

Ecole Hassania Des Travaux Publics



Eléments de module : Electronique Analogique
Linéaire Et Non Linéaire
Filière : Génie Electrique

ROBOT SUIVEUR DE LIGNE

Réalisé par :

ALILI REDA
MAADILI MOHAMED
ESSELLAK HIBA
AKHAJAM ABDELHAKIM

Encadré par :

PR. EL RHARRAS ABDESSAMAD

Remerciement :

Parce qu'un projet ne se fait pas seul, nous profitons de cette occasion afin d'exprimer notre reconnaissance envers toutes les personnes qui ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ce projet :

- En premier lieu, nous tenons à remercier Monsieur El RHARRAS, notre enseignant et tuteur. Un grand Merci pour sa disponibilité et son accueil durant le travail sur ce projet, ainsi que pour sa patience, ses précieux conseils et tout le savoir qu'il nous a partagé dans le domaine de l'électronique analogique.
- Nous saisissons ensuite cette occasion pour adresser nos profonds remerciements au bureau exécutif du club de robotique Electropower Ehtp et aux différents élèves de la deuxième année. Ils ont toujours été à l'écoute et nous ont supporté jusqu'à l'accomplissement de notre projet, notamment en ce qui concerne le concept global du projet.
- Finalement nous adressons nos remerciements au corps professionnel et administratif de l'école Hassania des travaux publics, et particulièrement le département de génie électrique, pour la qualité de l'enseignement offert et le soutien de l'équipe administrative.

Témoignage :

Comme introduction, nous n'allons pas utiliser les définitions que proposent les livres et articles, mais plutôt décrire notre expérience le plus sincère possible, et comment nous avions pu réaliser ce projet, qui se n'est pas seulement basé sur les recherches, mais aussi sur l'effort de l'encadrant et de l'encadré. Nous étions tous les quatre issus des classes préparatoires, et par suite trop attachées aux modèles et aux calculs mathématiques rigoureux. Le premier contact que nous avons avec le génie électrique, c'était par le biais des calculs des tensions et des courants électriques, et plus les choses se compliquent, la vision devient plus concrète, et avec chaque nouvelle notion, apparaît une nouvelle application qui nous rapproche du monde réaliste, ainsi notre rôle autant qu'ingénieurs de future vient d'apparaître : Rendre la vie des gens aisée et prospère.

Nous avons commencé l'étude des composants électroniques dès les premières formations au sein du club Electropower EHTP par des élèves ingénieurs de la 2ème année, qui ont consacré assez de temps et d'efforts afin de nous initialiser au monde fantastique de l'électronique. Oui, c'est effectivement fantastique, car ce mot seul peut décrire notre première réflexion et enthousiasme envers ce domaine. Et en passant aux modules d'électronique analogique et numérique, nous avons eu l'opportunité d'étudier minutieusement chaque composant, à savoir de quoi il est composé, ces conditions d'utilisations, ses propriétés physico-chimiques, et le plus important son rôle dans le circuit et par la suite l'utilité du circuit dans la vie courante. Les travaux pratiques encadrés par Monsieur El RHARRAS étaient alors un environnement favorable qui nous a permis l'élaboration d'idées sur la réalisation des projets vitaux en appliquant de simples comportements physiques. Jouer sur les entrées et sorties, tensions et courant, luminosité et obscurité, négation et existence...était vraiment le chemin direct vers le projet qu'allez découvrir aujourd'hui.

Résumé :

Le robot suiveur de ligne détecte une ligne visuelle sur une surface lisse encastrée au sol et aura comme rôle la suivre. La ligne de chemin est prédefinie et visible avec une ligne noire sur une surface blanche ou l'inverse. Afin de contrôler la vitesse de notre robot, nous allons utiliser la technique de modulation de largeur d'impulsion PWM (Pulse Width Modulation), qui consiste à générer un signal carré avec un rapport cyclique bien déterminé. Et pour des raisons de sécurité, nous allons utiliser un détecteur d'obstacles infrarouge, capable de détecter les dangers pouvant se présenter dans le trajet, et renvoyé par la suite un signal d'arrêt au système.

Mots clés :

Robotique, Electronique, Robot, Suiveur de ligne, Contrôleur de vitesse, Détecteur d'obstacles IR, Réflexion, Rapport cyclique, modulation de largeur d'impulsion

Abstract:

The line-follower robot detects a visual line on a smooth surface recessed on the ground and should follow it. The path line is predefined and visible with a black line on a white surface or vice versa.

In order to control the speed of our robot, we will use the Pulse Width Modulation (PWM) technique, which consists of generating a square signal with a well-defined duty cycle.

For safety reasons, we will use an infrared obstacle detector, able to detect hazards that may occur in the path, and then send a stop signal back to the system.

Key words :

Robotics, Electronics, Robot, Line follower, Speed controller, IR obstacles detection, Reflexion, Pulse Width Modulation.

Table des matières :

Introduction	10
Chapitre I : Etude fonctionnelle de suiveur de ligne.....	12
I) Conception globale du projet :.....	13
II) Le Cahier de charge :.....	14
III) Le Grafcet :.....	17
Chapitre II : Etude théorique des composants	19
I) Diode :	20
I-1) Définition	20
I-2) La Polarisation	20
I-3) Principe de Fonctionnement	21
I-4) Caractéristique	21
I-5) Application	24
II) Transistor :.....	25
II-1) Définition :.....	25
II-2) Principe de fonctionnement	27
II-3) La Polarisation	28
III) Le Comparateur (le LM358) :.....	30
III-1) Principe	30
III-2) Comparateur non inverseur	30
III-3) Comparateur inverseur	31
III-4) Translation du point de basculement	32
III-5) Le LM358:.....	34

IV) Photorésistance (LDR) :	35
IV-1) Définition	35
IV-2) Principe de fonctionnement	36
IV-3) Le Caractère résistif	37
V) Le NE555 :	39
V-1) Généralisation	39
V-2) Principe de fonctionnement	40
V-3) Le fonctionnement monostable :.....	42
V-3-1) Définition d'un monostable	42
V-3-2) Caractéristique d'un monostable	42
V-3-3) Circuit du NE555 au mode monostable.....	43
V-4) Le fonctionnement astable :.....	47
V-4-1) Définition et Principe d'un astable :.....	47
V-4-2) Etude fréquentielle d'un astable :.....	48
VI) Moteur à courant continu (DC) :	50
VI-1) Définition :.....	50
VI-2) Composition d'un moteur continu :.....	51
VI-3) Fonctionnement d'un moteur continu :.....	52
VII) Capteurs infrarouge :	53
VII-1) Principe :	53
Chapitre III : Simulation du circuit:	55
I) Simulation de système de détection de la ligne Noire	56
II) Simulation de système de variation de vitesse :.....	62
II-1) Introduction :.....	62

II-2) Principe:	62
II-3) La Simulation du variateur de vitesse :	63
II-4) Exploitation de montage :	64
III) Optimisation de notre système suiveur de ligne	66
IV) Le Montage Globale	68
V) Sécurité de notre Robot	71
IV) La carte électronique de notre projet	74
Conclusion	78

Table des Figures :

Figure 1 : le grafcet de suiveur de ligne	17
Figure 2 : modélisation de la diode	20
Figure 3 : Jonction PN	20
Figure 4 : Caractéristique complète	21
Figure 5 : Caractéristique idéale.....	22
Figure 6 : Caractéristique avec seuil.....	22
Figure 7 : Caractéristique avec seuil et résistance.	23
Figure 8 : Redresseur simple alternance.....	24
Figure 9 : Redresseur double alternance.....	24
Figure 10 : le transistor.....	25
Figure 11 : Principe de fonctionnement.....	27
Figure 12 : Polarisation à deux source	28
Figure 13 : Polarisation a une source de tension	28
Figure 14 : Polarisation par pont de base et résistance d'émetteur	29
Figure 15 : Montage du comparateur non inverseur	30
Figure 16 : Diagramme temporel et de transfert.....	31
Figure 17 : Montage du comparateur inverseur	31
Figure 18 : Diagramme temporel et de transfert	31
Figure 19 : Montage du comparateur non inverseur.....	32
Figure 20 : Diagramme de transfert	32
Figure 21 : Montage du comparateur inverseur	33
Figure 22 : Diagramme de transfert.....	33
Figure 23 : Le LM358 et son schéma interne.....	34
Figure 24 : La photorésistance	35
Figure 25 : Symbole LDR.....	35
Figure 26 : Circuit de la photorésistance	37
Figure 27 : La variation de la résistance en fonction de la luminosité.....	38
Figure 28 : le NE555.....	39
Figure 29 : schéma de NE555.....	40
Figure 30 : schéma interne de NE555	41

Figure 31 : Le circuit de NE555 en fonctionnement monostable.....	43
Figure 32 : Le circuit de NE555 en fonctionnement monostable.....	44
Figure 33 : La variation de la période de l'allumage en fonction de la capacité..	45
Figure 34 : La variation de la période de l'allumage en fonction de la résistance	46
Figure 35 : Configuration en astable.....	47
Figure 36 : montage en astable.....	48
Figure 37 : Simulation du montage astable	49
Figure 38 : Moteur à courant continue	50
Figure 39 : composition d'un moteur continue	51
Figure 40 : Fonctionnement d'un moteur DC	52
Figure 41 : Détecteur d'obstacle infrarouge.....	53
Figure 42 : Le fonctionnement du capteur infrarouge.....	54
Figure 43 : Circuit de détection de la ligne noire	57
Figure 44 : Circuit de détection de la ligne noire dans le cas de 1000 lux	58
Figure 45 : la variation du seuil en fonction de K%.....	61
Figure 46 : Le montage de variateur de vitesse	63
Figure 47 : K% =75 %.....	64
Figure 48 : K% =50 %.....	64
Figure 49 : Variation de T α en fonction du pourcentage de potentiomètre	65
Figure 50 : Le système de suiveur de ligne	66
Figure 51 : Suiveur de ligne avec variateur de vitesse	68
Figure 52 : Pour K% =25%.....	69
Figure 53 : Pour K% =50%	69
Figure 54 : Pour k% = 75%	69
Figure 55 : Pour K% =100%.....	69
Figure 56 : Le cas où il n'y a pas de détection d'obstacle.....	71
Figure 57 : Le cas où il y a détection d'obstacle.....	72
Figure 58 : le grafctet de suiveur de ligne avec détecteur d'obstacle	73
Figure 59 : circuit de commande du moteur sur une carte PCB	74
Figure 60 : circuit de commande du moteur sur une carte PCB en 3D	76
Figure 61 : schéma imprimer de notre circuit.....	77
Figure 62 : schéma de positionnement des composants	77

Introduction :

La robotique est un secteur interdisciplinaire de la science et de l'ingénierie dédié à la conception, la construction et l'utilisation de robots mécaniques. Un robot est le produit du domaine de la robotique, où des machines programmables sont construites qui peuvent aider les humains ou imiter les actions humaines. Les robots ont été conçus à l'origine pour gérer des tâches monotones (comme la construction de voitures sur une chaîne de montage), mais se sont depuis étendus bien au-delà de leurs utilisations initiales pour effectuer des tâches telles que la lutte contre les incendies, le nettoyage des maisons et l'aide à des chirurgies incroyablement complexes. Chaque robot à un niveau d'autonomie différent, allant des robots contrôlés par l'homme qui exécutent des tâches sur lesquelles un humain a un contrôle total aux robots entièrement autonomes qui effectuent des tâches sans aucune influence externe.

Un robot suiveur de ligne est une machine mobile utilisée pour détecter et suivre les lignes noires qui sont dessinées sur la surface blanche. Comme ce robot est développé à l'aide d'une maquette, il sera très simple à construire. Ce robot suiveur de ligne utilise essentiellement un capteur de cellule photoélectrique au sulfure de cadmium (CdS) ou connu sous le nom de résistance dépendante de la lumière (LDR) et la diode électroluminescente (LED) bleue à haute intensité pour éclairer la zone sous le capteur de cellule photoélectrique pour détecter la ligne de voie noire et le Technique de contrôle de la vitesse du moteur à courant continu pour parcourir la piste de ligne noire.

Notre projet se comporte initialement de trois chapitres, dont chacun traite le sujet de point de vue différent mais complémentaire et essentiel à l'étude thématique du suiveur de ligne :

- **Le premier chapitre** donne une Conception globale du projet ; il présente une description bien détailler de notre système suiveur de ligne.
- **Le deuxième chapitre** porte sur une étude théorique des composants qu'on a eu l'opportunité d'étudier pendant ce module, et qu'on a utilisés dans les différents montages du projet. On a traité pour chaque élément sa composition, son principe de fonctionnement, ainsi sa marge d'utilisation.
- **Le Troisième chapitre** peu long, mais assez compliqué, porte essentiellement sur les simulations dans le logiciel Isis et les interprétations des différents montages réalisés, et on terminera par une réalisation des circuits de commande sur la carte PCB et en 3D.

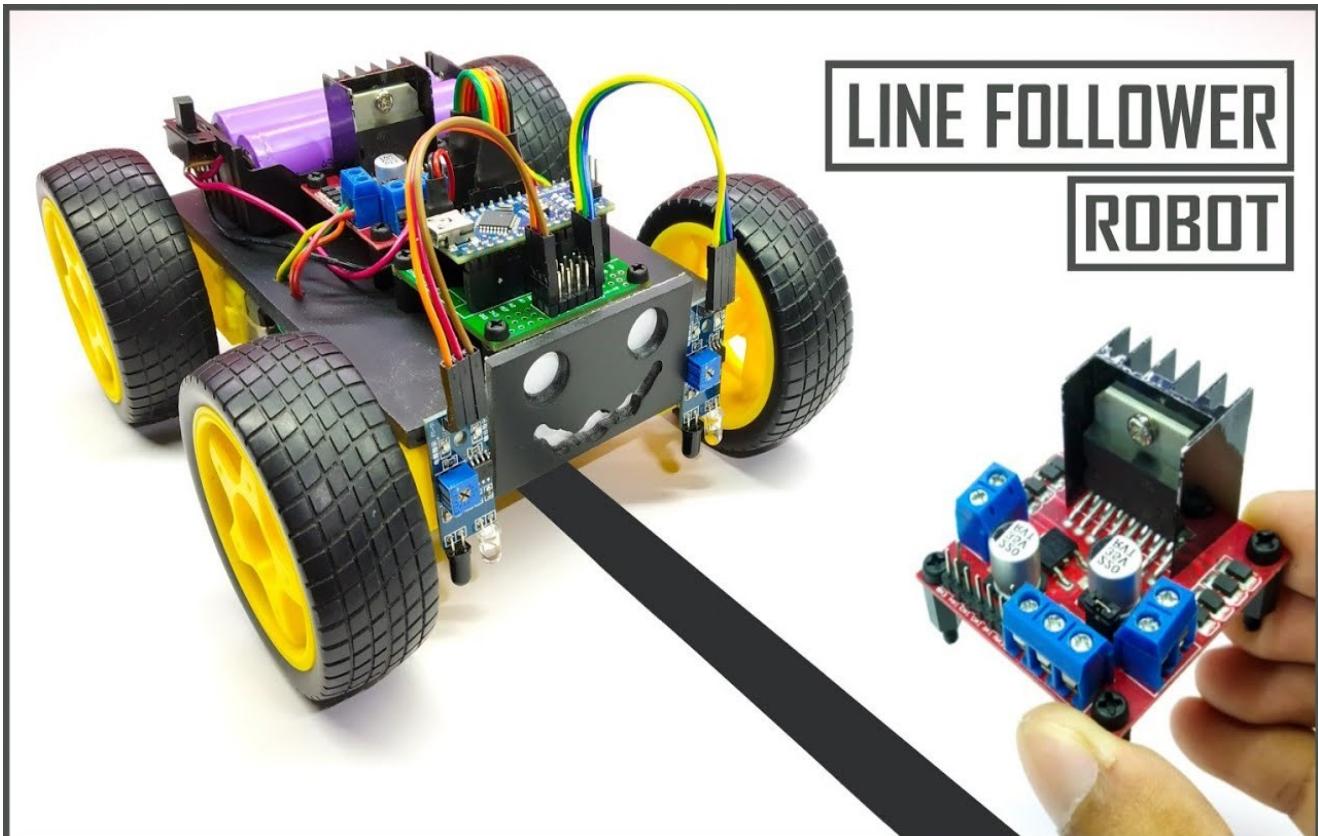


ELECTRO
POWER



Chapitre I :

