches d'entrées analogiques numérotée de A0 jusqu'à A5. Ces broches permettent de lire un signal analogique d'un capteur comme un capteur d'humidité ou de température. La carte Arduino utilise un convertisseur analogique/numérique (convertisseur CAN) pour permettre la lecture du signal par le microcontrôleur. Un signal sera converti sur 10 bits. La valeur pourra être lue sur une échelle 1024 points.

11

### **Microcontrôleur principal**

Chaque carte Arduino possède son propre microcontrôleur (11). Vous pouvez le considérer comme le cerveau de la carte Arduino. Le microcontrôleur sur l'Arduino est légèrement différent d'une carte à l'autre. Les microcontrôleurs sont généralement de la société ATMEL. Vous devez savoir quel est le microcontrôleur de votre carte avant de charger un nouveau programme depuis l'IDE Arduino. Cette information est disponible directement sur le composant. Pour plus de détails sur la construction et les fonctions du microcontrôleur, vous pouvez vous référer à la fiche technique (data sheet).

12

### **Connecteur ICSP**

Avant tout, le connecteur ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) est une connectique AVR comprenant les broches MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC et GND. Il s'agit d'un connecteur de programmation. Ce connecteur permet entre autre de programmer directement le microcontrôleur sur les couches les plus basses (bootloader, code ASM...). C'est aussi un port appelé port SPI (Serial Peripheral Interface), qui permet de dialoguer avec d'autres composants SPI (écrans, capteurs, etc...). On ne va pas se préoccuper de ce connecteur au début des tutoriels.

13

### Indicateur LED d'alimentation

Ce voyant doit s'allumer lorsque vous branchez votre Arduino sur une source d'alimentation pour indiquer que votre carte est correctement alimentée. Si cette lumière ne s'allume pas, il y a un problème avec votre alimentation, et je ne parle pas de nourriture ici.

14

### LEDs TX et RX

Sur votre carte, vous trouverez deux indicateurs : TX (émission) et RX (réception). Ils apparaissent à deux endroits sur la carte Arduino UNO. Tout d'abord, sur les broches numériques 0 et 1, pour indiquer les broches responsables de la communication série. Deuxièmement, les LEDs TX et RX (13). Le voyant TX clignote à une vitesse variable lors de l'envoi des données série. La vitesse de clignotement dépend de la vitesse de transmission utilisée par la carte. RX clignote pendant le processus de réception. La vitesse de transmission s'exprime en bauds, soit l'équivalent du bits/seconde si le signal est binaire.

15

### Entrées/Sorties numériques

La carte Arduino UNO possède 14 broches d'Entrées / Sorties numériques (15), dont 6 peuvent fournir une sortie PWM (Pulse Width Modulation). Ces broches peuvent être configurées pour fonctionner comme des broches numériques d'entrée pour lire des valeurs logiques (0 ou 1) ou numériques. Elles peuvent également être utilisées comme des broches de sortie pour piloter différents modules comme des LEDs, des relais, etc. Les broches étiquetées "~" peuvent être utilisées pour générer des PWM.

16

### Broche AREF

AREF est l'acronyme anglais de "référence analogique". Cette broche est parfois utilisée pour définir une tension de référence externe (entre 0 et 5 Volts) comme limite supérieure pour les broches d'entrée analogiques.

#### 3.4.2.2 L'afficheur LCD

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquide Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité.

### Présentation

Ce composant est spécialement fabriqué pour être utilisé avec les microcontrôleurs. Il est utilisé pour afficher des différents messages sur un écran à cristaux liquides miniature. Il peut afficher des messages sur deux lignes de 16 caractères chacune. Il permet d'afficher toutes les lettres de l'alphabet, les lettres grecques, des signes de ponctuation, des symboles mathématiques, etc. Il est également possible d'afficher des symboles construits par l'utilisateur. Autres fonctions utiles comprennent déplacement automatique des messages (gauche et droite), l'apparence du curseur

Au-dessus de l'écran à cristaux liquides proprement dit, on trouve une série de 14 broches aux rôles Suivantes :

- Broche 1 Vss masse.
- Broche 2 Vcc : alimentation positive
- Broche 3  $V_0$  : luminosité.(le réglage de contraste de l'afficheur).
- Broche 4 RS : (Registre Select) : sert à dire au module dans quel registre il doit écrire les données.
- Broche 5 R/W : sélection du mode lecture ou écriture.
- Broche 6 E : Commande des opérations d'écriture ou de lecture.
- Broche 7 à 14 ,D<sub>0</sub> à D<sub>7</sub> utilisées pour le transfert des données ou des instructions. Le transfert peut se faire sur 8 bits, toutes les broches sont alors utilisées, ou sur 4 bits.

Après avoir achevé la réalisation du détecteur de distance une phase de test est nécessaire pour s'assurer du bon fonctionnement du circuit.

En rapprochant le cible au détecteur, les LEDs sont éteintes et l'afficheur LCD affiché "0.00 cm " sur se l'écran.

