



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Instrumentation Industrielle

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Maintenance en Instrumentation Industrielle.

Spécialité: Mesure_Analyse_Qualité

Thème

Réalisation d'un capteur de proximité à infrarouge

Présenté et soutenu publiquement par :

BELOUNIS Badreddine Ismail

BENAHMED Ahmed Ismail Abdelatif

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Établissement	Qualité
M ^{me} ZEBIRATE Soraya	PR	Univ. O. 2 (IMSI)	Encadreur
M ^{me} SENHADJI Salima	MAA	Univ. O. 2 (IMSI)	Présidente
M ^{me} DJELGHOUM Farida	MAA	Univ. O. 2 (IMSI)	Examinatrice

Juin 2017

DÉDICACES

A nos mères,

« Vous nous avez donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que l'on peut vous offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que nous vous portons.

En témoignage nous vous offrons ce modeste travail pour vous remercier pour vos sacrifices et pour l'affection dont vous nous avez toujours entourés ».

A nos pères,

« L'épaule solide, l'œil attentif, compréhensifs sont les personnes les plus dignes de notre estime et de notre respect.

Aucune dédicace ne saurait exprimer nos sentiments, que Dieu les préserve et leur accorde santé et longue vie ».

A nos frères,

A nos sœurs,

A nos familles,

A nos amis.

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire de fin d'étude a été effectué au sein de l'institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle.

On tient à adresser nos vifs remerciements à son directeur monsieur BENAYAD Ahmed.

Nos sincères remerciements sont à madame ZEBIRATE Soraya, l'instigatrice de ce projet, qui a bien voulu nous accueillir. On la remercie pour la documentation mise à notre disposition, son aide précieuse et ses conseils tout au long de ce projet, on la remercie également d'avoir accepté de participer au jury de ce projet de fin d'étude.

On rend hommage à madame SENHADJI Salima à l'IMSI d'Oran et qui témoigne par sa participation et sa présidence de ce jury de l'intérêt qu'elle a bien voulu porté à ce travail.

On est particulièrement redevable à madame DJELGHOUM Farida professeur à l'IMSI, on la remercie pour sa présence. Quelle soit chaleureusement remerciée d'avoir accepté de participer à ce jury.

On ne saurait terminer sans exprimer nos remerciements les plus sincères à tous nos professeurs de l'IMSI et à tout le personnel administratif qui nous a supporté pendant cinq années.

« si vous donnez à votre fils un poisson, il mangera un jour, mais si vous lui apprenez à pêcher, il mangera tous les jours »

Proverbe chinois.

Merci de nous avoir appris à pêcher !

Résumé

La curiosité de l'homme, son besoin de savoir et de maîtriser l'environnement dans lequel il vit, et sa tendance à chercher la facilité l'ont poussé à aller de plus en plus vers l'automatisation de ses systèmes.

C'est là où l'instrumentation intervient, l'ensemble de capteurs actionneurs et chaînes de mesure, car tout système automatisé nécessite des informations en temps réel de ce qui se passe autour de lui.

De nos jours, l'utilisation des capteurs est quasi partout, on la trouve dans la domotique, l'aéronautique, l'industrie, la navigation, l'automobile ...

Notre travail consiste à réaliser un détecteur de présence sans contact, qui est le capteur de proximité à infrarouge, capable de détecter n'importe quel objet. Ce capteur est réalisé à partir des composants électroniques de base : résistances, condensateurs, diodes, amplificateurs opérationnels, transistors et les indispensables du montage la photodiode et le phototransistor. En exploitant un simple outil informatique qui est un logiciel de simulation virtuel afin d'étudier sa faisabilité, son comportement et d'améliorer ses performances.

Ce modeste mémoire décrit point à point les étapes, la méthodologie et quelques conseils à suivre, dans le but d'expliquer au lecteur en détail le fonctionnement d'un capteur de proximité à infrarouge et de lui permettre d'en réaliser un.

Mots clé : capteur, mesure, détection, infrarouge, détecteur photoélectrique, détection sans contact.

Sommaire

Liste des figures et des tableaux.....	I
Liste des symboles.....	Ii
Liste de abrégations.....	Iv
Introduction générale.....	01

Chapitre I : Capteurs et chaîne d'acquisition

I.1 Introduction.....	03
I.2 les capteurs.....	04
I.2.1 Définition	04
I.2.2 Quelques exemples de capteurs	05
I.2.3 Caractéristiques déterminantes dans le choix d'un capteur.....	05
I.2.4 Caractéristiques liées aux erreurs de mesure	07
I.3 La chaîne d'acquisition.....	09
I.3.1 Définition.....	09
I.3.2 Extraction de l'information.....	09
I.3.3 Traitement analogique du signal.....	10
I.3.4 Conversion du signal sous forme numérique.....	11
I.4 Conclusion.....	12

Chapitre II : Description du capteur de proximité infrarouge

II.1 Introduction.....	13
II.2 Les détecteurs de proximité infrarouge	14
II.2.1 La méthode de la barrière	17
II.2.2 Méthode rétro-réfléctive	19
II.2.3 Méthode diffuse	20
II.2.4 La méthode convergente	21
II.2.5 La méthode du champ-fixe.....	21
II.2.6 La méthode spéculaire	22
II.3 Marge de fonctionnement, contraste et patrons.....	22
II.3.1 Marge de fonctionnement	22
II.3.2 Patrons de détection	25
II.3.3 Le contraste	28
II.4 Conclusion.....	30

Chapitre III : Simulation du capteur de proximité à infrarouge

III.1 Introduction.....	31
III.2 PROTEUS	33
III.2.1 ISIS	33
III.2.2 ARES.....	33
III.3 Simulation numérique du capteur sur PROTEUS	33
III.3.1 Etage 01 : Alimentation.	35
III.3.2 Etage 02 : L'émetteur.....	37
III.3.3 L'étage 03 : récepteur.....	37
III.3.4 Etage 04 : la commande.....	39
III.4 Conclusion.	42

Chapitre IV : Réalisation pratique du capteur de proximité à infrarouge

IV.1 Introduction	43
IV.2 Détermination des besoins	44
IV.3 Liste des composants.....	44
IV.4 Réalisation pratique du circuit	47
IV.4.1 Gravure à l'aide d'une insoleuse UV	48
IV.5 essais et réglages	52
IV.6 Conclusion	53
Conclusion générale.....	54
Bibliographie.....	57
Résumé	

Liste des figures

Chapitre I	Capteur et chaîne d'acquisition.	
Figure I.1	Schéma de principe d'un capteur à effet Hall.....	04
Figure I.2	Schéma de principe d'un capteur piézoélectrique.....	04
Figure I.3	Schéma de principe d'un capteur magnéto-résistant.....	05
Figure I.4	Etendue de mesure d'un capteur.....	05
Figure I.5	Domaine de linéarité d'un capteur.....	06
Figure I.6	Illustration des deux types d'erreurs (systématique et accidentelle).....	07
Figure I.7	Illustration des notions de fidélité et de justesse.....	08
Figure I.8	Capteur générant un courant associé à un convertisseur courant-tension à amplificateur opérationnel.....	10
Figure I.9	Echantillonnages d'un signal de mesure : $f_{eb} > f_{ec}$	11
Figure I.10	Représentations de codages d'un signal sur 2 et 3 bits et avec 2 échantillonnages....	12
Figure I.11	Schématisation d'une chaîne d'acquisition.....	12
Chapitre II	Description du capteur de proximité à infrarouge.	
Figure II.1	Détecteur de proximité photoélectrique.....	15
Figure II.2	Circuit de l'émetteur du faisceau lumineux.....	15
Figure II.3	Circuit du récepteur détectant le faisceau lumineux.....	16
Figure II.4	Spectre électromagnétique.....	16
Figure II.5	Réponse spectrale d'un phototransistor et spectres d'émission des DEL.....	16
Figure II.6	Méthode de la barrière.....	17
Figure II.7	Le faisceau efficace et les obturateurs.....	18
Figure II.8	Le faisceau efficace ajusté par des collimateurs.....	18
Figure II.9	Méthode rétro-réflexive.....	19
Figure II.10	Détection avec lumière polarisée.....	20
Figure II.11	Méthode diffuse.....	20
Figure II.12	Méthode convergente.....	21
Figure II.13	Méthode du champ-fixe.....	22
Figure II.14	Méthode spéculaire.....	22
Figure II.15	Marge de fonctionnement méthode de la barrière (exemple).....	24
Figure II.16	Marge de fonctionnement méthode rétro-réflexive (exemple).....	25
Figure II.17	Marge de fonctionnement méthode diffuse (exemple).....	25

Figure II.18	Patron de détection — méthode de la barrière (exemple).....	26
Figure II.19	Patron de détection — méthode rétro-réfléctive (exemple).....	27
Figure II.20	Patron de détection — méthode diffuse (exemple).....	27
Table II.1	Guide des cibles minimums des marges de fonctionnement en fonction de..... l'environnement	23
Table II.2	Tableau des réflectivités relatives.....	28
Table II.3	Recommandations à suivre en fonction du contraste.....	29
Chapitre III Simulation du capteur de proximité à infrarouge.		
Figure III.1	schéma électrique global du capteur.....	34
Figure III.2.a	réponse à la sortie du premier étage.....	35
Figure III.2.b	schéma du premier étage du capteur	36
Figure III.3.b	signal émis par la LED infrarouge LD1	37
Figure III.4.b	prise de signal de LD1 et T4	38
Figure III.3.a	schéma électrique du deuxième étage du capteur.....	40
Figure III.4.a	Schéma électrique du troisième étage du capteur	40
Figure III.5	Schéma électrique du dernier étage du capteur.....	41
Chapitre IV Réalisation pratique du capteur de proximité à infrarouge.		
Figure IV.1	circuit réel du capteur (1).....	44
Figure IV.2	circuit réel du capteur (2).....	45
Figure IV.3	circuit réel du capteur (3).....	46
Figure IV.4	circuit réel du capteur (4).....	46
Figure IV.5a	Photo réelle du capteur.....	47
Figure IV.5b	Schéma d'implantation des composants du capteur de proximité à infrarouges.....	48
Figure IV.6	Gravure à l'aide d'une insoleuse UV.....	48
Figure IV.7	Impression du schéma.....	49
Figure IV.8	insoleuse ultraviolet.....	49
Figure IV.9	immersion de la carte dans le réactif	50
Figure IV.10	perçage de la carte.....	50
Figure IV.11	photo des deux faces de la carte après soudage des composants.....	51
Figure IV.12	Allure finale du capteur (circuit+boîtier+secteur d'alimentation).....	53
Conclusion générale.		
Figure 1	Emission intensifiée.....	55

Liste des symboles

B	Champ magnétique.
F_e	Fréquence d'échantillonnage.
I	Courant.
R-R22	Résistances.
S(m)	Sensibilité.
TF1	Transformateur.
V	Tension.
V_M	Mesurande.
V_{moy}	Valeur moyenne.
PT1	Pont de diode.
U3	Régulateur.
C1-C11	Capacités.
U_{1a}, U_{1b}, U_{1c}, U_{1d}	Amplificateurs opérationnels intégrés au LM324.
T₁, T₂, T₃	Transistor NPN.
L1	Lampe.
U_{2a}, U_{2b}	Portes NAND intégrées au 4093.
RL1	Relais.
LD1, LD2	Diodes électroluminescentes.
HZ	Hertz.

Liste des abréviations

AC	Alternating current (Courant alternatif.).
CAN	Convertisseur Analogique Numérique.
D	Diode.
DC	Direct Current (courant continu).
DEL	Diode électroluminescente.
E.M	Etendu de Mesure.
HZ	Hertz.
I	Intensité de courant.
MF	Marge de Fonction.
R	Résistance.
S	Seconde.
UV	Ultraviolet.
V	Volt.
VA	Voltampère.

Introduction Générale

L'évolution des besoins de l'homme pour apprivoiser son environnement, d'améliorer son confort et sa qualité de vie a mené ce dernier à rechercher des solutions en fonction des données scientifiques et technologiques. Des évolutions sociales, de nouveaux goûts, de nouvelles exigences socioculturelles ont incité les industriels à rechercher des moyens de satisfaire la société moderne. Un état des lieux qui a donné naissance à la concurrence industrielle pour acquérir la plus grande part du marché. Pour parvenir à devancer son concurrent avec un produit nouveau ou améliorer tout en réduisant le coût de revient, les industriels recherchent toujours de nouveaux outils et moyens.

[1] : La réalité de la réalité, paul watzlawick, édition éditions du seuil, 1978, p. 13 - Paul Watzlawick

« La survie des êtres vivants dépend de l'information convenable ou non qu'ils reçoivent sur leur environnement »^[1]

L'instrumentation étant une technique de mise en œuvre d'instruments de mesure, d'actionneurs, de capteurs et de régulateurs, présente un outil très lucratif qui nous aide à subvenir à nos besoins et d'en être satisfait ; car tout système nécessite un ou plusieurs organes de mesure pour interagir avec le monde dans lequel nous vivons, pour contrôler son évolution, ou pour en découvrir ses secrets.

« Ce monde est pénétré des applications de la mesure ; toute connaissance, non mesurable, est frappée d'un jugement de dépréciation. Le nom de "science" se refuse de plus en plus à tout savoir intraduisible en chiffre ».^[2]

Cette affirmation de Paul Valéry est plus que d'actualité. Notre monde est, et va être de plus en plus, pénétré des applications de la mesure. Et rien ne se fera sans le capteur, qui est à la base même de l'édifice mesure.

L'objet de notre travail est de réaliser un capteur de proximité capable de détecter les objets de toute nature afin de commander l'enclenchement de n'importe quelle machine.

Notre avons réparti notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la présentation des capteurs et de la chaîne d'acquisition. En décrivant les différents composants de la chaîne d'acquisition ainsi que les différents types de capteurs. Le deuxième chapitre porte sur la description du capteur de proximité à infrarouge, en énumérant ses composants, ses différents modes de fonctionnement ainsi que ses caractéristiques. Le troisième chapitre met en évidence la simulation du capteur préétablie sur PROTEUS, le logiciel de simulation virtuelle, qui est la première phase de n'importe quelle réalisation. Le quatrième et dernier chapitre met en œuvre la partie pratique de la réalisation du capteur de proximité à infrarouge, en illustrant toutes les étapes qui ont abouties à la réalisation de notre capteur. A la fin, on clôture le mémoire par une conclusion générale et quelques perspectives.

[2] : Paul Valéry, 1871-1945.

Chapitre I

Capteurs et chaîne d'acquisition

I.1 Introduction

Un procédé industriel regroupe divers éléments dont les interactions physiques ou/et chimiques concourent à un but de fabrication ou de transformation ; le procédé est instrumenté et piloté à cette fin. L'état d'un procédé est caractérisé par les valeurs d'un certain nombre de grandeurs physiques ou/et chimiques. Ces valeurs sont assignées aux grandeurs par l'opération de mesure assurée par la chaîne d'acquisition.

I.2. les capteurs

I.2.1. Définition

Les capteurs sont les premiers éléments d'une chaîne d'acquisition. A chaque mesurande est associé un capteur dont le rôle est de traduire ce mesurande de valeur m en une grandeur électrique $s(m)$, fonction connue du mesurande, de sorte qu'à chaque valeur s de cette grandeur électrique puisse être liée de façon univoque la valeur m du mesurande. Cette grandeur électrique $s(m)$ est à l'origine du signal électrique que traite le système d'acquisition.

I.2.2. Quelques exemples de capteurs

a- Capteur de champ magnétique à effet Hall

Un capteur de Hall est un capteur de champ magnétique B (figure I.1) qui consiste en un barreau de semi-conducteur alimenté par un courant I (c'est donc un capteur actif). Sous l'effet du champ à mesurer divers phénomènes entrent en jeu (force de Lorentz, champ de Hall consécutif, ...) et il apparaît entre les faces supérieure et inférieure du barreau une tension V_H proportionnelle à B qui constitue le signal de sortie.

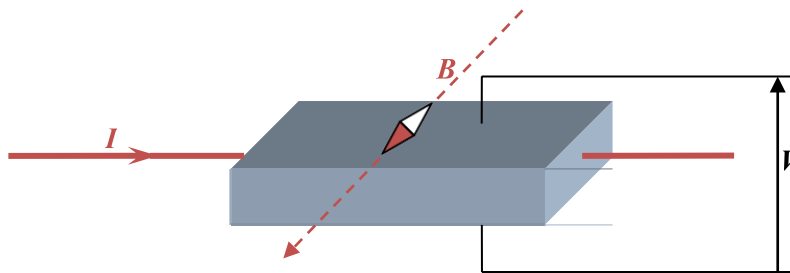


Figure I.1 Schéma de principe d'un capteur à effet Hall

b- Capteur de contrainte mécanique à effet piézoélectrique

Un capteur piézoélectrique permet de mesurer des déformations et contraintes mécaniques. Il consiste en un barreau de matériau piézoélectrique : soumis à une déformation, une tension apparaît à ses bornes. C'est la mesure de cette dernière qui permet de déterminer la grandeur mécanique.

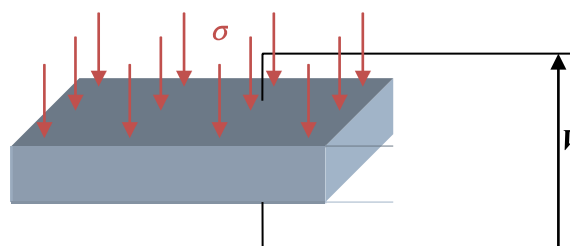


Figure I.2. Schéma de principe d'un capteur piézoélectrique.

c- Thermistance

Une thermistance est un dipôle résistif dont la résistance électrique R dépend de la température T . On l'utilise comme capteur de température en exploitant la loi d'Ohm. Un montage en pont de Wheatstone est généralement mis en œuvre pour conditionner le signal.

d- Magnétorésistance

Un capteur magnétorésistif est un dipôle résistif dont la résistance électrique R dépend du champ magnétique B . On l'utilise comme capteur de champ magnétique en exploitant la loi d'Ohm.

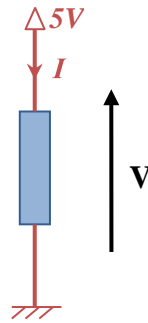


Figure I.3. Schéma de principe d'un capteur magnéto-résistant.

On voit qu'un capteur donné repose sur l'exploitation d'un certain phénomène physique et sur un certain mode de mise en œuvre qui lui permet de transformer le mesurande en une grandeur électrique.