Etude fonctionnelle du suiveur de ligne

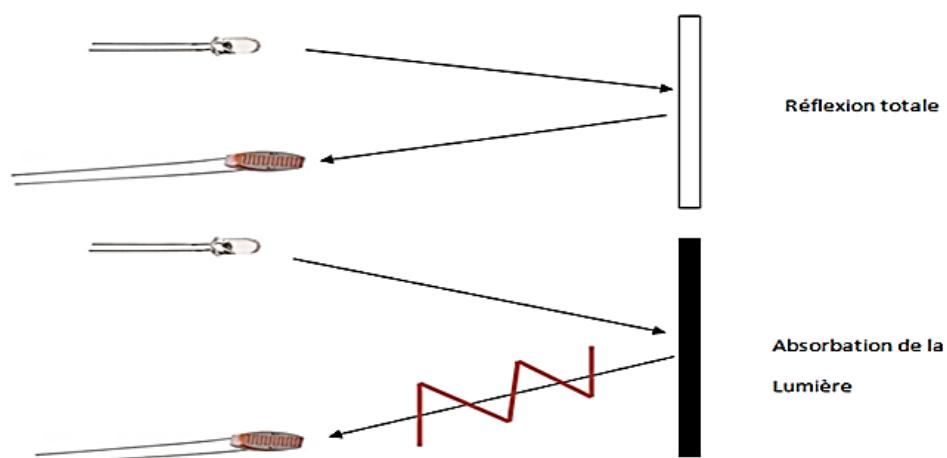


I) Conception globale du projet :

Dans ce projet, nous avons conçu un robot suiveur de ligne basé sur les composants électroniques. Le fonctionnement du projet est assez simple: détectez la ligne noire sur la surface et déplacez-vous le long de cette ligne. Le fonctionnement détaillé est expliqué dans la suite de cette partie.

Ce robot suiveur de ligne utilise essentiellement un capteur de cellule photoélectrique au sulfure de cadmium (Cds) ou connu sous le nom de résistance dépendante de la lumière (LDR) et la diode électroluminescente (LED) bleue à haute intensité pour éclairer la zone sous le capteur de cellule photoélectrique pour détecter la ligne de voie noire et la Technique de contrôle de la vitesse du moteur à courant continu pour parcourir la piste de ligne noire.

L'image suivante montre le fonctionnement de ce capteur devant une surface de couleur claire et une surface noire. Comme la réflexion de la surface de couleur claire est élevée, la lumière émise par la LED sera réfléchie au maximum et sera détectée par la photorésistance :

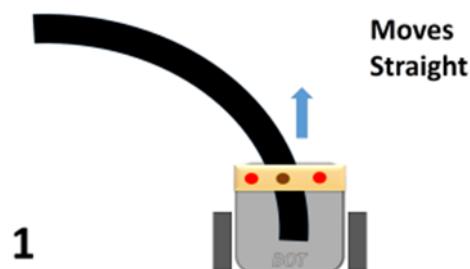


Dans le cas de détection de la surface noire, qui a une faible réflexion, la lumière sera donc complètement absorbée par la surface noire et n'atteint pas la photorésistance. Ainsi, lorsque les deux photorésistances reçoivent de la lumière, il fera tourner les deux moteurs vers l'avant ; et lorsque l'une d'entre eux reçoit de la couleur noire, il arrêtera le moteur correspondant. Ainsi, le robot tourne dans la direction correspondante puisqu'un moteur est en marche.

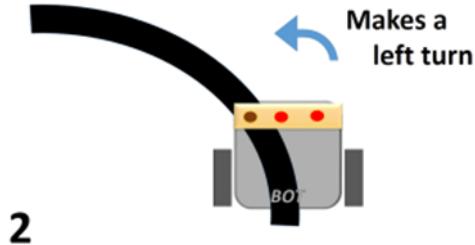
II) Le Cahier de charge :

Avançons avec le robot et voyons comment il suit le cours de la ligne (l'ensemble de la photorésistance et la Led est modélisée par un capteur de la ligne noire)

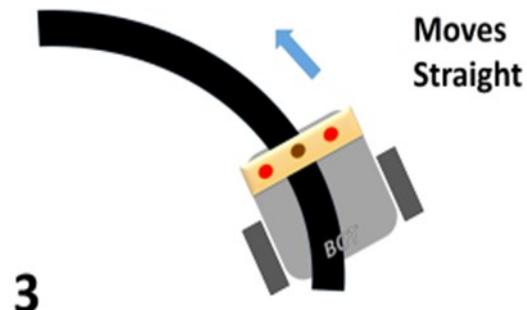
1 - Initialement, la ligne est entre les deux capteurs (pas de détection de la ligne), donc pour l'instant, le robot avance tout droit (les deux roues avancent), en supposant que la ligne est droite.



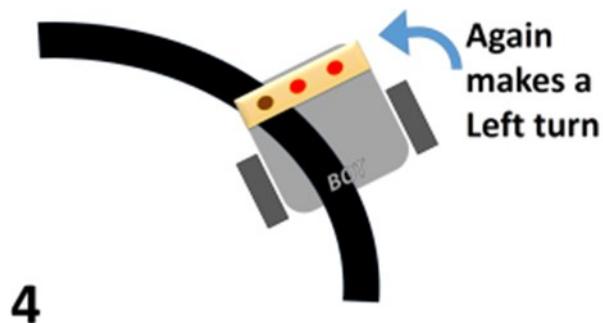
2 - A la fois, le robot se déplace tout droit jusqu'à ce que la ligne soit sous le capteur gauche. Il tourne vers la gauche, afin de garder les deux lignes entre les lignes.



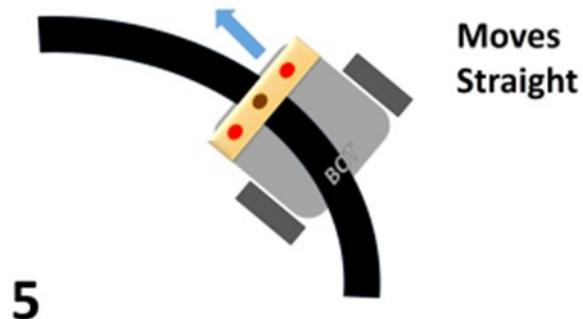
3 - À ce stade, la ligne est entre les capteurs et le robot se déplace tout droit exactement de la même manière qu'il s'est comporté à l'étape 1.



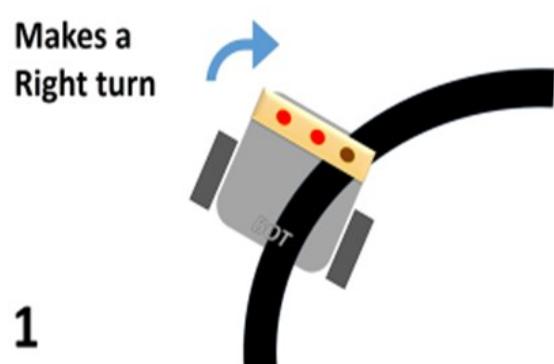
4 - Encore une fois, plus tard en allant tout droit, le capteur gauche du robot voit la ligne, et encore une fois, le robot doit faire un virage à gauche jusqu'à la ligne soit entre les deux capteurs.



5 - À ce stade, la ligne est entre les capteurs et le robot se déplace tout droit exactement de la même manière qu'il s'est comporté à l'étape 1.



De même, pour le virage à droite, il fait la même chose avec l'aide du capteur droit, c'est-à-dire que chaque fois que la ligne passe sous le capteur droit, le robot tourne à droite jusqu'à la ligne soit entre les deux roues.



III) Le Grafset :

Ici nous présentons le Grafset qui décrit notre système de suiveur de ligne :

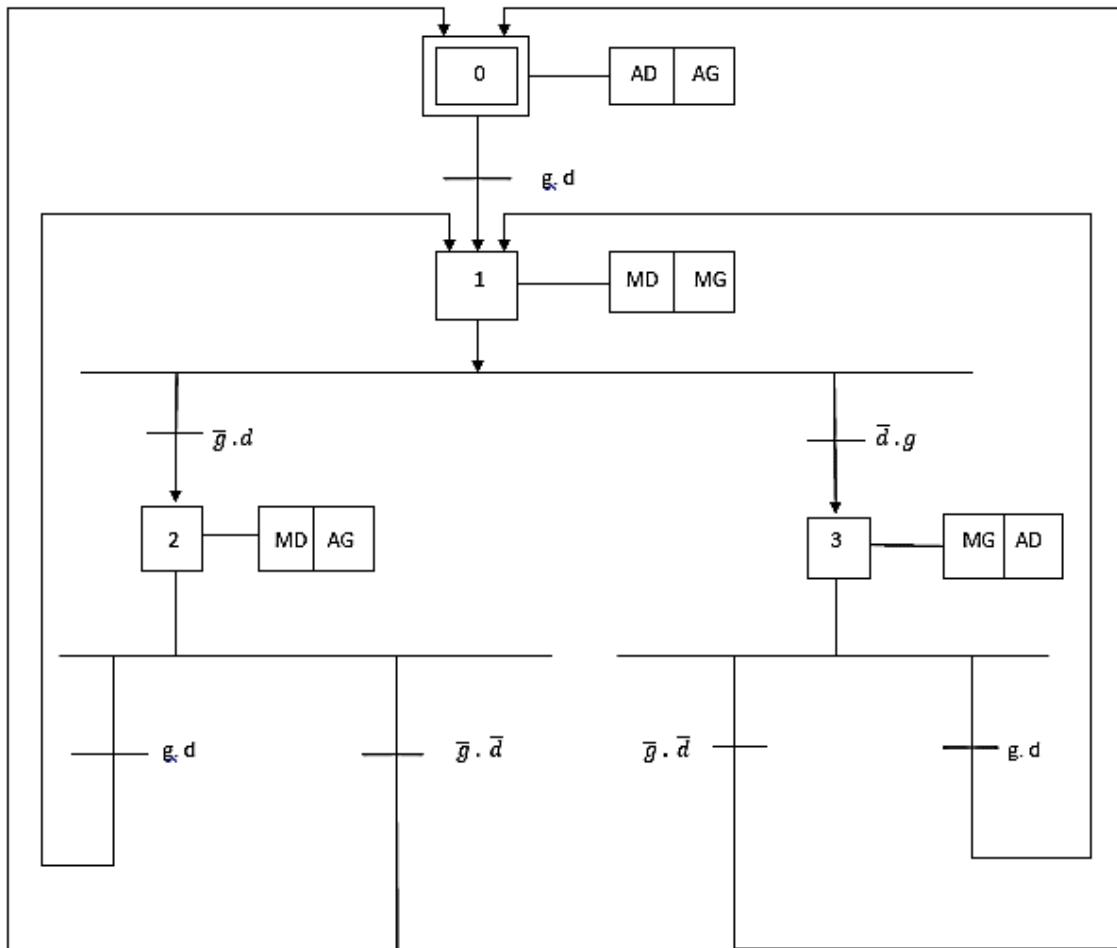


Figure 1 : le grafset de suiveur de ligne

Les capteurs :

- d : détection de la lumière blanche réfléchie par la photorésistance droite.
- g : détection de la lumière blanche réfléchie par la photorésistance gauche.

Les actionneurs :

MD : marche du moteur droit.

MG : marche du moteur gauche.

AD : arrêt du moteur droit.

AG : arrêt du moteur gauche.

Les états :

Etat 0 : les deux moteurs sont en arrêt.

Etat 1 : les deux moteurs tournent.

Etat 2 : le moteur tourne à droite.

Etat 3 : le moteur tourne à gauche.

Chapitre II:

Etude théorique des composants



I) Diode :

I-1) Définition :

La diode est le composant semi-conducteur (Jonction P-N) de base. Son fonctionnement est assimilable à celui d'un interrupteur qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens. Par exemple, c'est la diode qui va permettre de redresser le courant alternatif issu du secteur.

La diode est un dipôle non-linéaire et polarisé. Le sens de branchement de la diode a donc une importance sur le fonctionnement du circuit électronique. La diode possède une anode (A) et une cathode (K) comme indiqué sur le schéma.

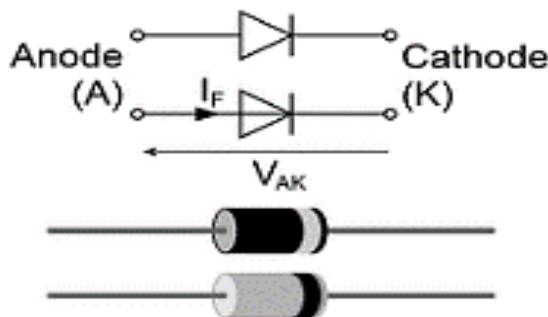


Figure 1 : modélisation de la diode

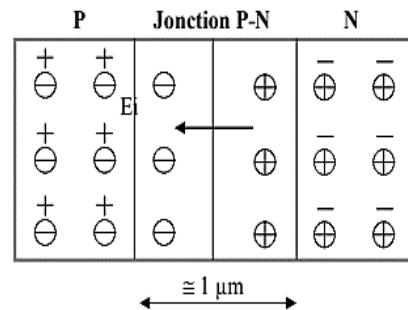
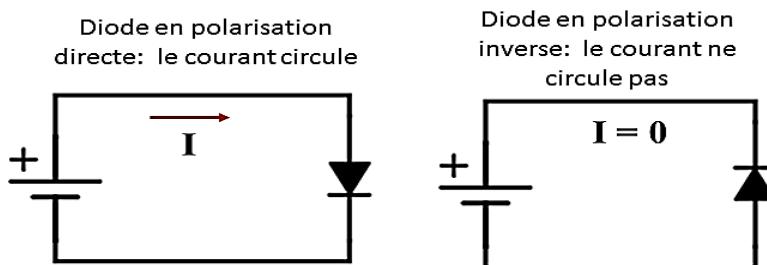


Figure 3 : Jonction PN

I-2) La Polarisation :



I-3) Principe de Fonctionnement :

La diode est un dipôle à semi-conducteur (jonction P-N), qui possède deux régimes de fonctionnement : bloqué et passant.

Ces régimes de fonctionnement ne sont pas contrôlables directement, mais dépendent de la tension VAK aux bornes de la diode et de l'intensité du courant ID (courant direct) la traversant.

Diode bloquée	Etat de la diode quand $V_{AK} < V_{\text{seuil}}$, ce qui empêche le passage du courant dans la diode ; $ID = 0$
Diode passante	Etat de la diode quand $V_{AK} \geq V_{\text{seuil}}$, ce qui entraîne $ID \neq 0$.