En lointain le cible au détecteur, les LEDs s'allument l'une après l'autre en mode paragraphe et l'afficheur LCD affiché la distance correspondante.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---

Distance de 3cm :

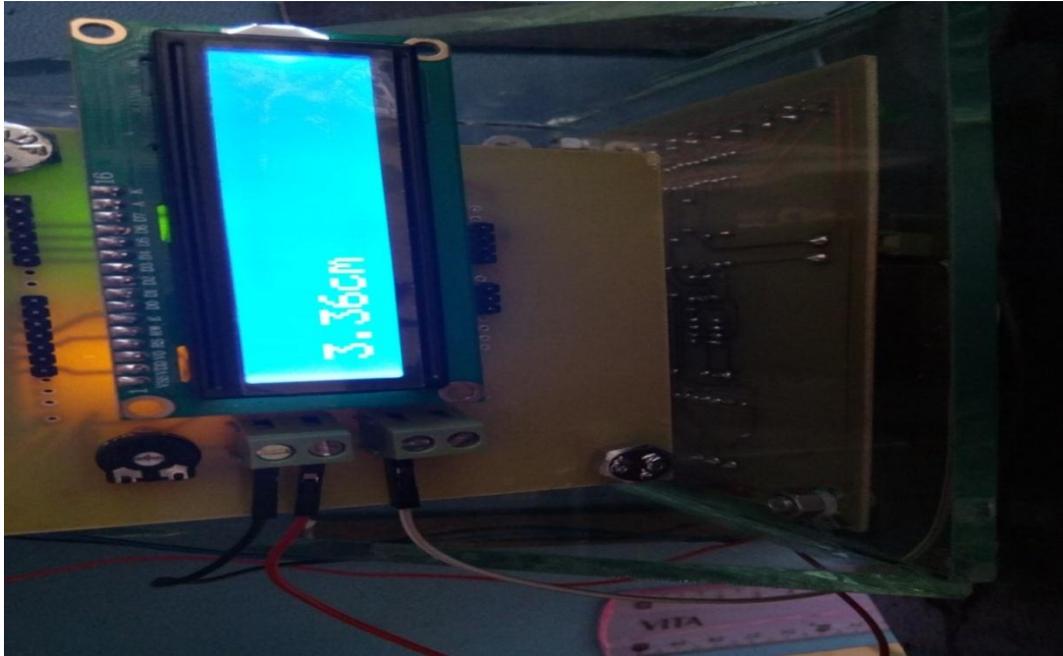


Figure (3. 25) : détection de 3 cm.

Distance de 7cm :

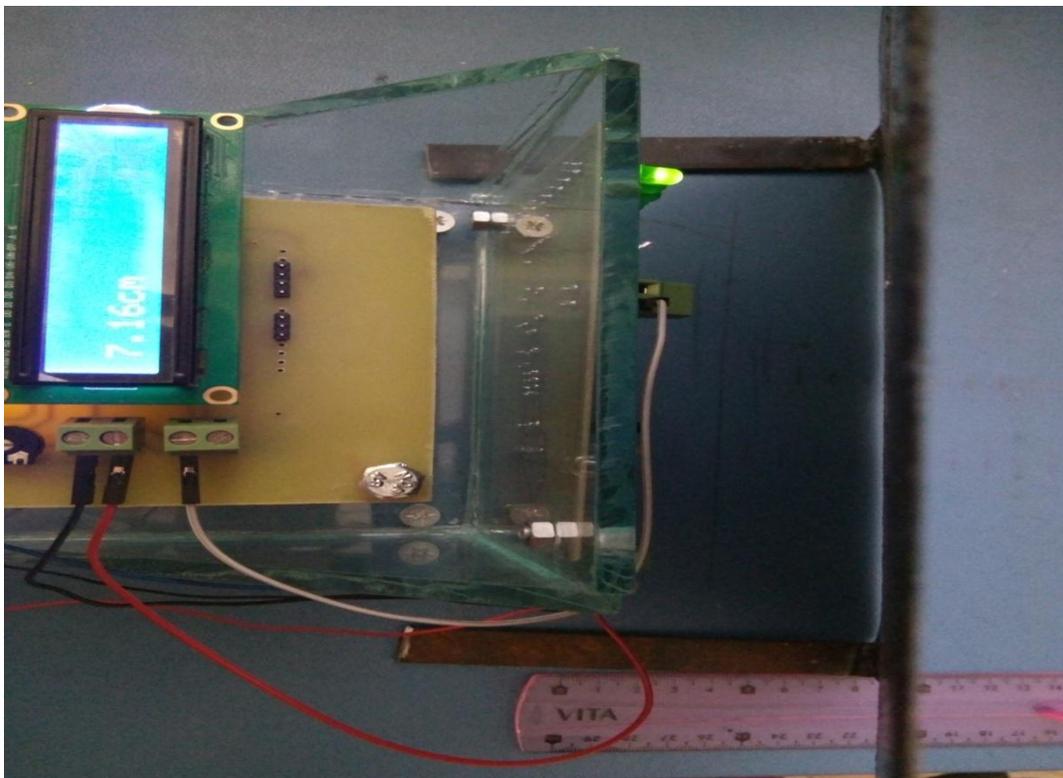
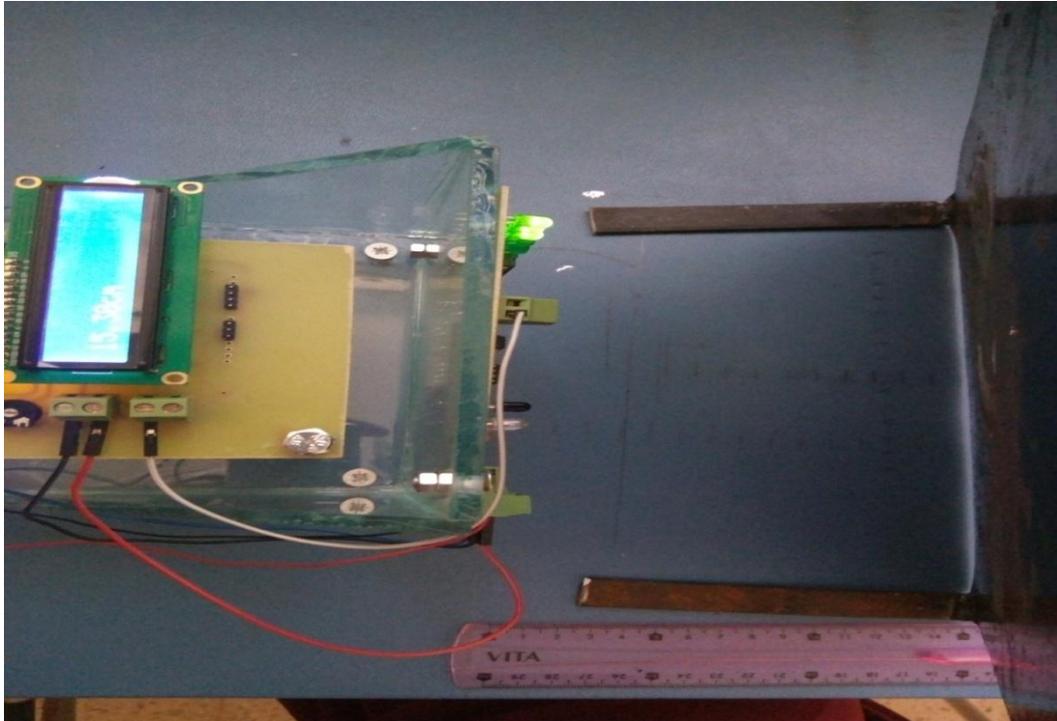


