

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Electronique

Spécialité : Instrumentation

Par : M. ADDOU Mohammed Hachem

M. BENGRINE Mounir

Sujet

**Détection des obstacles avec l'utilisation
d'un capteur infrarouge**

Soutenu, le 23/06/2022, devant le jury composé de :

Mr NEMMICHE A	MCB	Université de Tlemcen	Président
Mr MOULAI KHATIR A.N	MCB	Université de Tlemcen	Examineur
M ^{lle} BAAKEK Y. N. H	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

*À nos parents,
nos frères et sœurs,
nos familles et nos camarades de la promotion*

Remerciements

Ces travaux se sont déroulés au niveau du laboratoire d'électronique de l'université de Abou Bakr Belkaid, sous la direction de Mme BAAKEK YettouNour El Houda.

Je tiens tout particulièrement à adresser mes remerciements à Madame BAAKEK Yettou Nour El Houda maitres de conférences classe A pour nous avoir proposé ce sujet ainsi que pour son soutien, son aide, sa disponibilité que nous avons pu mener à bien notre mémoire de master.

Nous exprimons nos sincères reconnaissances à Monsieur NEMMICHE Ahmed, maitre de conférences classe B à l'Université de Tlemcen d'avoir accepté de présider ce jury.

Nous exprimons également toute notre gratitude à MOULAI KHATIR Ahmed Nassim maitre de conférences classe B de l'importance qu'il a accordée à notre travail et d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nous terminons par remercier nos familles respectives et tout particulièrement nos parents qui nous ont toujours encouragé dans les moments les plus difficiles.

Moi Mohammed Hachem ADDOU, j'exprime une pensée spéciale pour mon père Redouane ADDOU qui nous a quitté dernièrement pour un monde meilleur. J'espère qu'il est fier de moi là où il est.

Moi Mounir BENGRINE, j'exprime une pensée pour ma famille spécialement pour mes parents qui m'ont toujours soutenu.

Nous arrêtons là en espérant ne pas avoir oublié trop de monde.

Table des matières

Remerciements.....	v
Table des matières.....	vii
Table des figures.....	xiv
Liste des tableaux.....	xiv
Introduction générale.....	2
Chapitre I : Généralités sur les capteurs.....	3
I.1 Introduction.....	5
I.2 Définition.....	5
I.3 Classification des capteurs.....	5
I.3.1 Par la nature du signal.....	6
I.3.1.1 Les capteurs analogiques.....	6
I.3.1.1 Les capteurs numériques.....	7
I.3.2 Par leur principe de fonctionnement.....	7
I.3.2.1 Capteurs passifs.....	7
I.3.2.2 Capteurs actifs.....	8
I.3.3 Par leur principe physique.....	9
I.3.3.1 Capteurs à effet Thermoélectrique.....	9
I.3.3.2 Capteurs à effet Piézoélectrique.....	9
I.3.3.3 Capteurs à effet Photo-électrique.....	10
I.3.3.4 Capteurs à effet Photovoltaïque.....	10
I.3.3.5 Capteurs à effet Hall.....	11
I.3.3.6 Capteurs à effet Induction électromagnétique.....	11
I.3.3.7 Capteurs à effet résistif.....	12
I.3.3.8 Capteurs à effet inductif.....	12
I.3.3.9 Capteur capacitif.....	13
I.4 Caractéristiques des capteurs.....	13
I.4.1 Etendue de mesure.....	13
I.4.2 Sensibilité.....	13
I.4.3 Précision.....	14
I.4.4 Fidélité et justesse.....	14
I.4.5 Rapidité.....	15
I.4.6 Stabilité.....	15
I.4.7 Répétabilité et Reproductibilité.....	15
I.4.8 Bruit de fond.....	16
I.4.9 Erreurs de mesure.....	16
I.4.9.1 L'erreur de zéro (offset).....	16
I.4.9.2 L'erreur d'échelle (gain).....	16
I.4.9.3 L'erreur de linéarité.....	17

I.4.9.4 L'erreur due au phénomène d'hystérésis	17
I.4.9.5 L'erreur de mobilité	17
I.5 Choix du capteur	18
I.6 Conclusion	19
Chapitre II : Synthèse bibliographique sur les capteurs	21
II.1 Introduction	24
II.2 Définition de la lumière infrarouge	24
II.3 Avantages et inconvénients de l'infrarouge.....	25
II.4 Les différents types de capteurs de distance.....	26
II.4.1 Capteurs capacitifs.....	26
II.4.1.1 Les avantages.....	27
II.4.1.2 Les inconvénients	27
II.4.1.3 Domaine d'utilisation.....	27
II.4.2 Capteurs inductifs	28
II.4.2.1 Les avantages.....	28
II.4.2.2 Les inconvénients	29
II.4.2.3 Domaines d'utilisation	29
II.4.3 Capteur à ultrason	29
II.4.3.1 Les avantages.....	30
II.4.3.2 Les inconvénients	30
II.4.3.3 Domaines d'utilisation	30
II.4.4 Capteur optique.....	30
II.4.4.1 Les avantages.....	30
II.4.4.2 Domaine d'utilisation.....	31
II.4.5 Capteurs laser.....	31
II.4.5.1 Les avantages.....	31
II.4.5.2 Les inconvénients	31
II.4.5.3 Domaine d'utilisation.....	32
II.4.6 Capteur laser de distance par triangulation.....	32
II.4.7 Capteur de distance infrarouge	32
II.4.7.1 Caractéristiques du capteur Infrarouge FC 51 utilisé	33
II.5 Conclusion.....	34
Chapitre III : Résultats et discussions	37
III.1 Introduction	39
III.2 Capteur infrarouge FC-51 et la carte Arduino utilisée.....	39
III.2.1 Capteur infrarouge FC-51	39
III.2.1.1 Les composants intégrés 'CMS' formant le capteur infrarouge FC 51.....	40
III.2.2 Définition du module Arduino	42
III.2.3 Les gammes de la carte Arduino	43
III.2.4 La carte Arduino Mega 2560.....	44
III.2.4.1 Caractéristiques de la carte Arduino Mega 2560	44
III.3 Montage utilisé.....	48

III.3.1 Simulation du circuit conçu avec l’outil ISIS (sans et avec obstacle).....	49
III.3.1.1 Simulation sans obstacle	49
III.3.1.2 Simulation avec obstacle	49
III.3.2 Tests du circuit réel (sans et avec obstacle)	50
III.3.2.1 Sans obstacle	50
III.3.2.2 Avec obstacle	50
III.4 Conclusion	51
Conclusion générale et perspectives	54
Bibliographie.....	57

Table des figures

Figure I-1 : Système simplifié de mesure [1].	5
Figure I-2 : L'information d'un capteur analogique.	6
Figure I-3 : L'information d'un capteur numérique.	7
Figure I-4 : Effet Thermoélectrique.	9
Figure I-5 : Effet piézoélectriques [4].	9
Figure I-6 : Effet Photo-électrique.	10
Figure I-7 : Effet Photovoltaïque [5].	10
Figure I-8 : Effet Hall.	11
Figure I-9 : Effet Induction électromagnétique.	11
Figure I-10 : Capteur résistif.	12
Figure I-11 : Capteur inductif.	12
Figure I-12 : Exemple de l'étendue de mesure.	13
Figure I-13 : Exemple de la sensibilité.	14
Figure I-14 : Fidélité et justesse.	15
Figure I-15 : L'erreur de zéro.	16
Figure I-16 : L'erreur d'échelle.	16
Figure I-17 : L'erreur de linéarité.	17
Figure I-18 : L'erreur due au phénomène d'hystérésis.	17
Figure I-19 : L'erreur de mobilité.	18
Figure II-1 : Domaines de l'IR dans le spectre électromagnétique.	25
Figure II-2 : principe de capteur capacitif.	27
Figure II-3 : Capteur inductif [12].	28
Figure II-4 : Schéma de fonctionnement du capteur à ultrason.	29
Figure II-5 : Capteur laser.	31
Figure II-6 : Capteur laser de distance par triangulation.	32
Figure II-7 : Capteur infrarouge.	33
Figure II-8 : Le Capteur de proximité Infrarouge – FC 51 – Arduino.	33
Figure II-9 : Le montage utilisé dans notre travail.	34
Figure III-1 : Photo du Potentiomètre.	40
Figure III-2 : Photo de la LED émettrice du capteur infrarouge FC-51.	41
Figure III-3 : Photo de la LED émettrice du capteur infrarouge FC-51.	41
Figure III-4 : Photo du circuit intégré du capteur infrarouge FC-51.	42
Figure III-5 : Description de la carte Arduino MEGA 2560 utilisée.	44
Figure III-6 : Microcontrôleur ATmega2560.	45
Figure III-7 : Aperçu du montage utilisé via l'outil ISIS.	48
Figure III-8 : Programme Arduino utilisé.	48
Figure III-9 : Simulation sans obstacle.	49
Figure III-10 : Simulation sans obstacle.	49
Figure III-11 : LED verte allumée dans le cas d'absence obstacles.	50
Figure III-12 : LED verte allumée dans le cas de présence obstacles.	51

Liste des tableaux

Table I-1 : Grandeurs mesurées, caractéristiques électriques et les type des matériaux utilisé par le capteur passif.....	8
Table I-2 : Exemple de conditions à prendre en compte pour le choix des capteurs.	19

Glossaire

IR	- Infrared radiation
TOR	- Tout ou rien
Temps	- T
Variation de sortie	- dS
Variation de l'entrée	- dE
CMS	- Composant monté en surface

Introduction générale

Les capteurs de proximité sont nombreux et ils sont basés sur plusieurs types et principes physiques parmi lesquels on a les détecteurs de présence infrarouge. L'infrarouge est une lumière invisible car la longueur de ses ondes est trop longue pour être détectable à l'œil nu et leur domaine s'étend de $0,8 \mu\text{m}$ à $1000 \mu\text{m}$.

L'objectif de ce modeste travail intitulé « **Détection des obstacles avec l'utilisation d'un capteur infrarouge** » est de réaliser un circuit de détection à distance qui va détecter la présence des obstacles utilisant le module FC-51 « capteur infrarouge » avec l'aide d'une carte arduino « Arduino Mega ».

Ce manuscrit se compose de trois chapitres, de la manière suivante :

Dans le premier chapitre, nous nous sommes consacrés à présenter des généralités sur les capteurs en définissant les notions théoriques et fondamentales sur ces derniers.

Le second chapitre présente les points forts et les faiblesses des différents types de capteurs à proximité. Le capteur infrarouge utilisé au cours de notre travail de mémoire est détaillé à la fin de ce chapitre.

Le troisième et dernier chapitre présente l'étude pratique de notre circuit, détaille les caractéristiques de chaque composant formant le montage proposé, démontre son efficacité à détecter les obstacles grâce aux simulations et à l'étude expérimentale effectuées.

Nous terminons ce manuscrit par une conclusion générale et des perspectives à ce travail.

Chapitre I : Généralités sur les capteurs

I.1 Introduction

Dans ce premier chapitre, nous nous sommes intéressés à parler brièvement des principes de bases des capteurs. La majorité des types de capteurs qui existent actuellement dans le marché vont être classifiés dans ce chapitre. Nous allons aussi parler de leurs caractéristiques et donner quelques exemples de leurs exploitations.

I.2 Définition

D'autres l'appellent échantillonneur, un capteur est un instrument de mesure qui réagit à des phénomènes physiques (pression, température, vitesse de déplacement ou direction du vent) et les convertit en des signaux électriques, comme montre le schéma simplifié représenté sur la **figure I-1**.

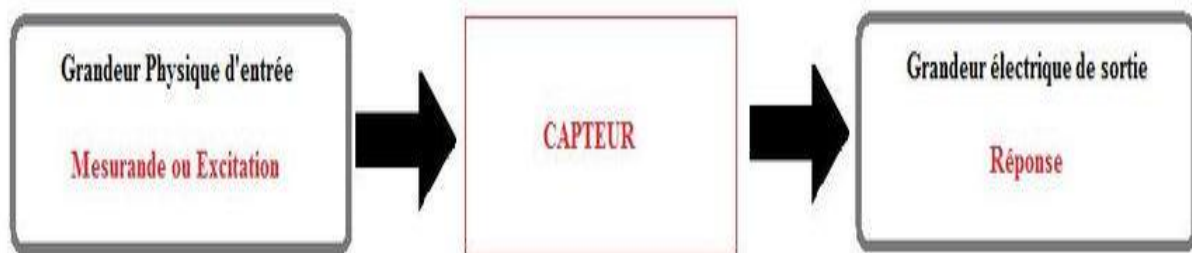


Figure I-1 : Système simplifié de mesure [1].

I.3 Classification des capteurs

Nous pouvons classifiés les capteurs dans l'une des trois catégories suivantes :

- Par la nature de leur signal qu'il fournit en sortie (analogique ou numérique).
- Par leur principe de fonctionnement (passif ou actif).
- Par leur principe physique (thermoélectrique, piézoélectrique, résistif ...).

I.3.1 Par la nature du signal

I.3.1.1 Les capteurs analogiques

Les capteurs analogiques sont utilisés pour convertir des grandeurs physiques en d'autres types de grandeurs : de changements d'impédance, de capacité, d'inductance ou de tension. Un signal est appelé signal analogique lorsque l'amplitude de la grandeur physique représentée par le signal peut prendre une infinité de valeurs à des intervalles déterminés comme illustrer sur la **figure I-2**.

Signal continu : Un signal qui change lentement dans le temps. Exemple : température, débit, niveau.

Forme : La forme de ce signal est une information importante. Exemple : pression cardiaque, chromatographie, impact.