I-4) Caractéristique :

C'est la caractéristique globale courant/tension :

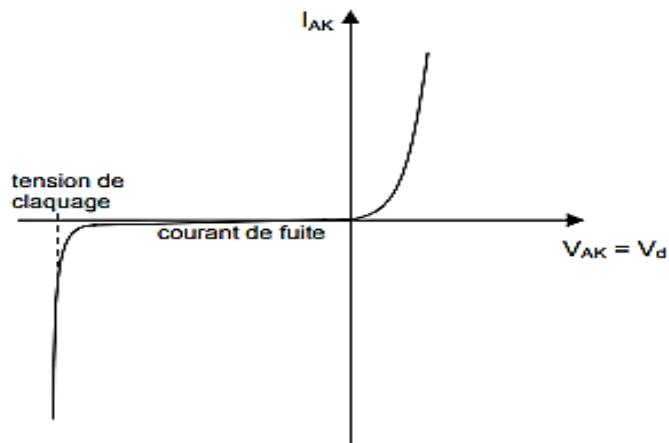


Figure 4 : Caractéristique complète

La représentation de la diode par sa loi logarithmique est un peu complexe pour l'emploi de tous les jours. Plusieurs schémas équivalents simplifiés peuvent être employés en lieu et place avec profit.

✓ Modélisation n°1 : la diode « idéale » :

Dans ce cas, on néglige la tension de seuil et la résistance interne de la diode.

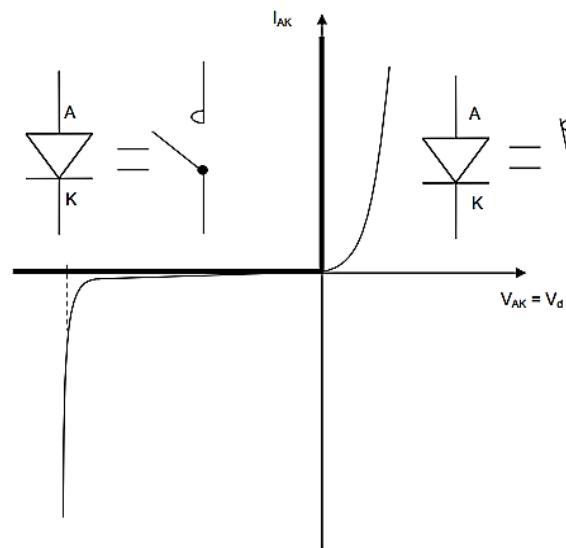


Figure 5 : Caractéristique idéale.

✓ Modélisation n°2: la diode avec seuil :

On peut continuer à négliger la résistance interne, mais tenir compte du seuil de la diode. La caractéristique devient :

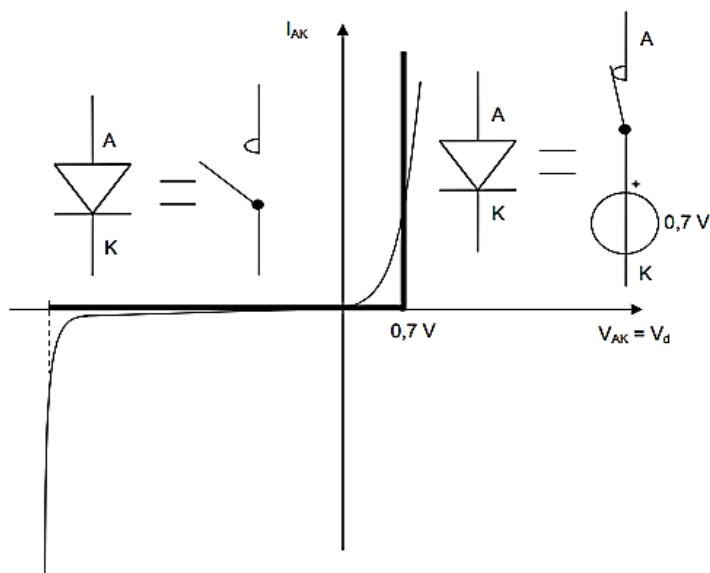


Figure 6 : Caractéristique avec seuil.

✓ Modélisation n°3 : diode avec seuil et résistance :

Ici, on prend en compte la résistance de la diode. Ceci peut être utile si on utilise la diode en petits signaux alternatifs et qu'on a besoin de sa résistance dynamique.

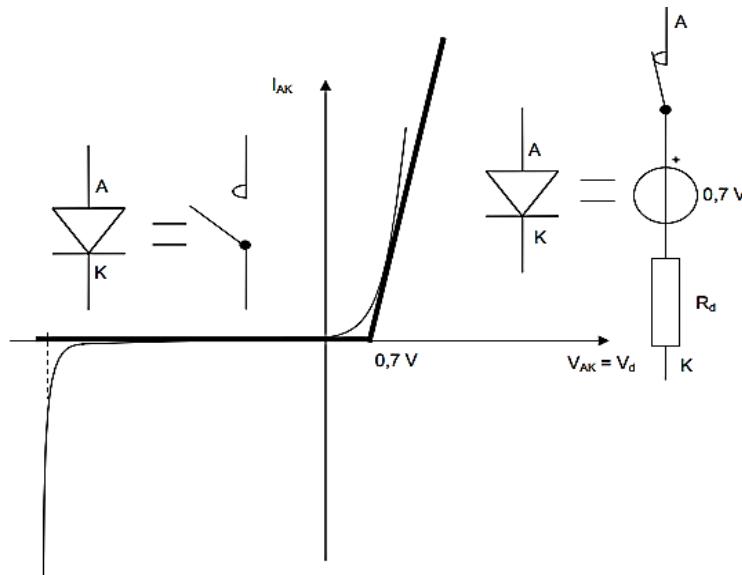


Figure 7 : Caractéristique avec seuil et résistance.

Remarques:

Si la tension inverse (tension -VD) aux bornes de la diode devient trop importante, il y a un risque de destruction de la diode par échauffement de la jonction PN. Les constructeurs précisent la tension de claquage inverse ; elle correspond à la tension maximum que peut supporter une diode en polarisation inverse.

Suivant l'étude que l'on veut mener, on prendra l'une ou l'autre de ces caractéristiques. En règle générale, la caractéristique Classique est la plus souvent utilisée pour effectuer des calculs. La caractéristique Idéale s'utilise plutôt pour analyser un fonctionnement

I-5) Application :

✓ Redresser une tension :

La fonction de base d'une diode, c'est de redresser une grandeur électrique (tension ou courant), c'est-à-dire de convertir une grandeur alternative (=successivement positive et négative) en une grandeur exclusivement positive.

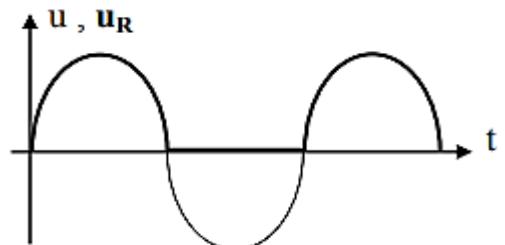
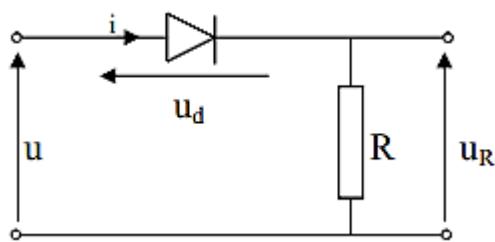


Figure 8 : Redresseur simple alternance

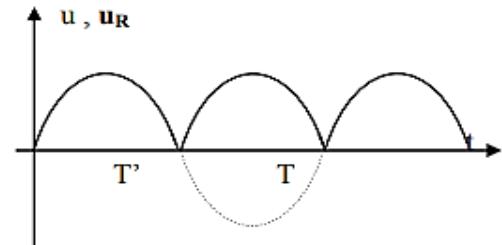
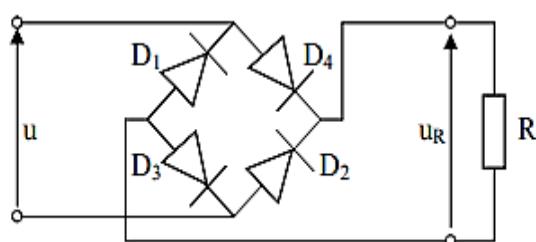


Figure 9 : Redresseur double alternance

✓ Limiter une tension :

La deuxième fonction de base que peut remplir une diode, c'est de limiter la tension sur d'autres composants, ce qu'on appelle "écrêtage". Cette limitation de tension peut par exemple servir à protéger ces autres composants de surtensions éventuelles ou encore à maintenir une tension constante à leurs bornes (régulation de tension).

II) Transistor :

II-1) Définition :

Le transistor fait partie des composants que l'on retrouve sans exception dans toutes les applications de l'électronique.

Les applications: Amplification de tension, Amplification de courant, Amplification de puissance, Interrupteur, Oscillateurs, Convertisseurs DC-DC, DC-AC, Microcontrôleurs, – micro-processeurs, etc...

Il existe plusieurs types de transistor :

- * Bipolaire
 - * MOSFET
 - * IGBT
- ✓ Nous nous intéresserons ici au Transistor Bipolaire.

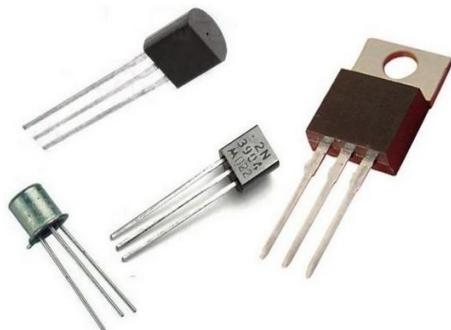
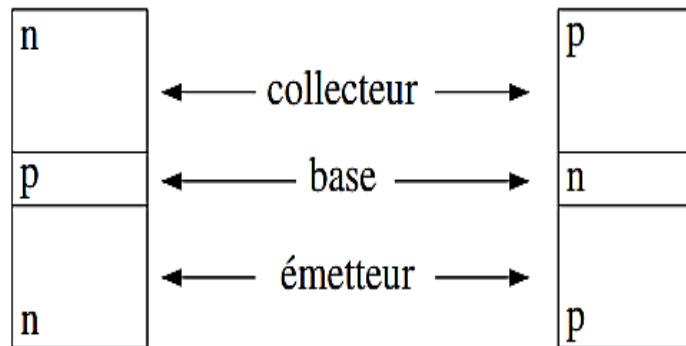


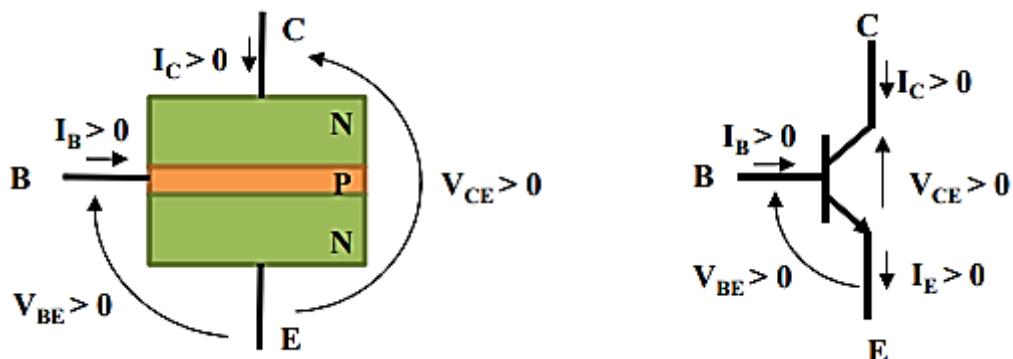
Figure 10 : le transistor

Le transistor est constitué par la succession de trois couches de semi-conducteur de type N-P-N (ou P-N-P). Des connexions métalliques sont respectivement fixées sur la partie centrale appelée Base et sur les deux extrémités appelées Collecteur et Emetteur.

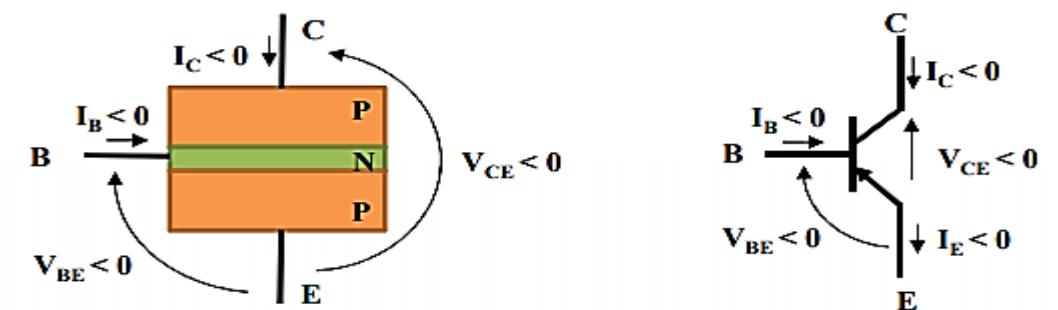


Les types des Transistor bipolaire :

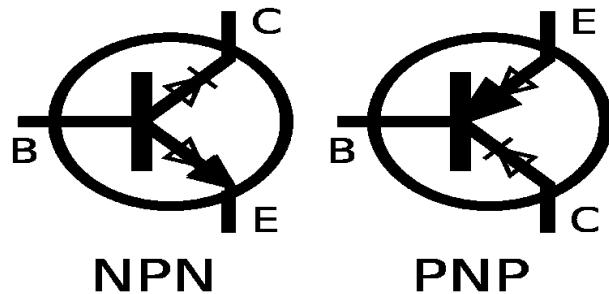
- ✓ Transistor NPN :



- ✓ Transistor PNP :



On peut considérer le transistor comme l'association de deux diodes dont la représentation ci-dessus peut aider.



II-2) Principe de fonctionnement :

Le transistor bipolaire est un amplificateur de courant, on injecte un courant dans l'espace base/émetteur afin de créer un courant multiplié par le gain du transistor entre l'émetteur et le collecteur.

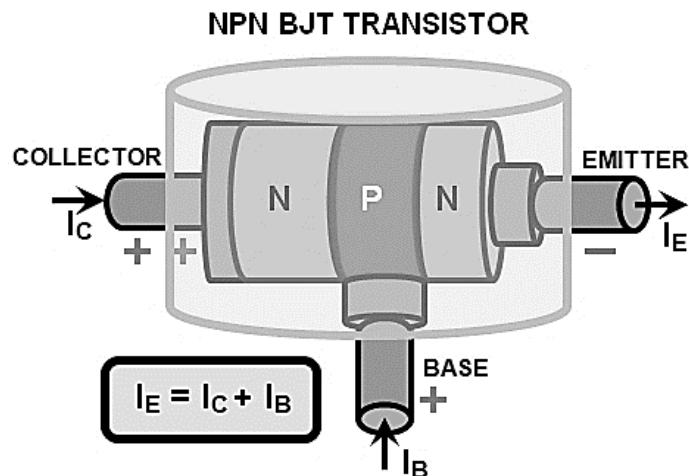


Figure 11 : Principe de fonctionnement

Effet amplificateur de courant :

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (1)$$

II-3) Polarisation :

Polarisation à deux source :

Ce montage est sensible à la dérive thermique. En effet ce genre de polarisation est rarement utilisé et inutile vue qu'il a besoin de deux générateurs de courant.