Figure (3. 26) : détection de 7cm.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

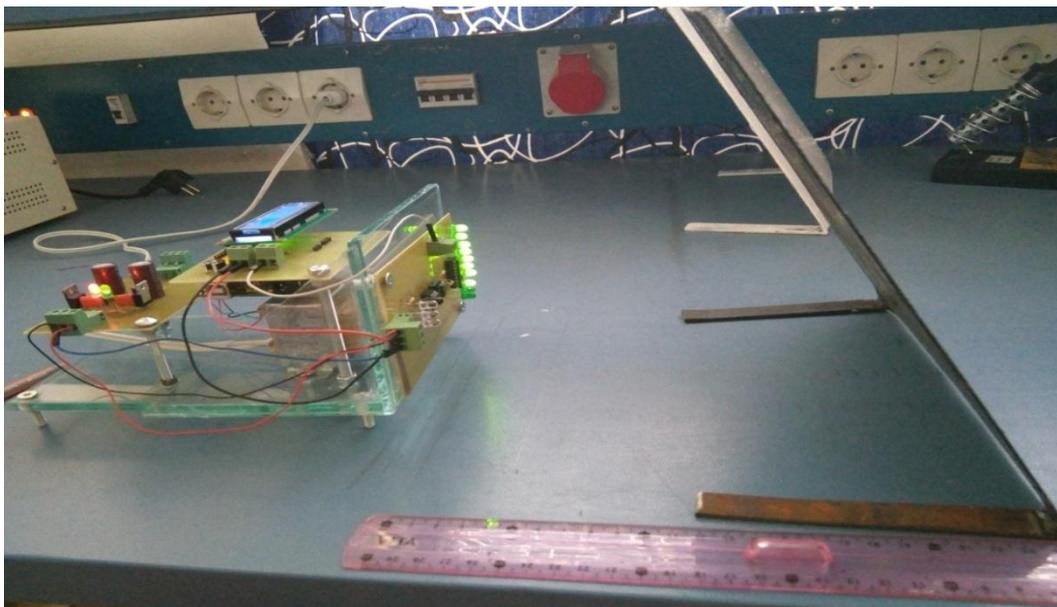
---

**Distance de 15cm :**



**Figure (3. 27) : détection de 15cm.**

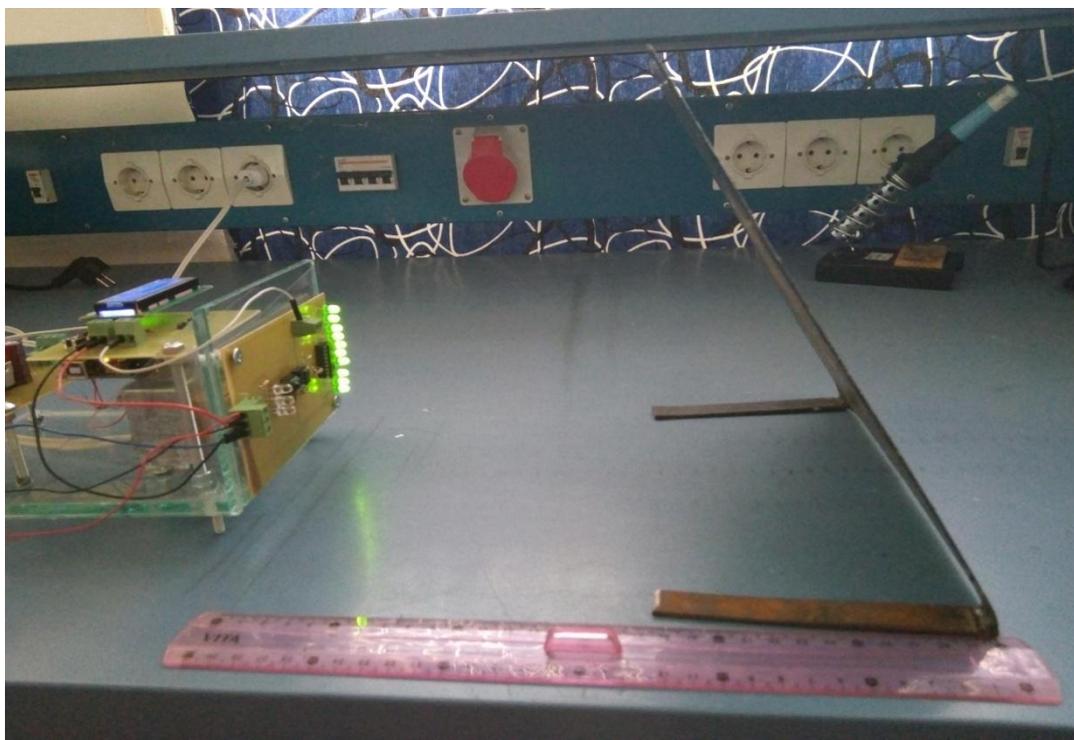
**Distance de 25cm :**



**Figure (3. 28): détection de 25cm.**

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

**Distance de 30cm :**



**Figure (3. 29):** détection de 30cm.

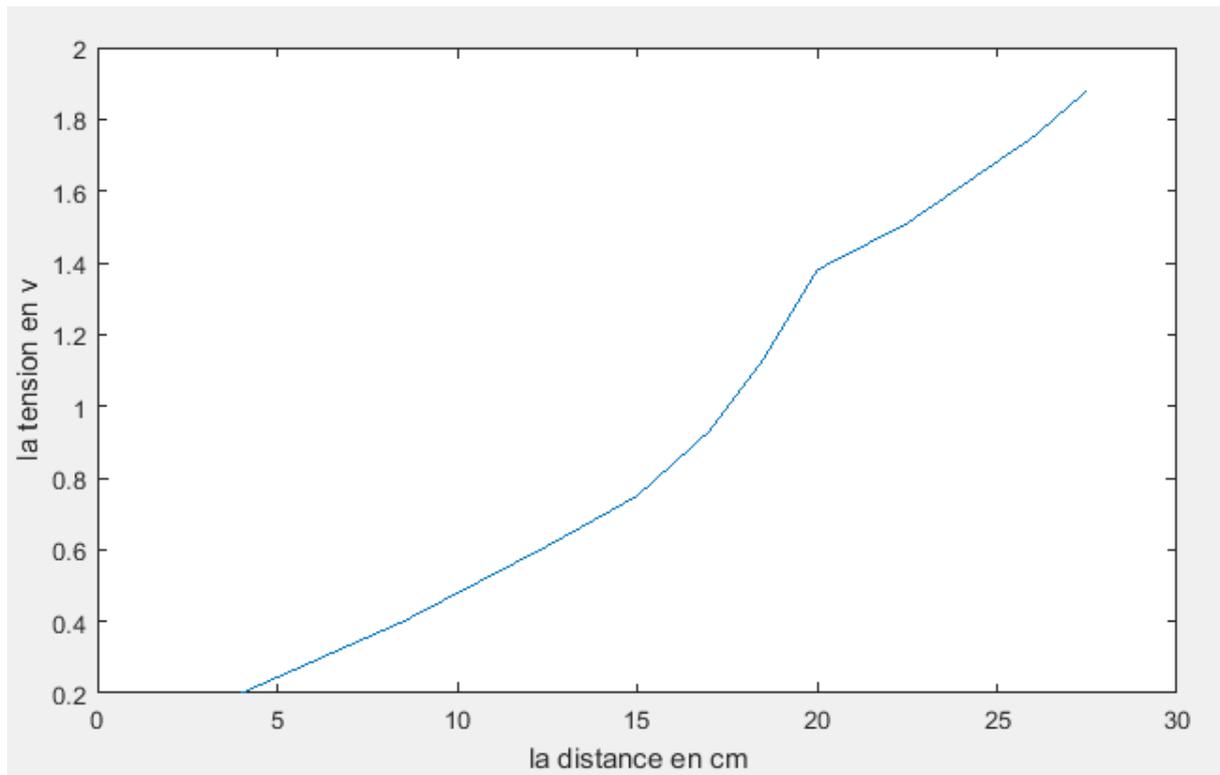
Le tableau suivant représente la variation de la tension en fonction de la distance :

<b>LED</b>	<b>Tension(V)</b>	<b>Distance détecté (cm)</b>
LED1	0.20	4
LED2	0.40	8.5
LED3	0.61	12.5
LED4	0.75	15
LED5	0.93	17
LED6	1.13	18.5
LED7	1.38	20
LED8	1.51	22.5
LED9	1.75	26
LED10	1.88	27.5

**Tableau 3. 7:** représente la variation de la tension en fonction de la distance.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---



**Figure (3. 30) : Variation de la tension en fonction de la distance.**

Les résultats trouvés (figure 3.30) sont satisfaisants et le circuit fonctionne comme prévu, on conclue que le fonctionnement de notre détecteur est correct.