Fréquentiel : C'est le spectre de fréquences qui véhicule les informations nécessaires. Exemple : analyse vocale, sonar, spectrographie [2].

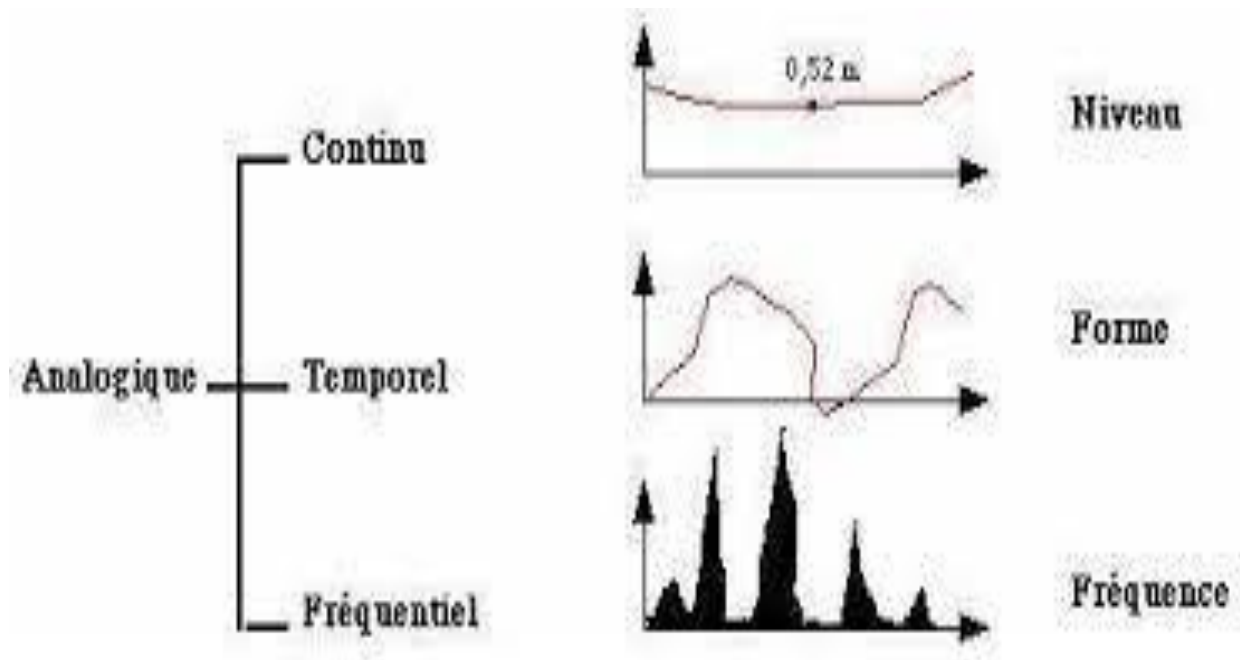


Figure I-2 : L'information d'un capteur analogique.

I.3.1.1 Les capteurs numériques

Les capteurs numériques fournissent des valeurs finies. Par exemple, si une grandeur physique augmente de manière linéaire, la sortie du capteur qui la mesure fournit des informations sur le type, le train d'impulsions ou l'échantillonnage ou "TOR" (tout ou rien), comme est montré la **figure I-3**.

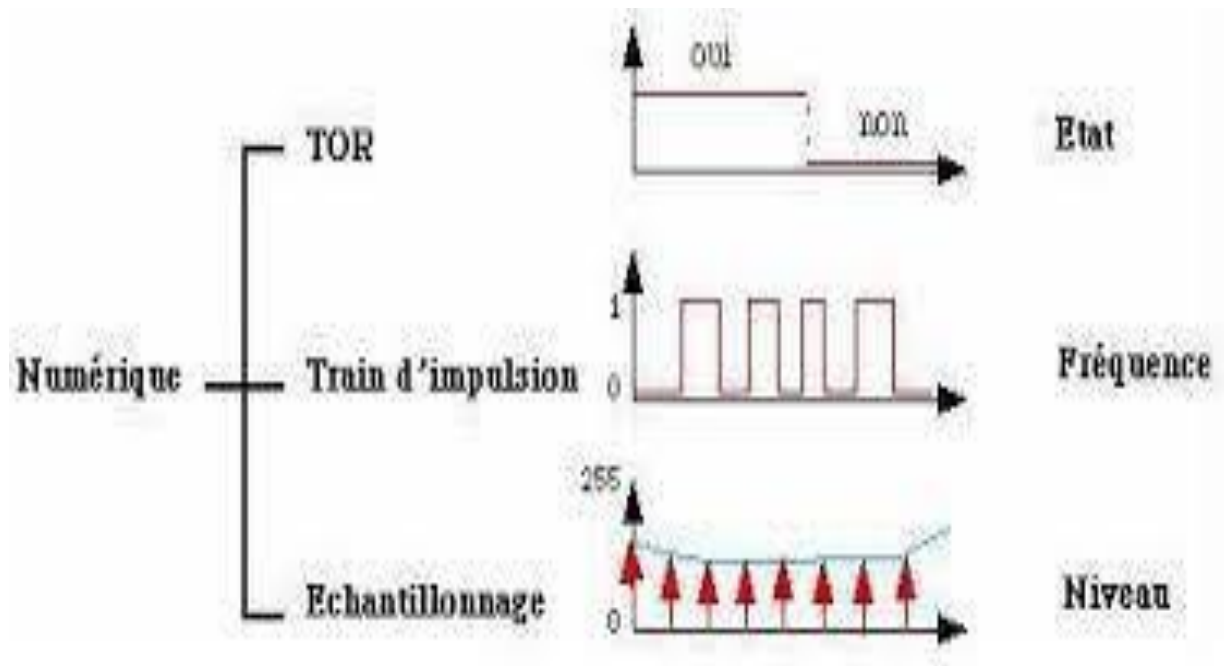


Figure I-3 : L'information d'un capteur numérique.

Tout ou rien (TOR) : Informe sur l'état (valeur 0 ou 1 en numérique) à l'instant 't' du système. Exemple : '0' pour une vanne ouverte ou '1' une vanne fermée.

Train d'impulsion : Chaque impulsion est la miniature d'un état. Exemple : un codeur incrémental donne un nombre connu d'impulsions.

Échantillonnage : C'est une image numérique d'un signal analogique [2].

I.3.2 Par leur principe de fonctionnement

I.3.2.1 Capteurs passifs

Ces types de capteurs ne nécessitent pas de source d'alimentation externe pour fonctionner puisque comme leurs noms indiquent, ils sont conçus uniquement par des

composants passifs. L'impédance de ces types de capteurs varie en fonction de la grandeur mesurée. Les changements dans le phénomène physique mesuré provoquent des changements d'impédance (Exemple : thermomètre à mercure) [3].

Table I-1 : Grandeurs mesurées, caractéristiques électriques et les type des matériaux utilisé par le capteur passif.

Grandeur mesurée	Caractéristique électrique sensible	Type de matériaux utilisé
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre ...
Très basse température	Constante d'électrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel, silicium dopé
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistants : bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

I.3.2.2 Capteurs actifs

Les capteurs actifs comme leurs noms indique sont généralement conçus avec des composants électroniques actifs. Leur principe de fonctionnement est basé sur la conversion de la forme d'énergie thermique, mécanique ou rayonnante associé à la grandeur physique mesurée en en énergie électrique [3].

Le capteur utilisé dans notre projet de fin d'étude est un « Capteur infrarouge » qui est classifié comme un capteur actif. Nous allons détailler le principe de fonctionnement de ce dernier au cours du deuxième chapitre.

I.3.3 Par leur principe physique

I.3.3.1 Capteurs à effet Thermoélectrique

L'effet thermoélectrique est un effet par lequel une différence de potentiel apparaît à la jonction de deux matériaux soumis à une différence de température. Un couple thermoélectrique (ou thermocouple) est constitué de deux fils de métaux différents qui sont soudés à l'une de leurs extrémités formant ainsi une jonction qui sera déployée pour la mesure de la température [3]. Les deux autres extrémités seront reliées à un voltmètre comme illustre la **figure I-4**.

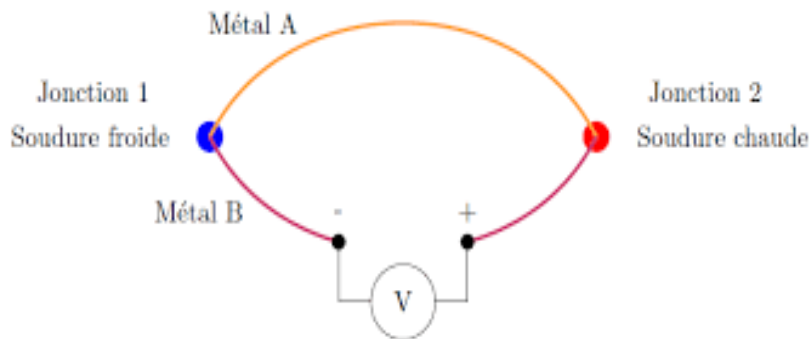


Figure I-4 : Effet Thermoélectrique.

I.3.3.2 Capteurs à effet Piézoélectrique

Lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée à un matériau de type piézoélectrique particulier, une déformation se produit produisant ainsi la même charge avec des signes différents sur la surface opposée [4], comme illustre la **figure I-5**.

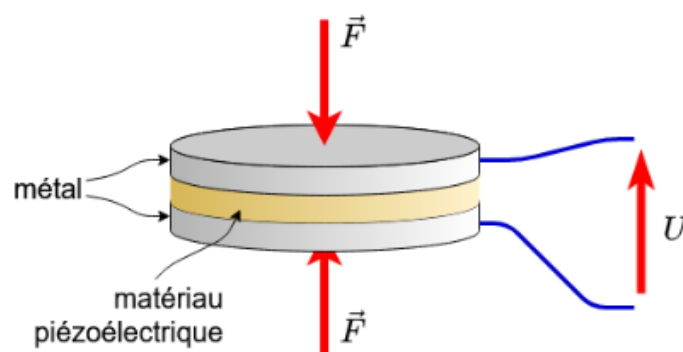


Figure I-5 : Effet piézoélectriques [4].

I.3.3 Capteurs à effet Photo-électrique

Par l'émission de charge dans une substance sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'ondes électromagnétiques [3], comme montre la **figure I-6**.

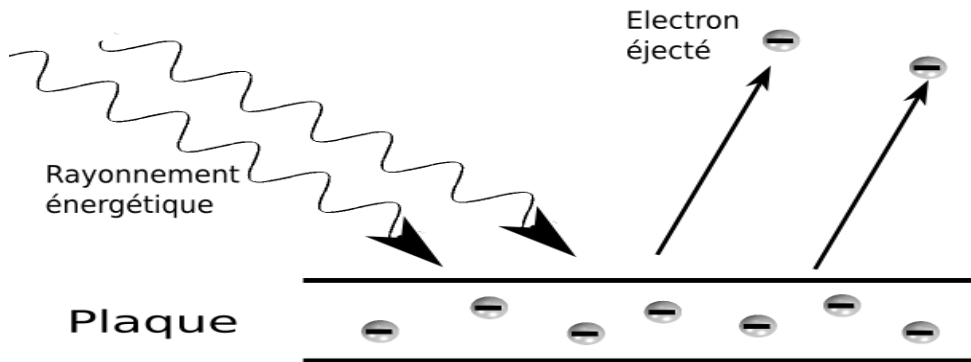


Figure I-6 : Effet Photo-électrique.

I.3.3.4 Capteurs à effet Photovoltaïque

Des électrons sont émis près de la jonction PN irradiée et leur mouvement modifie la tension entre les bornes [3], comme illustre la **figure I-7**.

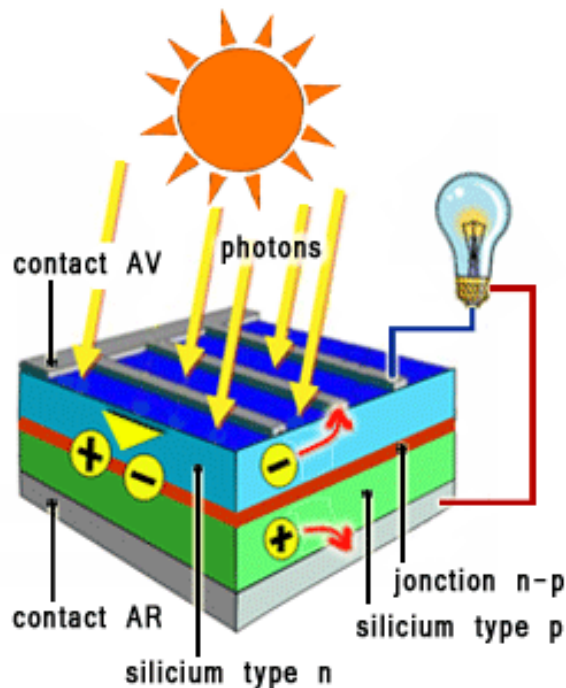


Figure I-7 : Effet Photovoltaïque [5].

I.3.3.5 Capteurs à effet Hall

Le champ magnétique et le courant créent une différence de potentiel dans le matériau [3], comme la **figure I-8**.