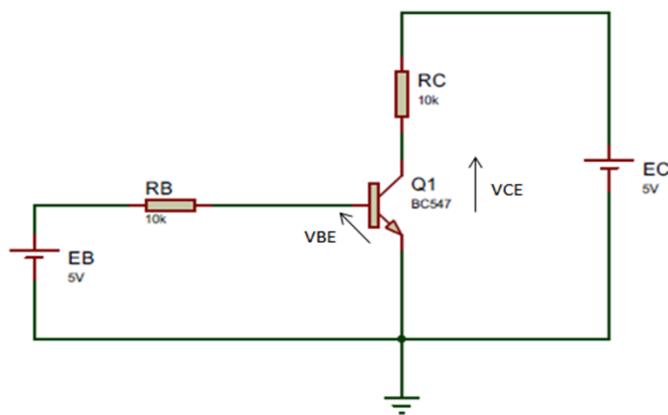


Figure 12 : Polarisation à deux source

Polarisation à une source de tension :

Soit le montage ci-dessous :

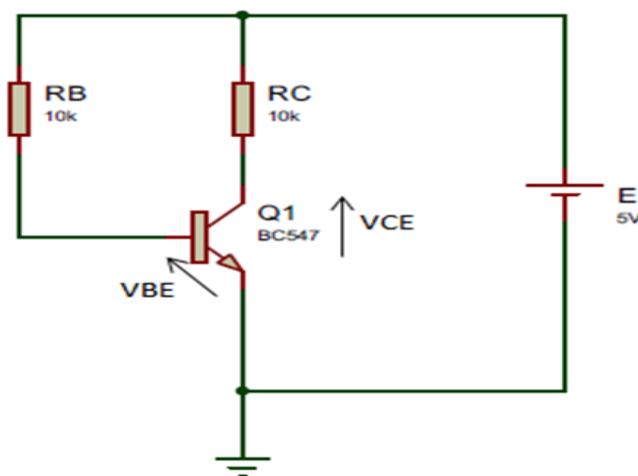


Figure 13 : Polarisation à une source de tension

Ce montage est instable pour des variations de température ; En effet, L'introduction d'une résistance entre l'émetteur et la masse est une façon de compenser les variations de β qui **dépend de la température**. Si le gain augmente, I_C et donc I_E augmente. Ce type de polarisation ne doit pas être employé pour un transistor utilisé en amplification.

Polarisation par pont de base et résistance d'émetteur :

Soit le montage ci-dessous :

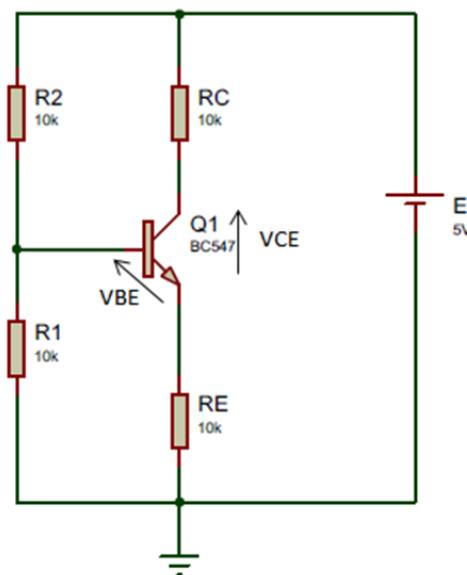


Figure 14 : Polarisation par pont de base et résistance d'émetteur :

Ce montage a pour but de stabiliser la température (asservissement de celle-ci). En effet, pour rendre indépendant le courant collecteur des variations du gain, on utilise un diviseur de tension nommé « pont de base ».

III) Le Comparateur (le LM358) :

III-1) Principe :

Le comparateur est un dispositif permettant de comparer une tension par rapport à une référence donnée ; Son niveau de sortie est soit positif (représenté par un état) soit négatif (au potentiel de la tension d'alimentation).

Le montage du comparateur se fait sans contre-réaction (boucle ouverte).

Une référence (tension) donne le point de basculement de l'amplificateur opérationnel ; Ici, la référence donnée est la masse, donc dès que la tension d'entrée du montage est supérieure de quelque m V, le circuit se met en fonction et nous trouvons en sortie un niveau haut, la tension d'alimentation positive (pour le cas du comparateur non inverseur).

Au contraire si la tension d'entrée du montage est inférieure à la référence (masse) de quelque m V, le circuit se met en fonction et nous trouvons en sortie un niveau bas (tension d'alimentation négative).

III-2) Comparateur non inverseur :

Le montage du comparateur non inverseur est comme suit :

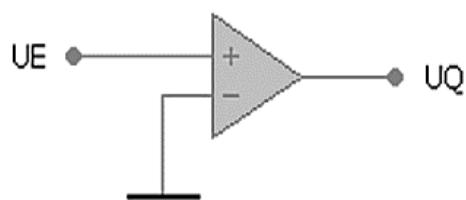


Figure 15 : Montage du comparateur non inverseur

La simulation de ce comparateur est comme suite :

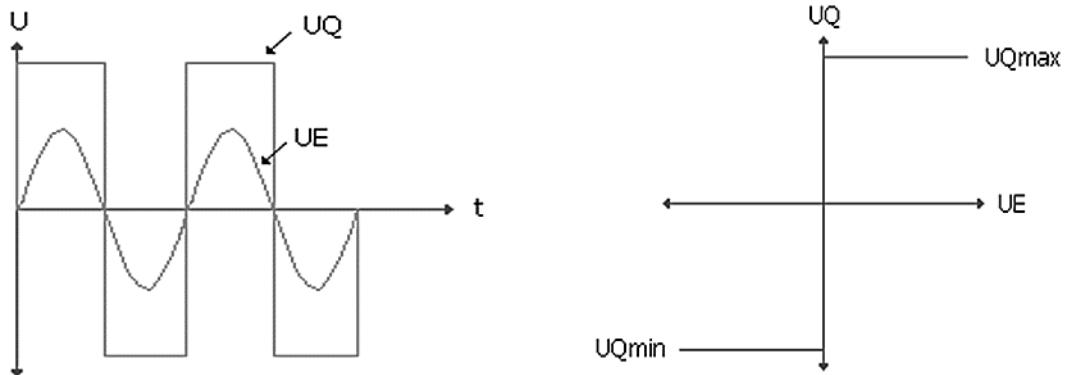


Figure 16 : Diagramme temporel et de transfert

III-3) Comparateur inverseur :

Le montage du comparateur inverseur est comme suit :

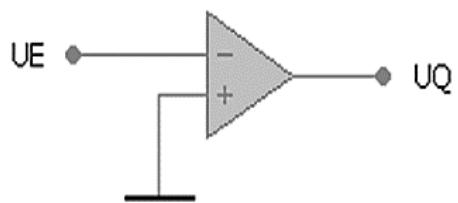


Figure 17 : Montage du comparateur inverseur

La simulation de ce comparateur est comme suite :

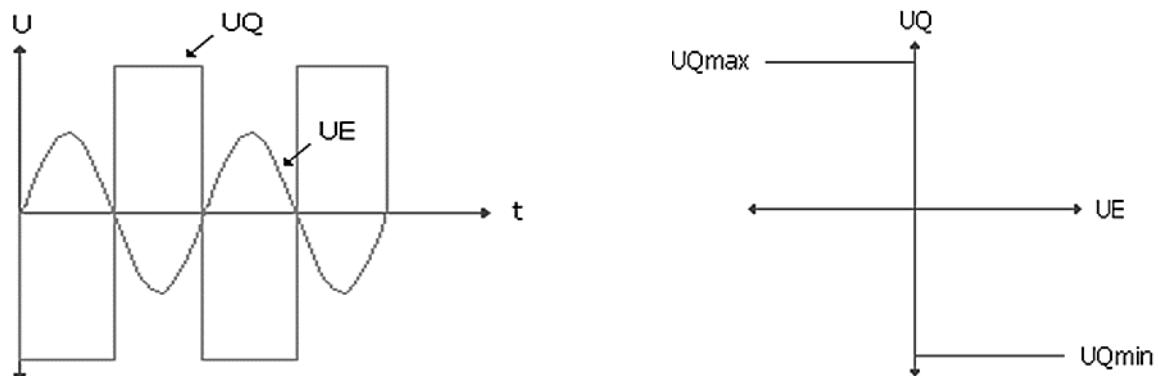


Figure 18 : Diagramme temporel et de transfert

III-4) Translation du point de basculement pour le comparateur :

- ✓ Cas du Comparateur non inverseur :

La translation du point de basculement se fait à l'aide d'une tension qu'on insère au niveau du point de référence au basculement.

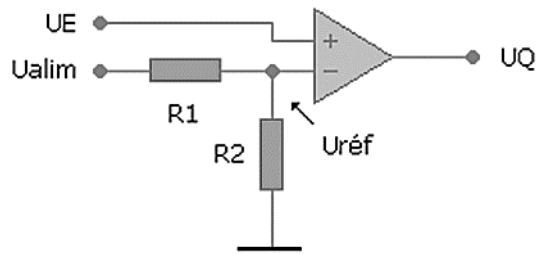


Figure 19 : Montage du comparateur non inverseur

La simulation de ce comparateur est comme suite :

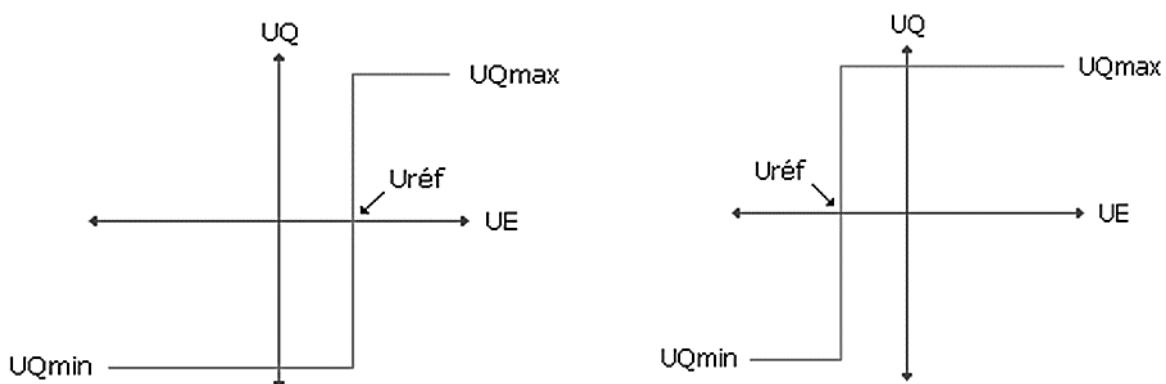


Figure 20 : Diagramme de transfert

Tension de référence positive
Uréf = point du basculement

Tension de référence négatif
Uréf = point du basculement

La tension de référence fixe le point de basculement de l'amplificateur opérationnel.

✓ Cas du Comparateur inverseur :

- La translation du point de basculement se fait à l'aide d'une tension qu'on insère au niveau du point de référence au basculement.

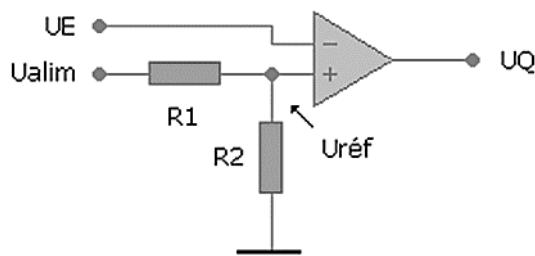
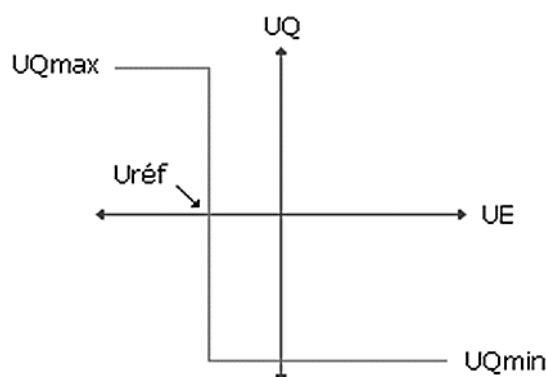
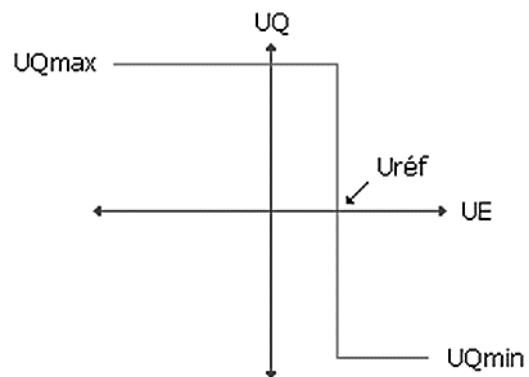


Figure 21 :Montage du comparateur inverseur

La simulation de ce comparateur est comme suite :



Tension de référence positive



Tension de référence négatif

Figure 22 : Diagramme de transfert

Remarque :

Si les entrées ne sont pas à des potentiels très voisins la sortie est saturée.

III-5) Le LM358 :

Ces appareils se composent de deux amplificateurs opérationnels indépendants, à gain élevé et compensés en fréquence, conçus pour fonctionner à partir d'une seule alimentation sur une large gamme de tensions.

Le LM358 est un double circuit intégré amplificateur opérationnel de faible puissance utilisé dans les circuits de détection. L'abréviation LM358 indique un circuit intégré à 8 broches, comprenant deux Amplificateurs opérationnels à faible puissance. Le LM358 est conçu pour une utilisation générale telle que des amplificateurs, des filtres passe-haut et bas, des filtres passe-bande et additionneurs analogiques.

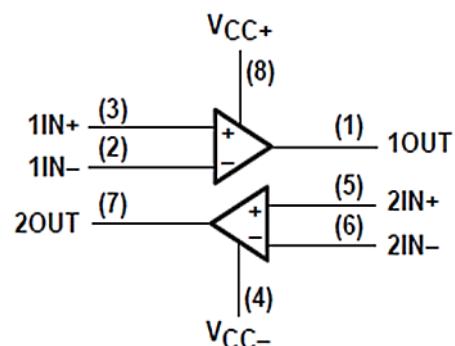
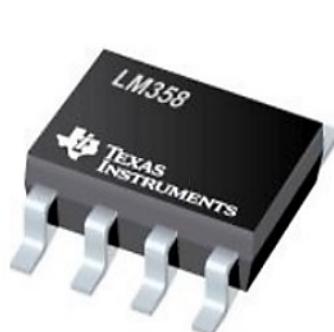


Figure 23 : Le LM358 et son schéma interne

IV) Photorésistance (LDR) :

IV-1) Définition :

Une photorésistance est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de la quantité de lumière incidente. On peut également la nommer résistance photo-dépendante (light-dependent resistor) (LDR).

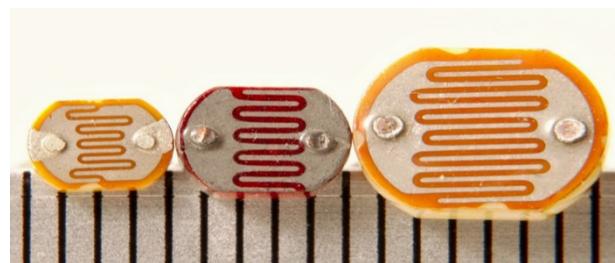


Figure 24 : La photorésistance

On utilise principalement la photorésistance pour mesurer l'intensité lumineuse, qui s'exprime en lux (éclairement lumineux).

La photorésistance a comme symbole utilisé dans les circuits électriques :



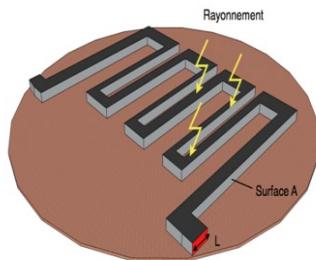
Figure 25 : Symbole LDR

IV-2) Principe de fonctionnement :

Un cristal de semi-conducteur à température basse contient peu d'électrons libres. La conductivité du cristal est très faible, proche de celle d'un isolant. Lorsque la température du cristal augmente de plus en plus d'électrons qui étaient immobilisés dans les liaisons covalentes s'échappent et peuvent participer à la conduction.

A température constante si le même cristal semi-conducteur est soumis à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut suffire à libérer certains électrons utilisés dans les liaisons covalentes entre atomes du cristal.

Plus le flux lumineux sera intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour assurer la conduction sera grand, ainsi la résistance de la photorésistance est inversement proportionnelle à la lumière reçue.