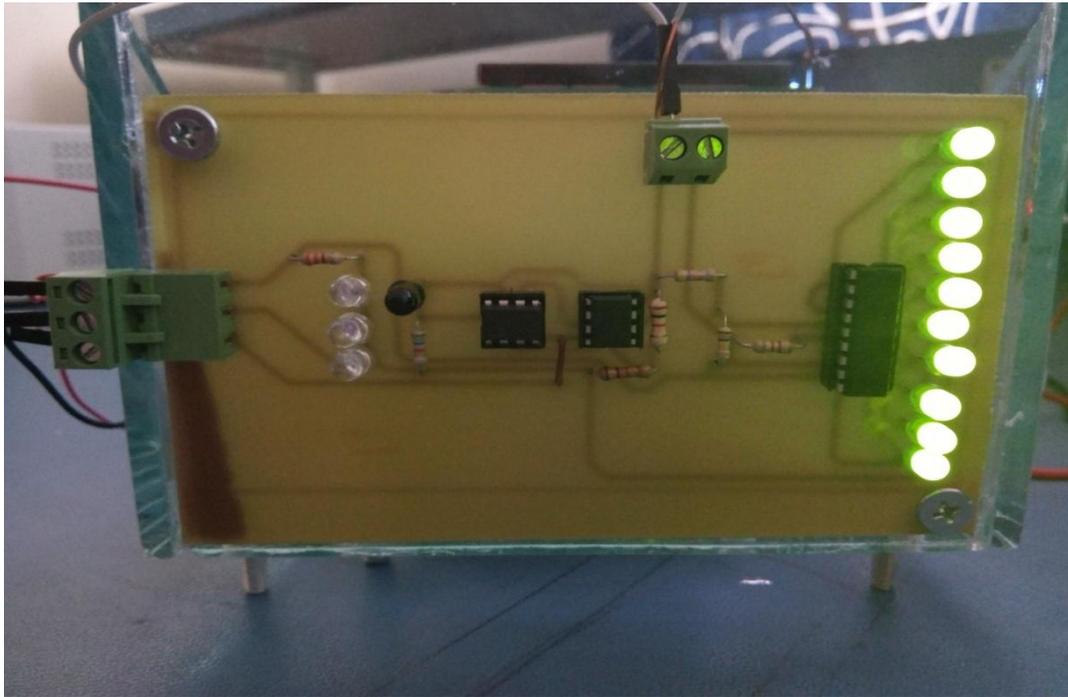


Figure (3. 31) : le circuit imprimé réalisé.

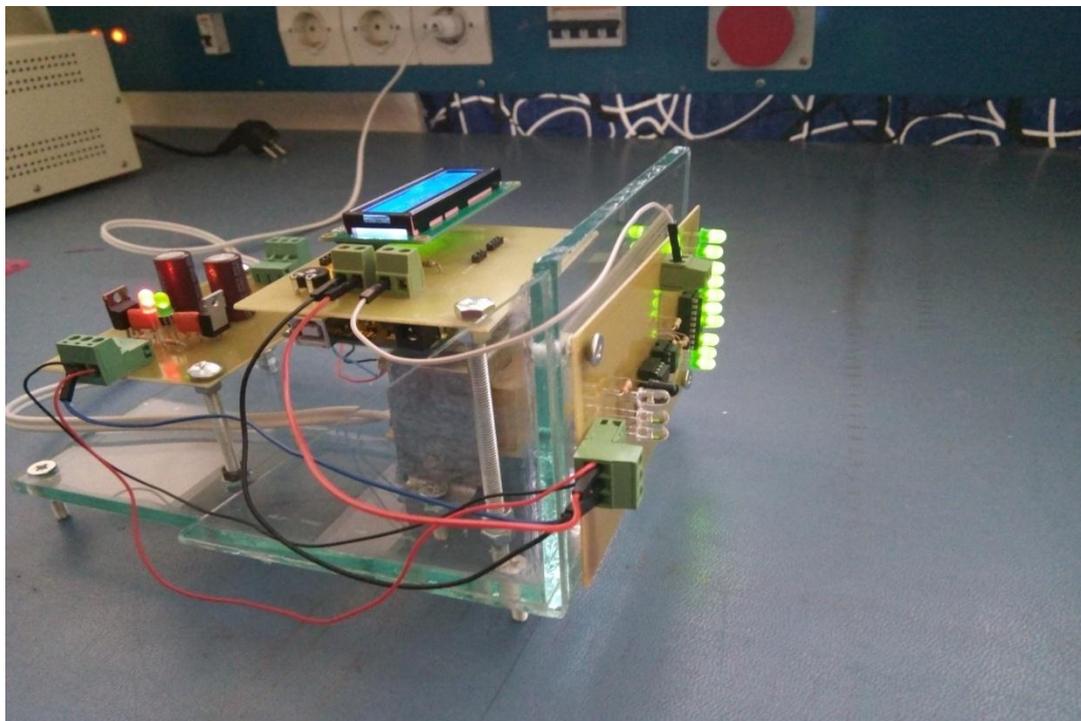


Figure (3. 32): le circuit général réalisé.

### 3.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le processus de la réalisation matériel de notre appareil. Cette réalisation a été suivie d'une phase de validation et de test qui a donné des résultats satisfaisantes.

Finalement, nous constatons que le détecteur de distance par IR que nous avons développé assure une bonne performance pour des mesures allant de 0 cm à 25 cm avec une intensité de flux lumineuse relativement faible.