I.2.3. Caractéristiques déterminantes dans le choix d'un capteur

Pour une application donnée, il est fréquent que plusieurs technologies de capteur puissent convenir. Leur choix dépendra des performances visées en termes de caractéristiques de mesure, dont les principales sont définies ci-après.

A. Etendue de mesure : (E.M.) différence entre la valeur minimale m_{\min} et maximale m_{\max} du mesurande à obtenir : $E.M. = m_{\max} - m_{\min}$. L'étendue de mesure est définie par la courbe d'étalonnage du capteur (figure I.4) qui à chaque valeur du mesurande m fait correspondre un signal de sortie s unique.

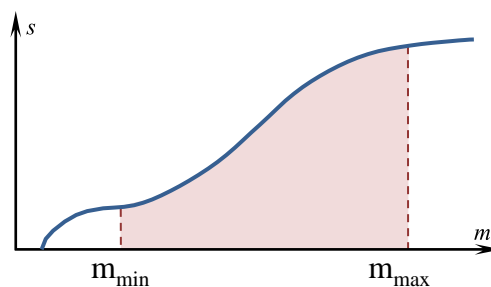


Figure I.4. Etendue de mesure d'un capteur.

- B. Dynamique de mesure :** C'est la différence entre les valeurs extrêmes mesurables par le capteur pour une marge d'erreur fixée. Les mesures ne sont pas entachées d'une erreur supérieure à celle tolérée, elles sont données avec la notion de précision.
- C. Résolution :** Plus petite valeur que le capteur est en mesure d'identifier. La résolution est dépendante du niveau de bruit.
- D. Sensibilité :** Facteur de proportionnalité entre le signal de sortie du capteur s et la grandeur mesurée. Pour une valeur donnée m du mesurande, la sensibilité $S(m)$ du capteur est égale au rapport entre la variation de la sortie électrique et la variation du mesurande :

$$S(m) = \left(\frac{\Delta s}{\Delta m} \right)_m \quad (\text{I.1})$$

Si $S(m)$ est, dans l'étendue de mesure, une fonction linéaire du mesurande m , le capteur est dit linéaire. Sa sensibilité $S(m)$ est alors constante sur l'étendue de mesure (figure I.5).

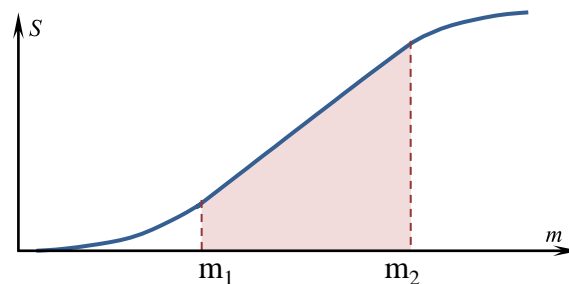


Figure 1.5. Domaine de linéarité d'un capteur.

- E. Précision :** L'incertitude sur chaque résultat de mesure M doit être quantifiée par une estimation de l'erreur possible exprimée par $\pm \Delta M$. On sait alors que $m = M \pm \Delta M$. L'erreur de précision est une erreur relative Δ_p ramenée à l'étendue de mesure.
- F. Bande passante :** Gamme de fréquence pour laquelle le capteur fonctionne. Elle est caractéristique de la rapidité du capteur. La rapidité est la capacité de réponses aux variations du mesurande dans le temps.
- G. Dérives et paramètres d'influence :** Diverses grandeurs physiques (g_i) autres que le mesurande m , sont susceptibles d'influencer la mesure M produite par le capteur : $M = f(m, g_1, g_2, \dots)$. Il peut s'agir par exemple de la température ambiante, de

vibrations, d'humidité mais aussi de perturbations électromagnétiques ... Il est possible d'en tenir compte dans le mesurage en réalisant en parallèle une mesure de certaines grandeurs d'influence, ou de s'en protéger (suspension antivibratoire, blindage électromagnétique ...) ou encore de les compenser par la chaîne d'acquisition avec une électronique adaptée.

D'autres caractéristiques sont importantes dans le choix d'un capteur, citons le coût, l'encombrement, sa facilité de mise en œuvre.

I.1.4 Caractéristiques liées aux erreurs de mesure.

Les mesures faites par un capteur sont généralement sujettes à une imprécision. La différence entre la valeur réelle du mesurande et la mesure est appelée erreur de mesure. On peut distinguer deux types d'erreurs : les erreurs systématiques et les erreurs accidentelles (figure I.6).

Les erreurs systématiques ont plusieurs origines possibles. Elles proviennent d'une erreur dans la courbe d'étalonnage, d'une valeur erronée d'une grandeur de référence, d'une correction erronée apportée aux mesures ou encore d'un écart à la linéarité du capteur supposé linéaire. Les erreurs systématiques introduisent un même décalage que l'on peut éventuellement réduire par ré-étalonnage.

Les erreurs accidentelles peuvent être dues à une lecture erronée d'un appareil à déviation, d'une erreur de mobilité (capteur insensible à certaines variations du mesurande), aux bruits de l'environnement (thermique, amplificateurs de l'électronique de conditionnement...), aux fluctuations des tensions d'alimentation ... Leur réduction passe par une amélioration des dispositifs de la chaîne d'acquisition, ou le post-traitement du signal.

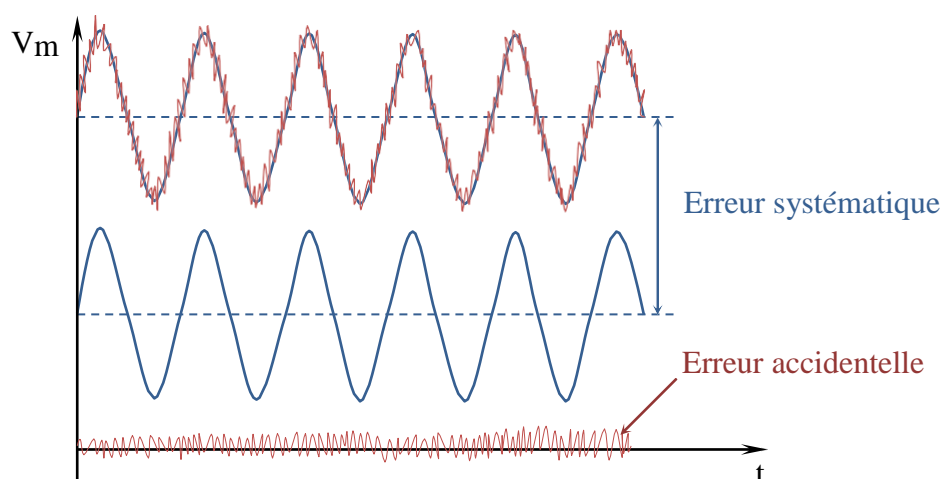


Figure I.6. Illustration des deux types d'erreurs (systématique et accidentelle).

Trois caractéristiques métrologiques définissent les erreurs de mesure : la justesse, la fidélité et la précision (figure I.7).

- 1- **Justesse** : est la qualité d'un capteur dont les erreurs systématiques sont faibles. Un capteur juste est un capteur dont la valeur moyenne de mesures répétées (V_{moy}) correspond à la valeur vraie du mesurande (V_m).
- 2- **Fidélité** : est la qualité d'un capteur dont les erreurs accidentelles sont faibles. Il donne des résultats peu dispersés autour de la valeur moyenne (V_{moy}). On dit également que les mesures sont reproductibles.
- 3- **Précision** : est la qualité d'un appareil dont chaque mesure est proche de la valeur réelle du mesurande. Il est donc à la fois fidèle et juste.

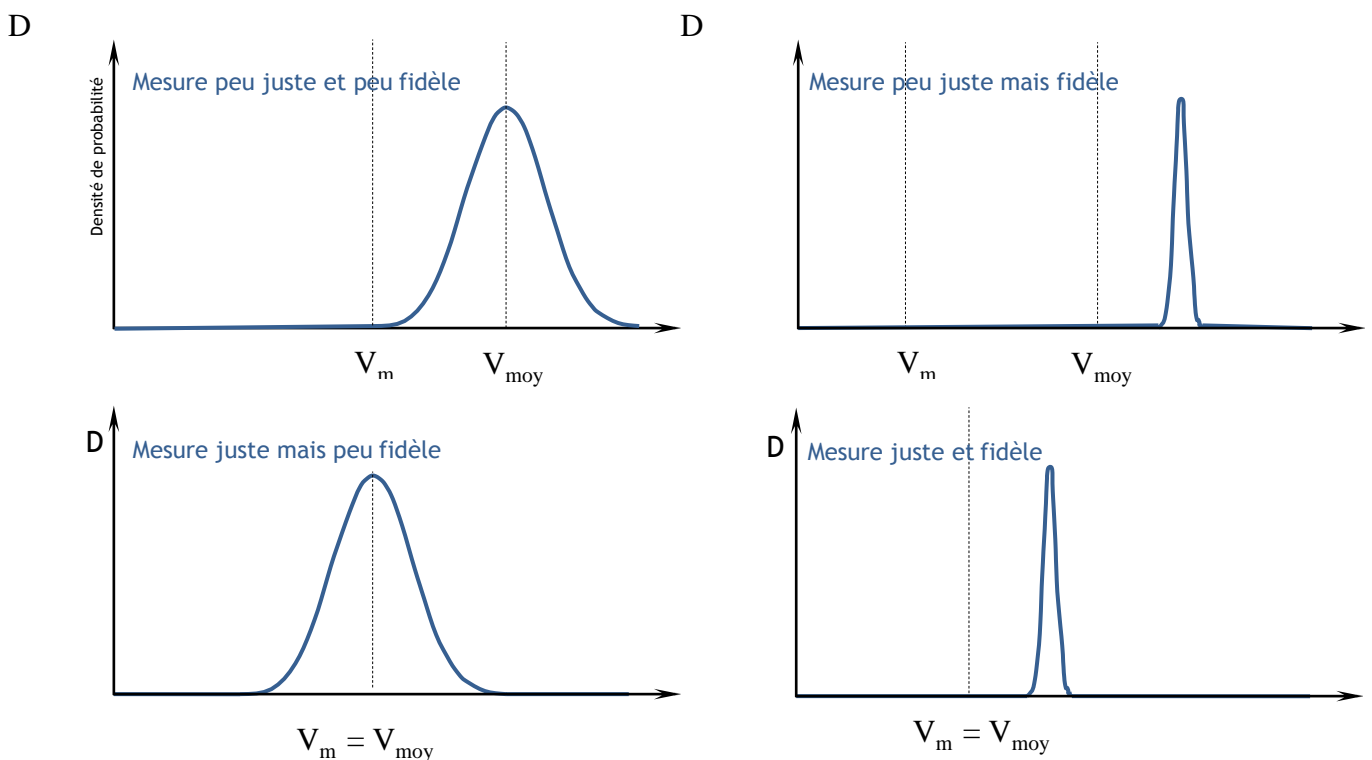


Figure I.7 Illustration des notions de fidélité et de justesse.

I.3. La chaîne d'acquisition

I.3.1. Définition

Une chaîne d'acquisition recueille les informations nécessaires à la connaissance et au contrôle d'un procédé ; elle délivre ces informations sous une forme appropriée à leur exploitation.

Dans sa structure de base, une chaîne d'acquisition doit pouvoir assurer, au moyen des dispositifs appropriés, les fonctions suivantes :

- Extraction de l'information : concernant chacune des grandeurs physiques à connaître et traduction en signal électrique au moyen de capteurs et conditionneurs.
- Traitement analogique du signal destiné en particulier à en éviter la dégradation par le bruit et les parasites : amplification, filtrage.
- Conversion du signal sous forme numérique adapté au ordinateur chargé de l'exploiter, au moyen de l'échantillonneur-bloqueur et du convertisseur analogique-numérique.

I.3.2. Extraction de l'information

A – Conditionnement des signaux

Le conditionnement permet de mettre en forme le signal mesuré en vue d'un traitement et d'une transmission éventuelle.

B – Conversion courant-tension

Lorsque le signal de sortie du capteur est un courant, le rôle du convertisseur courant-tension est de transformer celui-ci en une tension. Le montage (figure I.8) est réalisé de telle sorte qu'aucun courant ne parcourt R_c , et que tout le courant fourni par la source $i(m)$ représentant le courant à convertir traverse R et détermine la tension de sortie :

$$v_{out} = - R.i(m) \quad (I.2)$$

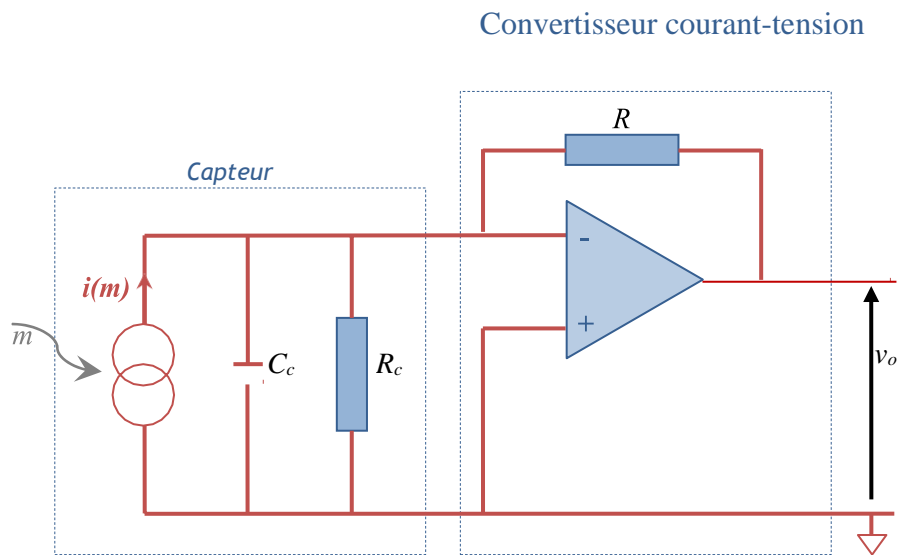


Figure I.8. Capteur générant un courant associé à un convertisseur courant-tension à amplificateur opérationnel.

I.3.3 Traitement analogique du signal

A- Amplification

Lorsque les signaux électriques issus des capteurs sont de faible amplitude, il peut être nécessaire de les amplifier pour les adapter à la chaîne de transmission. Il faut savoir que l'amplification (en tension ou en puissance) du signal électrique issu du capteur est un phénomène bruyant : elle s'accompagne d'une dégradation du rapport signal sur bruit. Cela signifie que si l'amplitude du signal utile issue du capteur se trouve augmentée, les parasites (bruit) le sont également mais dans des proportions plus grandes encore.

Les amplificateurs d'instrumentation sont conçus de manière à optimiser le rapport signal sur bruit, c'est à dire à « peuvent » le dégrader. Ils sont caractérisés par un gain d'amplification (en tension ou en puissance) ratio du signal électrique de sortie de l'amplificateur sur le signal d'entrée, ainsi que par un facteur fruit $F > 1$ qui quantifie la dégradation du rapport signal sur bruit entre l'entrée et la sortie.

B- Filtrage

Le filtrage peut avoir différentes applications. Il peut en particulier être pratiqué afin de réduire le bruit (signal parasite « large bande » ou haute fréquence) entachant le signal utile. Ainsi un filtrage passe-bas éliminera le bruit haute fréquence et produira un effet de lissage utile.

Placé avant l'échantillonnage de la conversion analogique/numérique le filtre d'entrée appelé filtre anti-repliement, contraint le signal à avoir un spectre limité tel que $f_{\max} < f_e/2$. Placé en sortie de la conversion analogique/numérique, le filtrage lisse le signal de sortie pour restituer le signal utile.

I.3.4 Conversion du signal sous forme numérique

La conversion analogique/numérique consiste à transformer la tension analogique (issue du capteur) en un code binaire (numérique) adapté à son exploitation dans un processus de régulation, de contrôle, de calculs ou encore de stockage. La conversion analogique/numérique n'est pas systématique, un stockage ou une régulation pouvant également être réalisé à partir de données analogiques.

Le Convertisseur Analogique Numérique (CAN) transforme le signal analogique, signal continûment variable pouvant prendre une infinité de valeurs, en un signal numérique, signal discontinu pouvant être représenté aux moyens de données binaires (0 et 1). La conversion analogique/numérique comporte deux étapes, l'échantillonnage et la conversion proprement dite.

L'échantillonnage est une opération qui doit satisfaire un juste équilibre entre précision et rapidité.

La rapidité à laquelle sont prélevés les échantillons doit permettre une reconstruction fidèle du signal, elle est représentée par la fréquence d'échantillonnage f_e qui doit être suffisamment grande pour retranscrire les variations rapides du signal (figure I.9). Le théorème d'échantillonnage aussi dénommé théorème de Shannon-Nyquist, permet de déterminer la fréquence d'échantillonnage d'un signal donné. Il énonce que la reconstruction d'un signal de sortie fidèle au signal d'entrée, requiert de choisir une fréquence d'échantillonnage qui soit au moins deux fois supérieure à la fréquence maximale contenue dans le signal d'entrée, soit :

$$f_e \geq 2.f_{\max} \quad (I.3)$$

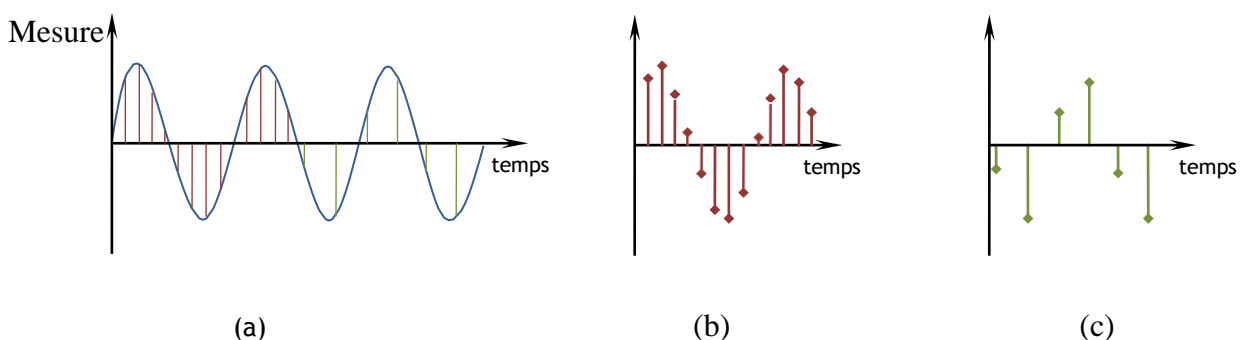


Figure I.9 Echantillonnages d'un signal de mesure : $f_{eb} > f_{ec}$.