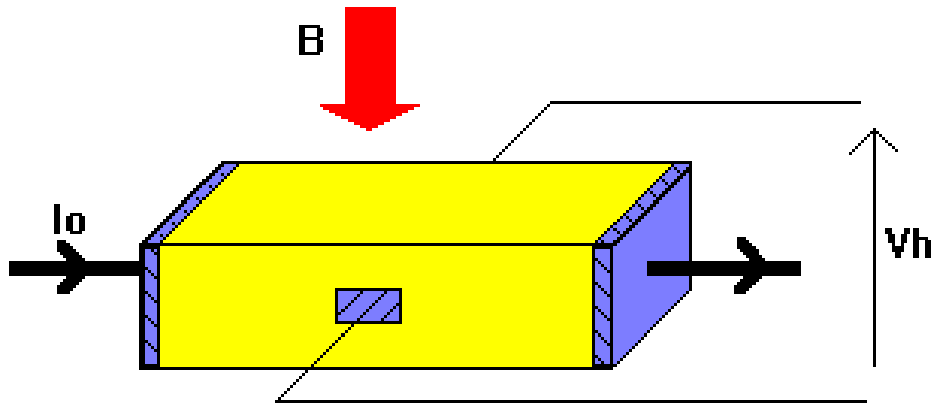
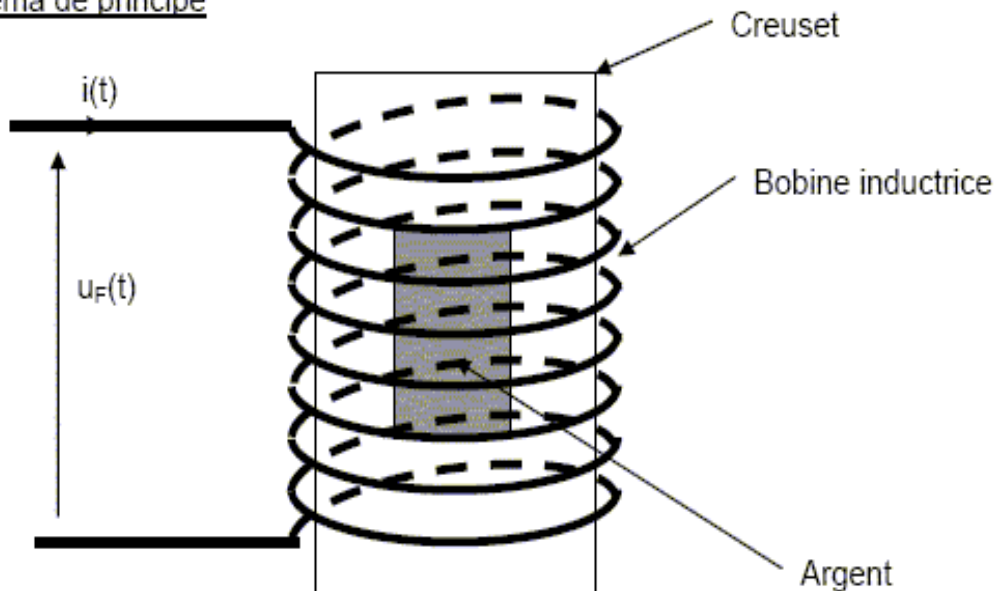


Figure I-8 : Effet Hall.

I.3.3.6 Capteurs à effet Induction électromagnétique

Les changements de flux magnétique dans le circuit induisent une tension [3], comme montre **figure I-9**.

Schéma de principe



Avec $u_F(t)$: tension aux bornes du four
 $i(t)$: courant appelé par le four

Figure I-9 : Effet Induction électromagnétique.

I.3.3.7 Capteurs à effet résistif

Un capteur résistif est un composant électronique dont la résistance évolue en fonction de la grandeur physique (déplacement mécanique, pression, force) à mesurer [6], Comme montre la **figure I-10**.

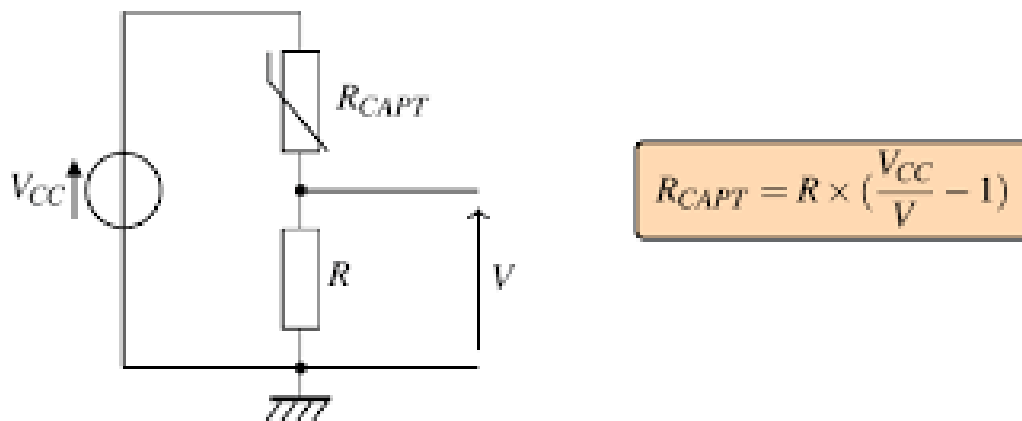


Figure I-10 : Capteur résistif.

I.3.3.8 Capteurs à effet inductif

Les capteurs de guidage sont des dispositifs qui détectent ou mesurent des objets en utilisant les principes de l'induction électromagnétique. Les inducteurs génèrent un champ magnétique lorsque le courant circule. En variante, lorsque le champ magnétique à travers l'inductance change, le courant circule dans le circuit contenant l'inductance [4], comme illustre la **figure I-11**.

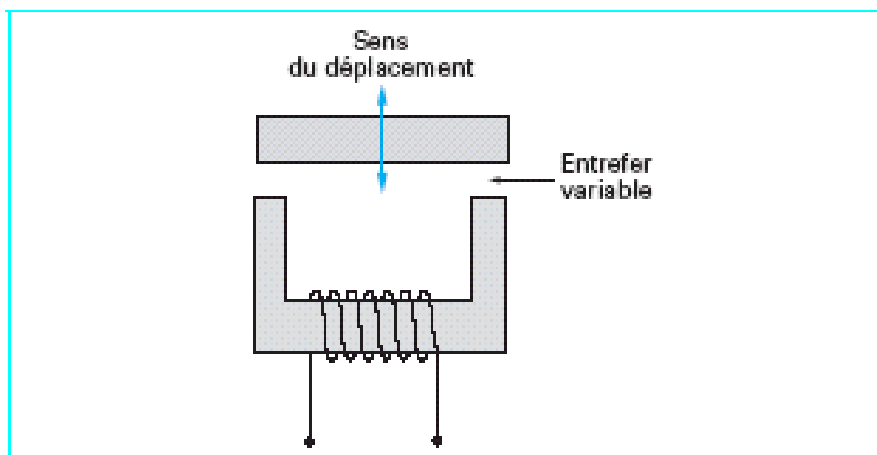


Figure I-11 : Capteur inductif.

I.3.3.9 Capteur capacitif

Les capteurs capacitifs sont des condensateurs ouverts utilisés pour détecter lorsqu'un objet pénètre dans la zone de détection. Ensuite, il y a une modification du champ électrique se propageant dans la zone et de la capacité du condensateur.

Tous les capteurs mentionnés au-dessus vont être détaillés dans le prochain chapitre.

I.4 Caractéristiques des capteurs

Comme tous les composants électroniques, les capteurs peuvent être caractérisés par :

I.4.1 Etendue de mesure

Tous les capteurs ont une plage de mesure dans laquelle pour qu'ils ne doivent pas dépasser la marge d'erreur maximale. Cette plage de mesure est appelée par la limite de domaine qui est définie par une « portée minimale » et une « portée maximale ». Comme montre la **figure I-12**.

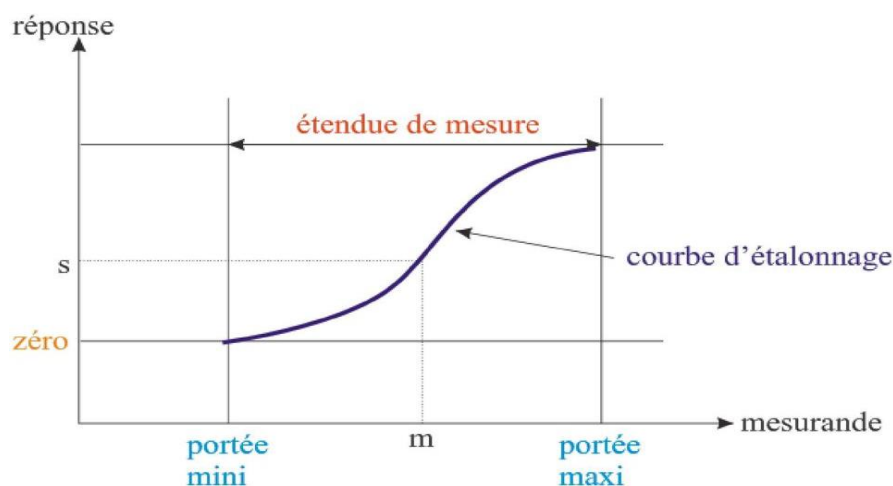


Figure I-12 : Exemple de l'étendue de mesure.

I.4.2 Sensibilité

Il s'agit du rapport entre la variation du signal de sortie et la variation correspondante de la grandeur mesurée (voir **figure I-13**) :

$$S = \frac{dS}{dE}$$

dS : variation de sortie

dE : variation de l'entrée

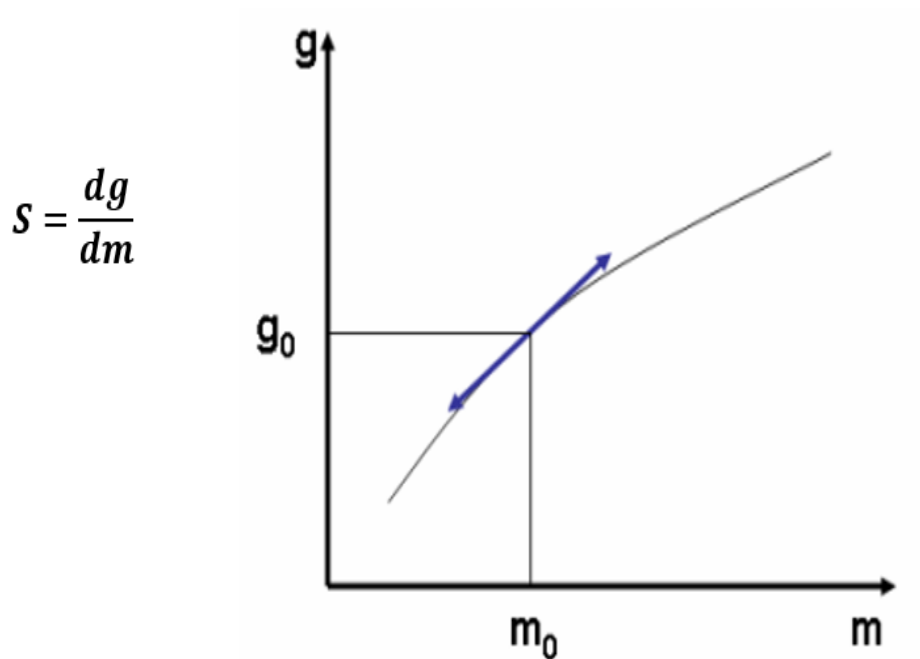


Figure I-13 : Exemple de la sensibilité.

I.4.3 Précision

Les capteurs doivent fournir des informations proches de la valeur réelle mesurée. Nous parlons alors de précision des capteurs.

I.4.4 Fidélité et justesse

La justesse est la qualité du capteur à fournir des informations précises.

La fidélité est la qualité d'un capteur à fournir des indications identiques pour une même valeur de la grandeur à mesurer.

La **figure I-14** montre des exemples sur la justesse et la fidélité et la relation entre eux.

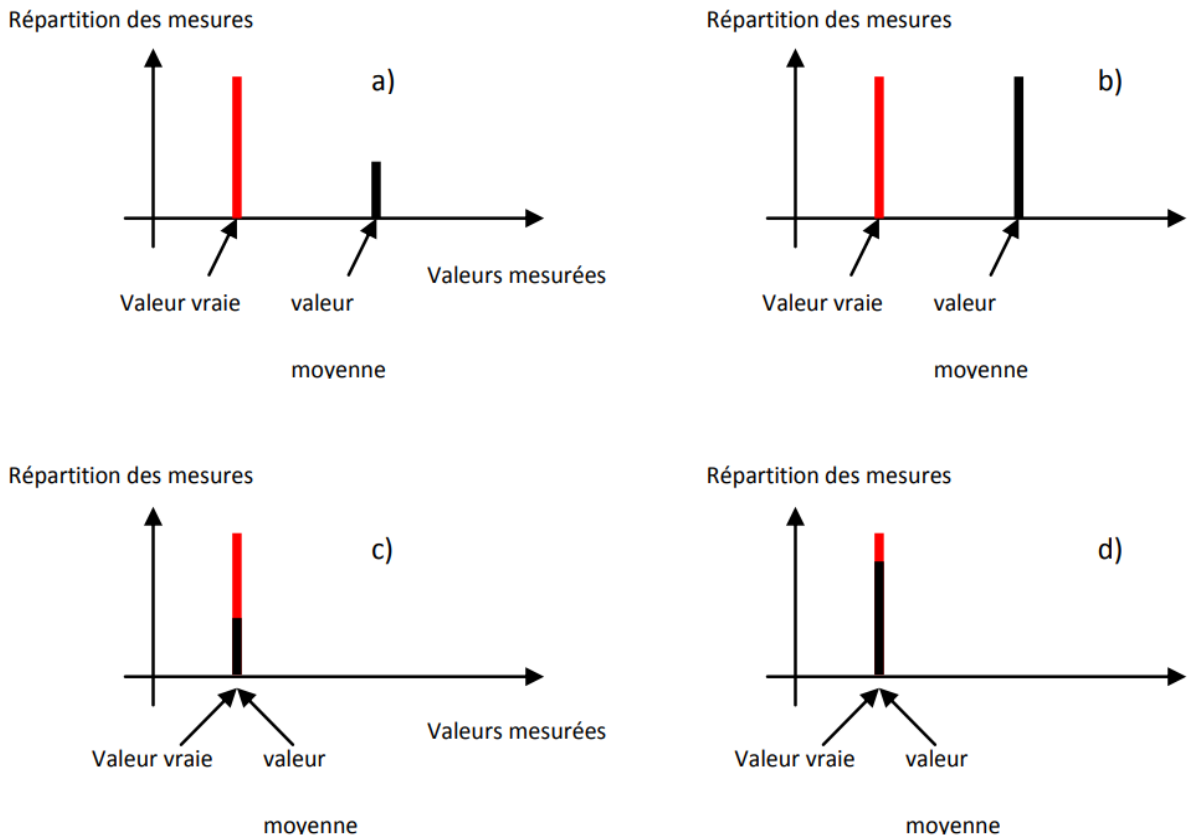


Figure I-14 : Fidélité et justesse.