Remarque :

Valeur d'éclairement en fonction de la journée ou des conditions climatiques :

 2 lux	Nuit	 200 lux	Nuage mais lumineux
 20 lux	Sombre Nuage et pluie	 1000 lux	Soleil quelques nuages
 35 lux	Sombre et Nuageux	 2000 lux	Grand soleil plein jour

IV-3) Le Caractère résistif de la photorésistance :

Afin de visualiser le caractère résistif de la photorésistance, le montage suivant :

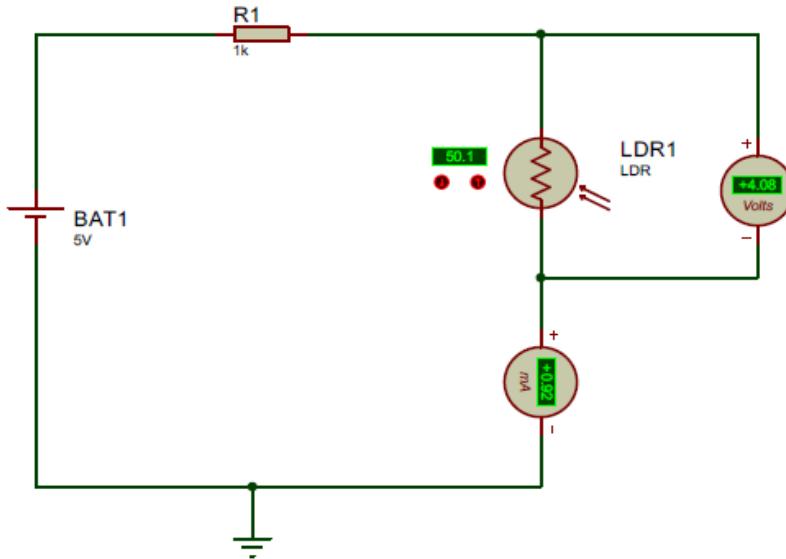


Figure 26 : Circuit de la photorésistance

- Après une série de mesures on arrive à prélever les valeurs de résistance en variant celles de luminosité (lux) :

Lux	50	100	150	200	250	300	350	400	450
I (mA)	0.92	1.45	1.83	2.13	2.36	2.56	2.72	2.87	2.99
U (V)	4.05	3.55	3.17	2.87	2.64	2.44	2.28	2.13	2.01
R (Ω)	4434	2448.5	1732	1347	1118	953.12	838.23	742.16	672.24

Lux	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
I (mA)	3.1	3.19	3.28	3.35	3.42	3.49	3.54	3.60	3.65	3.69	3.73
U (V)	1 .9	1.81	1.72	1.65	1.58	1.51	1.46	1.40	1.35	1.31	1.27
R (Ω)	612. 9	567.4	524.4	492.5 4	462	432.6 6	412.4 2	388.8 8	369.8 6	355.0 1	340. 5

Ces résultats obtenus ont permis de tracer La courbe de la résistance en fonction de la luminosité :

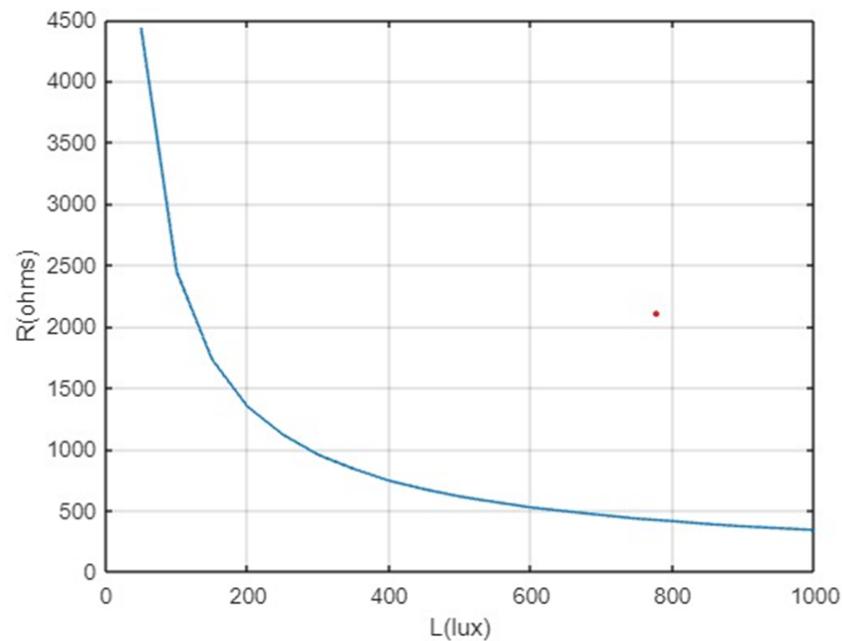


Figure 27 : La variation de la résistance en fonction de la luminosité

Conclusion :

On constate bien que la résistance que la luminosité et la résistance sont inversement proportionnel, et que la résistance décroît en fonction de la luminosité de façon exponentielle, ce qui valide la loi théorique décrivant le comportement photo résistif déjà énoncée.

V) Le NE555 :

V-1) Généralisation :

Le NE555 (couramment nommé 555 et créé en 1970 par Hans R. Camenzind) est un circuit intégré utilisé pour la temporisation ou en mode multivibrateur. Ce composant est toujours utilisé de nos jours en raison de sa facilité d'utilisation, son faible coût et sa stabilité.

Le NE555 contient 23 transistors, 2 diodes et 16 résistances qui forment 4 éléments :

- ✓ Deux amplificateurs opérationnels de type comparateur.
- ✓ Une porte logique de type inverseur.
- ✓ Une bascule SET-RESET.
- Le NE555 peut fonctionner selon trois modes : **monostable, astable ou bistable.**

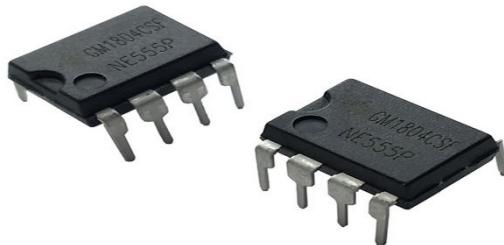


Figure 28 : le NE555

Caractéristique :

Voici les principales caractéristiques de ce composant :

1. Fonctionne sous des tensions d'alimentation de 4,5V à 16V.
2. Fréquence max 2 MHz.
3. Stabilité en température 0,005 % par °C.
4. Intensité maximale de sortie de 200 mA.

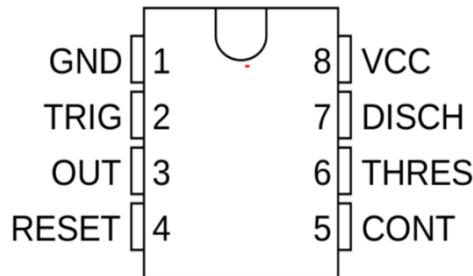


Figure 29 : schéma de NE555

Description :

**	Nom	Description
1	GND	Masse .
2	TRIG	Gâchette, amorce la temporisation - Détecte lorsque la tension est inférieur à 1/3 de VCC .
3	OUT	Signal de sortie .
4	RESET	Remise à zéro, interruption de la temporisation (Délai avant l'exécution).
5	CONT	Accès à la référence interne (2/3 de VCC) .
6	THRES	Signale la fin de la temporisation lorsque la tension dépasse 2/3 de VCC .
7	DISCH	Borne servant à décharger le condensateur de temporisation .
8	VCC	Tension d'alimentation, généralement entre 5 et 15V .

V-2) Principe de fonctionnement :

- L'opération du NE555 suit la logique de fonctionnement du schéma bloc (figure 23) présenté et peut prendre 4 états différents :

- Le signal RESET est à un niveau bas : La bascule est remise à zéro, le transistor de décharge s'active et la sortie reste impérativement à un niveau bas. Aucune autre opération n'est possible.
- Le signal TRIG est inférieur à 1/3 de VCC : la bascule est activée (SET) et la sortie est à un niveau haut, le transistor de décharge est désactivé.
- Le signal THRES est supérieur à 2/3 de VCC : la bascule est remise à zéro (RESET) et la sortie est à un niveau bas, le transistor de décharge s'active.
- Les signaux THRES et TRIG sont respectivement inférieurs à 2/3 de VCC et supérieurs à 1/3 de VCC : la bascule conserve son état précédent de même que pour la sortie et le transistor de décharge.

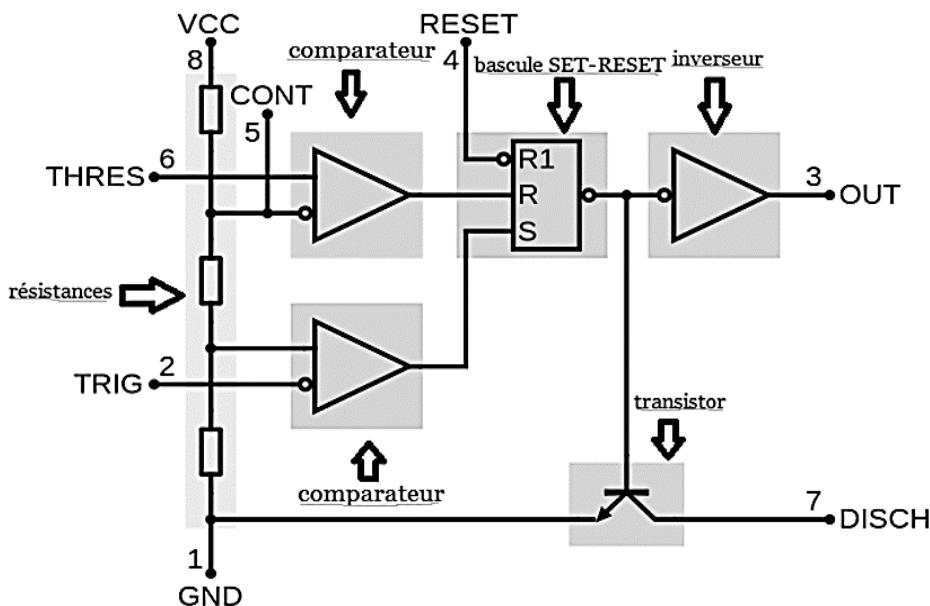


Figure 30 : schéma interne de NE555

- Dans la suite on s'intéresse au fonctionnement monostable et astable.

V-3) Le fonctionnement monostable :

V-3-1) Définition d'un monostable :

- Un monostable est un circuit électronique dont la sortie se trouve dans l'état électrique stable (par exemple à l'état bas, sortie à zéro volt) quand il est au repos, et qui lorsqu'il reçoit une impulsion dite de déclenchement, fait basculer sa sortie dans l'état électrique opposé (par exemple sortie à l'état haut +5V) pendant « un certain temps ».
- Ce nouvel état est instable et la sortie retrouve son état initial au bout de certain temps. Un monostable peut donc servir de base à la construction d'un temporisateur.

V-3-2) Caractéristique d'un monostable :

- L'utilisation du NE555 en configuration monostable permet de générer une impulsion d'une durée définie seulement à l'aide d'une résistance et d'un condensateur comme illustrée dans le schéma ci-dessus. Une impulsion est engendrée suite à l'application d'un front descendant à l'entrée du circuit (TRIG).
- **Les caractéristiques principales :**
 - Impulsion de déclenchement (ou impulsion d'entrée).
 - Polarité de l'impulsion de déclenchement.
 - Impulsion de sortie.
 - Polarité de l'impulsion de déclenchement.
 - Durée de l'impulsion de sortie (ou durée de certain temps pendant laquelle la sortie du monostable reste dans son état instable).

V-3-3) Circuit du NE555 au mode monostable :

- On s'intéresse au mode monostable et on présente une étude sur le NE555 en configuration monostable :

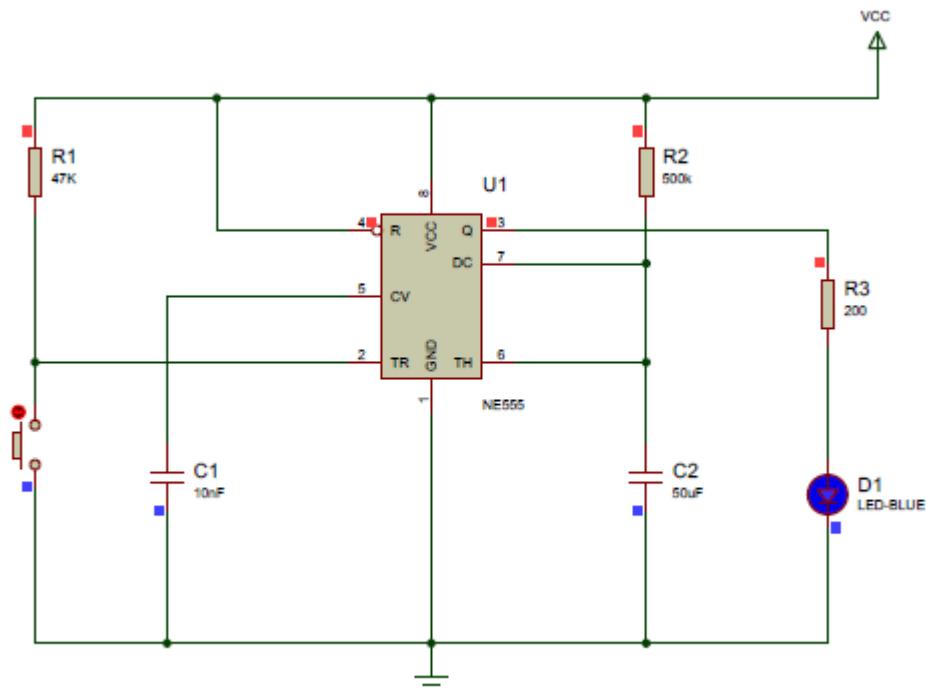


Figure 31 : Le circuit de NE555 en fonctionnement monostable

Il s'agit de NE555 en mode monostable dans la figure ci-dessus. Le circuit fournit un signal de sortie qui s'active tout en appuyant sur le bouton poussoir. Lorsqu'on déclenche le système, on crée une excitation au niveau de la sortie qui va allumer la LED ; En effet, Le déclenchement correspond au passage de 5 à 0 pendant une durée courte.

Les éléments qui influencent sur la durée de l'allumage de la LED sont : la capacité C2 et les deux résistances (R1 et R2).

Premièrement, on fixe R1 et R2 et on fait varier C2 :

On réalise le montage N555 en mode monostable tout en ajoutant un counter Timer qui permet de calculer la période T de l'allumage.