La précision du codage du signal numérique dépend du nombre de bits sur lequel s'effectue ce codage. Chaque code peut prendre 2 valeurs (0 ou 1), un codage sur 2 bits peut prendre 4 valeurs, un codage sur n bits peut prendre 2^n valeurs (figure I.10).

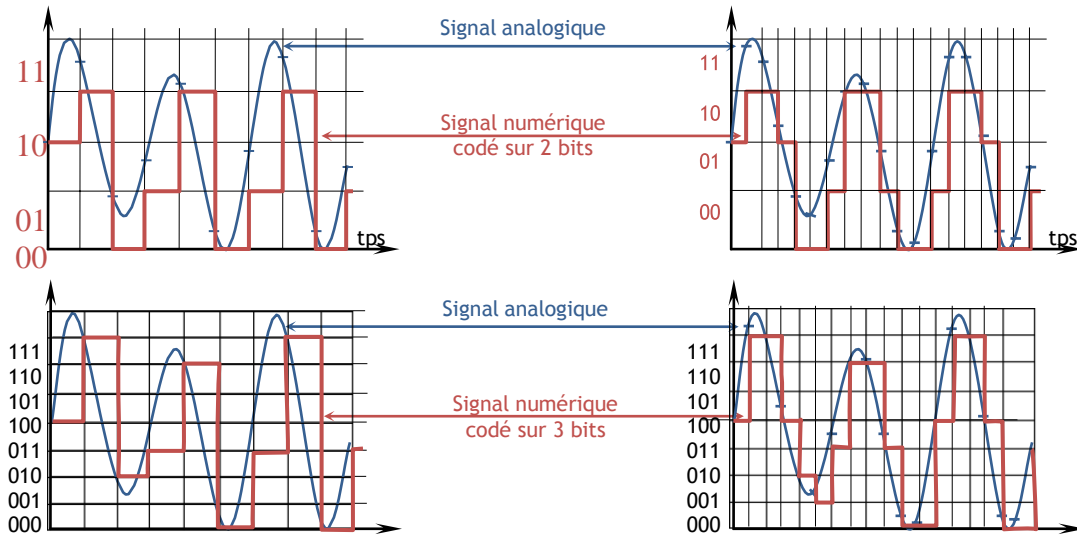


Figure I.10. Représentations des codages d'un signal sur 2 et 3 bits et avec 2 échantillonnages.

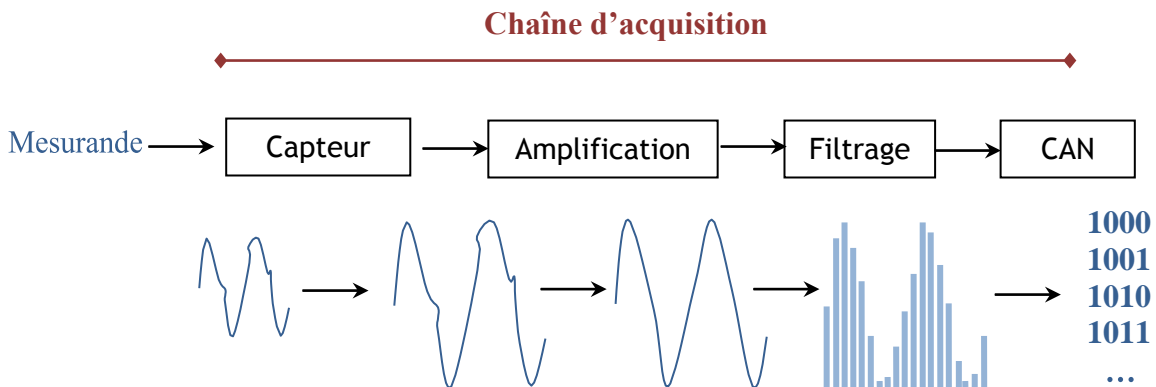


Figure I.11. Schématisation d'une chaîne d'acquisition.

I.4. Conclusion.

L'association capteur-conditionneur détermine les caractéristiques du signal de sortie. La chaîne d'acquisition doit être considérée dans son ensemble, ses caractéristiques sont déterminées de manière à répondre à l'application visée. Les divers dispositifs constituant la chaîne d'acquisition et sa structure doivent permettre le mesurage, le traitement et la restitution de la mesure avec les caractéristiques nécessaires à l'application : résolution, précision, rapidité et immunité aux parasites.

Chapitre II

Description du capteur de proximité à infrarouge

II.1. Introduction

Un détecteur de proximité est un élément de mesure détectant si un objet est présent à proximité sans avoir de contact avec l'objet. La détection s'opère par des effets physiques que l'objet peut produire sur le détecteur, sans contact. Il existe 4 technologies :

- Détecteur de proximité inductif : l'objet est détecté par ses effets sur un champ magnétique émis par le détecteur.
- Détecteur de proximité capacitif : l'objet est détecté par ses effets sur un champ électrique émis par le détecteur.

- Détecteur de proximité photoélectrique : l'objet est détecté par ses effets sur un faisceau de rayonnement optique.
- Détecteur de proximité ultrasonique : l'objet est détecté par ses effets sur une onde ultrasonique émise par le détecteur.

Ces quatre technologies doivent être envisagées dans l'ordre dans lequel elles ont été énumérées. Ainsi, il faut en premier lieu envisager l'utilisation d'un détecteur de proximité inductif. Si l'objet à détecter est non-métallique ou trop loin, il faut utiliser une autre technologie. En second lieu, il faut envisager l'utilisation d'un détecteur capacitif. Si l'objet est trop loin, ou n'a pas assez d'effet sur un champ électrique, il faut passer à la technologie suivante. Celle-ci sera la technologie optique pour la détection. Si l'environnement ou l'objet fait en sorte que cette technologie ne fonctionne pas, il reste le dernier et ultime choix, la détection de proximité ultrasonique. Même si cette technologie ne fonctionne pas, il faut se demander s'il est absolument nécessaire de faire la détection sans contact.

L'utilisation d'un détecteur de proximité s'avère une bien meilleure solution dans les cas où la vitesse de l'objet à détecter est rapide. L'usage d'un interrupteur de fin de course dans ces conditions est difficile, car l'impact de l'objet risque d'endommager l'interrupteur de fin de course (et l'objet lui-même).

Dans les cas où l'objet à détecter est petit et/ou fragile, le détecteur de proximité s'avère la seule solution exploitable. La commutation d'un interrupteur de fin de course exige de la part de l'objet une force minimale qu'un objet de petite masse ne peut atteindre. De plus, le contact entre l'interrupteur de fin de course et un objet fragile risque de rayer la surface de ce dernier.

Les détecteurs de proximité possèdent des portées qui varient de l'ordre de 25 micromètres à un bout de l'échelle jusqu'à 200 mètres pour l'autre bout. Les signaux générés sont des signaux logiques tout-ou-rien. Ces détecteurs n'ont aucune pièce mécanique mobile contrairement aux interrupteurs de fin de course. Ils sont utilisés dans une foule d'applications industrielles : contrôle de présence ou d'absence de pièces, contrôle de fin de course, détection de passage de pièces, positionnement de pièces, comptage de pièces, barrages de protection, etc...

II.2. Les détecteurs de proximité à infrarouge

Les détecteurs de proximité photoélectriques (figure II.1) permettent la détection d'une cible qui affecte la trajectoire d'un faisceau lumineux.

Un détecteur de proximité photoélectrique exige un émetteur et un récepteur rayonnement lumineux. L'émetteur assure d'avoir un signal lumineux que le récepteur pourra distinguer de l'ensemble des signaux lumineux (éclairage, soleil, ...) qu'il reçoit.



Figure II.1. Détecteur de proximité photoélectrique.

L'émetteur (figure II.2) comprend un oscillateur dont le but est d'envoyer un train d'onde carrée à la diode électroluminescente (DEL). La DEL émet un signal lumineux oscillant dont la fréquence est de quelques kilohertz. C'est grâce à cette fréquence particulière que le récepteur (figure II.3) sera en mesure de distinguer ce signal lumineux dans l'ensemble du rayonnement lumineux reçu par le récepteur.

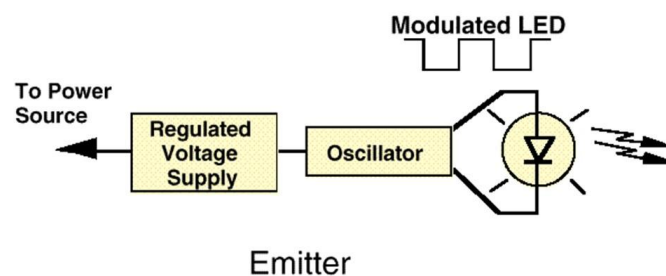


Figure II.2. Circuit de l'émetteur du faisceau lumineux.

Le phototransistor du récepteur capte la lumière qui est amplifiée pour pouvoir détecter plus facilement le signal lumineux en provenance de l'émetteur. Le démodulateur extrait le signal de l'émetteur, si celui-ci est détecté. Il peut ne pas être détecté, soit parce qu'un obstacle bloque le passage du signal lumineux, soit parce que le signal lumineux est noyé dans l'ensemble des signaux lumineux reçus par le récepteur.

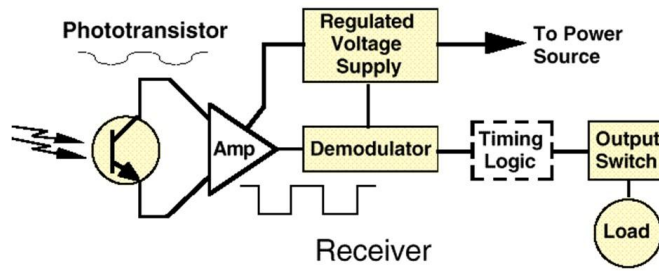


Figure II.3. Circuit du récepteur détectant le faisceau lumineux

Les diodes électroluminescentes (DEL) utilisées dans l'émetteur, émettent dans la bande de 600 à 700 nanomètres pour les DEL rouges et dans la bande de 850 à 950 nanomètres pour les DEL infrarouges (figure II.4).

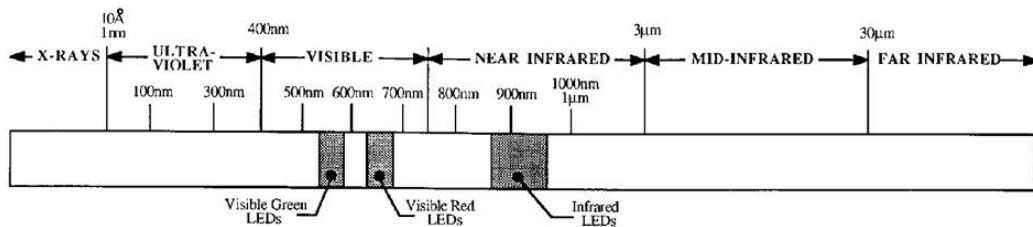


Figure II.4. Spectre électromagnétique

La figure 2.05 montre la réponse spectrale d'un phototransistor comparée aux spectres d'émission des DEL rouges et infrarouges et le spectre d'émission du soleil.

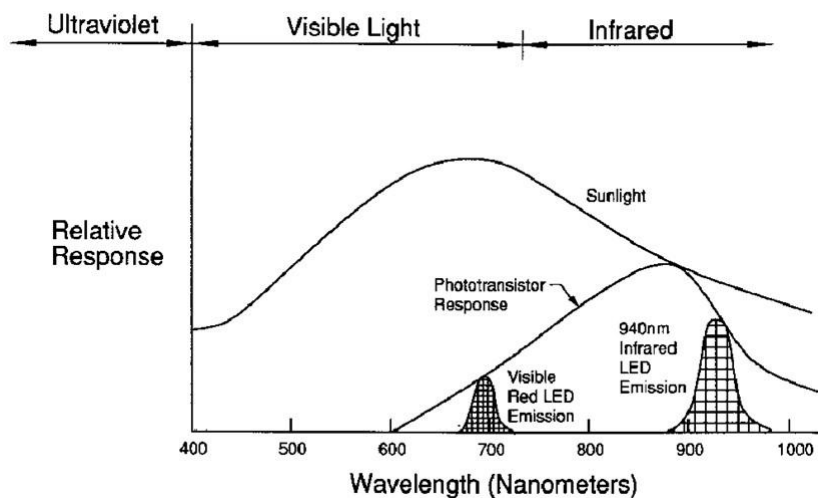


Figure II.5. Réponse spectrale d'un phototransistor et spectres d'émission des DEL

La figure 2.5 montre bien que les DEL infrarouges sont les mieux adaptées pour un détecteur de proximité optique, car le spectre d'émission possède une plus grande amplitude que les DEL rouges.

De plus, la réponse du phototransistor est meilleure dans la plage de fréquence de la DEL infrarouge. Le soleil et les autres formes d'éclairage sont des sources de perturbations de ces détecteurs.

Dans certaines applications, l'encombrement des émetteurs récepteurs peut forcer l'usage de fibre optique pour transporter le signal lumineux.

Il existe plusieurs configurations (ou méthodes) possibles pour les détecteurs de proximité infrarouge :

- La méthode de la barrière.
- La méthode rétro-réfléctive.
- La méthode diffuse.
- La méthode convergente.
- La méthode du champ fixe.
- La méthode spéculaire.
- Chacune des méthodes sera abordée dans les sous-sections qui suivent.

II.2.1. La méthode de la barrière

La méthode de la barrière consiste à mettre l'émetteur et le récepteur face à face, comme montré en figure II.6. En l'absence d'objet, le faisceau envoyé par l'émetteur est reçu par le récepteur. Lorsqu'un objet se présente, il coupe le faisceau et le récepteur ne reçoit plus de lumière. La coupure du faisceau lumineux par l'objet provoque donc sa détection.

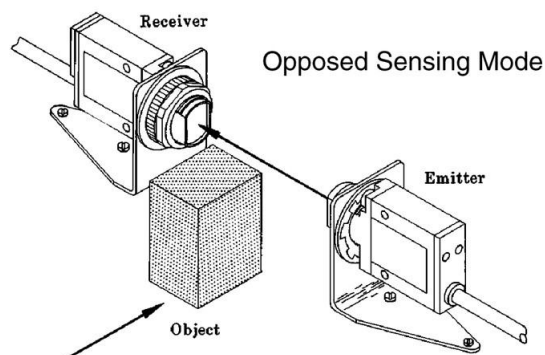


Figure II.6. Méthode de la barrière

Toutefois, l'objet doit être d'une part opaque et d'une dimension plus grande que le faisceau efficace du détecteur.

Le faisceau efficace est défini par la dimension des lentilles de l'émetteur et du récepteur qui définissent respectivement le faisceau d'émission et le champ visuel du récepteur (Figure II.7).

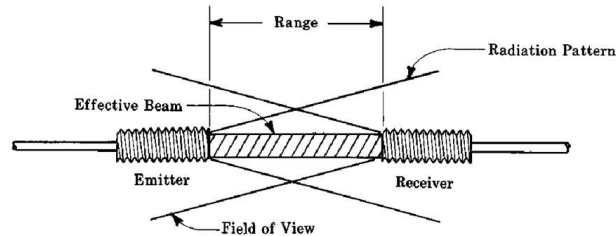


Figure II.7. Faisceau efficace et les obturateurs

Pour augmenter la précision de ce système et ainsi détecter des objets plus petits, on peut ajouter des collimateurs pour réduire la taille du faisceau efficace (Figure II.8). Toutefois, l'usage de ces collimateurs peut avoir comme conséquence de réduire la portée. Par exemple, si la lentille de 2 centimètres de diamètre, d'un émetteur, est équipée d'un collimateur ayant une ouverture de 1/2 centimètres, l'intensité lumineuse est réduite à $(1/2 \text{ cm})^2 / (2 \text{ cm})^2 = 1/16$ soit le un seizième de l'intensité lumineuse initiale. Et, cette réduction double si le récepteur est équipé identiquement.

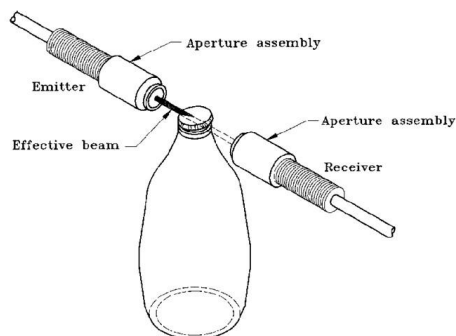


Figure II.8. Faisceau efficace ajusté par des collimateurs.

Sans collimateurs, ce système permet des portées (distance émetteur/ récepteur) jusqu'à 200 mètres (700 pieds).

II.2.2. Méthode rétro-réflexive

La méthode de la barrière implique d'avoir un récepteur et un émetteur localisés à deux emplacements différents, avec le câblage nécessaire allant à ces deux endroits. Une approche qui évite ce problème, c'est la méthode rétro-réflexive (figure II.9). L'émetteur et le récepteur sont montés dans le même boîtier et un réflecteur est utilisé pour retourner le faisceau vers le récepteur. Comme la méthode de la barrière, si le faisceau n'est pas obstrué par un objet alors le faisceau lumineux réfléchi est détecté par le récepteur. Lorsque l'objet coupe le faisceau le récepteur ne le reçoit plus et l'objet est détecté.

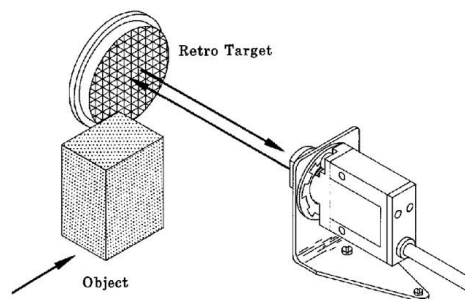


Figure II.9. Méthode rétro-réflexive

Toutefois, si l'objet possède un grand pouvoir réfléchissant, il peut ne pas être détecté car le récepteur continue à recevoir le signal lumineux émis puisque l'objet le réfléchit vers le récepteur. Si c'est le cas, on peut profiter des lois de l'optique et faire en sorte que le faisceau réfléchi par l'objet passe à côté du récepteur. Il suffit de faire en sorte que la normale de la surface (droite perpendiculaire à la surface) de l'objet soit orientée d'un angle de plus de 10° par rapport à la direction où est situé le capteur. Si cela n'est pas possible, il faut alors recourir à la méthode de la barrière.