## Chapitre 03 : étude et réalisation pratique du détecteur de distance infrarouge

---



## Conclusion général

Nôtre projet de fin d'études nous a permis d'étudier et de réaliser une chaîne de mesure à Infrarouge qui permet de mesurer une variation de la distance d'une cible en mouvement. Cette variation est traduite par la variation d'une tension mesurée au niveau du récepteur.

Au début de notre travail nous avons pu sélectionner la meilleure méthode de linéarisation du capteur le long d'un large intervalle de valeurs mesurées et vérifiées. En suite nous avons réalisé les différentes parties de la chaîne de mesure constituant notre appareil à savoir :

- Source de tension ;
- Transducteur d'émission (LED IR) ;
- transducteur de réception (photodiode) ;
- Etage d'amplification ;
- .Etage de mise en forme ;
- Etage d'adaptation ;
- Affichage (LEDs, afficheur LCD)

Les intérêts pratiques seront d'une utilité certaine et d'une grande importance dans divers domaine d'applications pratiques.

Malgré que le fonctionnement de notre chaîne de mesure infrarouge ait été altéré par plusieurs contraintes (la lumière d'environnement étant la plus importante) nous avons pu être très prudent lors des mesures pour obtenir une détection précise et fidèle.

Le but le long de notre projet de fin d'études résidait aussi en plus de la conception de notre dispositif pratique mais également et particulièrement à la compréhension et de la maîtrise d'un certain nombre de fonctions d'électronique.

## Références bibliographiques

- [1] : Dr BENSAID Samir ; Cours génie électrique <<capteurs et actionneurs >> Université de BOUIRA.2014.
- [2] : [https://sti.discip.ac-caen.fr/IMG/pdf/Generalites\\_sur\\_les\\_capteurs.pdf](https://sti.discip.ac-caen.fr/IMG/pdf/Generalites_sur_les_capteurs.pdf)
- [3] : Mr Djbbarr.A << cour les capteurs>> Université Abou Bakr Belkaïd 2016 .
- [4] : Georges Asch et collaborateurs << les capteurs en instrumentation industrielle>> , édition Dunod, 1991.
- [5] : Hama khalissa ,Mahdjoubi Samia<< détecteur de champ magnétique >> Mémoire de projet de fin d'étude, Tlemcen 19 septembre 2017.
- [6] : Hammou houria ,Saidi Ismahene<<Etude et réalisation d'une Chaîne colorimétrique>> Mémoire de projet de fin d'étude, Tlemcen 22 juin 2014.
- [7] : Lous Couffignal, capteur et régulation, lycée polyvalent,2005-2006.
- [8] :Chapitre1 : Introduction-Nature des erreurs  
[www.univ-orleans.fr/mapmo/membres/maitine/MASTER2/FAP/exposeFAP.pdf](http://www.univ-orleans.fr/mapmo/membres/maitine/MASTER2/FAP/exposeFAP.pdf)
- [9] :U.M.V/FSR/Master sciences analytiques/M9/Cour des spectroscopie Infrarouge/A.EL.HAJJI&ZAYDOUD
- [10] : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/infrarouge/5-applications/>.
- [11] : Métier de l'électrotechnique « LES DETECTEURS TOUT OU RIEN »
- [12] : cham breuil maxime, uv de capteur rapport de projet les capteurs de déplacement, asi 3 année 2001-2002
- [13] : micro-epsilon France S.A.R.L. France @ micro-epsilon.com · [www.micro-epsilon.fr](http://www.micro-epsilon.fr)
- [14] : [www.micro-epsilon.fr](http://www.micro-epsilon.fr).
- [15] : mémoire BERRAIH Sid Ahmed et BEKKARA Mohammed Amin «REALISATION D'UN DETECTEUR DE NIVEAU AULTRASON » le 19 Septembre 2017
- [16] : Métier de l'électrotechnique « LES DETECTEURS TOUT OU RIEN »
- [17] : technologie 1 8 9 j a n v i e r - f é v r i e r 2 0 1 4
- [18] : J.D.Nicoud,Mouette 5 « capteur de distance infrarouge par réflexion » 2 décembre 1988  
[www.didel.com/kidules/KiDistIr.pdf](http://www.didel.com/kidules/KiDistIr.pdf)

# **Annexes**

# Annexe 1

INTERSIL

## 741 Operational Amplifier

### GENERAL DESCRIPTION

The 741 and 741C are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The offset voltage and offset current are guaranteed over the entire common mode range. The amplifiers also offer

many features which make their application nearly fool-proof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The 741C is identical to the 741 except that the 741C has its performance guaranteed over a 0°C to 70°C temperature range, instead of -55°C to 125°C.

5

**PIN CONFIGURATIONS**

**METAL CAN**  
(outline dwg TO-99)

TOP VIEW  
NOTE: PIN 4 CONNECTED TO CASE

**8 PIN MINIDIP**  
(outline dwg PA)

NOTE: PIN 4 CONNECTED TO BOTTOM OF PACKAGE

**10 PIN FLATPACK**  
(outline dwg FB)

**14 PIN DIP**  
(outline dwg. JD, PD)

**ORDERING INFORMATION**

	TO-99 CAN	8-PIN MINIDIP	14 PIN PLASTIC	14 PIN CERDIP	10 PIN FLATPACK
LM741 LM741C	LM741H LM741CH	LM741CN	LM741CN-14	LM741J LM741CJ	LM741CJ
μA741 μA741C	μA741HM μA741HC	μA741TC	μA741PC	μA741DM μA741DC	μA741FM
AD741 AD741C	AD741H AD741CH	AD741CN			
ICL741 ICL741C	ICL741MTY ICL741CTY	ICL741CPA	ICL741CPD	ICL741MJD ICL741CJD	ICL741MFB