I.4.5 Rapidité

Il s'agit de la capacité du capteur à suivre les changements de la grandeur mesurée au fil du temps.

I.4.6 Stabilité

La stabilité certifie la capacité d'un capteur à maintenir ses performances sur une longue période.

I.4.7 Répétabilité et Reproductibilité

La répétabilité est le degré d'accord entre les résultats de la même méthode, le même observateur, le même instrument de mesure et la même quantité de mesures continues effectuées à des intervalles relativement courts.

La Reproductibilité quant à elle, s'agit du degré de concordance d'un même résultat de mesure continue lorsqu'il est mesuré dans des conditions autres que la reproductibilité.

I.4.8 Bruit de fond

Il s'agit d'une variation parasite du signal de sortie, souvent aléatoire, de moyenne nulle et superposée à la valeur mesurée.

I.4.9 Erreurs de mesure

I.4.9.1 L'erreur de zéro (offset)

Cette erreur est indépendante de la valeur de la grandeur mesurée. Erreur de zéro = Valeur de x quand $X = 0$. Comme illustre la **figure I-15**.



Figure I-15 : L'erreur de zéro.

I.4.9.2 L'erreur d'échelle (gain)

C'est une erreur qui dépend d'une façon linéaire de la grandeur mesurée comme montre la **figure I-16**.

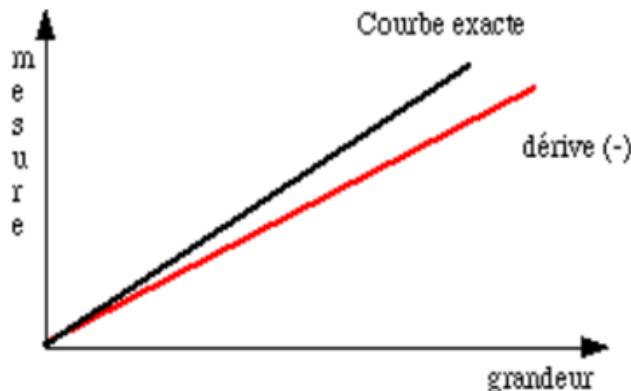


Figure I-16 : L'erreur d'échelle.

I.4.9.3 L'erreur de linéarité

La caractéristique n'est pas une droite comme illustre la **figure I-17**.

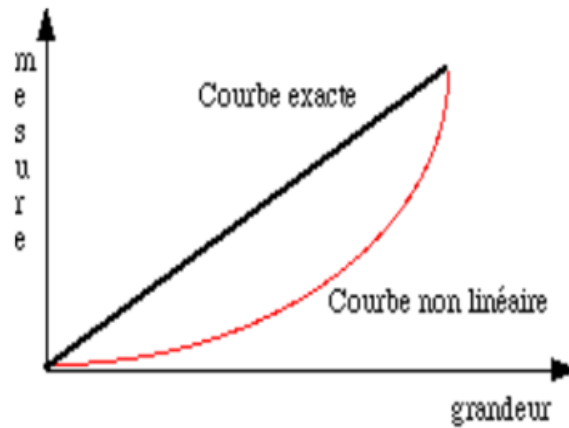


Figure I-17 : L'erreur de linéarité.

I.4.9.4 L'erreur due au phénomène d'hystérésis

Il y a un phénomène d'hystérésis lorsque le résultat de la mesure dépend de la précédente mesure comme montre la **figure I-18**.

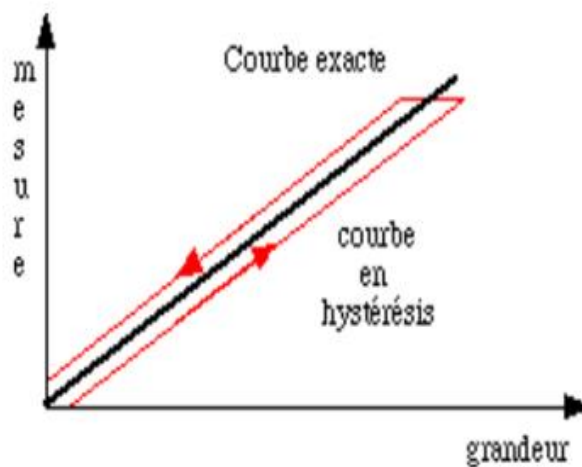


Figure I-18 : L'erreur due au phénomène d'hystérésis.

I.4.9.5 L'erreur de mobilité

La caractéristique de l'erreur de mobilité est en escalier. Souvent, elle est due à une numérisation du signal. Comme illustre la **figure I-19**.

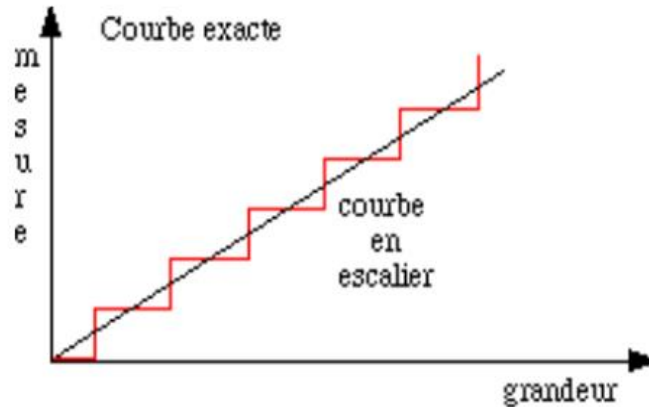


Figure I-19 : L'erreur de mobilité.

I.5 Choix du capteur

Le capteur est principalement choisi en s'assurant que ses caractéristiques de mesure (citées dans le paragraphe **I.4**) répondent aux spécifications et aux conditions imposées et requises par le type de mesure à réaliser. Nous pouvons citer deux types de conditions qui sont :

- Conditions sur la mesurande.
- Conditions sur l'environnement de mesure.

Le **tableau I-2** présente des exemples de conditions à prendre en compte pour le choix des capteurs à utiliser.

Table I-2 : Exemple de conditions à prendre en compte pour le choix des capteurs.

MESURANDE	Caractéristique électrique sensible
Plage de variation	Etendue de mesure
Variation minimale à mesurer	Résolution
Spectre de fréquence ou vitesse de rotation	Bande passante
Précision de mesure	Erreur de linéarité Erreur d'hystérésis
Plage de température de fonctionnement	Dérive thermique du zéro Tenue en température
Localisation	Encombrement
Composition de l'atmosphère	Inertie chimique Protection
Parasites	Blindage Isolement ou non par rapport à la masse

En plus des critères mentionnés ci-dessus, nous pouvons aussi choisir les capteurs en fonction de leur rapport qualité-prix.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, des généralités sur les capteurs ont été présentées. Nous avons vu aussi les principaux types de capteurs qui sont classifiés selon la nature de leur signal qu'ils fournissent en sortie, selon leur principe de fonctionnement ou bien selon leur principe physique. Nous avons vu aussi les principales caractéristiques à prendre en compte pour le choix des capteurs selon les conditions et le type d'application visé. Le chapitre qui suit détaillera le capteur utilisé dans notre projet de fin d'étude.

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur les capteurs

II.1 Introduction

Dans ce deuxième chapitre, nous allons définir les principaux avantages et inconvénients des principaux capteurs existant dans le marché cité dans le chapitre précédent. Nous allons aussi décrire les domaines d'utilisation de chaque type de capteur étudié. Enfin, nous discuterons des forces et faiblesses des capteurs infrarouges utilisés dans notre projet de fin d'étude.

II.2 Définition de la lumière infrarouge

L'infrarouge (IR) a été découvert par Frederic Wilhelm Hershel en 1800. L'infrarouge, ou thermographie est l'utilisation de caméras de détection et d'imagerie pour "confirmer" et "mesurer" l'énergie thermique émise par un objet. L'énergie thermique ou infrarouge est invisible car sa longueur d'onde est trop grande pour être vue à l'œil nu. Elle fait partie du domaine électromagnétique qui est perçu comme de la chaleur. Contrairement au monde visible, dans le monde infrarouge, tous les objets dont la température est supérieure à 0 degré émettent de la lumière infrarouge, donc même les objets très froids comme les glaçons émettent de la lumière infrarouge.

Le rayonnement infrarouge (en anglais Infrared radiation : IR) détecte les vibrations des molécules lorsqu'elles sont atteintes par des ondes électromagnétiques se trouvant dans le domaine de l'infrarouge : environ 0,8 et 1000 μm . Ce domaine spectral est divisé se constitue en 3 régions :

- a. Proche-IR 0.8-2.5 μm

Est décelé par les détecteurs photoconducteur et photovoltaïque.

- b. IR moyen 2.5-25 μm

Est décelé par les détecteurs photoconducteurs, thermiques et photovoltaïques.

- c. IR-lointain 25-1000 μm

Relève du domaine des détecteurs thermiques.

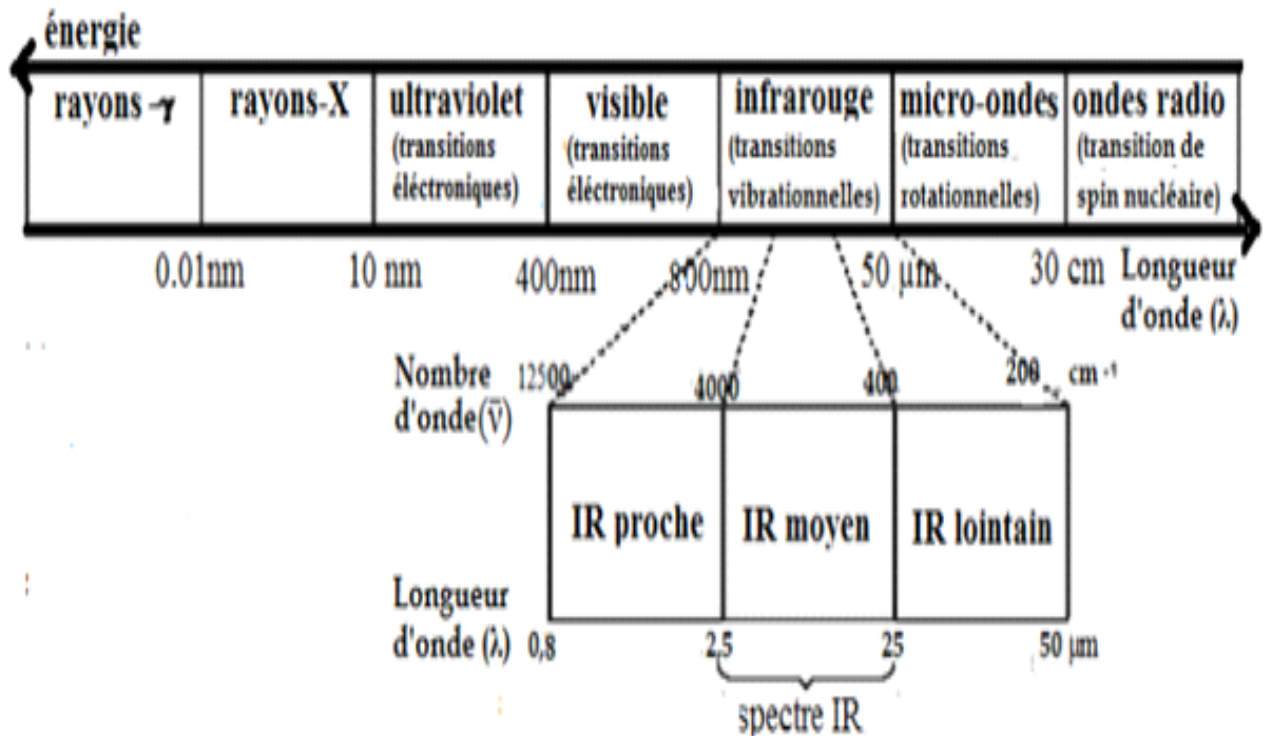


Figure II-1 : Domaines de l'IR dans le spectre électromagnétique.

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

Communications : télécommandes et TV.

Chauffage domestique : à infrarouge utilisant l'électricité ou le gaz afin de porter à une grande température des matériaux fortement rayonnants.

Le domaine industriel : Pour effectuer le séchage de la peinture des carrosseries dans le domaine de l'automobiles.

Les fins militaires : Pour la localisation d'une cible fixe ou mobile.