Autre solution possible, c'est d'utiliser un détecteur de proximité infrarouge doté de filtres polarisants (figure II.10). Le faisceau lumineux émis par le capteur est passé au travers d'un filtre polarisant. Lorsque la lumière polarisée frappe le réflecteur prismatique, la polarisation subit une rotation de 90° . Un autre filtre inséré avant le récepteur laissera passer cette lumière, assurant une détection en l'absence d'obstacle.

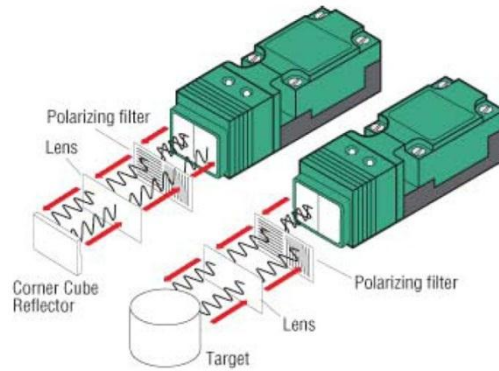


Figure II.10. Détection avec lumière polarisée.

Si un objet réfléchissant vient s'interposer devant le réflecteur, la lumière polarisée qu'il réfléchit ne subit pas cette rotation de 90° . Le filtre au niveau du récepteur stoppe cette lumière qui n'est pas polarisée correctement et ainsi, l'absence de signal lumineux implique la détection de l'objet, même s'il est très réfléchissant. Toutefois, la portée du capteur sera réduite.

La taille du faisceau efficace est déterminée par la taille du miroir prismatique utilisé. Plus le miroir est grand plus le diamètre du faisceau effectif est large. Donc, pour augmenter la précision pour pouvoir détecter de petits objets, le diamètre du miroir doit être inférieur à la taille de l'objet à détecter.

La portée des détecteurs utilisant la méthode rétro-réflexive peut aller jusqu'à environ 23 mètres. Si l'émetteur est un LASER, alors la portée peut aller jusqu'à 70 mètres.

II.2.3. Méthode diffuse

Lorsque l'objet est très réfléchissant, cela provoque des problèmes avec la méthode rétro-réflexive. Toutefois, si l'objet est réfléchissant, on peut l'utiliser comme "miroir" pour réfléchir le faisceau lumineux de l'émetteur vers le récepteur (figure II.11).

Cela correspond à une méthode dite méthode diffuse.

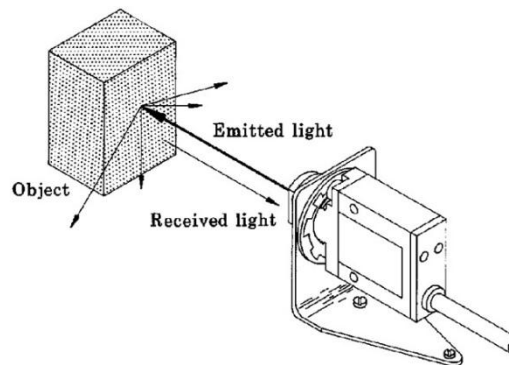


Figure II.11. Méthode diffuse

La portée est beaucoup plus faible avec les deux méthodes précédentes, elle est d'environ 1.8 mètre maximum. La portée dépend du niveau de réflectivité de la surface de l'objet. Idéalement, il faudrait que la normale de la surface de l'objet pointe vers le capteur pour maximiser la portée et faciliter la détection. La portée sera affectée par le niveau de réflectivité de l'objet. Plus la réflectivité de l'objet est faible, moins il réfléchira de la lumière vers le détecteur et plus l'objet sera difficile à détecter.

II.2.4. La méthode convergente

La méthode convergente s'applique bien aux objets translucides. Le capteur détecte l'objet lorsqu'il est aux environs du point focal, i.e., dans la zone de détection correspondant à la profondeur de champ du capteur. La portée de ce type de détecteur est de 150 millimètres (6 pouces) maximum.

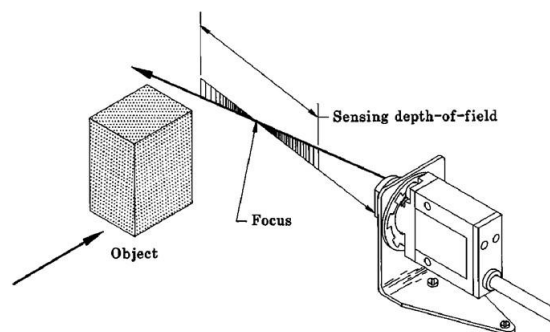


Figure II.12. Méthode convergente

II.2.5. La méthode du champ-fixe

La méthode du champ fixe s'applique bien aux objets minces, ou encore lorsque l'arrière-plan peut perturber la détection de l'objet parce qu'il est tout près. Le récepteur est équipé de deux détecteurs, l'un détectant les objets près du capteur, l'autre détectant les objets loin du capteur.

Il y a donc une distance (cut off distance) à partir de laquelle on considère l'objet trop loin. Il n'est donc pas détecté au-delà de cette distance. A une distance moindre, si l'objet est dans la zone de détection, il sera détecté puisque le détecteur R_1 est celui qui recevra la majorité de la lumière réfléchi. La portée est de 400 millimètres.

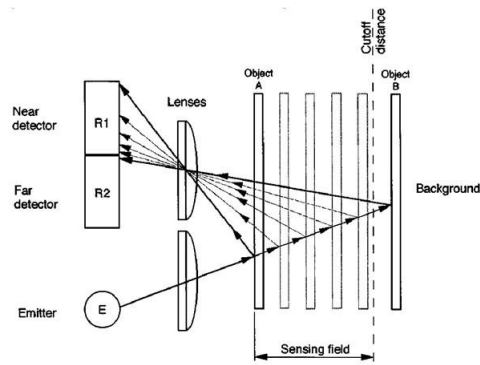


Figure II.13. Méthode du champ-fixe

II.2.6 La méthode spéculaire

La méthode spéculaire permet de détecter un objet mat (comme du tissu) sur une surface réfléchissante. La portée est de 400 millimètres maximum. Elle utilise simplement un émetteur et un récepteur, comme pour la méthode de la barrière, mais ils sont placés pour tirer profit des lois de l'optique (Figure II.14).

En l'absence d'objet, le signal de l'émetteur est réfléchi par la surface vers le récepteur. Lorsqu'un objet est présent, la quantité de lumière réfléchie est beaucoup moindre et la détection a lieu.

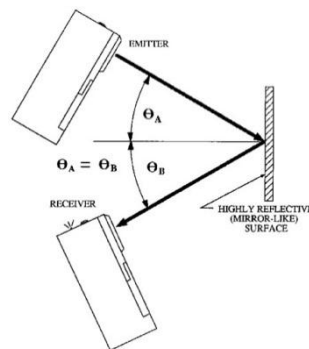


Figure II.14. Méthode spéculaire

II.3 Marge de fonctionnement, contraste et patrons

II.3.1 Marge de fonctionnement

Pour permettre un choix éclairé, les détecteurs de proximité photoélectriques ont un paramètre important, la marge de fonctionnement (en anglais : excess gain). La marge de fonctionnement est une mesure indiquant quelle puissance de détection est disponible pour le capteur photoélectrique, au-delà de la puissance requise pour détecter un objet.

La marge de fonctionnement MF s'exprime par le rapport suivant :

$$MF = \frac{\text{Energie recue au detecteur}}{\text{Seuil du comparateur}} \quad (\text{II.1})$$

Pour une portée donnée, lorsque la marge de fonctionnement est égale à 1, c'est l'énergie lumineuse reçue qui est tout juste suffisante pour être détectée dans des conditions parfaites. Pour qu'un détecteur de proximité photoélectrique puisse fonctionner correctement, la marge de gain doit être supérieure à 1.

En pratique, comme le milieu industriel n'est pas idéal, les conditions idéales sont loin d'être remplies. Les cibles minimums de marge de fonctionnement requises (ou recommandées) sont énumérées en fonction des conditions d'opération dans la Table II.1.

Marge de fonctionnement minimale requise	Environnement auquel le capteur est soumis
1.5	<u>Environnement propre</u> : aucune poussière ne se dépose sur les lentilles et réflecteurs.
5	<u>Environnement légèrement sale</u> : léger dépôt de poussière, de saletés, d'huile, de moisissures, etc. sur les lentilles ou les réflecteurs ; les lentilles sont nettoyées sur une base régulière.
10	<u>Environnement modérément sale</u> : Contamination évidente des lentilles ou des réflecteurs, mais pas totale ; les lentilles sont nettoyées de façon occasionnelle ou quand c'est nécessaire.
50	<u>Environnement très sale</u> : Contamination importante des lentilles ou des réflecteurs ; Brouillard, poussière, fumée ou film d'huile ; nettoyage minimal des lentilles.

Table II.1. Guide des cibles minimums des marges de fonctionnement en fonction de l'environnement.

Chaque détecteur photoélectrique possède une courbe de la marge de fonctionnement en fonction de la distance de la cible. La forme de la courbe varie selon la méthode de détection. Les axes des graphiques de marges de fonctionnement sont logarithmiques.

Dans le cas d'un détecteur utilisant la méthode de la barrière, cette courbe est montrée en figure II.15. C'est une droite qui croise la marge de fonctionnement de 1.0 à la portée nominale du capteur ce qui correspond ici à 60 mètres. Dans un environnement très brouillé (MF = 50), la portée se réduit à environ 8.5 mètres.

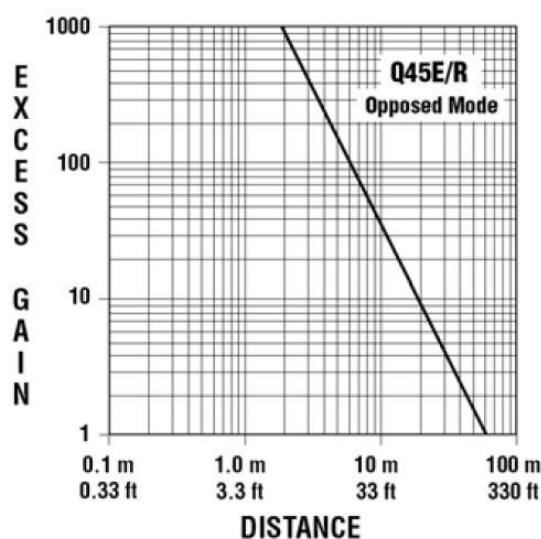


Figure II.15. Marge de fonctionnement méthode de la barrière (exemple)

Si le détecteur utilise la méthode rétro-réfléctive, la courbe ressemble à celle qui apparaît en figure II.16. La courbe s'apparente à une parabole et présente un sommet. Elle croise la ligne de marge de fonctionnement de 1 à 0.08 mètre et 9 mètres. C'est la plage de distance ou le réflecteur qui doit être localisé.

Pour un environnement modérément brouillé (MF = 10), la plage de distance se réduit à la zone de 0.2 à environ 4.2 mètres.

Si le détecteur utilise la méthode diffuse, la courbe ressemble à celle qui apparaît en figure II.17. L'axe horizontal identifie la plage de distance dans laquelle la face de l'objet à détecter doit être localisée. La portée nominale est d'environ 430 millimètres.

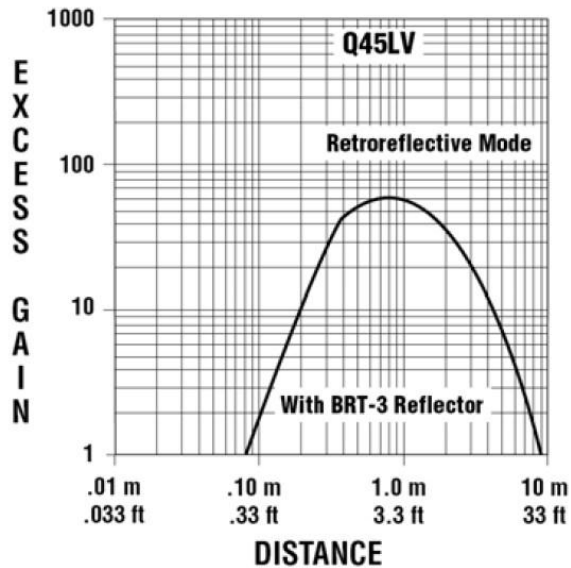


Figure II.16. Marge de fonctionnement de la méthode rétro-réfléctive (exemple).

La courbe en figure II.17 montre que le capteur n'est pas apte à fonctionner dans un environnement très brouillé, car la marge de fonctionnement maximale de ce capteur est environ de 30.

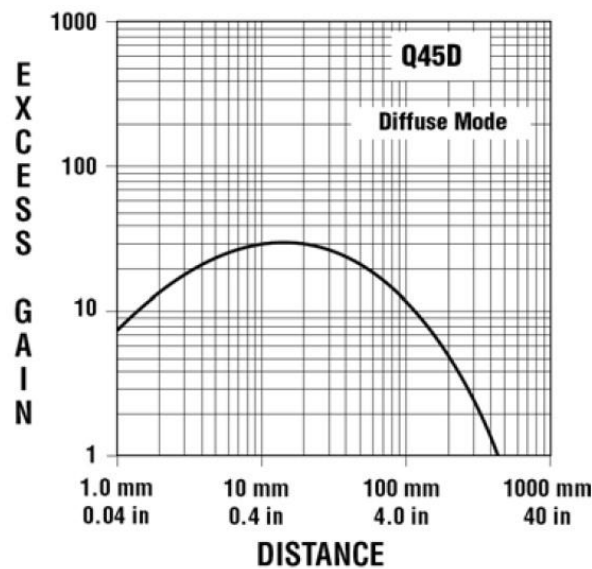


Figure II.17. Marge de fonctionnement méthode diffuse (exemple)

II.3.2 Patrons de détection

Un autre élément à prendre en compte, c'est le patron de détection du détecteur (exemple : figure II.18). La forme de ce patron dépend de la méthode de détection tout comme les courbes des marges de fonctionnement.

Dans le cas de la méthode de la barrière, la courbe (figure II.18) représente la position où devrait être localisé le récepteur par rapport à l'émetteur.

L'émetteur est localisé à la coordonnée (0,0) et le récepteur doit être localisé à l'intérieur de la zone montrée. Par exemple, si le récepteur est localisé à 36 mètres de l'émetteur, il ne devra pas être décalé de plus d'environ 1,8 mètre de l'axe de l'émetteur.

Avec ce graphique, le fabricant doit fournir une information supplémentaire : la largeur du faisceau effectif qui, pour le capteur utilisé dans l'exemple de la Figure II.18, est de 13 millimètres. Le faisceau effectif est beaucoup plus étroit que la largeur du lobe du patron de détection qui est d'environ 1.6 mètres.

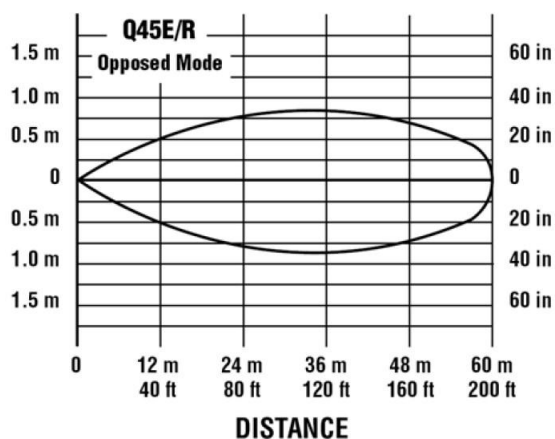


Figure II.18. Patron de détection — méthode de la barrière (exemple)

Dans le cas de la méthode rétro-réfléctive, le patron de détection identifie la localisation du réflecteur par rapport au détecteur (figure II.19). Le lobe de détection ne passe pas par la coordonnée (0,0) du détecteur. Il y a donc un angle mort ou le réflecteur ne peut être localisé, car la lumière est réfléchié principalement vers l'émetteur lorsque le réflecteur est trop proche. L'effet de cet angle mort à faible distance du miroir apparaît clairement sur la courbe de la marge de fonctionnement en figure II.16.

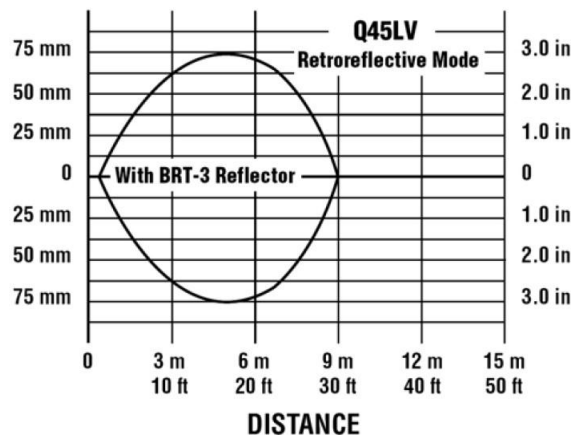


Figure II.19. Patron de détection — méthode rétro-réfléctive (exemple)

Dans le cas de la méthode diffuse, le patron de détection identifie la zone où l'objet doit être localisé pour être détecté (figure II.20). Si l'objet est à l'extérieur de cette zone, il ne sera pas détecté. Si l'objet pénètre à l'intérieur de cette zone, il ne sera pas forcément détecté. Pour qu'il le soit, il faudra qu'il puisse réfléchir une certaine quantité de lumière.

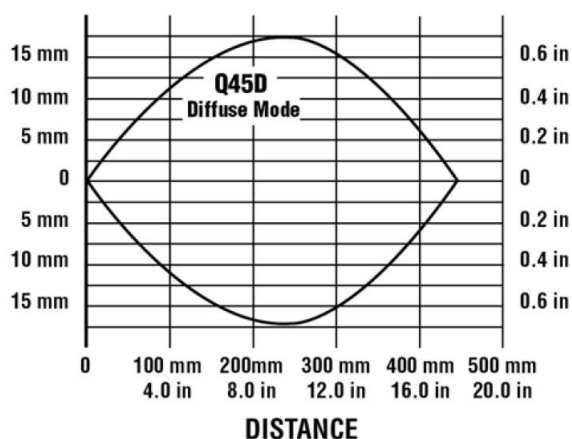


Figure II.20. Patron de détection — méthode diffuse (exemple)

La marge de fonctionnement et le patron de détection sont établis en fonction de l'environnement du détecteur optique de proximité. Il faut aussi prendre en compte la taille de l'objet à détecter, sa couleur, la texture de sa surface et sa faculté de bloquer le faisceau lumineux. Il faut aussi prendre en compte l'arrière-plan derrière l'objet.