# Annexe 2



## Ultralow Offset Voltage Operational Amplifier

### OP07

#### FEATURES

- Low  $V_{OS}$  ..... **25  $\mu$ V Max**
- Low  $V_{OS}$  Drift ..... **0.6  $\mu$ V/ $^{\circ}$ C Max**
- Ultra-Stable vs Time ..... **1.0  $\mu$ V/Month Max**
- Low Noise ..... **0.6  $\mu$ V<sub>p-p</sub> Max**
- Wide Input Voltage Range .....  **$\pm$ 14V**
- Wide Supply Voltage Range .....  **$\pm$ 3V to  $\pm$ 18V**
- Fits 725, 108A/308A, 741, AD510 Sockets
- 125 $^{\circ}$ C Temperature-Tested Dice

#### ORDERING INFORMATION <sup>†</sup>

$T_A = +25^{\circ}$ C $V_{OS}$ MAX ( $\mu$ V)	PACKAGE				OPERATING TEMPERATURE RANGE
	TO-99	CERDIP 8-PIN	PLASTIC 8-PIN	LCC 20-CONTACT	
25	OP07AJ*	OP07AZ*	—	—	MIL
75	OP07EJ	OP07EZ	OP07EP	—	COM
75	OP07J*	OP07Z*	—	OP07RC/883	MIL
150	OP07CJ	OP07CZ	OP07CP	—	XIND
150	—	—	OP07CS <sup>††</sup>	—	XIND
150	OP07DJ	—	OP07DP	—	XIND

\* For devices processed in total compliance to MIL-STD-883, add /883 after part number. Consult factory for 883 data sheet.

<sup>†</sup> Burn-in is available on commercial and industrial temperature range parts in CerDIP, plastic DIP, and TO-can packages.

<sup>††</sup> For availability and burn-in information on SO and PLCC packages, contact your local sales office.

#### GENERAL DESCRIPTION

The OP-07 has very low input offset voltage (25 $\mu$ V max for OP-07A) which is obtained by trimming at the wafer stage. These low offset voltages generally eliminate any need for external nulling. The OP-07 also features low input bias current ( $\pm$ 2nA for OP-07A) and high open-loop gain (300V/mV for OP-07A). The low offsets and high open-loop gain make the OP-07 particularly useful for high-gain instrumentation applications.

The wide input voltage range of  $\pm$ 13V minimum combined with high CMRR of 110dB (OP-07A) and high input impedance provides high accuracy in the noninverting circuit configuration. Excellent linearity and gain accuracy can be maintained

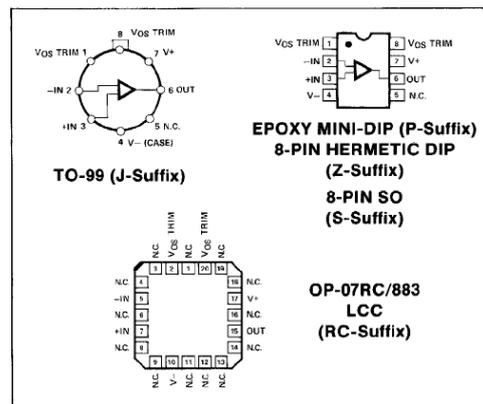
even at high closed-loop gains.

Stability of offsets and gain with time or variations in temperature is excellent. The accuracy and stability of the OP-07, even at high gain, combined with the freedom from external nulling have made the OP-07 a new industry standard for instrumentation and military applications.

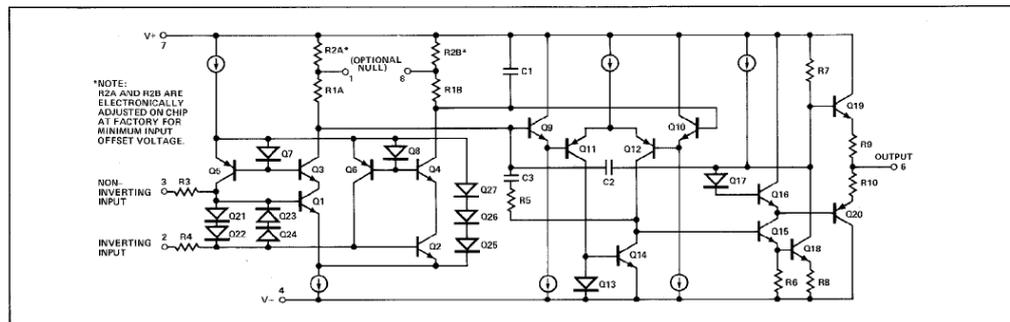
The OP-07 is available in five standard performance grades. The OP-07A and the OP-07 are specified for operation over the full military range of  $-55^{\circ}$ C to  $+125^{\circ}$ C; the OP-07E is specified for operation over the  $0^{\circ}$ C to  $+70^{\circ}$ C range, and OP-07C and D over the  $-40^{\circ}$ C to  $+85^{\circ}$ C temperature range.

The OP-07 is available in hermetically-sealed TO-99 metal can or ceramic 8-pin Mini-DIP, and in epoxy 8-pin Mini-DIP. It is a direct replacement for 725, 108A, and OP-05 amplifiers; 741-types may be directly replaced by removing the 741's nulling potentiometer. The OP-207, a dual OP-07, is available for applications requiring close matching of two OP-07 amplifiers. For improved specifications, see the OP-77/OP-177.