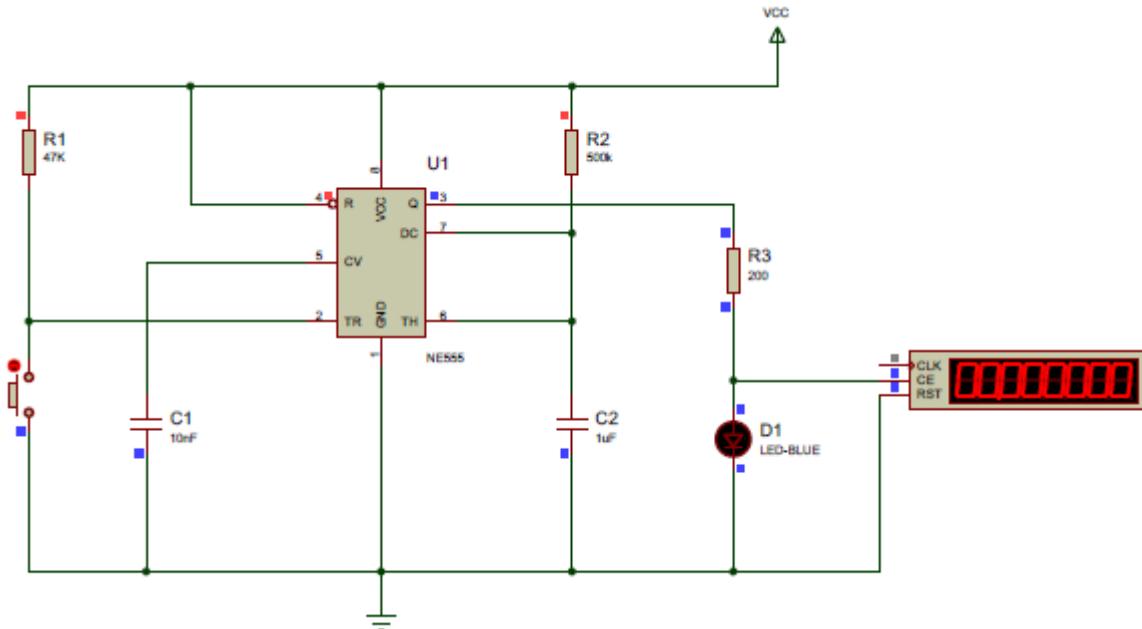


Figure 32 : Le circuit de NE555 en fonctionnement monostable

On fait varier C2 avec un pas de 10 et on calcule la période T :

Capacité C2 (μF)	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Période T (s)	0.5	5.5	11.03	16.50	22.06	27.50	33.09	38.61	44.12	49.64	55.15

- Les résultats obtenus ont permis de tracer La courbe de T en fonction de C_2 sur le logiciel MATLAB :

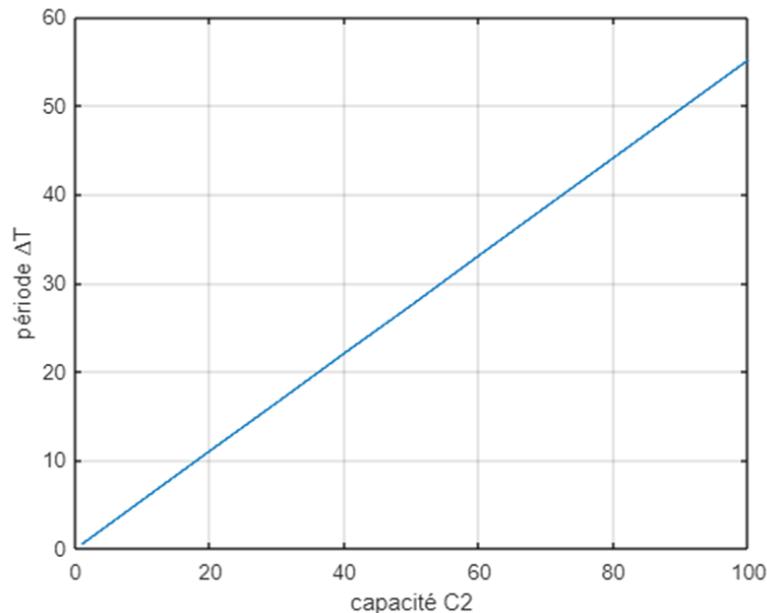


Figure 33 : La variation de la période de l'allumage en fonction de la capacité

- Comme deuxième manipulation on fixe $C_2 = 20 \text{ uF}$ et on fait varier R_2 de 10 KOhms jusqu'à 130 KOhms avec un pas de 10 KOhms. On obtient donc les valeurs et la courbes suivantes :

R₂(KΩ)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ΔT(S)	0.25	0.43	0.65	0.87	1.09	1.31	1.53	1.75	1.97	2.19

R₂(KΩ)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
ΔT(S)	2.41	2.63	2.85	3.07	3.29	3.52	3.74	3.96	4.18	4.4

- On obtient donc la courbe suivante :

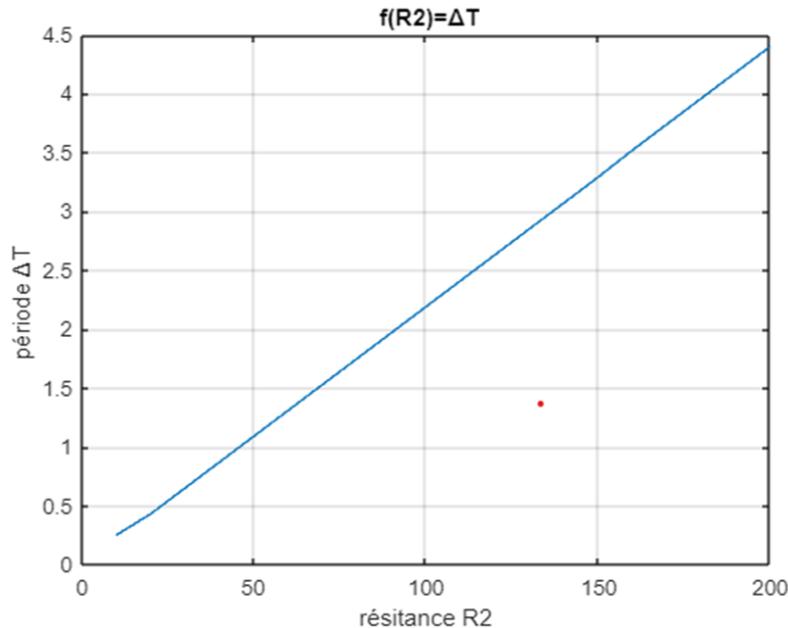


Figure 34 : La variation de la période de l'allumage en fonction de la résistance

Conclusion :

Ils s'agissent des courbes linéaires. En effet, en configuration monostable, le 555 permet de générer une impulsion d'une durée définie à l'aide d'une résistance R_2 et d'un condensateur C_2 et ce temps d'impulsion correspond au temps où la sortie reste à l'état haut avant de repasser à l'état bas (c'est à dire, le temps d'allumage de la LED) et qui se contrôle via trois éléments : R_1 , R_2 et C_2 .

V-4) Le fonctionnement astable :

V-4-1) Définition et principe d'un astable :

On dit qu'un signal est astable quand celui-ci passe en permanence d'un état logique '1' à un état logique '0' (Exemple de signal carré).

La configuration astable permet d'utiliser le NE555 comme oscillateur. Deux résistances et un condensateur permettent de modifier la fréquence d'oscillations ainsi que le rapport cyclique. L'arrangement des composants est tel que présenté par le schéma ci-dessous.

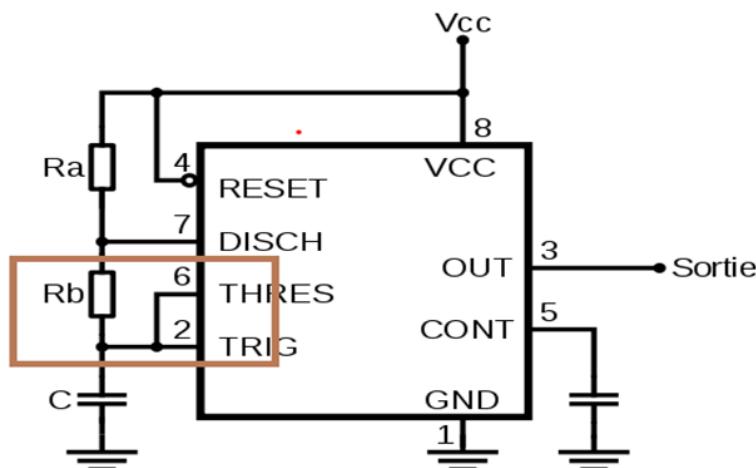


Figure 35 : Configuration en astable

Une oscillation complète est effectuée lorsque le condensateur se charge de 1/3 de Vcc jusqu'à 2/3 de Vcc. Lors de la charge, les résistances Ra et Rb sont en série avec le condensateur, mais la décharge s'effectue à travers de Rb seulement. C'est de cette façon que le rapport cyclique peut être modifié. La fréquence d'oscillations ainsi que le rapport cyclique suivent les relations suivantes :

$$f = \frac{1.44}{(R_a + 2R_b)C} \quad (1)$$

$$\alpha = 1 - \frac{R_b}{(R_a + 2R_b)} \quad (1)$$

V-4-2) Etude fréquentielle d'un astable :

Afin d'étudier le comportement fréquentiel du montage astable précédent on utilise un potentiomètre et un oscilloscope pour visualiser le signal de sortie et calculer sa fréquence.

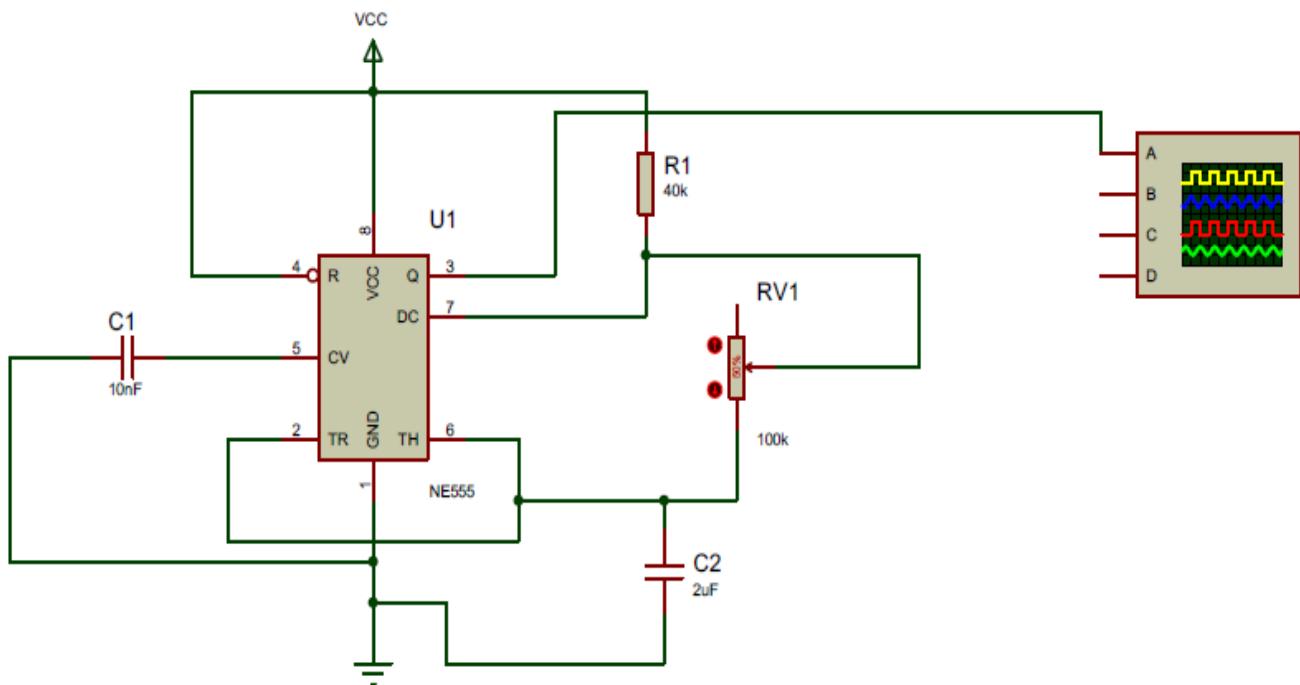


Figure 36 : montage en astable

La configuration astable du NE555 nous permet d'acquérir un signal carré périodique de fréquence fixe à partir d'un signal continu d'entrée :

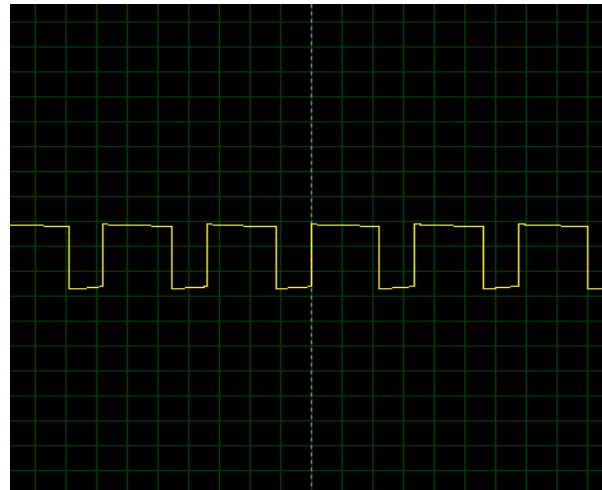


Figure 37 : Simulation du montage astable

Pour cette valeur du pourcentage de potentiomètre ,on a trouvé un rapport cyclique de 0,66.

Une étude plus approfondie sera réalisée dans la partie Simulations et interprétations qui montre l'influence du pourcentage de potentiomètre sur le rapport cyclique du signal de sortie.

VI) Moteur à courant continu :

VI-1) Définition :

Le moteur à courant continu s'appelle aussi ‘ Machine à courant continu’. Il est un actionneur qui crée un mouvement de rotation à partir d'une source continue. Ils ont tous une forme cylindrique avec un axe qui tourne.

En effet, il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique ; selon la source d'énergie.



Figure 38 : Moteur à courant continu

Les principaux avantages :

- Machine réversible.
- Adaptation simple aux moyens permettant de régler ou de faire varier la vitesse.
- Accompagné d'un variateur de vitesse électronique, il possède une large plage de variation (1 à 100 % de la plage).

VI-2) Composition d'un moteur continu :

Le moteur à courant continu se compose :

- ✓ Du stator, c'est la partie fixe du moteur. Le stator est aussi nommé l'inducteur ou l'excitation. Il joue le rôle de l'inducteur, puisque c'est lui qui génère le champ magnétique lors du passage du courant électrique.
- ✓ Du rotor ou de l'induit, c'est la partie en rotation du moteur, sur lequel sont montés des enroulements (composés d'un grand nombre de spires) raccordés à un collecteur collé en bout d'arbre. Il subit le champ magnétique du stator.
- ✓ Du collecteur et des balais, c'est un système de frottement spécial qui permet d'alimenter le rotor.

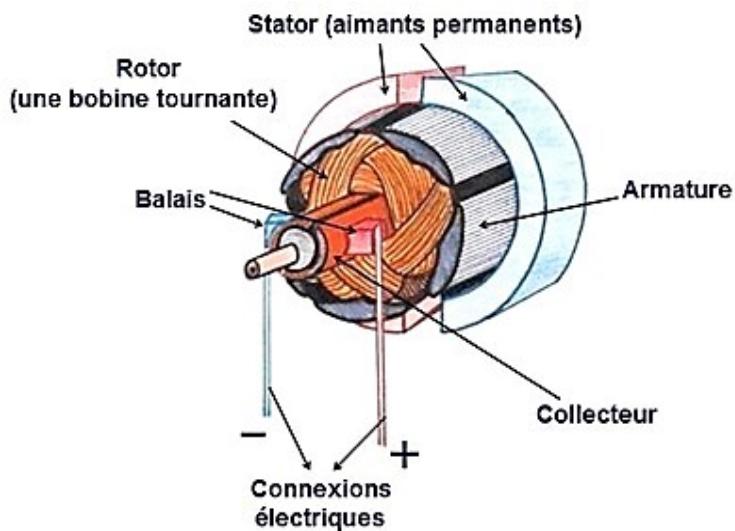


Figure 39 : composition d'un moteur continu

VI-3) Fonctionnement d'un moteur continu :

On fait passer un courant dans le bobinage du stator et c'est lui qui crée (qui induit) un champ magnétique qu'on note B . En tension et courant continus, l'aspect inductif du stator n'intervient pas. Une inductance est un court-circuit en continu. Seule la résistance compte. Dans ce cas, la relation électrique s'écrit :

$$U_e = R_e I_e \quad (1)$$

Il faut alimenter aussi la bobine du rotor pour la transformer en électroaimant qui entrera en interaction avec le stator. En effet le rotor porte des conducteurs parcourus par un courant continu (alimentation du moteur), ces spires, soumises à des forces (forces de Laplace), entraînent la rotation du rotor. Il en résulte une variation du flux du champ magnétique à travers chaque spire, elle engendre une f.e.m. qui est « redressée » par l'ensemble {collecteur + balais}.