Les courbes de marge de fonctionnement et du patron de détection d'un détecteur basé sur la méthode diffuse sont établies pour une cible de test en papier Kodak ayant une réflexion lumineuse de 90%. La table II.2 montre que la réflectivité dépend du matériel de la cible à détecter. Auquel cas, il faut le prendre en compte pour la portée du capteur et le positionnement de cette cible.

Matériel	Réfectivité (%)	Marge de fonctionnement
Papier test Kodak blanc	90 %	1
Papier blanc	80 %	1.1
Ruban-cache (masking tape)	75 %	1.2
Plastique transparent	40 %	2.3
Palette en bois (propre)	20 %	4.5
Néoprène noir	4 %	22.5
Aluminium brut	140 %	0.6
Acier inoxydable	400 %	0.2
Aluminium anodisé noir	50 %	1.8

Table II.2. Tableau des réflectivités relatives.

II.3.3. Le contraste

Le contraste est un autre élément à considérer. Le contraste permet d'évaluer si la détection sera aisée ou non. On considère deux conditions :

1. La quantité de lumière reçue en condition éclairée $Lum_{\text{éclairée}}$ (Cette lumière reçue provient de l'émetteur, du réflecteur ou de la cible – selon la méthode de détection);
2. La quantité de lumière reçue en condition non-éclairée Lum_{sombre} (Cette lumière provient de l'environnement et devrait être de plus faible intensité, parce que l'objet bloque le faisceau lumineux ou en raison de l'arrière-plan – selon la méthode de détection).

Il est exprimé par le rapport suivant :

$$\text{Contraste} = \frac{Lum_{\text{clairée}}}{Lum_{\text{sombre}}} \quad (\text{II.2})$$

Si le contraste est trop faible, il y a un grand risque de fausse détection ou de non détection de la cible. Il faut donc s'assurer d'avoir le contraste le plus élevé que possible pour assurer le fonctionnement de façon fiable du détecteur. La table II.3 énumère diverses recommandations et commentaires, en fonction du contraste. Idéalement, il faudrait donc rechercher un contraste de 3 ou plus.

Contraste	Recommandations
Inférieur à 1.2	On doit obligatoirement considérer une autre approche de détection.
De 1.2 à 2	Contraste très mauvais : Utiliser des détecteurs ayant l'option AC-coupled qui amplifient les variations brusques de luminosité. Toutefois, leur sensibilité peut être source de problèmes.
De 2 à 3	Contraste pauvre : l'environnement devrait être propre et s'assurer qu'aucune variation des paramètres de détection (couleur, distance,...) ne vienne perturber la mesure.
De 3 à 10	Bon contraste : de petites variations peuvent être tolérées sans risque d'affecter la fiabilité de détection.
Supérieur à 10	Excellent contraste : La détection reste fiable tant que la marge de fonctionnement est suffisamment élevée.

Table II.3. Recommandations à suivre en fonction du contraste

A titre d'exemple, supposez qu'un détecteur de proximité optique utilisant la méthode diffuse ait à distinguer une cible ayant une réflectivité de 60 % d'un arrière-plan ayant une réflectivité de 25 % (qui est maladroitement dans le champ de détection du capteur). Cela donne un contraste égal à $60/25$, soit 2.4. Ce contraste n'est pas très élevé, mais le détecteur pourrait quand même fonctionner, tant que la cible passe toujours à la même distance, conserve son orientation et sa couleur ne change pas. Et, tant que l'environnement reste très propre (avec une maintenance minutieuse du détecteur).

Parmi les solutions possibles, on pourrait déplacer le lieu de détection de la cible plus loin du mur (qui sera alors hors du champ de détection) ou peindre le mur avec une couleur mate ayant une réflectivité plus faible.

Dans le cas où le contraste est faible, on peut utiliser la variation de luminosité plutôt que la luminosité elle-même pour indiquer la détection d'un objet. Cette option identifiée « AC-coupled » rend le capteur plus sensible, mais cela peut causer des problèmes s'il y a trop de variations de luminosité à l'endroit où se trouve le détecteur de proximité photoélectrique.

II.4 Conclusion

Le capteur de proximité est l'une des meilleures solutions pour la détection des petits et/ou fragiles objets ayant une grande vitesse, ou, dans le cas de détection dans un milieu agressif, qui risque d'endommager les interrupteurs fin de course.

Le capteur de proximité optique reste donc l'un des meilleurs choix pour la détection des objets de toute nature, sans prêter attention aux effets qu'ils présentent, à un budget limité car le capteur optique reste beaucoup moins chère que les ultrasoniques. Le soleil et les autres formes d'éclairage sont des sources de perturbation de ces détecteurs.

Ce capteur est le mieux adapté car son spectre d'émission possède la plus grande amplitude. De plus, la réponse du phototransistor est meilleure dans la plage de fréquence de la DEL infrarouge.

Chapitre III Simulation du capteur de proximité à infrarouge.

III.1. Introduction

La simulation est un outil utilisé par le chercheur, l'ingénieur, le militaire, etc. pour étudier les résultats d'une action sur un élément sans réaliser l'expérience sur l'élément réel.

Lorsque l'outil de simulation utilise un ordinateur on parle de simulation numérique. Il a également existé des simulateurs analogiques et il a été envisagé dans les années 1970 d'en construire des stochastiques. Les chercheurs, les ingénieurs, les militaires et bien d'autres

professionnels se posent toujours la question suivante : quel est le résultat que j'obtiens si j'exerce telle action sur un élément ?

Le moyen le plus simple serait de tenter l'expérience, c'est-à-dire d'exercer l'action souhaitée sur l'élément en cause pour pouvoir observer ou mesurer le résultat. Dans de nombreux cas l'expérience est irréalisable, trop chère ou contraire à l'éthique. On a alors recours à la simulation : rechercher un élément qui réagit d'une manière semblable à celui que l'on veut étudier et qui permettra de déduire les résultats.

La simulation informatique ou numérique désigne l'exécution d'un programme informatique sur un ordinateur ou réseau en vue de simuler un phénomène physique réel et complexe (par exemple dans notre cas : conception d'un capteur de proximité à infrarouge).

Les simulations numériques scientifiques reposent sur la mise en œuvre de modèles théoriques utilisant souvent la technique des éléments finis. Elles sont donc une adaptation aux moyens numériques de la modélisation mathématique, et servent à étudier le fonctionnement et les propriétés d'un système modélisé ainsi qu'à en prédire son évolution. On parle également de calcul numérique. Les interfaces graphiques permettent la visualisation des résultats des calculs par des images de synthèse.

Ces simulations informatiques sont rapidement devenues incontournables pour la modélisation des systèmes naturels en physique, chimie et biologie, mais également des systèmes humains en économie et en science sociale. Elles permettent de limiter le risque et d'éviter le coût d'une série d'épreuves réelles (ex: essais de véhicules). Elles peuvent offrir un aperçu sur le développement d'un système trop complexe pour simuler avec de simples formules mathématiques.

La simulation numérique est utilisée pour :

- Prévoir l'état final d'un système connaissant son état initial (problème direct) ;
- Déterminer les paramètres d'un système connaissant un ou plusieurs couples (état initial - état final) (problème inverse) ;
- Préparer des opérateurs à des conditions plus ou moins rares dans leur interaction avec un système complexe (simulation d'entraînement).

Pour notre capteur on a opté pour l'utilisation du simulateur électrique PROTEUS vu sa simplicité et sa richesse en librairie.

III.2. PROTEUS

Proteus est une suite logicielle destinée à l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, les logiciels inclus dans Proteus permettent la CAO dans le domaine électronique. Deux logiciels principaux composent cette suite logicielle: ISIS, ARES, PROSPICE et VSM. Cette suite logicielle est très connue dans le domaine de l'électronique. De nombreuses entreprises et organismes de formation (incluant lycée et université) utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de l'outil, Proteus possède d'autres avantages :

- Pack contenant des logiciels faciles et rapides à comprendre et à utiliser.
- Le support technique est performant.
- L'outil de création du prototype virtuel permet de réduire les coûts matériels et logiciels lors de la conception d'un projet.

III.2.1. ISIS

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement connu pour éditer des schémas électriques. Par ailleurs, le logiciel permet également de simuler ces schémas ce qui permet de déceler certaines erreurs dès l'étape de conception. Indirectement, les circuits électriques conçus grâce à ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la majorité de l'aspect graphique des circuits.

III.2.2. ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.

III.3. Simulation numérique du capteur sur PROTEUS

Notre capteur (figure III.1) est un interrupteur de proximité capable de contrôler des charges électriques fonctionnant en continu ou en alternatif et consommant au maximum 1 ampère.

Il détecte l'approche d'une personne ou d'un objet en projetant sur eux un faisceau de lumière infrarouge et en captant les rayons réfléchis. Ses dimensions particulièrement réduites permettent de l'insérer dans un boîtier de type installation électrique.

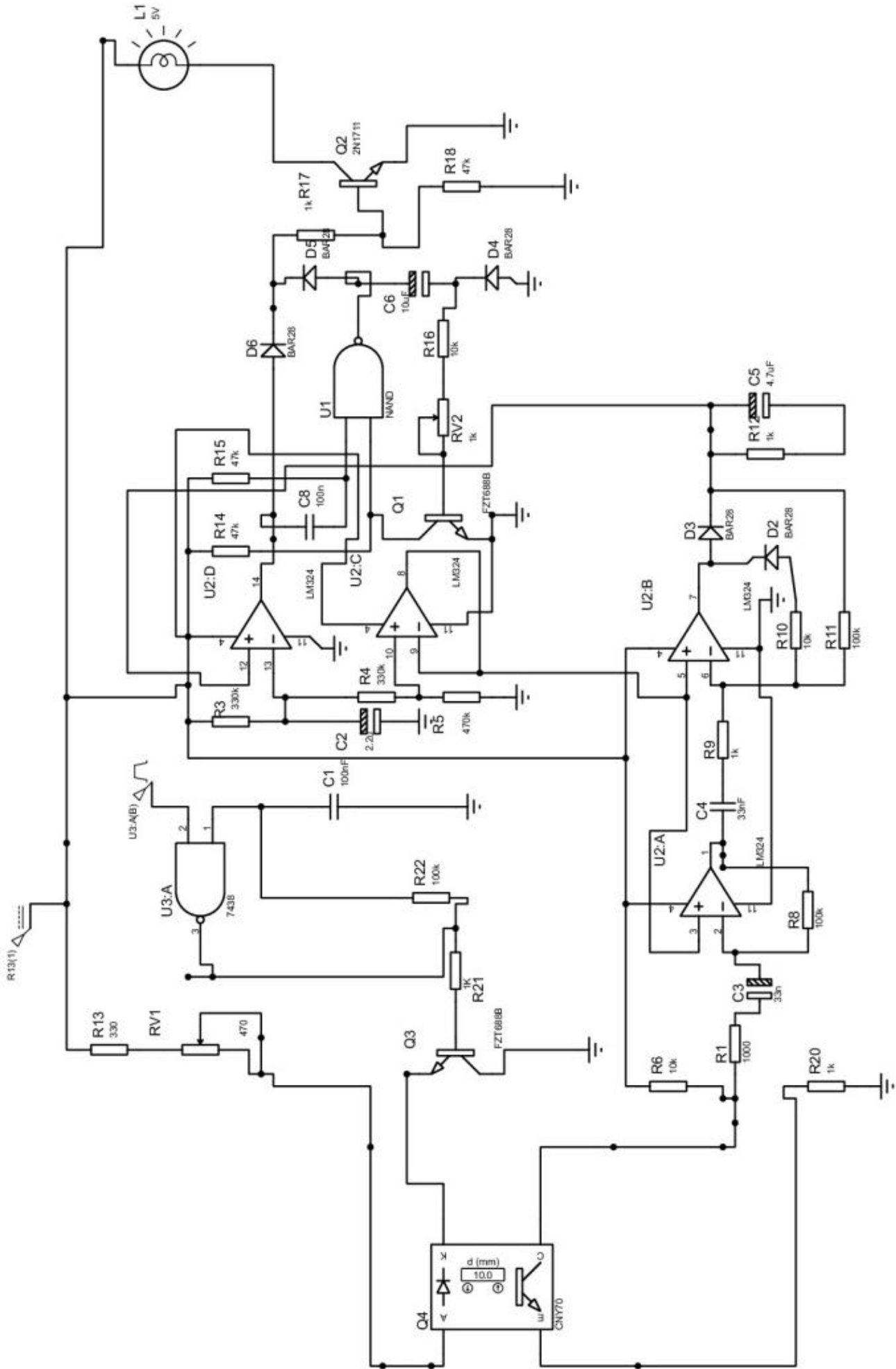


Figure III.1. Schéma électrique global du capteur

Notre capteur est constitué de plusieurs étages :

- Etage 01 : Alimentation.
- Etage 02 : Emetteur.
- Etage 03 : Récepteur.
- Etage 04 : Commande.

III.3.1. Etage 01 : Alimentation

Comme notre source d'énergie est une tension alternative (AC) de 230 volts et nos circuits fonctionnent en tension continue (DC) de 12 volts, alors une bonne régulation est indispensable au bon fonctionnement de notre capteur.

Cet étage est constitué des composants suivants, comme indiqué dans la figure III.1 :

- 01 transformateur 1VA (TF1).
- 01 pont de diode (PT1).
- 01 régulateur 7812 (U3).
- 02 électrolytiques (C10, C9).
- 02 capacités (C11, C6).

L'alimentation est prise directement sur le secteur 230 V à travers le transformateur de 1 VA (TF1), le secondaire du transformateur est relié aux entrées du pont de diodes (PT1) redressant l'alternatif pour restituer une forme d'onde composée d'impulsions sinusoïdales toutes positives.

Les électrolytiques (C9 ; C10) et les capacités (C6 ; C11), placées en aval du pont, filtrent ces impulsions et donnent finalement une composante continue, alimentant la totalité du circuit. Le régulateur U3 est un 7812 : il fournit les 12 V biens stabilisés (figure III.2.b) destiné aux autres étages du circuit.

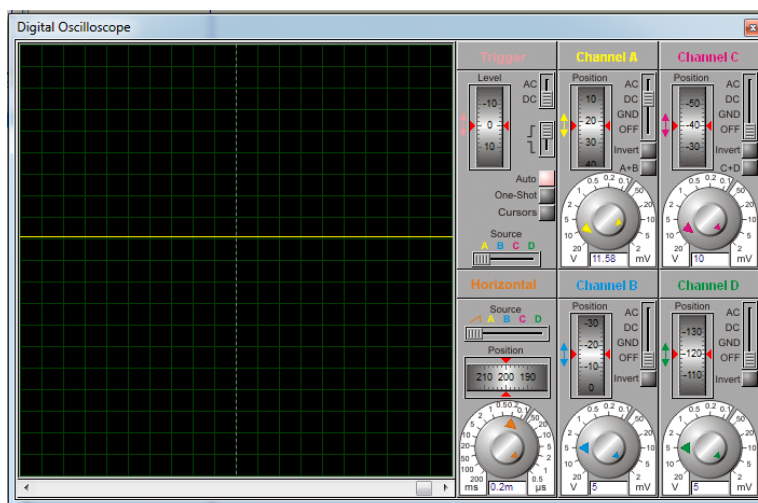


Figure III.2.a réponse à la sortie du premier étage.

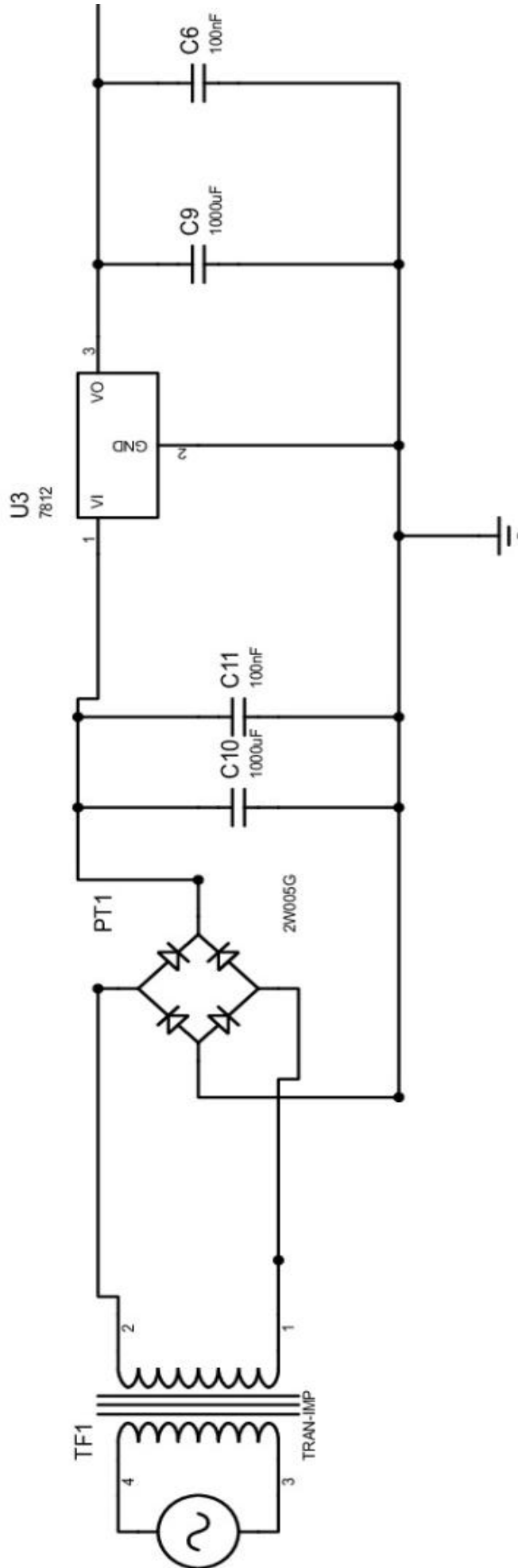


Figure III.2.b. Schéma du premier étage du capteur

III.3.2 Etage 02 : Emetteur

L'émetteur dans notre circuit est chargé de fournir un faisceau lumineux codé pour une future détection par le récepteur. Il est constitué des composants suivants, comme indiqué dans la figure III.3.a :

- Un générateur d'ondes rectangulaires à 1 kHz, obtenues avec :
 - Une porte logique NAND U2a (le quart du circuit intégré CMOS 4093).
 - Un transistor bipolaire NPN.
- Un potentiomètre R1.
- 03 résistances R13, R21 et R22.
- 01 LED infrarouge.