II.3 Avantages et inconvénients de l'infrarouge

La lumière infrarouge se comporte comme une lumière visible. Elle bénéficie des mêmes opportunités, mais souffre également des mêmes restrictions de propagation [7], [8] :

- Les rayons infrarouges traversent évidemment la plupart des surfaces transparentes sans atténuation, mais ils sont bloqués par les obstacles opaques, à moins de pratiquer de très petits trous dans la surface.
- Un bon alignement permet au rayon infrarouge de contourner certains obstacles et d'être réfléchi par le miroir.
- En raison des propriétés optiques des rayons infrarouges, la transmission n'est absolument pas affectée par les interférences électromagnétiques (interférences radio) ou acoustiques.
- En revanche, le brouillard et la fumée doivent être pris en compte sur de longues distances et peuvent causer autant de pertes que la pluie.
- Avec les lentilles et les réflecteurs appropriés, il est en fait possible de réaliser des connexions fixes sur des centaines de mètres en vision directe en utilisant les bons moyens électroniques.
- L'opération d'alignement émetteur-récepteur est évidemment délicate

II.4 Les différents types de capteurs de distance

II.4.1 Capteurs capacitifs

La fonction du capteur capacitif est basée sur les changements du champ électrique à proximité de sa zone active. Lorsque l'alimentation est appliquée à la plaque de condensateur située derrière le panneau avant, un champ électrostatique est créé. Ce champ réagit aux changements de capacité provoqués par l'apparition de l'objet. Ce principe permet de transmettre au système de commande des variables de mesure liées à la production, telles que la distance et le niveau de remplissage comme la **figure II.2** suivante [9], [10] :

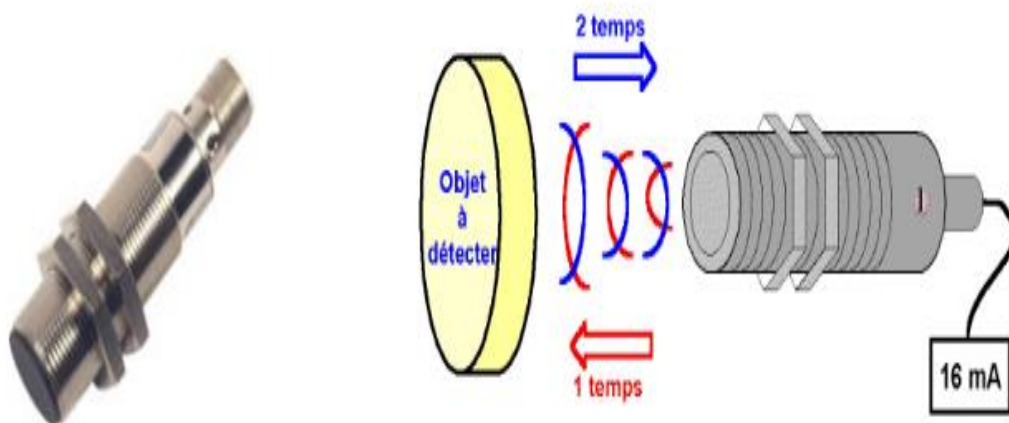


Figure II-2 : principe de capteur capacitif.

II.4.1.1 Les avantages

- Détection d'objets métalliques et non métalliques, de liquides et de solides.
- Le capteur peut détecter des matériaux spécifiques (tels que des produits emballés)
- Longue durée de vie grâce à la technologie des semi-conducteurs
- Multiples options de montage
- Possibilité de détection avec et sans contact

II.4.1.2 Les inconvénients

- Sensible à l'environnement
- Ils sont utilisés dans un environnement totalement simple ou à l'aide de l'encastrement du détecteur à l'intérieur du tissu à détecter. Il signale le passage ou la présence d'un objet au moyen d'un faisceau lumineux.

II.4.1.3 Domaine d'utilisation

- Structure simple, poids léger, durabilité, la détection se fait par sa constante.
- Diélectrique utilisée pour détecter les fissures dans les matériaux conducteurs.
- Matériaux conducteurs, turbomachines.

II.4.2 Capteurs inductifs

Il permet de signaler la présence d'objets métalliques à proximité de sa surface sensible. Il est essentiellement constitué d'un oscillateur (bobine et condensateur en parallèle) qui représente une surface sensible. Il y a donc un champ magnétique alternatif devant la surface sensible (la fréquence de l'oscillateur est comprise entre 40KHz et 2000KHz) [11].

Lorsqu'un corps métallique est placé dans ce champ magnétique, un courant induit est généré dans la masse du métal, ce qui crée un champ magnétique qui s'oppose au champ magnétique principal.

Après la mise en forme, le circuit fournit un signal de sortie qui correspond à un circuit normalement ouvert ou fermé.

La **figure II.3** suivante montre un exemple d'un capteur inductif.

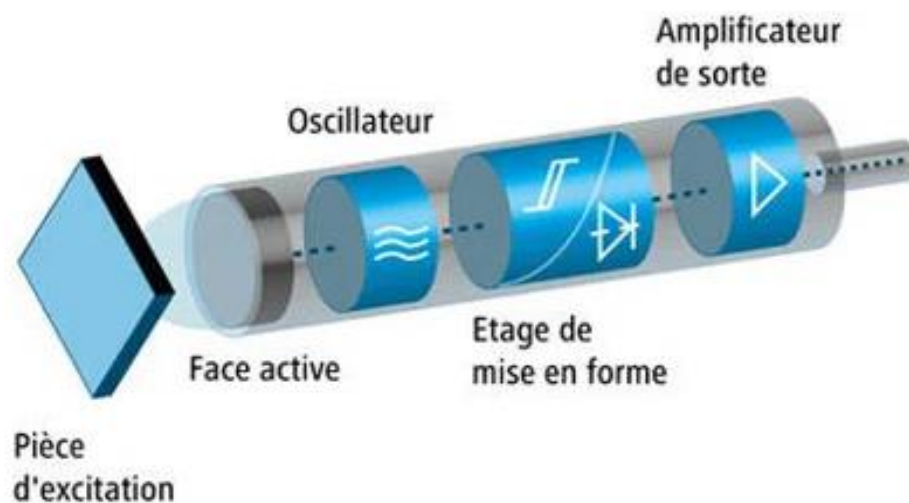


Figure II-3 : Capteur inductif [12].

II.4.2.1 Les avantages

- Les capteurs inductifs sont fiables, précis et robustes
- Mesure sans contact
- Pour des mesures à grande vitesse jusqu'à 100KHz

II.4.2.2 Les inconvénients

- Les capteurs inductifs sont chers
- Ils sont relativement rares et ils peuvent être difficiles à spécifier par concepteurs.

II.4.2.3 Domaines d'utilisation

Le capteur inductif sont utilisés dans de nombreuses applications industrielles telles que les chaînes de montage et les systèmes de contrôle de position.

II.4.3 Capteur à ultrason

Les ultrasons sont des ondes acoustiques dont la fréquence est trop élevée pour être entendue par l'homme. Dans certaines applications, il peut remplacer le capteur inductif ou capacitif et ils peuvent détecter des objets jusqu'à plusieurs mètres de distance. L'émetteur de ce capteur envoie un train de sondes qui vont se réfléchir sur l'objet à détecter puis revenir à la source. Le temps mis entre l'émission et la réception permet de déterminer la distance de l'objet par rapport à la source. Plus l'objet est éloigné, plus le signal mettra du temps à revenir [13], [14], [15]. La **figure II.4** montre le schéma de fonctionnement du capteur à ultrason :

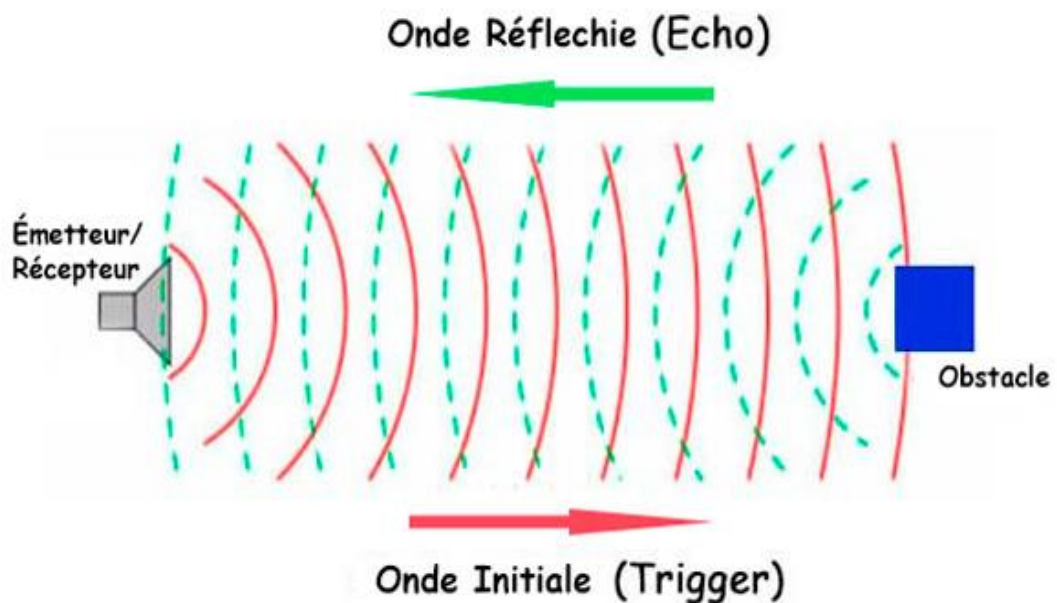


Figure II-4 : Schéma de fonctionnement du capteur à ultrason.

II.4.3.1 Les avantages

- Les capteurs à ultrasons sont relativement bon marché par rapport à d'autres types de capteurs (comme l'infrarouge et le laser).
- La mesure est très précise.
- Pas de pièces mobiles.
- Le cône d'émission est large et permet de détecter les objets proches.

II.4.3.2 Les inconvénients

- L'un des principaux inconvénients des capteurs à ultrasons est leur sensibilité à la température.
- Ils ont une faible pression.
- La vitesse de propagation des ondes sonores dépend des conditions environnementales.

II.4.3.3 Domaines d'utilisation

Les capteurs à ultrasons détectent la majorité des matériaux sauf les objets absorbants

II.4.4 Capteur optique

Ces capteurs sont des dispositifs permettant la détection des longueurs d'onde des photons [16].

Ils peuvent détecter différents phénomènes comme :

- L'intensité lumineuse des photons
- La chaleur et donc la présence
- Certains gaz ou produits chimiques
- Des images

II.4.4.1 Les avantages

- Détection d'objets de toutes formes
- Détection de matériaux de tous types.

II.4.4.2 Domaine d'utilisation

Ils sont utilisés par exemple pour la détection de fissures dans les turbomachines.

II.4.5 Capteurs laser

Les capteurs laser sont conçus pour les mesures de distance sans contact sur une large plage de mesure.

Le capteur projette un faisceau laser sur un objet. La réflexion du faisceau laser sur un objet atteint le récepteur du capteur à un angle bien spécifique qui est dépendant de la distance entre l'objet et le capteur. Cette distance est calculée à partir de l'emplacement du point lumineux sur le récepteur du capteur [17]. La **figure II.5** suivante illustre un exemple d'un capteur laser.

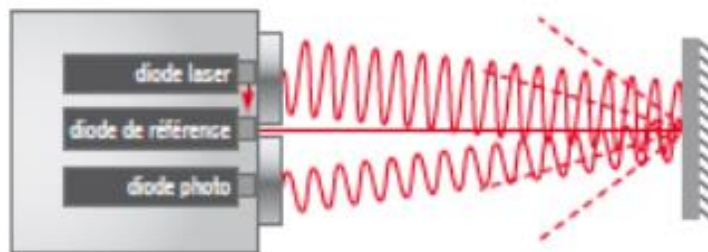


Figure II-5 : Capteur laser.

II.4.5.1 Les avantages

- Les capteurs laser assurent une détection fiable sur de très grande portés.
- Ils sont très précis sur de longues distances.
- Les capteurs de distance laser ne détectent pas seulement la présence, mais ils mesurent également la distance.

II.4.5.2 Les inconvénients

- Ils sont cher et leur rayonnement est dangereux pour les yeux.

II.4.5.3 Domaine d'utilisation

Ils peuvent être utilisés dans tous les domaines de l'automatisation, y compris l'ingénierie mécanique, les imprimantes 3D et la robotique.

II.4.6 Capteur laser de distance par triangulation

La **figure II.6** ci-dessus montre un exemple d'un capteur laser de distance par triangulation [18].

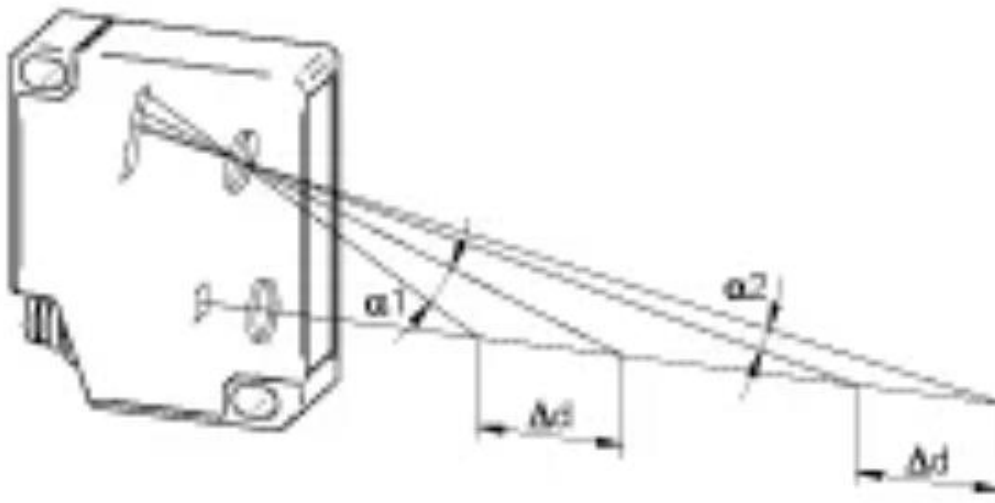


Figure II-6 : Capteur laser de distance par triangulation.