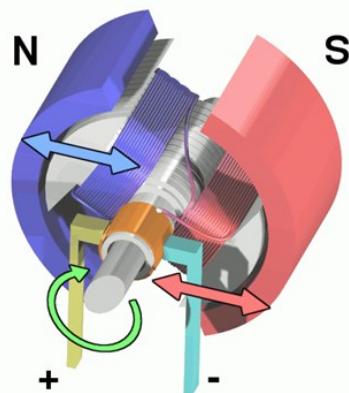


Figure 40 : Fonctionnement d'un moteur DC

VII) Capteurs infrarouge :

VII-1) Principe :

Il existe différents types de capteurs et modules infrarouges disponibles capables

Le modèle qu'on va utiliser contient un émetteur et un récepteur sur des puces séparées et sont principalement activés lorsque quelqu'un objet extérieur interrompt la lumière.

D'un point de vue physique, les dispositifs de détection IR détectent plus précisément les longueurs d'onde infrarouges, dont les rayons lumineux ont une longueur d'onde comprise entre 0,7 à 100 μm ; Cette gamme de longueur d'onde représente la bande infrarouge invisible à l'œil nue, qui émet des températures de rayonnement détectables par notre dispositif.

Le signal infrarouge sera alors transmis par l'émetteur IR, et dans le cas où il y a un obstacle devant lui, il sera réfléchi et par suite reçu par le récepteur IR.

Pour une bonne réception des signaux infrarouges, il faut que la distance entre les deux (émetteur et transmetteur) ne dépasse pas les dix mètres.

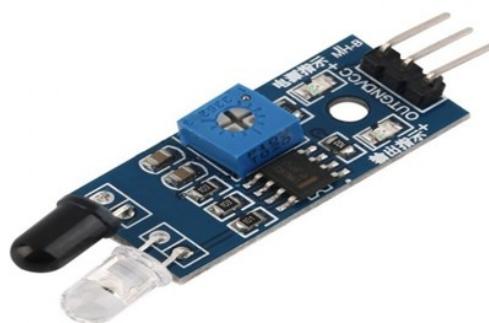


Figure 41 : Détecteur d'obstacle infrarouge

Comme vous pouvez le voir dans la figure ci-dessous, lorsque le signal d'entrée est au niveau BAS, le signal de sortie sera également du même niveau, cela signifie bien qu'il n'y a pas d'obstacle dans le trajet parcouru, et lorsqu'on aura une entrée à haut niveau, la sortie aussi passera niveau haut, et cela signifie l'existence d'un obstacle.

Les niveaux bas et haut sont visualisés à partir de la led :

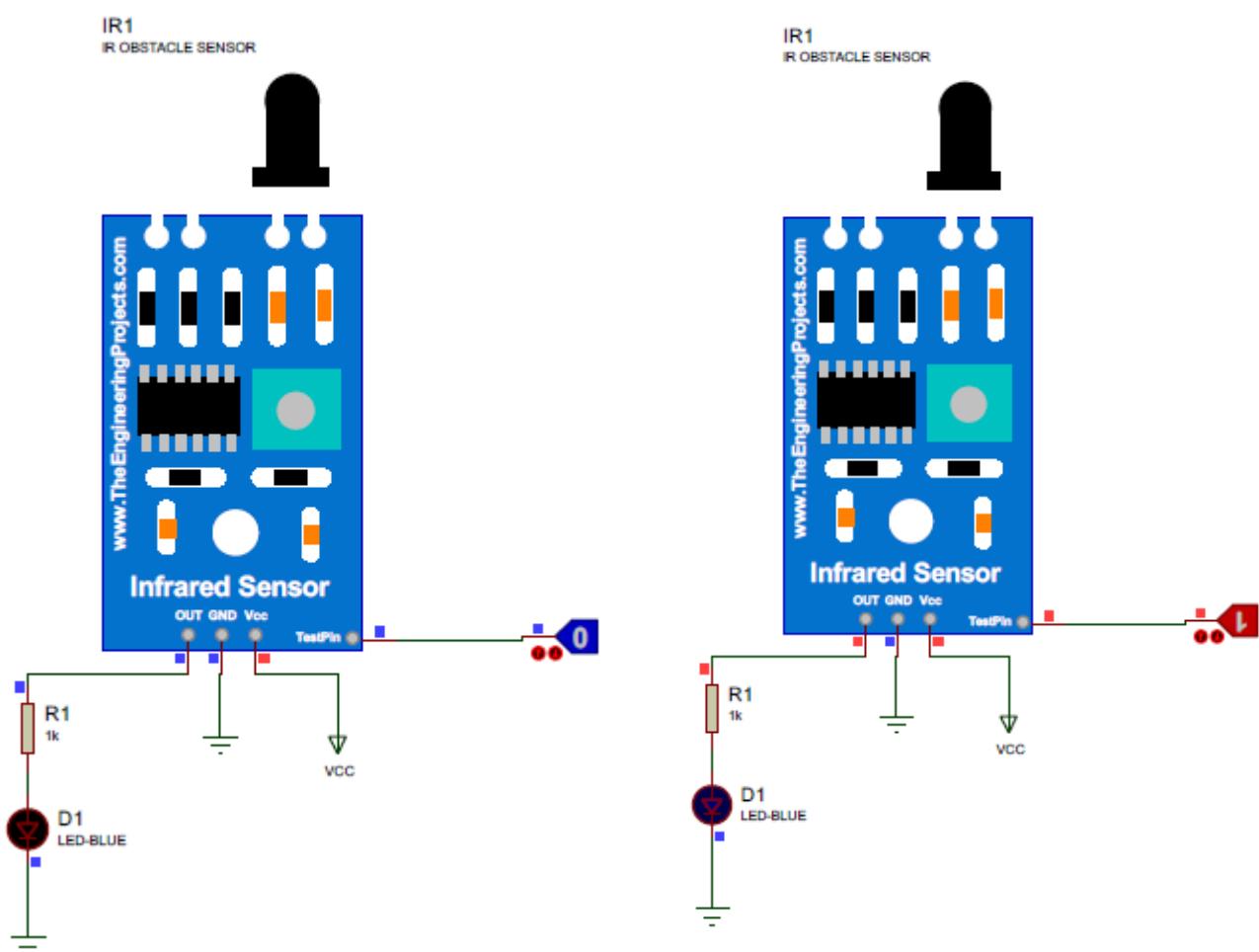
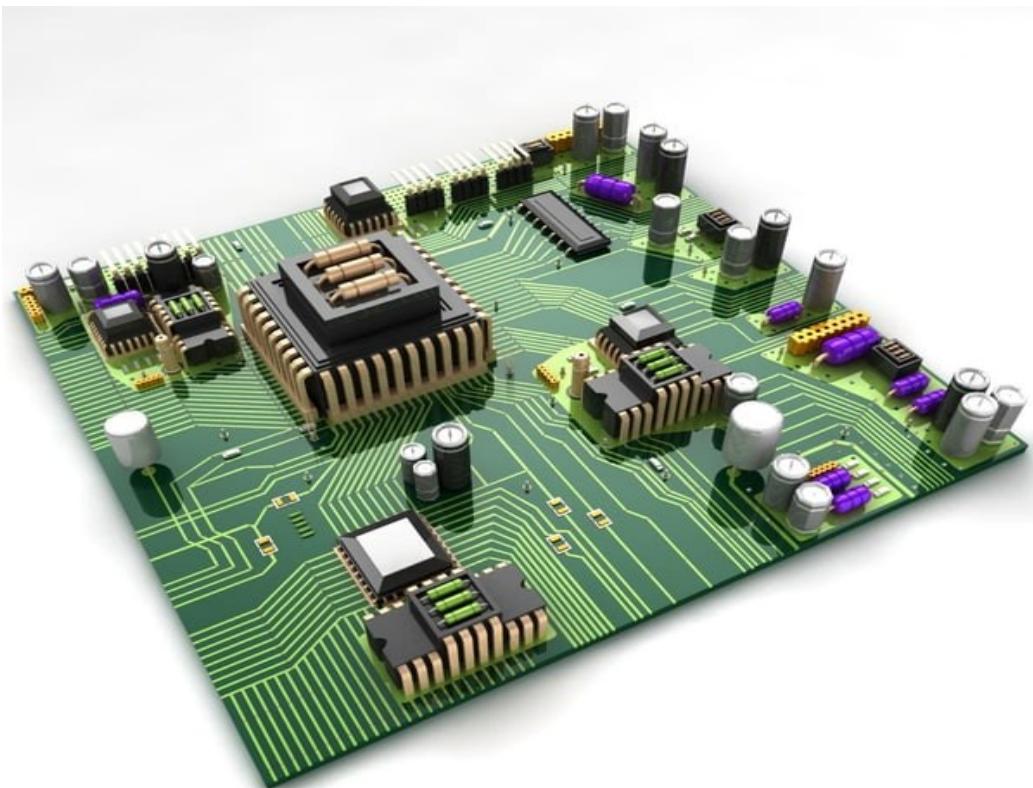


Figure 42 : Le fonctionnement du capteur infrarouge

Chapitre III :

Simulation du circuit



Simulation et interprétation

Dans le premier chapitre on a expliqué de manière générale le principe de fonctionnement de notre suiveur de ligne, alors dans cette partie on va exploiter ce chapitre de conception pour réaliser un suiveur de ligne fonctionnant à la manière déjà évoquée.

I) Simulation de système de détection de la ligne noire :

Concept général du circuit :

C'est un circuit avec un ampli-op LM358 et peut fonctionner sous la tension Vcc. Le LM358 contient deux amplis op qui sont câblés comme des comparateurs.

Ainsi, lorsque la tension à la borne non inverseuse (+) est supérieure à la borne inverseuse (-), sa sortie sera élevée et lorsque la tension à la borne inverseuse (-) est supérieure à la borne non inverseuse (+), la sortie sera au niveau bas.

Les sorties des comparateurs ampli-op sont données aux transistors qui sont câblés comme interrupteur pour piloter les moteurs.

La diode est prévue pour annuler les tensions négatives produites en raison de la force électromotrice arrière du moteur.

Simulation :

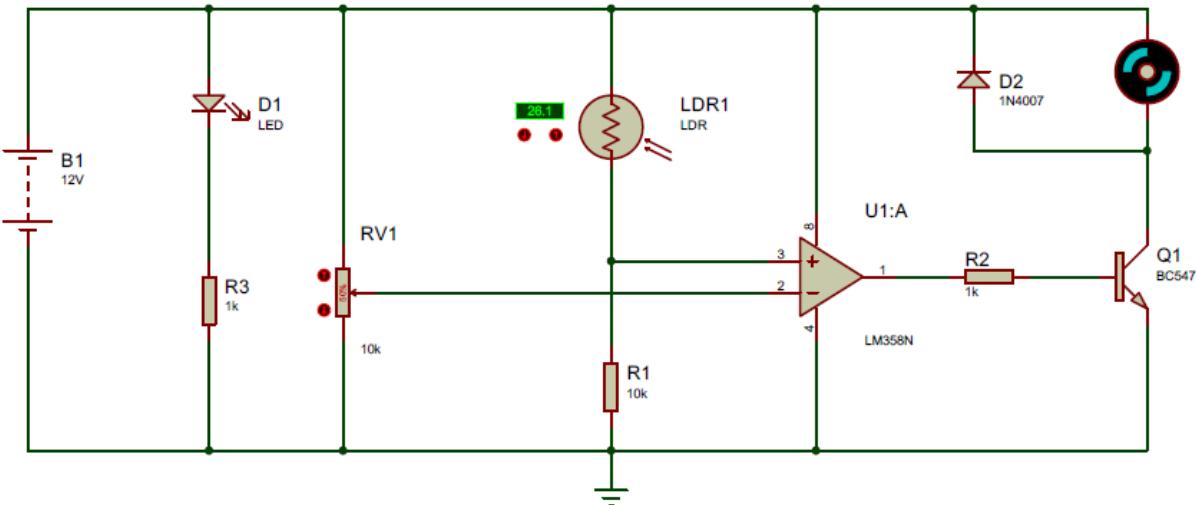


Figure 43 : Circuit de détection de la ligne noire

Lorsque la tension à la borne non inverseuse (+) est supérieure à la borne inverseuse (-), sa sortie sera élevée. Contrairement au cas où la tension à la borne inverseuse (-) est supérieure à la borne non inverseuse (+), la sortie sera au-dessous de 1V. Les sorties des comparateurs ampli-ops sont données aux transistors qui sont câblés comme interrupteur pour piloter le moteur.

- **La plage d'utilisation de potentiomètre :**

Afin que la tension de sortie de l'amplificateur ne dépasse pas les 12V, il faut choisir une valeur de potentiomètre adéquate. On a les équations que vérifient les tensions à l'entrée de l'amplificateur :

$$V^- = V_{cc} \cdot \frac{R_p}{R_T} = 12 \cdot \frac{R_p}{R_T} \quad (1)$$

Avec :

- R_p : La résistance choisie sur le potentiomètre.
- R_T : La résistance total du potentiomètre.

On a encore :

$$\frac{R_P}{R_T} * 100 = K\% \quad (2)$$

En considérant que la surface est fortement illuminée (de valeur de luminosité maximale 1000Lux), on calcule alors la valeur de la tension V^+ .