#### PIN CONNECTIONS



#### SIMPLIFIED SCHEMATIC



# Annexe 3

## Proyecto: Vumetro con leds.

Para este proyecto estudiaremos los circuitos integrados LM3914 y el LM3915 que aunque las conexiones son iguales, el comportamiento no, debido a que la escala de LM3914 es lineal y la escala del LM3915 es logarítmica.

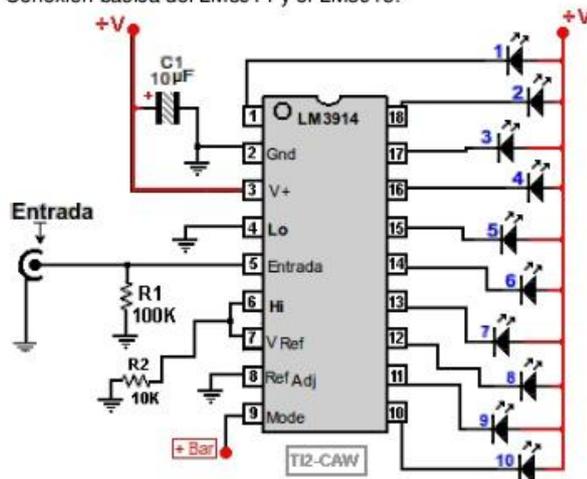
Con una escala lineal podemos hacer que los leds se enciendan cada voltio, con la logarítmica no, ya que está diseñada para audio, en decibeles.

Utilizando alguno de estos integrados en la conexión más básica obtenemos estas diferencias:

Voltaje necesario en la entrada para encender cada led

LED	LM3914	LM3915
1	125mV	60mV
2	250mV	80mV
3	375mV	110mV
4	500mV	160mV
5	625 mV	220mV
6	750mV	320mV
7	875mV	440mV
8	1V	630mV
9	1.125V	890mV
10	1.25V	1.25V

Conexión básica del LM3914 y el LM3915:





## *Nomenclature*

### ➤ Resistances :

Designation	Quantite
R1=330 $\Omega$	1
R2=5.6k $\Omega$	1
R3=2k $\Omega$	1
R4=1k $\Omega$	3
R5=470k $\Omega$	1
R6=100k $\Omega$	1
R7=2k $\Omega$	1

### ➤ Potentiometres :

Designation	Quantite
RV1=1K $\Omega$	1

### ➤ Les capacités :

Designation	Quantite
C1= C2= 2200 $\mu$ F	2
C3=C4=1 $\mu$ F	2
C5=C6=100 nF	2

### ➤ Circuits integres :

Designation	Quantite
U1=op07	1
U2 :UA741	1
U3 :LM3914	1

### ➤ Les régulateurs :

Designation	Quantite
U1 :7805	1
U2 :7905	1

➤ LEDs :

Designation	Quantite
D1 : LED-IR	3
D2 : photodiode	1
D3 :LED vert	11
D4 :LED rouge	1

## Résumé

L'objectif escompté de ce mémoire est de concevoir et de réaliser un appareil de détection de distance qui doit répondre à des besoins spécifiques. On a utilisé un émetteur Infrarouge (Emission) couplé à un détecteur de déplacement Infrarouge (Récepteur) dont la propriété est de convertir l'information infrarouge reçue en un signal électrique exploitable. Ce signal est souvent de très faible amplitude, c'est pourquoi, il devrait donc être au préalable amplifié puis adapté au reste des blocs de la chaîne de mesure ou d'acquisition. La première partie dans laquelle nous sommes principalement intéressés à étudier la linéarité de différents capteurs par différentes méthodes afin de sélectionner le capteur et la méthode les plus appropriés pour être utilisés par la suite dans notre chaîne de mesure.

## ملخص

الغرض من هذه الرسالة هو تصميم وبناء جهاز كشف عن بعد يلبي الاحتياجات الخاصة. تم استخدام مرسل الأشعة تحت الحمراء (جهاز الاستقبال) (الانبعاثات) إلى كاشف الحركة بالأشعة تحت الحمراء (جهاز الاستقبال) الذي تقوم الخاصية الخاصة به بتحويل معلومات الأشعة تحت الحمراء التي تم استلامها إلى إشارة كهربائية قابلة للاستغلال. غالباً ما تكون هذه الإشارة ذات سعة منخفضة جداً ، ولهذا السبب يجب تضخيمها مسبقاً ثم تكييفها مع بقية الكتل من سلسلة القياس أو الاستحواذ. الجزء الأول الذي تهتم فيه بشكل أساسي بدراسة خطية المستشعرات المختلفة بطرق مختلفة من أجل اختيار المستشعر الأكثر ملاءمة والأسلوب الذي سيتم استخدامه لاحقاً في سلسلة القياس الخاصة بنا.

## Summary

The purpose of this work is to design and build a distance sensing device that meets specific needs. An Infrared Transmitter (Emission) coupled to an Infrared Motion Detector (Receiver) has been used whose property is to convert the received infrared information into an exploitable electrical signal. This signal is often of very low amplitude, that is why it should be amplified beforehand and then adapted to the rest of the blocks of the measurement or acquisition chain. The first part in which we are mainly interested in studying the linearity of different sensors by different methods in order to select the most appropriate sensor and method to be used later in our measurement chain.