L'émetteur se compose essentiellement d'une LED infrarouge, modulée par les impulsions d'un générateur d'ondes rectangulaires à 1 kHz (Figure III.3.a), obtenues avec une porte logique U2a (un quart de circuit intégré CMOS 4093) configurée comme multivibrateur astable. Sa sortie pilote la base du transistor T1, monté en amplificateur de courant et nécessaire pour fournir à la LED le courant qu'une gâchette CMOS ne peut fournir. R13 et le trimmer R1 limitent le courant dans la diode : le trimmer, en particulier, permet de régler à volonté (dans certaines limites) le courant, de manière à obtenir un contrôle efficace de la portée du détecteur. En effet, la valeur du courant traversant la LED détermine l'intensité des rayons infrarouges que ce composant irradie vers l'extérieur et par conséquent, pour un même objet proche et à la même distance, l'intensité du faisceau infrarouge réfléchi atteignant le phototransistor.

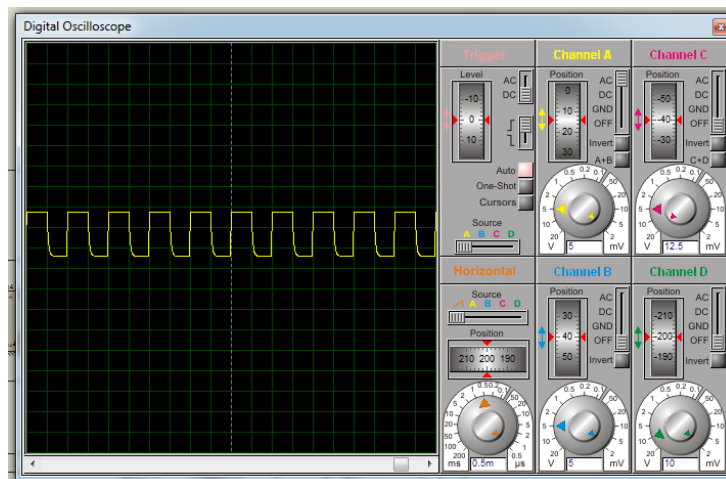


Figure III.3.b. Signal émis par la LED infrarouge LD1.

III.3.3. L'étage 03 : Récepteur

Le récepteur est chargé dans notre circuit de l'interception du signal émis par l'émetteur et du conditionnement de ce dernier pour une exploitation finale par l'étage commande. Il est constitué des composants suivants, comme indiqué dans la figure III.4.a :

- 01 phototransistor sensible aux rayonnements infrarouges.
- 01 circuit LM324 intégrant 4 amplificateurs opérationnels U1c, U1d, U1b et U1a.
- 02 électrolytiques C2 et C5.
- 02 capacités C3, C4.
- 11 Résistances R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12 et R20.

Quand le corps à détecter s'approche, selon ses caractéristiques (masse, couleur, etc.), il reflète une partie des rayons infrarouges qui iront couvrir la surface sensible du phototransistor : celui-ci est alors le siège d'un courant inverse de la jonction base/collecteur, ce qui implique une augmentation du courant de collecteur et par conséquent une chute de tension entre R6 et la masse. Cette chute de tension n'est pas constante mais suit l'allure des impulsions produites par la porte U2a (cité dans l'étage précédent), étant donné que la LED émet des impulsions infrarouges et non une lumière constante. Donc le collecteur du phototransistor répète un peu l'allure du signal pilotant la LED (figure III.4.b) et produit à son tour des impulsions de phase opposée (abaissements et chutes de tension) amplifiées par l'amplificateur opérationnel U1c : ce dernier, monté en inverseur, amplifie et inverse le signal, puis restitué à C4 une composante en phase avec celle émise. L'onde en découlant est ensuite amplifiée et redressée par U1d : cet étage fournit à la cathode de la diode D3 une tension continue proportionnelle à l'amplitude des impulsions, tension comparée, par le comparateur U1a, avec une tension continue de référence. Quand l'amplitude des impulsions dépasse celle de la tension de référence, la broche 1 du comparateur prend le niveau logique haut (1), alors qu'elle reste à 0 logique dans le cas contraire.

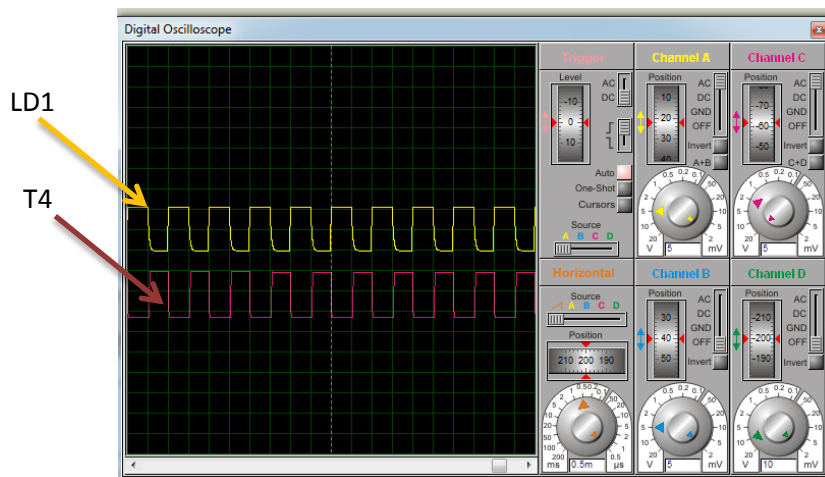


Figure III.4.b. Prise de signal de LD1 et T4.

Le seuil de comparaison a été inséré pour faire en sorte que le circuit ne soit sensible qu'aux rayons infrarouges d'une certaine intensité. En effet, en dessous d'une certaine valeur, le comparateur reste bloqué, sortie à zéro, alors qu'en dessus il peut lancer la commande.

L'amplificateur opérationnel U1b, monté en "buffer", a un gain unitaire : son entrée non-inverseuse est polarisée par un potentiel donné par le pont R3/R4/R5, tension atteignant la broche 7 et fournissant la référence aux entrées non inverseuses des amplificateurs opérationnels U1c et U1d.

Le rôle de cette référence est de porter la tension de sortie, au repos, à une valeur permettant l'oscillation maximale dans les deux demi-ondes du signal. Comme le LM324 est alimenté par une tension simple, si les entrées non inverseuses étaient mises à la masse, les amplificateurs opérationnels ne pourraient rien restituer d'autre que la demi-onde positive, ce qui produirait une distorsion inacceptable du signal amplifié.

III.3.4 Etage 04 : Commande.

Ce dernier étage est chargé de la commande d'une puissance (moteur, lampe...), par la collaboration d'un multivibrateur monostable et d'un transistor. Il est constitué des composants suivants, comme indiqué dans la figure III.5:

- Un multivibrateur monostable composé de :
 - La porte logique NAND U2b.
 - Le transistor T2.
 - La résistance R16 et le potentiomètre R2.
 - L'électrolytique C7 et le capacité C8.
 - Les diodes D4, D5 et D6.
- Un transistor T3.
- Une lampe L1.
- Quatre résistances R14, R15, R16 et R17.

Le multivibrateur monostable réalisé avec la porte NAND U2b et le transistor T2 déclenche quand la broche 1, après être passée de 0 à 1 logique, repasse à 0.

La sortie de U2b prend l'état logique haut (1) et le garde le temps nécessaire pour que l'électrolytique C7 se charge, ce qui porte la base de T2 au niveau logique bas (0).

Quand cela arrive, le monostable se remet à zéro. Avec C7 déchargé, la sortie de la porte NAND U2b reste au niveau logique haut (1) et sature T3, dont le collecteur alimente la lampe L1.

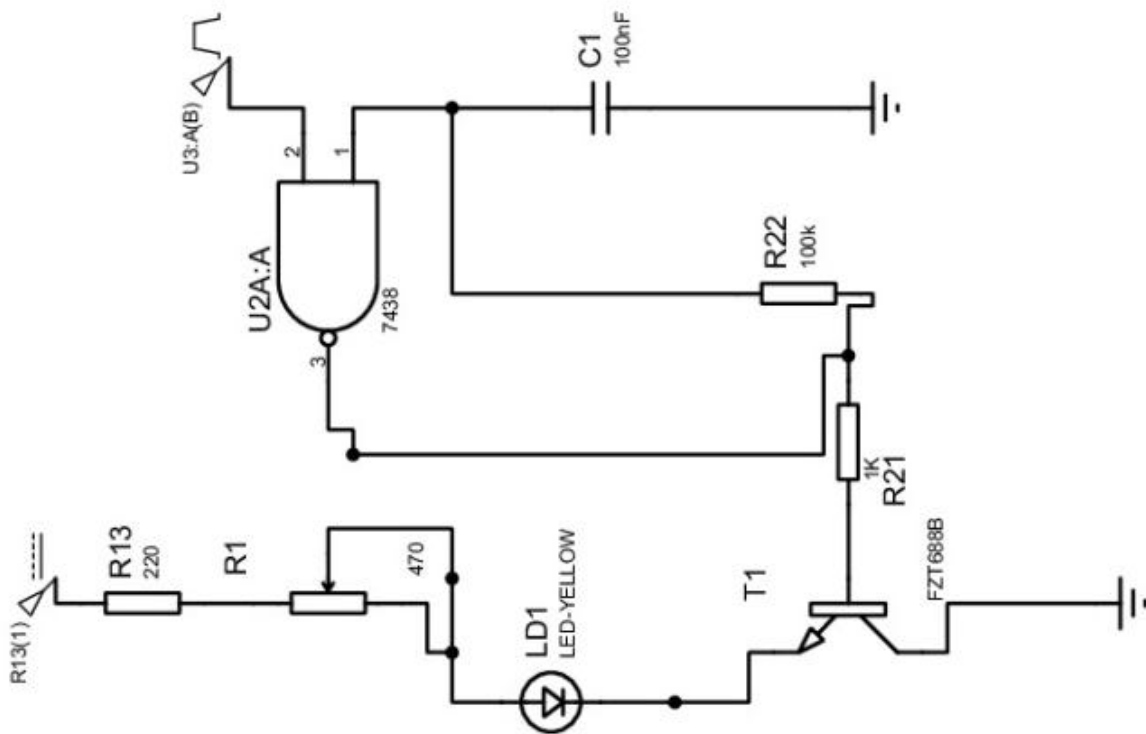


Figure III.3.a. Schéma électrique du deuxième étage du capteur.

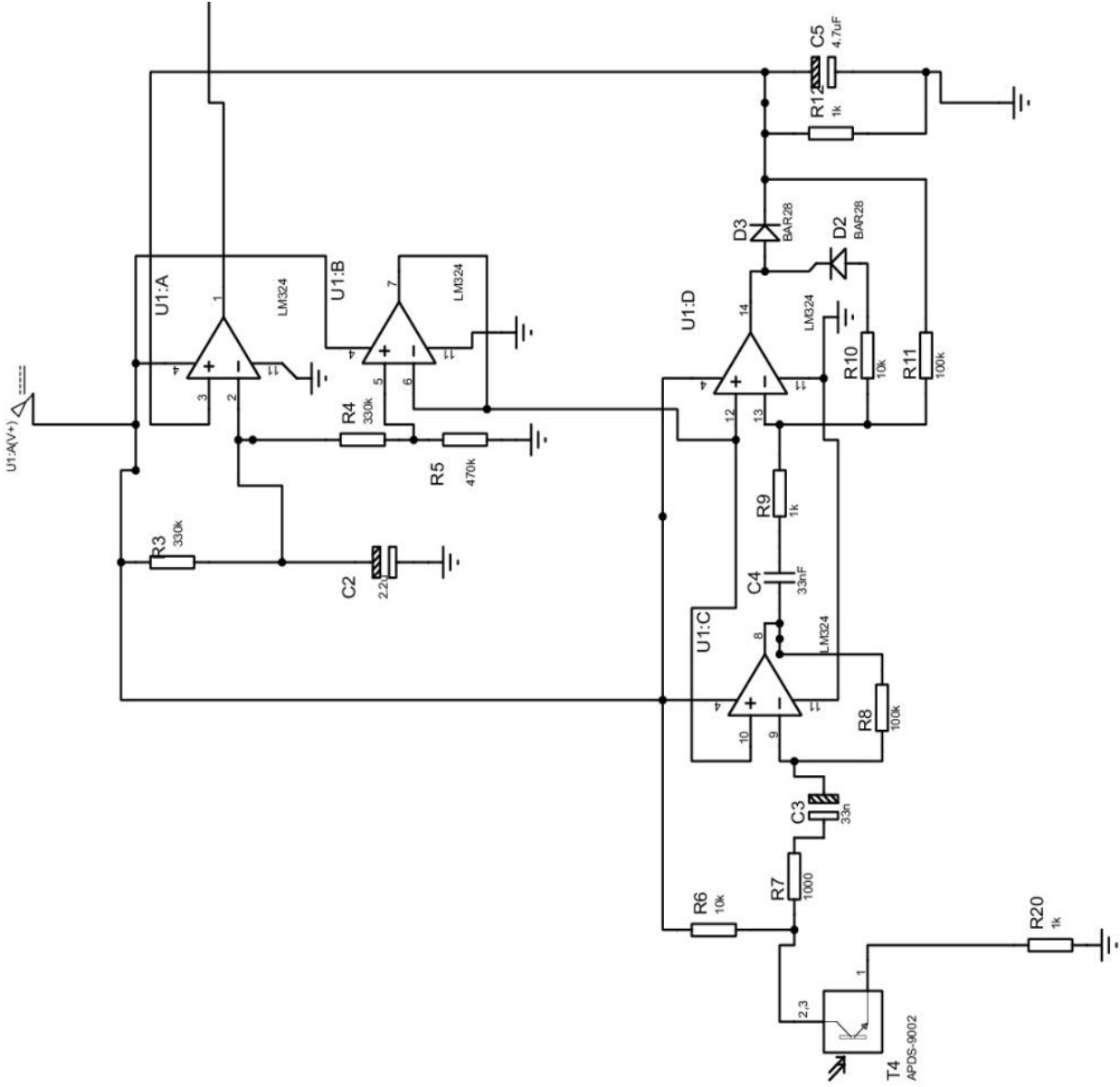


Figure III.4.a. Schéma électrique du troisième étage du capteur.

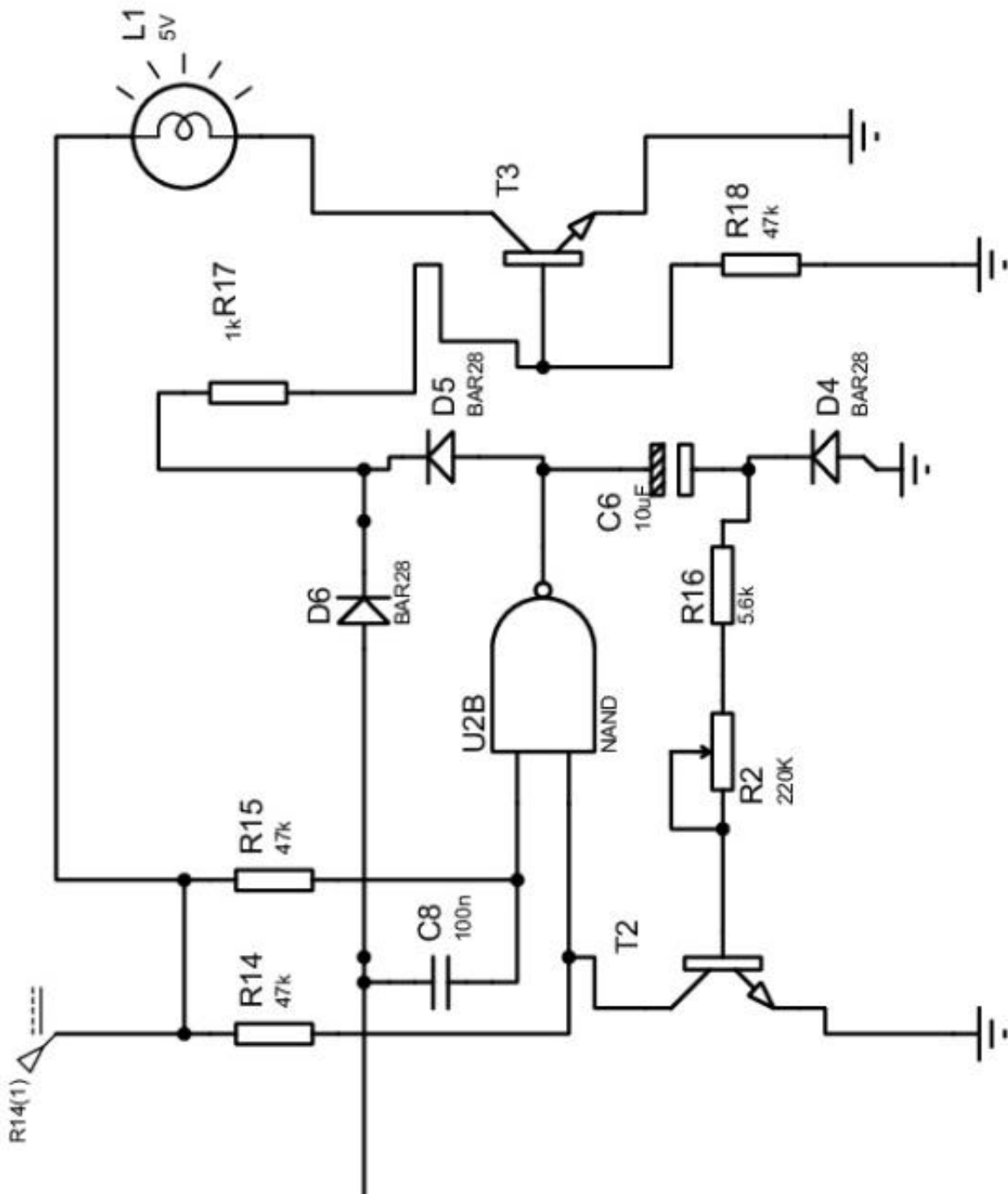


Figure III.5. Schéma électrique du dernier étage du capteur.