La distance est mesurée grâce au principe de la triangulation. Le faisceau laser atteint un objet sous forme de petits points. L'effet du rayon laser sur l'objet est matérialisé par un petit point. Le récepteur (ligne de photodiodes) enregistre l'emplacement de ce point en fonction de la distance, l'angle d'incidence change, et la position du point laser sur le récepteur qui change en conséquence. La ligne de photodiodes est évaluée par un microcontrôleur intégré. En fonction de la répartition de la lumière dans la ligne de photodiodes, le contrôleur peut calculer la valeur de l'angle d'incidence et l'utiliser pour déterminer la distance à l'objet.

II.4.7 Capteur de distance infrarouge

Comme les capteurs à ultrasons, les capteurs infrarouges se basent sur le même principe. Ils sont constitués d'une paire émetteur/récepteur. L'émission de lumière est réalisée par une diode électroluminescente infrarouge. Le récepteur est une photodiode ou un phototransistor qui est sensible au flux optique rétrodiffusé par la cible. Les capteurs infrarouges sont petits,

mais sensibles aux interférences lumineuses et aux propriétés des surfaces réfléchissantes. Leur portée n'étant que de quelques mètres, ils sont principalement utilisés pour détecter les obstacles proches. La **figure II.7** suivante représente un capteur infrarouge [19].



Figure II-7 : Capteur infrarouge.

En fonction de la distance de l'obstacle, le récepteur reçoit plus ou moins de lumière infrarouge réfléchie.

Dans notre projet de fin d'étude, nous avons utilisés pour notre montage de détection d'obstacles le capteur infrarouge FC-51 illustré dans la **figure II.8**.



Figure II-8 : Le Capteur de proximité Infrarouge – FC 51 – Arduino.

II.4.7.1 Caractéristiques du capteur Infrarouge FC 51 utilisé

- Distance de détection : de 2 à 30 cm
- Alimentation : 3.3 – 5 V.
- La distance de détection peut être ajustée à l'aide du potentiomètre du capteur.

- Incluant une interface de sortie numérique de la carte (0 si détection, et 1 si aucune détection)

Nous avons branché avec notre capteur infrarouge FC 51 une carte Arduino (une carte électronique programmable). Nous avons aussi connecté des LED à notre montage. La **figure II.9** montre le montage utilisé et qui sera présenté dans le chapitre III.

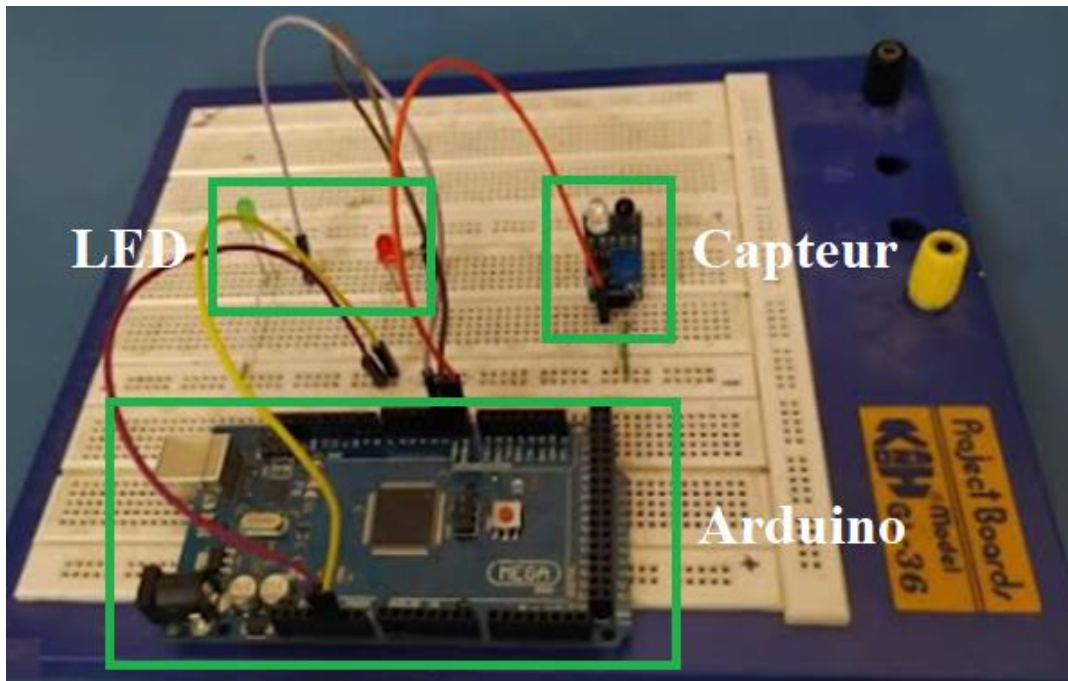


Figure II-9 : Le montage utilisé dans notre travail.

II.5 Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre quelques avantages et inconvénients des principaux capteurs existant dans le marché après avoir décrit leur principe de fonctionnement en citant leur domaine d'application. Nous avons donc vu quelles sont les forces et les faiblesses des capteurs infrarouge utilisés dans notre projet de fin d'étude. Nous avons terminé ce chapitre par la présentation du montage conçu au cours de notre travail pour la détection des obstacles. Ce montage qui inclut le capteur FC 51, l'Arduino et les LEDs sera détaillé dans le chapitre III.

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1 Introduction

Aujourd'hui, les appareils électroniques sont de plus en plus remplacés par des appareils électroniques programmés. On parle de systèmes embarqués ou d'informatique embarquée. Leur objectif est de simplifier les schémas électroniques et, par conséquent, de réduire l'utilisation de composants électroniques, ce qui permet de réduire le coût de fabrication des produits. Le résultat est un système plus complexe et plus efficace dans un espace réduit.

La croissance de l'électronique a été rapide et se poursuit encore aujourd'hui. Les dispositifs électroniques sont désormais accessibles à tous ceux qui veulent les apprendre. Ce que vous allez apprendre dans cette tâche est une combinaison d'appareils électroniques et de programmation. En fait, nous parlons d'électronique embarquée, qui est un sous-domaine de l'électronique et qui a la capacité de combiner la puissance de la programmation avec la puissance de l'électronique.

Dans ce chapitre, nous allons mener une étude sur le terrain d'un capteur de distance infrarouge au milieu d'un montage pour montrer comment ce capteur fonctionne. Dans ce circuit, le capteur de distance infrarouge FC51 et la carte Arduino Mega 2560 ont été utilisés pour mesurer la variation de la tension de la photodiode en fonction de la distance.

III.2 Capteur infrarouge FC-51 et la carte Arduino utilisée

Nous avons vu dans le paragraphe **II.4.7** les caractéristiques et le principe de fonctionnement du capteur infrarouge utilisés dans notre travail de projet de fin d'étude. Les caractéristiques de ce capteur ont aussi été présentées dans le paragraphe **II.4.7.1**.

III.2.1 Capteur infrarouge FC-51

Dans le paragraphe suivant, nous allons présenter les principaux composants électroniques intégrés du capteur infrarouge FC-51.

III.2.1.1 Les composants intégrés ‘CMS’ formant le capteur infrarouge FC 51

III.2.1.1.1 Potentiomètre

Le potentiomètre est une résistance variable à 3 bornes réglable manuellement. Deux bornes sont connectées aux deux extrémités de l'élément de résistance, et la troisième borne est connectée à un contact coulissant qui se déplace sur l'élément de résistance appelé essuie-glace.

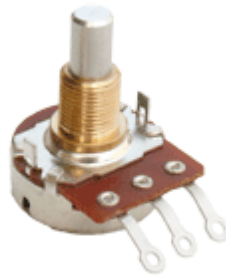


Figure III-1 : Photo du Potentiomètre.

III.2.1.1.2 Résistances

Une résistance est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est de fournir une résistance plus ou moins grande (mesurée en ohms) au passage du courant.

III.2.1.1.3 Condensateur

Les condensateurs sont les composants électroniques de base de deux armatures conductrices mutuellement influentes séparées par un isolant polaire. Sa principale caractéristique est la capacité de stocker la charge opposée sur l'armature.

III.2.1.1.4 LED Émettrice (LED IR)

La LED IR (diode électroluminescente infrarouge) est une diode LED de type SSL (diode électroluminescente statique) qui émet de la lumière avec une longueur d'onde plus longue que la lumière visible.



Figure III-2 : Photo de la LED émettrice du capteur infrarouge FC-51.

III.2.1.1.5 LED Réceptrice

La LED IR (diode électroluminescente infrarouge) est une diode LED de type SSL (diode électroluminescente statique) qui reçoit de la lumière avec une longueur d'onde plus longue que la lumière visible.



Figure III-3 : Photo de la LED émettrice du capteur infrarouge FC-51.

III.2.1.1.6 LE CI (LM393)

Le LM393 est un circuit intégré à double tension de précision indépendant qui fonctionne à partir d'une alimentation unique ou divisée. Ces circuits intégrés comprennent deux comparateurs de tension indépendants qui exploitent des tensions supérieures à différentes tensions à partir d'une seule alimentation.

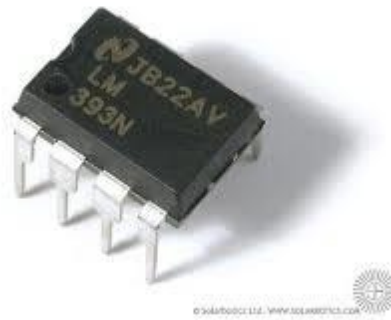


Figure III-4 : Photo du circuit intégré du capteur infrarouge FC-51.

Comme mentionné précédemment, l'objectif de notre travail est la détection des obstacles utilisant le capteur infrarouge. Pour cela, un montage incluant le capteur infrarouge et une carte Arduino programmable a été réalisé.

III.2.2 Définition du module Arduino

Le module Arduino est une carte matérielle conçu par une équipe d'enseignants et d'étudiants de « l'ivrea School of Interaction Designation ». Il faut savoir que la conception de la carte elle-même est publiée sous une licence libre incluant des composants, tels que les microcontrôleurs et autre modules complémentaires. Un microcontrôleur programmé peut analyser et générer des signaux électriques pour effectuer une variété de tâches. Arduino est utilisé dans de nombreuses applications telles que l'ingénierie électrique, l'industrie et les systèmes embarqués. Il est utilisé non seulement dans la modélisation, mais aussi dans divers domaines tels que le contrôle des robots, la commande des moteurs et les jeux, les télécommunications et le contrôle d'appareils mobiles. Chaque module Arduino possède un régulateur de tension et un oscillateur à cristal (ou un résonateur céramique sur certains modèles). La programmation de la carte est effectuée à l'aide du logiciel Arduino IDE. Les cartes Arduino peuvent fonctionner de manière indépendante car ils peuvent communiquer avec d'autres logiciels installés sur les ordinateurs, tels que Flash, Processing, MaxMPS et Matlab. Ces cartes ont une interface I/O simple et un environnement de développement [20], [21].

III.2.3 Les gammes de la carte Arduino

Il existe plusieurs versions (plus de 20) du module Arduino dans le marché, nous citons dans ce qui suit quelques-unes afin d'éclaircir l'évaluation de ce produit scientifique et académique :

- Le NG d'Arduino avec son interface USB dédiée à la programmation du Microcontrôleur ATmega8.
- L'Arduino Mini qui une version miniature de l'Arduino utilisant un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Nano incluant une petite carte programmable à l'aide du port USB. Cette version utilise aussi un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Bluetooth avec son interface Bluetooth dédiée a la programmation du microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Diecimila et son interface d'USB incluant aussi un microcontrôleur ATmega168.
- L'Arduino Mega formé par un microcontrôleur ATmega1280. Il a des I/Os additionnel et des mémoires.
- L'Arduino Mega 2560, utilisations un microcontrôleur ATmega2560. Il possède une mémoire à 256 KBS.

Parmi les types d'Arduino mentionné ci-dessus, nous avons choisi d'utiliser une carte Arduino Mega 2560. Cette carte est facile à programmer pour sa mise en œuvre qui sera détaillée par la suite. Cette carte contient tout ce dont nous avons besoin pour faire fonctionner son microcontrôleur pour notre montage de détection des obstacles. Pour l'utiliser, il suffit de la connecter à un ordinateur avec un câble USB (elle n'a pas besoin d'être alimentée par un adaptateur secteur ou une batterie car elle est alimentée par l'USB).