III.4. Conclusion

La simulation nous a permis de réaliser virtuellement notre capteur, d'étudier son fonctionnement et de confirmer la faisabilité du montage. Ceci nous a aidés à gagner en matière de temps et de coût, ainsi de déterminer nos besoins pour procéder aux choix des composants.

En étudiant le comportement de notre montage on peut améliorer ses performances telles que sa portée de détection, sa sensibilité et son immunité aux perturbations.

Chapitre IV

Réalisation pratique du capteur de proximité à infrarouge.

IV.1. Introduction

La simulation sur PROTEUS nous a permis de confirmer la faisabilité du montage et non sa réussite. Seule la réalisation pratique du capteur qui pourra déclinier cette incertitude.

Le choix des composants est primordiale, pour cela une bonne détermination des besoins est indispensable afin de concevoir un capteur à un rapport qualité-prix optimal.

IV.2. Détermination des besoins

Le capteur qu'on va réaliser doit répondre aux exigences du *cahier des charges*

- Alimentation : 220-230v AC 50Hz.
- Sensibilité : tous types d'objet de toutes les couleurs.
- La portée : quelques centimètres.
- Temps de réponse : < 1ms.
- Dimension : 11x8.5x7 cm.

IV.3. Liste des composants

Afin de répondre aux exigences citées au-dessus, on a opté pour le choix des composants suivants :

a- Les résistances (figure IV.1)

R1 = 470 Ω	R6 = 10 k Ω .	R11 = 100 k Ω .	R16 = 5,6 k Ω .	R21 = 1 k Ω .
R2 = 220 k Ω	R7 = 1 k Ω .	R12 = 1 k Ω .	R17 = 1 k Ω .	R22 = 100 k Ω .
R3 = 330 k Ω .	R8 = 100 k Ω	R13 = 220 Ω .	R18 = 47 k Ω .	
R4 = 330 K ω	R9 = 1 k Ω .	R14 = 47 k Ω .	R19 = 4,7 k Ω .	
R5 = 470 k Ω .	R10 = 10 k Ω .	R15 = 47 k Ω .	R20 = 1 k Ω .	

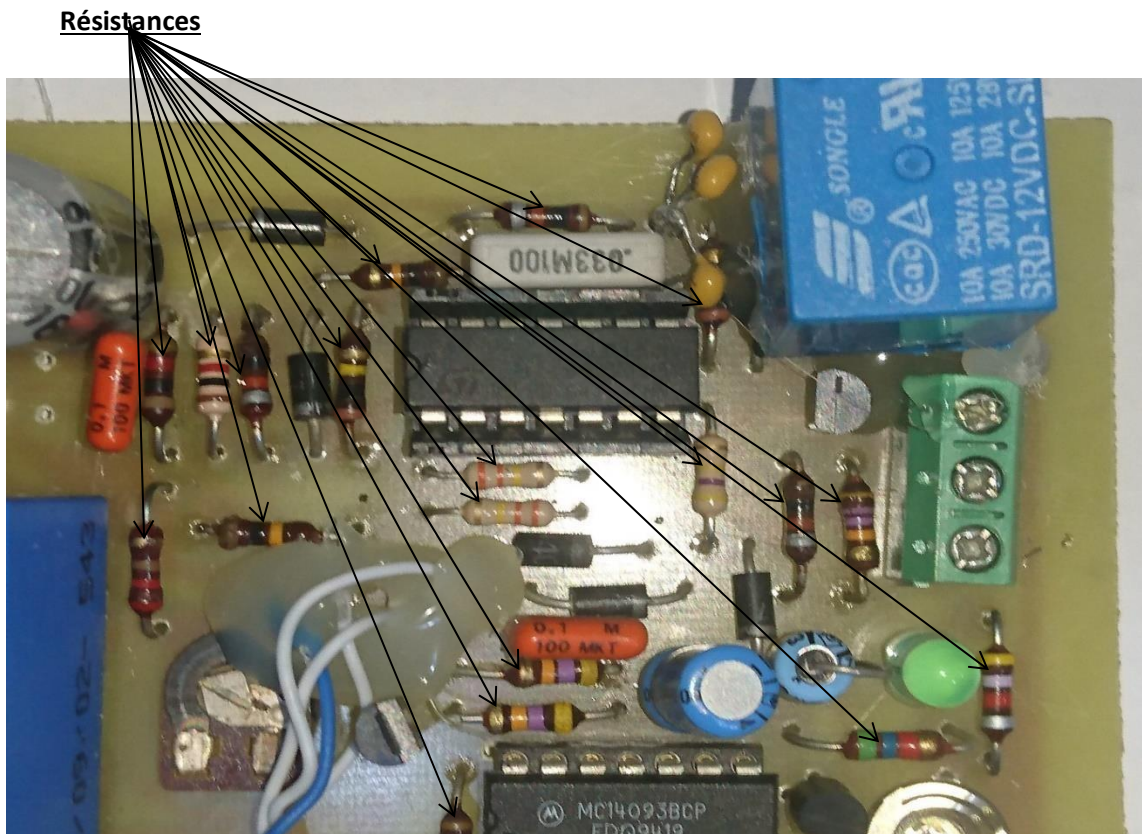


Figure IV.1 Circuit réel du capteur (1).

b- Les capacités : (figure IV.2)

C1 = 100 nF multicouche.

C2 = 2,2 μ F 100 V électrolytique.

C3 = 33 nF 100 V polyester.

C4 = 33 nF 100 V polyester.

C5 = 4,7 μ F 100 V électro.

C6 = 100 nF multicouche

C7 = 10 μ F 63 V électrolytique.

C8 = 100 nF multicouche

C9 = 1000 μ F 16 V électrolytique.

C10 = 1000 μ F 25 V électrolytique.

C11 = 100 nF multicouche

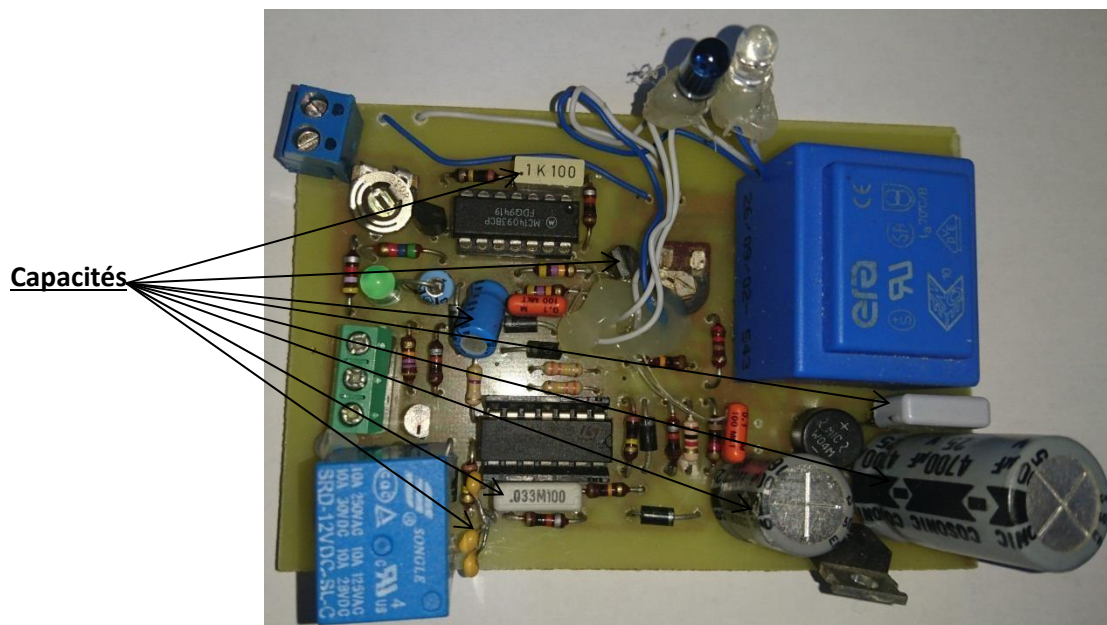


Figure IV.2 Circuit réel du capteur (2).

c- LEDs et diodes (figure IV.3)

LD1 = LED Infrarouge OP298B.

LD2 = LED 5 mm jaune.

D1, D2, D3, D4, D5 et D6 = 1N4007.

PT1 = Pont de diodes.

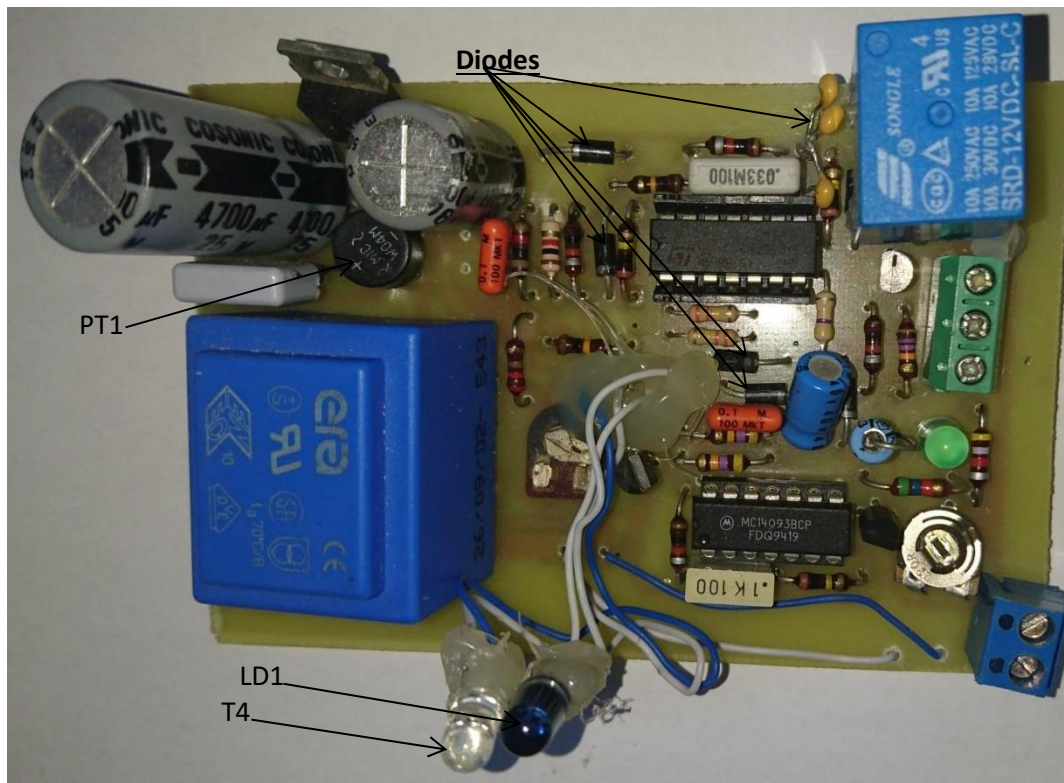


Figure IV.3 circuit réel du capteur (3).

d- Circuits intégrés : (figure IV.4).

U1 = LM324 intégrant les 4 amplificateurs U1a, U1b, U1c et U1d.

U2 = 4093 intégrant les deux porte NAND U2a et U2b

U3 = 7812 Régulateur de tension 12v.

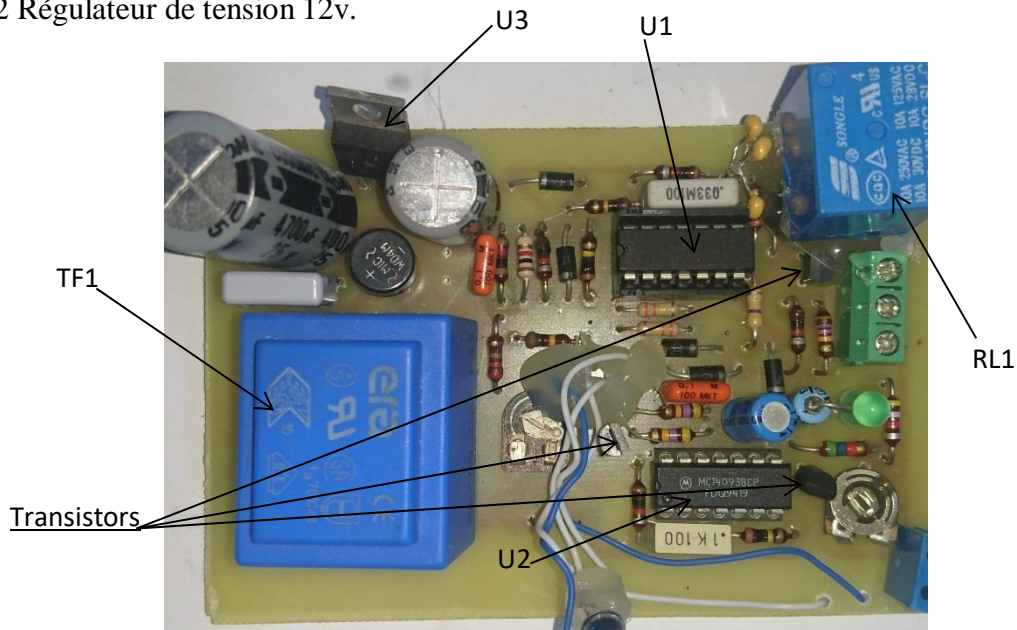


Figure IV.4 circuit réel du capteur (4).

e- Les transistors : (Figure IV.4)

T1, T2, T3 et T4 = BC547.

f- Le relai : (Figure IV.4)

RL1 = Relais 12 V.

g- Le transformateur : (Figure IV.4)

TF1 = Transfo. 230 V/15 V.

h- Divers :

1 Bornier 2 pôles

1 Bornier 3 pôles

2 Supports 2 x 7

Toutes les résistances sont des 1/4 de watt, avec tolérance de 5 %.

IV.4. Réalisation pratique du circuit :

Figure IV.5.a. Photo réelle du capteur.

Maintenant nous pouvons passer à la réalisation pratique du circuit (figures IV.5.a et IV.5.b). Le montage prend place sur un circuit imprimé taillé pour pouvoir être logé dans un boîtier plastique standard.

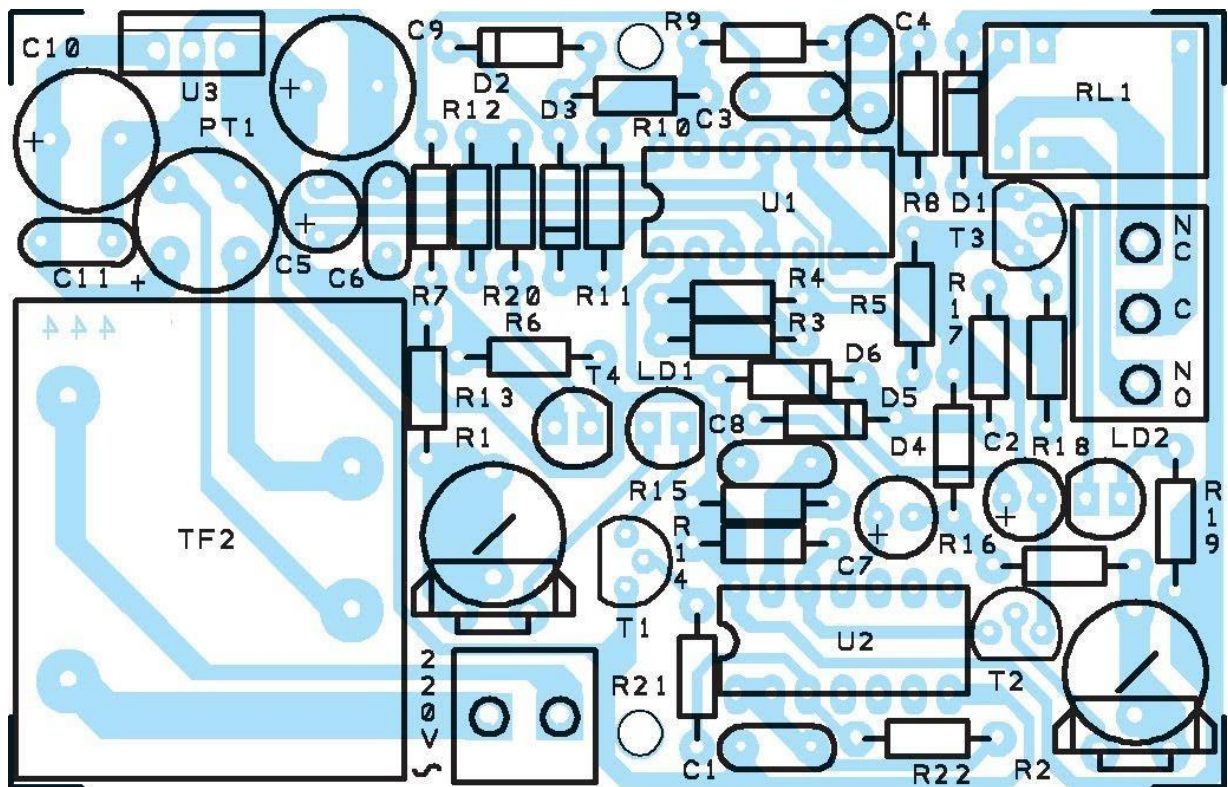


Figure IV.5.b. Schéma d'implantation des composants du capteur de proximité à infrarouges.

IV.4.1 Gravure à l'aide d'une insoleuse UV (Figure IV.6)



Figure IV.6. Gravure à l'aide d'une insoleuse UV.

A- Préparation matériel

La mise en œuvre de cette méthode nécessite une carte stratifiée photosensible (positive ou négative), une insoleuse à rayons ultraviolets, une feuille de papier transparent et de l'eau distillée.

B- Préparation du typon

La préparation du typon se fait sur une feuille transparente. Avec une imprimante laser, après impression du schéma de connexion sur la feuille, on pose la face imprimée du papier transparent sur la face cuivrée de la carte et on les place dans l'insoleuse ultraviolet (Figure IV.7).

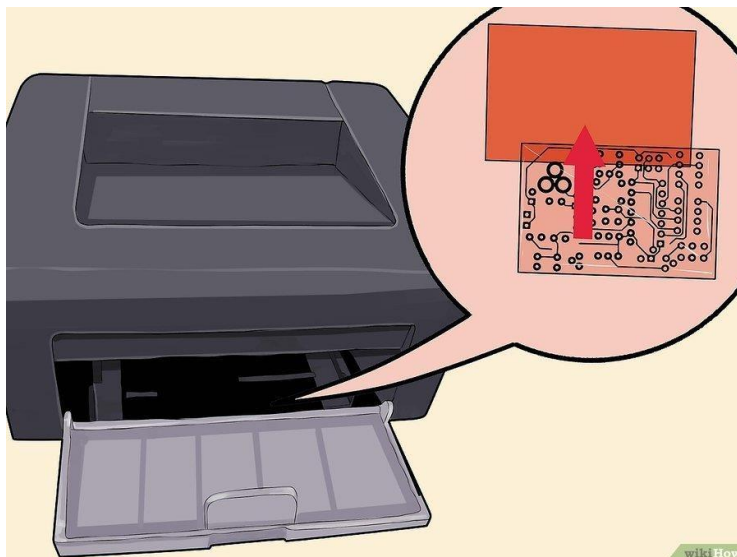


Figure IV.7. Impression du schéma.

Une fois la carte placée dans l'insoleuse on met en route cette dernière qui à son tour va agir sur la carte pendant le temps nécessaire. La plupart des insoleuses sont équipées d'une minuterie réglable. Généralement, une durée d'exposition comprise entre 15 et 20 minutes est largement suffisante (Figure IV.8).



Figure IV.8. Insoleuse ultraviolet.

À la fin de l'opération, on fait sortir la carte de l'insoleuse. On la Nettoie du côté cuivré avec le révélateur photo, puis la rincer avec de l'eau distillée avant de l'immerger dans le réactif d'attaque. Les parties détruites par les rayons ultraviolets seront gravées par l'acide. Pendant l'immersion de la

carte dans le réactif, faire remuer la solution toutes les 3 à 5 minutes est fortement conseillé. Une fois terminée (quand tout le cuivre superflu aura disparu sous l'effet de l'acide) on nettoie la carte et on enlève ce qui reste du typon en utilisant des dissolvants et du papier de verre à grains fins (Figure IV.9).

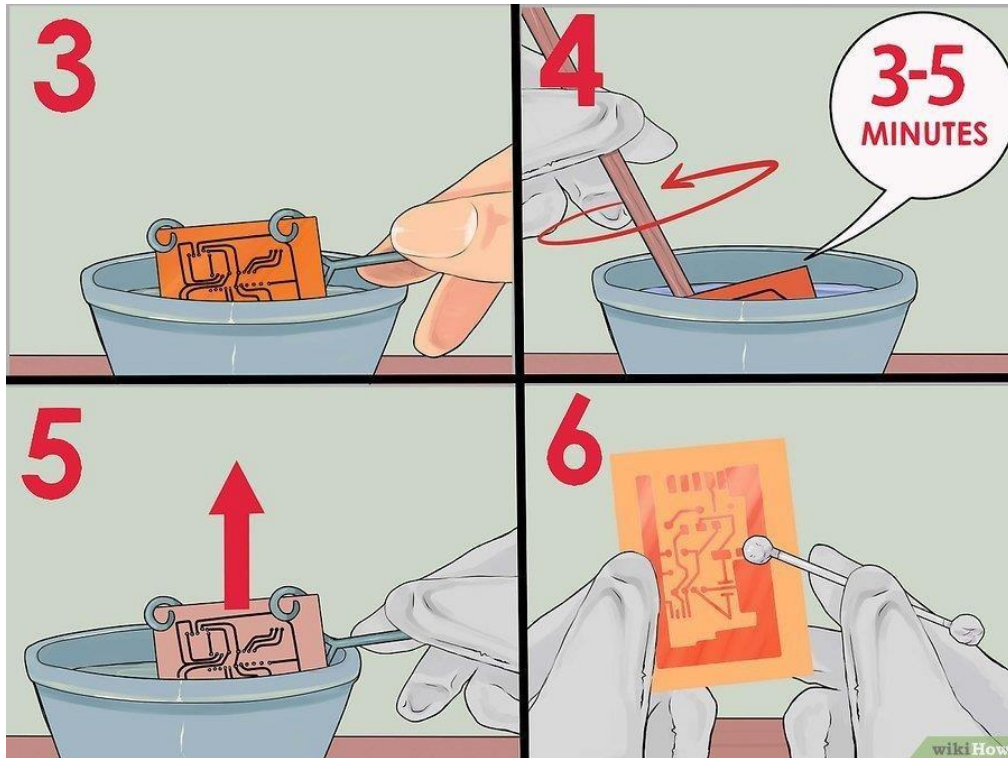


Figure IV.9. Immersion de la carte dans le réactif

C- Finition de la carte

Quand le circuit imprimé est gravé et percé, avant de monter les composants, on vérifie d'abord qu'aucun court-circuit entre pistes proches ne nous a échappé : n'oublions pas que ce montage sera relié au secteur 230 V ! (Figure IV.10).

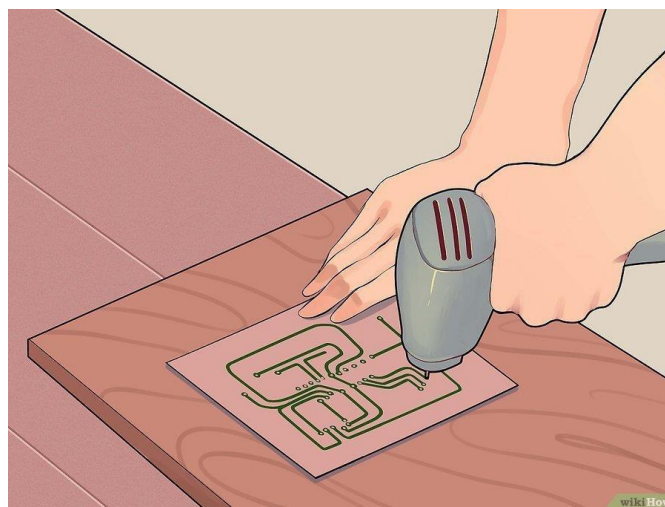


Figure 4.10. Perçage de la carte.

Si tout va bien de ce côté-là, les composants sont placés et soudés par ordre suivant : (Figure IV.11).

- 1- Les supports des circuits intégrés 2 x 7 broches, puis les résistances et les diodes sont soudés en premier (en respectant leur polarité).
- 2- Ensuite les condensateurs polyester,
- 3- Les multicouches
- 4- Les électrolytiques (en respectant leur polarité, la patte la plus longue est le +).
- 5- Les transistors, méplat tourné dans le bon sens.
- 6- Les leds (la jaune et l'infrarouge) et le photo-transistor en faisant bien attention à la polarité : la cathode des led est la patte la plus longue (correspond au méplat, parfois peu visible), le photo-transistor a la forme d'une led infrarouge, il ne comporte que deux pattes et son émetteur correspond au méplat de son boîtier plastique. Le photo-transistor et la led infrarouge sont à souder debout et en gardant les pattes les plus longues possible : tous deux seront à orienter dans la même direction.
- 7- Les composants restants : les deux trimmers, le relais, le régulateur 7812 (debout, sans dissipateur, fond métallique tournés vers l'extérieur) et le pont de diodes.
- 8- Le transformateur et les deux borniers à deux et trois pôles.
- 9- Les deux circuits intégrés enfoncés doucement sans les intervertir et dans le bon sens (repère-détrompeurs en U vers la gauche).

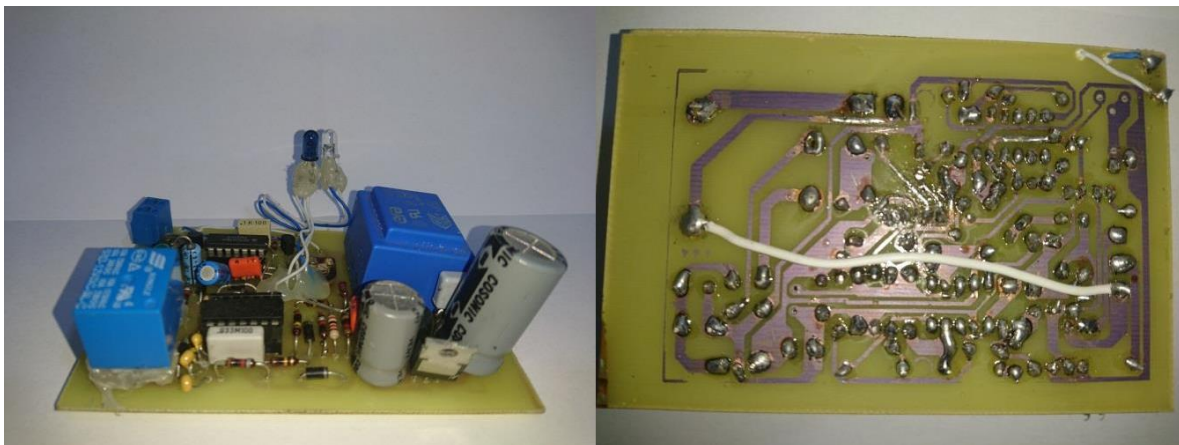


Figure IV.11. Photo des deux faces de la carte après soudage des composants.

Enfin notre capteur est réalisé, mais pour qu'il soit prêt à être utilisé il doit passer par une série de test et de réglage.

IV.5. Essais et les réglages

Une fois le montage installé et fixé dans son boîtier plastique. Il ne nous reste plus qu'à le relier à l'alimentation par l'intermédiaire d'un cordon secteur 230 V. Les deux fils du cordon sont à relier au bornier à deux pôles en plaçant un interrupteur bipolaire en série dans le neutre.

Quand l'installation dans le boîtier est terminée, on branche le cordon secteur 230 V et on abaisse le levier de l'interrupteur. On approche notre main lentement du couple LED infrarouge/phototransistor jusqu'à entendre le relais se déclencher et voir s'allumer la LED jaune LD2. On définit la distance de déclenchement souhaitée en opérant sur la position du curseur du potentiomètre R1.

Remarque : pour un maximum de résistance insérée, on obtient la sensibilité minimale et vice versa.

L'autre potentiomètre R2 nous permet de régler la durée pendant laquelle le relais va rester exciter à chaque détection.

Remarque : pour un minimum de résistance insérée, on obtient un délai minimal et vice versa.

Notre capteur est maintenant fonctionnel, il reste juste à le relier à une machine à commander (par exemple : sèche main.).



Figure IV.12. Allure finale du capteur (circuit+boîtier+secteur d'alimentation).

IV.6. Conclusion

La réalisation de ce modeste capteur nous a permis d'appliquer nos connaissances acquises durant tout notre cursus scolaire et universitaire ainsi d'en acquérir de nouvelles techniques et compétences. Elle nous a transportés du monde de la théorie à un monde peu étrange pour nous qui est la pratique.

L'expérience vaut mieux que toutes les leçons qu'on peut nous donner, mais elle nous coûte aussi quelquefois bien cher.

« Qui ne sait pas faire usage de sa propre expérience ne paraît guère porté à profiter des leçons des autres. »

**David Augustin de Brueys ;
Les amusements de la raison (1721)**

Conclusion générale

Les capteurs de proximité photoélectriques ont accaparé une grande part du marché comparant aux autres capteurs de détection sans contact. Cela est dû à leur simplicité d'utilisation et à leur coût qui reste néanmoins beaucoup plus attractif que les capteurs à ultrason.

Parmi ces capteurs photoélectriques on trouve ceux à infrarouges, qui sont les plus utilisés, vu leur exploitation des rayonnements infrarouges, qui ont une largeur d'onde qui varie entre 850 nm et 950 nm, et la grande disponibilité des LED infrarouge.

Les capteurs de proximité à infrarouge permettent la détection de tout objet de n'importe quelle nature et de n'importe quelle couleur. Sauf que le soleil et la lumière perturbent cette détection, parce qu'ils atténuent le signal basse fréquence en provenance de l'émetteur.

Perspectives

La performance d'un capteur de proximité à infrarouge se résume dans sa portée et sa précision de détection.

Pour améliorer sa portée de détection, on propose:

a- D'intensifier le faisceau lumineux émis : la portée peut être multipliée en multipliant les LED d'émission infrarouge (figure 1) ; car cela augmentera l'intensité de la lumière émise.

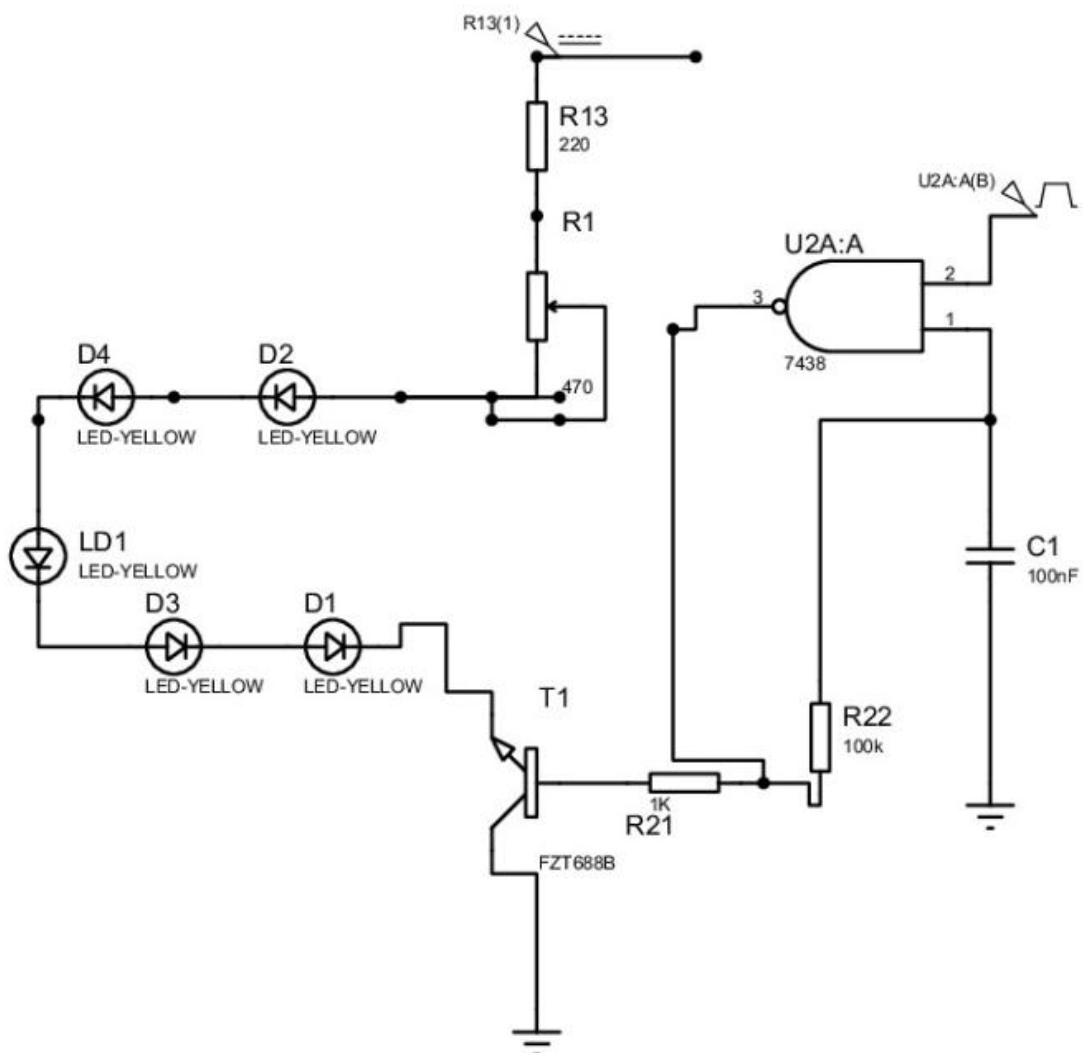


Figure 1. Emission intensifiée.

- b- D'utiliser un réflecteur récupéré, par exemple, sur une lampe torche de bonne qualité.
- c- D'opter pour la méthode de la barrière décrite précédemment dans le chapitre II (page 14).

Pour améliorer sa précision, on propose :

- a- D'acheter le phototransistor le plus sensible du marché.
- b- D'opter pour l'utilisation d'un collimateur comme illustré dans le chapitre II (page 15).

Enfin pour un meilleur fonctionnement, on conseille de munir le montage d'un coffret noir et de réaliser un filtre infrarouge étant donné que le phototransistor est sensible à la lumière ambiante. Le filtre peut être réalisé à l'aide d'une diapositive noire ou tout autre morceau de film placé devant le phototransistor.

“Qui cherche la perfection obtient l'excellence.”

Jori Cazilhac.

Bibliographie

- [1]. Acquisition de données : Du capteur à l'ordinateur, Georges Asch et Collaborateurs, 521 pages - 2011 - 3e édition – Dunod.
- [2]. Cours : Capteur, Master 1, filière maintenance en instrumentation, option Mesure Analyse Qualité. Année universitaire 2015-2016 assuré par Mme TARI Noria. 2016
- [3]. Les Capteurs en instrumentation industrielle, Georges Asch et collaborateurs, 852 pages – 2006 - 6ème édition - Dunod.
- [4]. Capteurs et chaine d'acquisition Edité le 18/06/2015 par Hélène HORSIN MOLINARO, Eric VOURC'H et Jean-Pierre BARBOT - École normale supérieure Paris-Saclay. 2015
- [5]. Régulation industrielle. Emmanuel Godoy, 525 pages - 2007 - Dunod.
- [6]. Mesure et instrumentation Volume 1 : De la physique du capteur au signal électrique. Dominique Placko 1970 - Hermès-Lavoisier.
- [7]. Mesure physique et instrumentation :Analyse statistique et spectrale des mesures, capteurs. Dominique Barchiesi, 178 pages - 2003 – Ellipses.
- [8]. Instrumentation et régulation en 30 fiches BTS 153 pages –2010- Patrick Prouvost.
- [9] : La réalité de la réalité, paul watzlawick, édition éditions du seuil, 1978, p. 13 - Paul Watzlawick.

Sites internet :

- <http://www.schema-electronique.net/2011/10/un-capteur-de-proximite-infrarouges.html>, consulté le 05/12/2016.
- https://cours.etsmtl.ca/gpa668/aCours/Cours_GPA668_E13_02_03_04_05.pdf, consulté le 15/03/2017.
- http://www-lagis.univ-lille1.fr/~bonnet/GSI/Capteurs1_GSI.pdf, consulté le 20/03/2016.
- <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php>, consulté le 02/04/2016.
- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Proteus_\(%C3%A9lectronique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Proteus_(%C3%A9lectronique)), consulté le 20/05/2016.
- <http://fr.wikihow.com/r%C3%A9aliser-des-circuits-imprim%C3%A9s>, consulté le 20/05/2017.