III.2.4 La carte Arduino Mega 2560

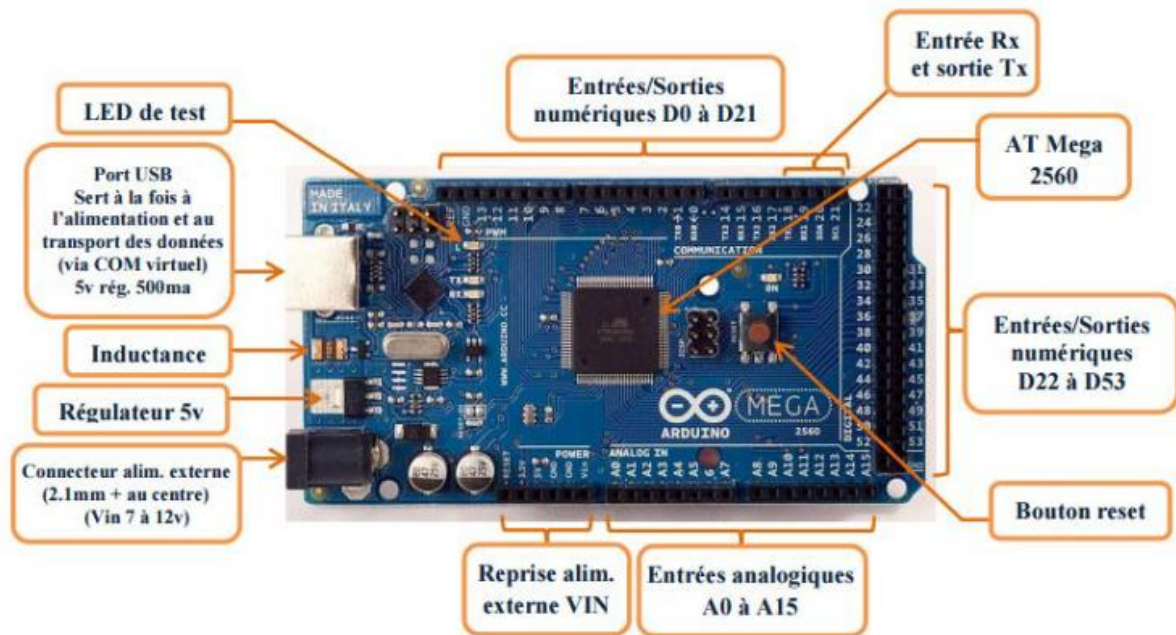


Figure III-5 : Description de la carte Arduino MEGA 2560 utilisée.

III.2.4.1 Caractéristiques de la carte Arduino Mega 2560

Les modules Arduino sont généralement construits autour de microcontrôleurs Atmel AVR et de composants auxiliaires facilitant ainsi leur programmation et leur connexion avec d'autres circuits. La carte Arduino Mega 2560 choisie pour notre montage est une carte à microcontrôleur basée sur un ATmega2560. La partie matérielle de cette carte dispose des principales caractéristiques suivantes :

- D'un Microcontrôleur : ATMEGA2560
- La tension de fonctionnement est de 5V
- D'un connecteur d'alimentation jack
- De 54 broches d'entrées/Sorties numérique
- De 16 broches d'entrées analogiques
- DE 4 UART (port série matériel)
- D'une connexion USB
- D'un bouton 'reset' de réinitialisation
- La fréquence d'horloge est de 16 MHz
- De 256 KB de mémoire Flash
- De 8 KB de mémoire SRAM

III.2.4.1.1 Le Microcontrôleur ATmega2560

Le microcontrôleur ATmega2560 est un circuit intégré qui formé par des milliers d'éléments électroniques complexes (les standards cells dédiés aux fonctions combinatoires comme les inverseurs, les ORs, les NAND, ...ect et les standards cells dédiés aux fonctions séquentielles comme les flops, les latch, ...ect) sur une puce dans un espace réduit. Il s'agit d'un processeur qui se charge de tous les calculs, de l'exécution des instructions du programme et de la gestion des ports d'entrée/sortie [22].



Figure III-6 : Microcontrôleur ATmega2560.

III.2.4.1.2 Les mémoires

L'ATmega 2560 à 256Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 8Ko utilisés par le bootloader), également 8 ko de mémoire SRAM (volatile) et 4Ko d'EEPROM.

III.2.4.1.3 Les sources de l'alimentation de la carte

La carte Arduino Mega 2560 peut être alimentée soit par un port USB (qui fournit jusqu'à 500mA à partir de 5V) soit par une source d'alimentation externe de 6 à 20 volts. L'alimentation est automatiquement sélectionnée par la carte.

Cependant, si la tension fournie à la carte est inférieure à 7V, la broche 5V peut fournir moins de 5V, ce qui peut entraîner une instabilité de la carte. L'utilisation d'une

tension supérieure à 12V peut faire chauffer le régulateur de tension de la carte. Les broches d'alimentation sont :

La tension d'entrée VIN : Pour que la carte soit branchée avec une source de tension externe.

L'alimentation à 5V : Elle est utilisée pour faire fonctionner les composants de la carte y compris le microcontrôleur. Le 5V fourni par cette broche provient soit de la tension d'alimentation d'entrée VIN via le régulateur de la carte, soit via la connexion USB.

L'alimentation à 3.3V : Elle est fournie par le circuit intégré FTDI qui fait l'adaptation du signal entre le port USB de l'ordinateur et le port série de la carte.

- GND : La masse.

III.2.4.1.4 Entrées et sorties numériques

Chacune des 54 broches numériques de la carte peut être utilisée comme entrée numérique ou comme sortie numérique. Ces broches fonctionnent à 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir jusqu'à 40mA de courant. De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

Communication Série :

- Port Série 0 : 0 (RX) et 1 (TX)
- Port Série 1 : 19 (RX) et 18 (TX)
- Port Série 2 : 17 (RX) et 16 (TX)
- Et Port Série 3 : 15 (RX) et 14 (TX)

Interruptions Externes : Ce sont des broches qui peuvent être exploitées pour déclencher des interruptions sur des fronts montants ou descendants. Les interruptions externes sont constituées par les broches suivantes :

- 2 (interrupt 0)
- 3 (interrupt 1)
- 18 (interrupt 5)
- 19 (interrupt 4)

- 20 (interrupt 3)
- et 21 (interrupt 2)

SPI (Interface Série Périphérique) : Ces broches supportent la communication SPI

- Broches 50 (MISO)
- 51 (MOSI)
- 52 (SCK)
- Et 53 (SS)

I2C : Pour supporter les communications via le protocole I2C.

- Broches 20 (SDA)
- et 21 (SCL)

LED : La broche 13 est connectée à une LED incluse.

- Broche 13.

III.2.4.1.5 Broches analogiques

Chacune des 16 entrées analogiques de la carte Mega2560 peuvent fournir des mesures avec une résolution de 10 bits (2^{10} égale à 1024 états). Les broches analogiques peuvent être utilisées comme des broches numériques.

III.2.4.1.6 Autres broches

Nous pouvons citer deux autres broches disponibles sur la carte :

AREF : Tension de référence pour les entrées analogiques (si différent de 5V).

Reset : La réinitialisation du microcontrôleur peut être effectuée en mettant cette broche au niveau BAS

III.3 Montage utilisé

Nous avons utilisé l’outil ISIS pour concevoir notre montage et ainsi pour programmer notre carte Arduino utilisée. Le modèle de notre capteur infrarouge FC-51 et la carte Arduino Mega 2560 ont été sélectionnés via la bibliothèque de l’outil ISIS. Le montage de notre circuit de détection des obstacles est présenté sur la **figure III-7**.

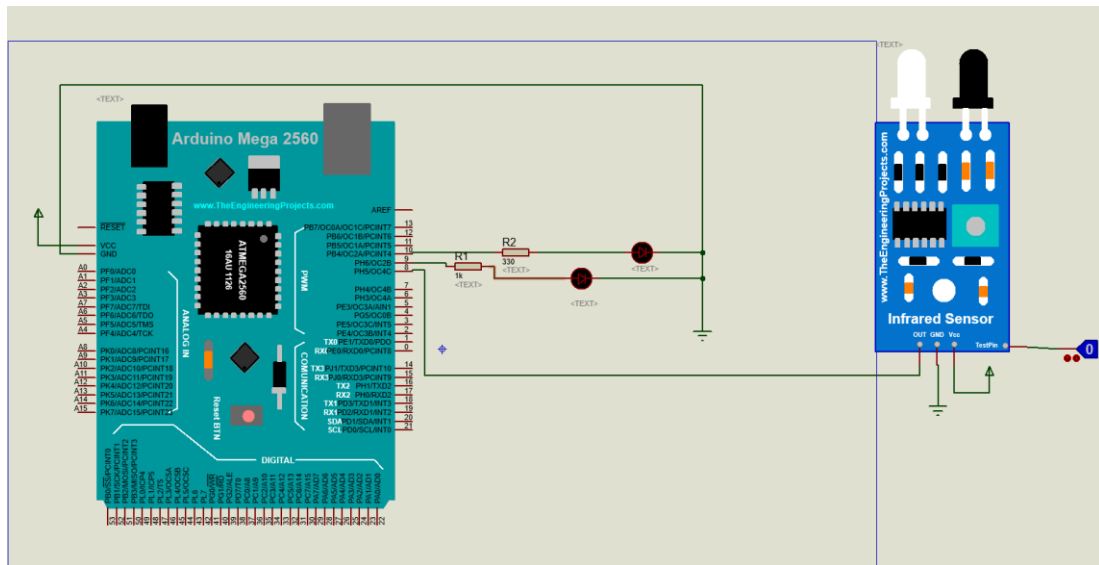


Figure III-7 : Aperçu du montage utilisé via l’outil ISIS.

Le programme utilisé pour que la carte Arduino commande le capteur et allumer les LEDs externes de notre montage (Pas les LEDs incluse dans le capteur) en cas de détection d’obstacles est présenté sur la **figure III-8**.

```

infrared_sensor

int LEDR= 10; // LED Rouge
int LEDG= 9; // LED Verte
int ObstaclePin=8; // La broche de sortie du capteur
int Obstacle ;
void setup() {
  pinMode(LEDR, OUTPUT); // Déclaré comme sortie
  pinMode(LEDG, OUTPUT); //Déclaré comme sortie
  pinMode(ObstaclePin, INPUT); //Déclaré comme entrée
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  Obstacle = digitalRead(ObstaclePin); // Lecture de l'état du capteur
  if (Obstacle == HIGH) // Si Obstacle=LOW=> Presence d'un obstacle (LED Rouge), sinon la LED Verte Resté allumer.
  {
    Serial.println("Attention Un obstacle");
    digitalWrite (LEDR, HIGH);
    digitalWrite (LEDG, LOW);
  }
  else
  {
    Serial.println("clear");
    digitalWrite(LEDR, LOW);
    digitalWrite(LEDG, HIGH);
  }
}
    
```

Figure III-8 : Programme Arduino utilisé.

En cas d'absence d'obstacle, ce programme permet à la LED externe verte de notre montage de s'allumer. Dans le cas contraire (en cas de présence d'obstacle), c'est la LED externe rouge qui s'allume.

III.3.1 Simulation du circuit conçu avec l'outil ISIS (sans et avec obstacle)

Grace a l'outil ISIS, nous avons testé notre montage en simulant à la fois la réponse de notre circuit avec et sans obstacle.

III.3.1.1 Simulation sans obstacle

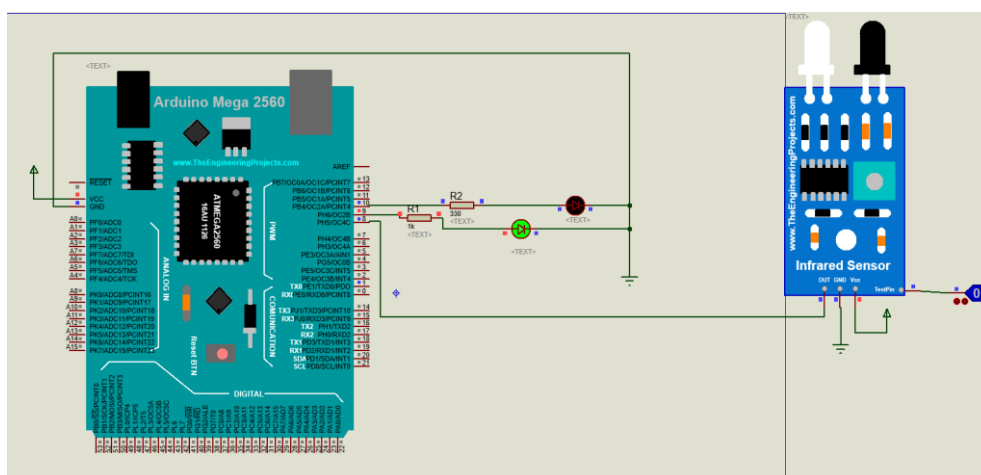


Figure III-9 : Simulation sans obstacle.

La simulation montre qu'en cas d'absence d'obstacle, la LED externe verte s'allume.

III.3.1.2 Simulation avec obstacle

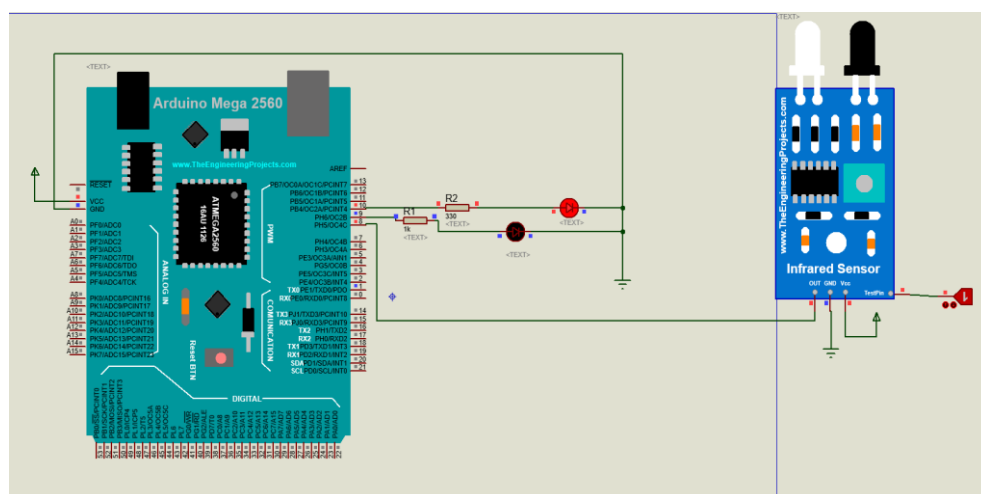


Figure III-10 : Simulation avec obstacle.

La LED externe rouge est allumée à la présence d'obstacle.

Après avoir validé notre programme et notre montage de détection d'obstacles via les simulations effectuées grâce à l'outil ISIS, nous allons passer maintenant aux tests de notre montage réel formé par le capteur infrarouge réel et la carte Arduino réelle.

III.3.2 Tests du circuit réel (sans et avec obstacle)

III.3.2.1 Sans obstacle

Le montage réel sans détection est présenté sur la **figure III-11**. L'absence d'obstacles est validée par la LED externe verte qui s'allume.

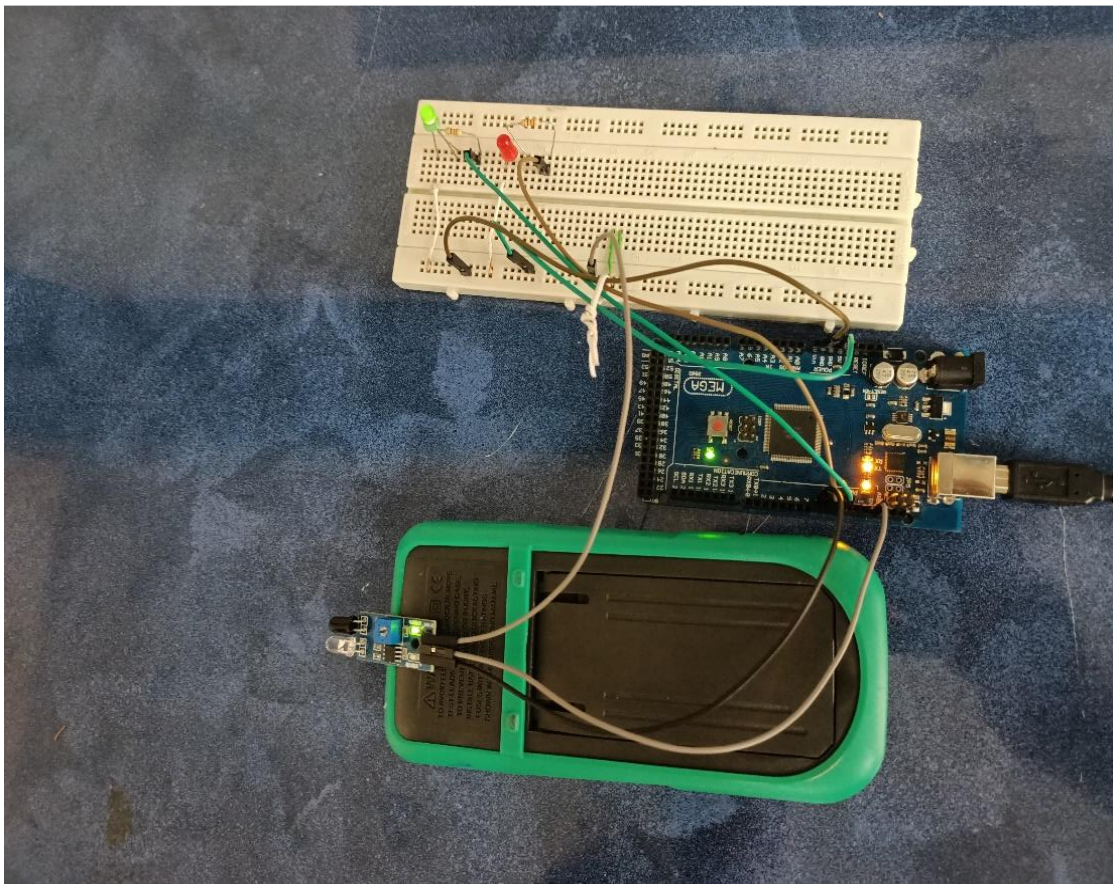


Figure III-11 : LED verte allumée dans le cas d'absence obstacles.

III.3.2.2 Avec obstacle

Dans le cas contraire, le montage réel avec détection est présenté sur la **figure III-12**. La présence d'obstacles est validée par la LED externe rouge qui s'allume.

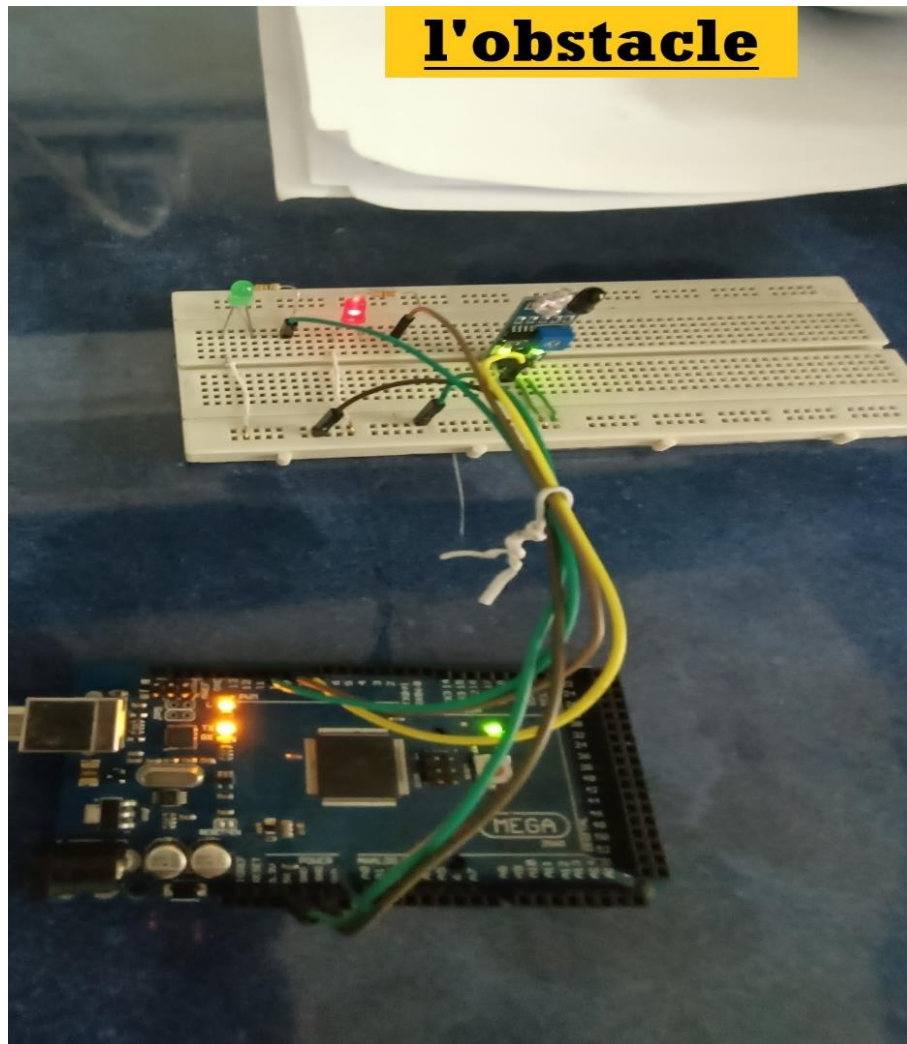


Figure III-12 : LED rouge allumée dans le cas de la présence d'un obstacle.

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les étapes de la réalisation de notre montage à détection des obstacles après avoir mentionné les principales caractéristiques et le principe de fonctionnement de chaque composant utilisé. Après ce succès viennent les phases de validations et des tests montrant le bon fonctionnement de notre montage pour la détection des obstacles dans la plage de 0 cm à 28 cm.

Conclusion générale et perspectives

Dans la présente étude, un montage de détections des obstacles a été proposé. Nous avons détaillé les caractéristiques et le principe de fonctionnement de chaque composant formant le circuit proposé.

Avant de parler du capteur infrarouge utilisé dans notre montage de détection des obstacles, nous avons présenté plusieurs types de capteurs existants dans le marché en s'appuyant sur le principe de fonctionnement, leurs avantages et leurs inconvénients.

Nous avons aussi présenté les caractéristiques de la carte électronique programmable Arduino Mega 2560 en définissant ses broches d'entrée et ses broches de sortie, son microcontrôleur et sa mémoire.

Nous avons démontré l'efficacité de notre montage commandé par la carte Arduino Mega 2560 incluant notre programme à détecter les obstacles présents autour du capteur infrarouge.

Le travail réalisé a été articulé donc dans ce manuscrit en commençant par la présentation de l'état de l'art, en passant par la proposition d'un montage à détection des obstacles, par les simulations et finissant par l'étude expérimentale.

Comme perspective à ce travail, nous proposons que notre montage soit testé avec d'autres types de capteurs et ensuite comparer les performances obtenues liées à la détection des obstacles entre tous les capteurs testés.

Bibliographie

- [1] <https://www.encyclopedie.fr/definition/Capteur> Centre National d'Etudes Spatiales « les mots clé définition, Capteur ».
- [2] <http://euro.branly.free.fr/ISI/automatisme/BTS%20CIRA/MITA.htm> « Capteur de position ».
- [3] https://ics.utc.fr/PS90/chapitre1/co/module_chapitre_1_3.html « Grandeurs, dimensions et unités ».
- [4] https://si.blaiseascal.fr/1t-les-capteurs/#Capteurs_actifs « Les capteurs ».
- [5] http://sigma-tec.fr/textes/texte_principes.html « L'effet photovoltaïque ».
- [6] <https://physique.david-therincourt.fr/capteurs/resistif> « capteur résistif ».
- [7] H. BERRAYAH et A. BENHASSINE « réalisation d'une télécommande infrarouge au moyen d'un microcontrôleur » mémoire de projet de fin d'étude » mémoire de projet de fin d'étude, université de Tlemcen, 2017-2018.
- [8] R. ARROUSI « étude et réalisation télécommande infrarouge commandé » mémoire de projet de fin d'étude, université de Sidi Bel Abbes, 1997-1998.
- [9] <https://www.leuze.com> « Capteurs capacitifs détection fiable d'objets et de niveaux de produits ».
- [10] <https://slideplayer.fr/slide/1183303> « Comment choisir le bon capteur ».
- [11] <http://bts.crsa.rascol.free.fr/Techno/cours> « Les capteurs ».
- [12] https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/fonctionnement/le-fonctionnement-et-la-technologie-des-detecteurs-inductifs/a/Know-how_Function_Inductive-sensors « Le fonctionnement et la technologie des détecteurs inductifs ».
- [13] N. BENHADDA « Modélisation des Capteurs Inductifs à Courants de Foucault » mémoire de projet de fin d'étude, université El Hadj Lakhdar Batna 2006-2007.
- [14] <https://ledisrupteurdimensionnel.com/arduino/capteur-a-ultrasons-hc-sr04-et-arduino> « Capteur à ultrasons HC-SR04 et Arduino ».
- [15] <https://www.eeca.eu/capteur-ultrason-une-technologie-de-pointe> « Capteur ultrason : une technologie de pointe ».
- [16] <https://docplayer.fr/13824144-Les-capteurs-optiques.html> « Capteurs optiques ».
- [17] <https://autosen.com/fr/Detecteurs-de-Position/Detecteurs-optoelectroniques/Detecteurs-laser#abbinder> « Capteurs de distance laser ».

- [18] https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/fonctionnement/le-fonctionnement-et-la-technologie-des-detecteurs-de-distance-optiques/a/Know-how_Function_optical-distance-sensors « Le fonctionnement et la technologie des détecteurs de distance optiques ».
- [19] A. OUALID DJEKOUNE Djekoune « Localisation et guidage du robot mobile Atrv2 dans un environnement naturel » pour l'obtention du grade de DOCTORAT en Electromique, USTHB Alger, décembre 2010.
- [20] J-N MONTAGNE, « Initiation à la mise en oeuvre matérielle et logicielle de l'Arduino » Centre de Ressources Art Sensitif, novembre 2006.
- [21] S. LANDRAULT, H WEISSLINGER « Arduino : Premiers pas en informatique embarquée » Juin 2014.
- [22] C. TAVERNIER « Arduino Applications avancées » ouvrage, octobre 2012.

Détection des obstacles avec l'utilisation d'un capteur infrarouge

L'objectif de ce mémoire de projet de fin d'étude a été de réaliser un circuit de détection à distance des obstacles en utilisant un capteur infrarouge. Nous avons utilisé le capteur IR « FC-51 » connecté à une carte programmable Arduino. En premier lieu, des définitions générales sur les capteurs, leurs caractéristiques et leurs principes de fonctionnement ont été présentés. Les résultats de simulation en utilisant l'outil ISIS et l'étude expérimentale ont été effectuées pour valider notre montage de détection des obstacles.

Obstacle detection using an infrared radiation sensor

The objective of this work for the obtention of our Master degree was to create an obstacle detection circuit using an Infrared radiation sensor. We used the "FC-51" IR sensor connected to an Arduino programmable board. First, the general definitions of different sensors, their characteristics and their operating principles were presented. Simulations results using ISIS tool and experimental results were performed to validate our obstacle detection circuit.

كشف العوائق بجهاز استشعار الأشعة الحمراء

أولاً ، أردوينو مع الحمراء الأشعة مستشعر استخدمنا ، الحمراء تحت بالأشعة بعد عن كشف دائرة تحقيق هو المذكرة هذه من الهدف الدراسة قدمنا وأخيراً بنا الخاص المستشعر ذكر مع القرب مستشعرات بعض بتفصيل قمنا ثم المستشعر عن عامة معلومات نقلنا التجريبية الدراسة تباين نتائج مع الإدراك في اتباعها التي الخطوات وجميع العملية