Une lecture sur le voltmètre nous donne le résultat suivant :

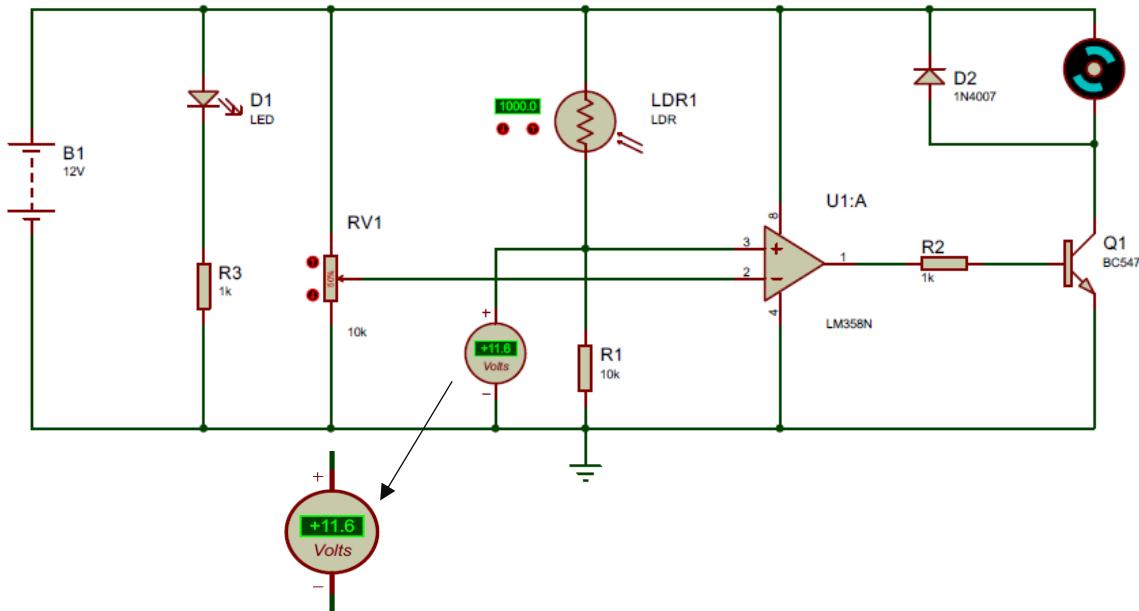
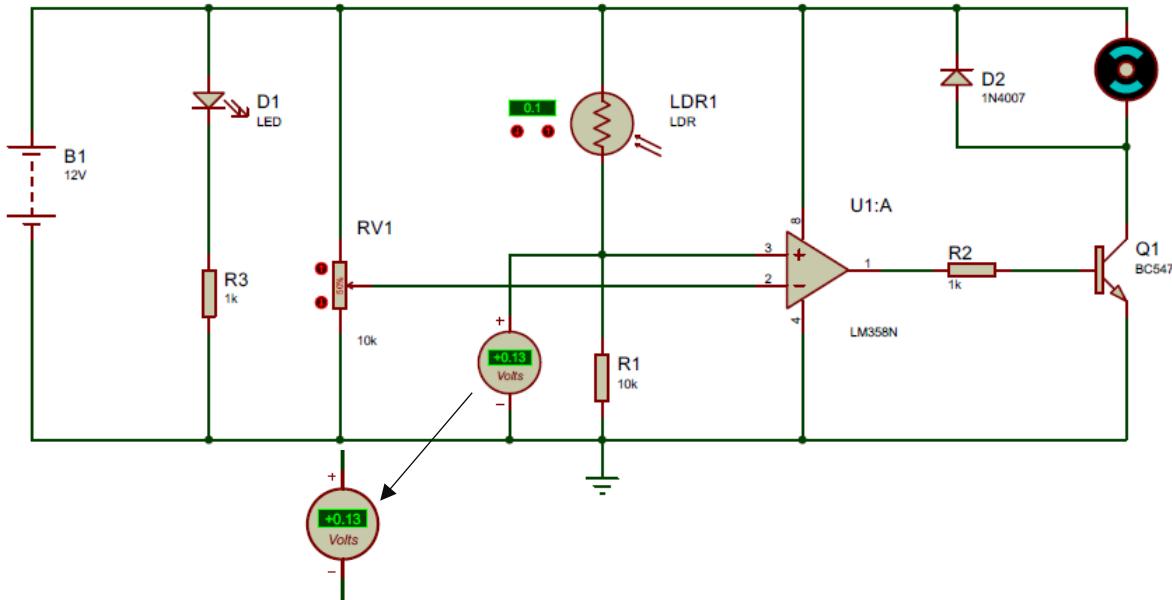


Figure 44 : Circuit de détection de la ligne noire dans le cas de 1000 lux

Une simple lecture du voltmètre associé, nous permet de trouver la valeur 11.6V. et Dans ce cas, on en déduit que $V^-_{max} = 11.6V$.

De même, on fait diminuer la valeur de la photorésistance le plus petit possible jusqu'à atteindre une valeur de 0.01 Lux.

Une lecture sur le voltmètre nous donne le résultat suivant :



On peut simplement tirer que la valeur de minimal sera de 0.13V, et comme en faible luminosité, on aura $V^+ < V^-$, On en déduit alors que : $V^-_{min} = 0.13 V$.

On peut alors extraire le domaine d'utilisation suivant :

$$0.13V < 12 \cdot \frac{R_p}{R_T} < 11.6V \quad (3)$$

D'où : $1\% < K\% < 96.6\%$.

Et par suite le pourcentage du potentiomètre ne doit pas dépasser une portion de 96.6%, et même pour de forte valeurs de luminosité.

Remarque :

Lors de la simulation, on a pu remarquer que la plage d'utilisation du potentiomètre reste la même pour différentes valeurs de tensions d'alimentation.

- **La relation entre le pourcentage du potentiomètre et le seuil :**

Afin de montrer l'influence du pourcentage du potentiomètre sur le comportement global du circuit, nous allons procéder à effectuer au niveau des changements sur la valeur du pourcentage et on collecte les valeurs des seuils, c'est-à-dire les valeurs de luminosité à partir desquelles la moteur commence à tourner ; les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

K%	L(Lux)
10	2
20	4
30	8
40	13
50	20
60	32
70	53
80	98
90	251

A l'aide du logiciel Matlab, on trace la courbe suivante qui montre le comportement du seuil de la luminosité en fonction du pourcentage du potentiomètre :

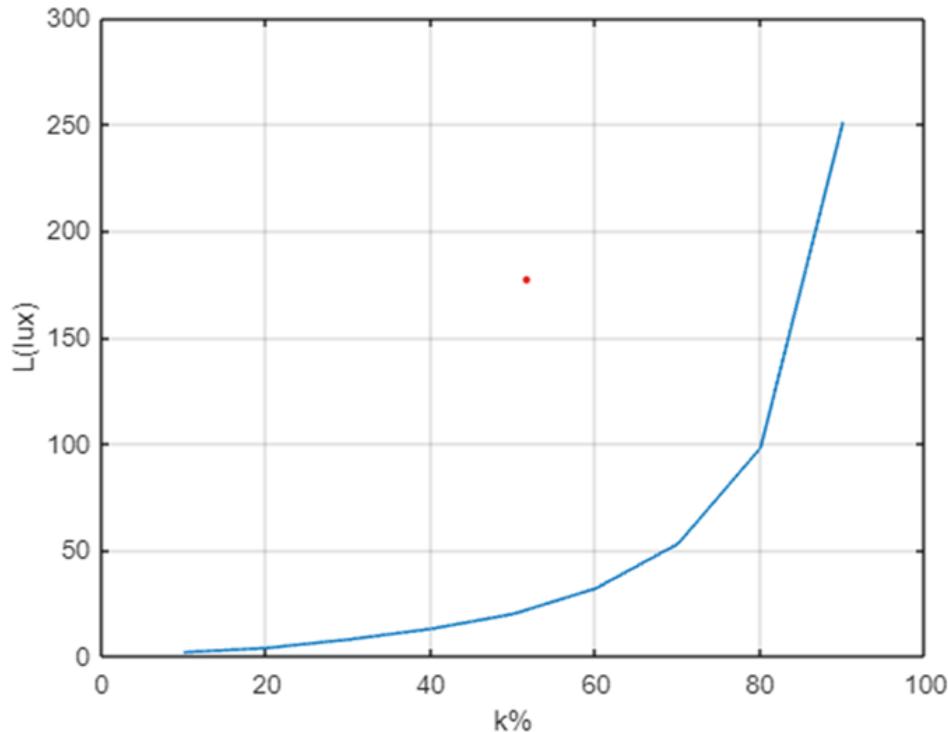


Figure 45 : la variation du seuil en fonction de $K\%$

Conclusion :

On conclut que Le pourcentage du potentiomètre est proportionnel au seuil de la luminosité ; en effet une augmentation du pourcentage du potentiomètre entraîne une augmentation du seuil de luminosité à partir duquel le moteur tourne.

Remarque :

On remarque en effectuant la simulation que la valeur du seuil de la luminosité devient instable et non précise lorsque la valeur du potentiomètre $K\%$ dépasse la valeur de 90%, ce qui confirme l'intervalle trouvée d'utilisation précédemment.

Pour toute la suite de notre projet, on va prendre un pourcentage du potentiomètre égal à 50%, et par suite on aura un seuil de luminosité égal à 20 Lux .

II) Simulation de système de variation de vitesse:

II-1) Introduction :

- Un variateur de vitesse est un équipement permettant de faire varier la vitesse d'un moteur, une nécessité pour de nombreux procédés industriels. En effet, la plupart des moteurs tournent à vitesse constante. Pour moduler la vitesse des équipements de procédé, on a longtemps eu recours à divers dispositifs mécaniques. Aujourd'hui, on fait surtout appel à des circuits de variateurs de vitesse électroniques.

II-2) Principe :

- Le circuit NE555 expliqué ici donnera au constructeur de robot un circuit facile à construire et une bonne compréhension de la modulation de largeur d'impulsion PWM.
- En effet, cette méthode de modulation est la plus courante. Le contrôle de la vitesse s'effectue alors par la modulation de largeur d'impulsion ou PWM (Pulse width modulation). La modulation de largeur d'impulsion est le processus de mise sous tension et hors tension d'un appareil à une fréquence donnée, avec des temps de marche et d'arrêt variables. Ces périodes de marche et d'arrêt sont appelées « cycle de service », ainsi le rapport entre les périodes du niveau haut et la période totale du signal est appelé le « rapport cyclique » et donné par la relation suivante :

$$\text{rapport cyclique} = \frac{T_\alpha}{T} \quad (4)$$

Tel que :

- T_α : la durée pendant laquelle le signal est en niveau haut
- T : la période totale du signal pour un K% donné du potentiomètre.

II-3) La Simulation du variateur de vitesse :

Le temporisateur 555 dans le circuit PWM est configuré comme un oscillateur astable. Cela signifie qu'une fois que l'alimentation est appliquée, le 555 oscille sans aucun déclencheur externe.

Le schéma ci-dessous représente un contrôleur de vitesse d'un moteur à courant continu effectué à base de NE555 :

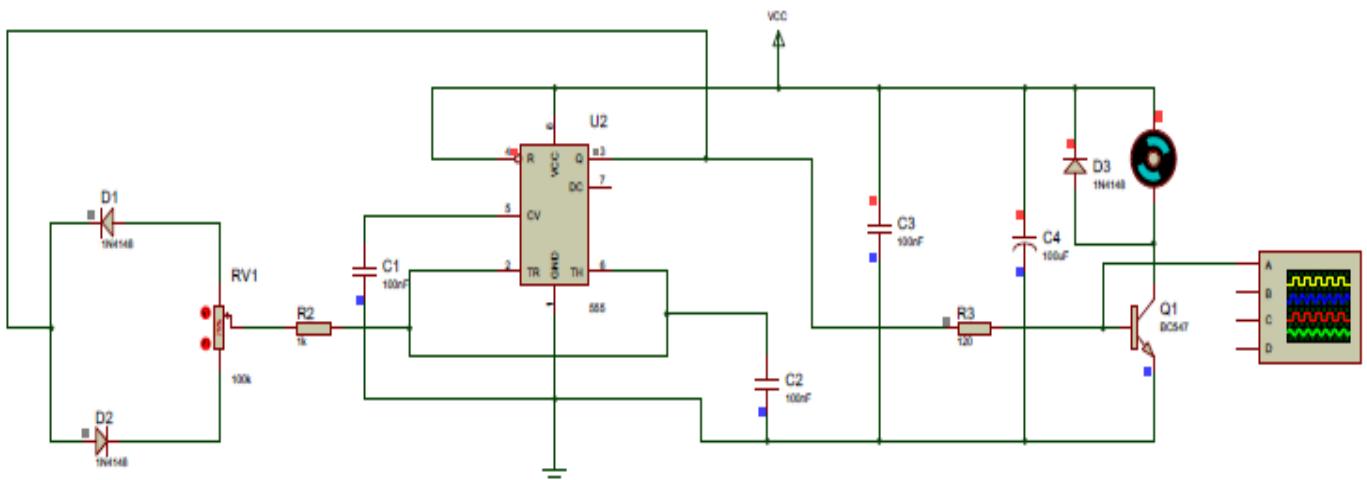


Figure 46 : Le montage de variateur de vitesse

II-4) Exploitation de montage :

Durant la simulation, on fait varier le pourcentage du potentiomètre, et on regroupe les valeurs de $T\alpha$ dans le tableau suivant :

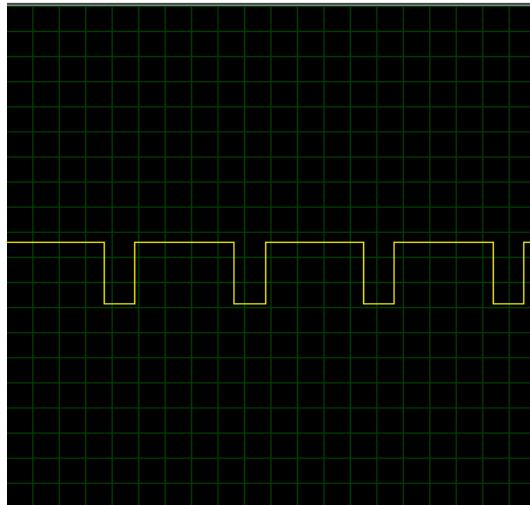


Figure 47 : K% = 75 %

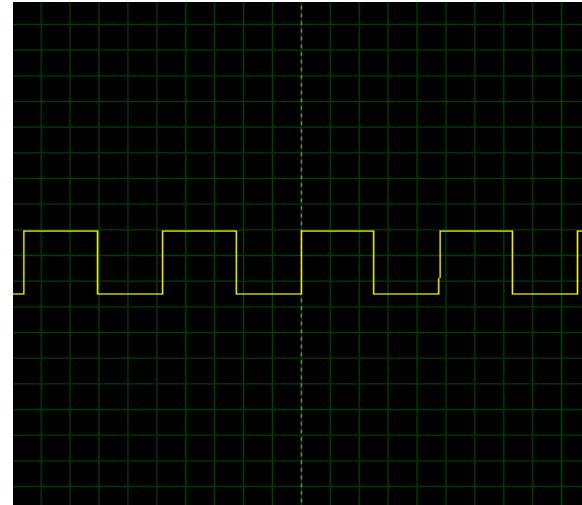


Figure 48 : K% = 50 %

K%	Durée $T\alpha$ en s
10	1.3
20	2.4
30	3.45
40	4.45
50	5.5
60	6.6
70	7.65
80	8.7
90	9.75
100	10.65

- On insère par la suite ces valeurs dans le logiciel de simulation MATLAB et on obtient la courbe suivante :

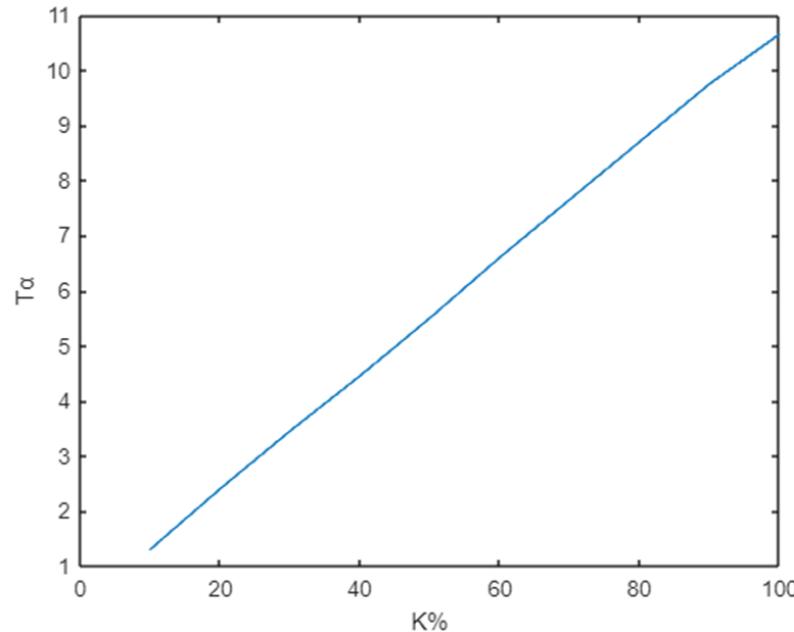


Figure 49 : Variation de $T\alpha$ en fonction du pourcentage de potentiomètre

On remarque expérimentalement qu'en augmentant le pourcentage du potentiomètre, la valeur de la période totale du signal PWM reste constante, alors que le rapport cyclique augmente.

Le contrôle de la vitesse est commandé par un potentiomètre ; lorsqu'on augmente le pourcentage du potentiomètre, on a alors augmentation du rapport cyclique, et comme la valeur moyenne de la tension est égale au rapport cyclique multiplié par la tension maximale, on aura une augmentation de la vitesse du moteur.

III) Optimisation de notre système suiveur de ligne :

Notre suiveur de ligne avec les deux roues est présenté par le montage suivant :

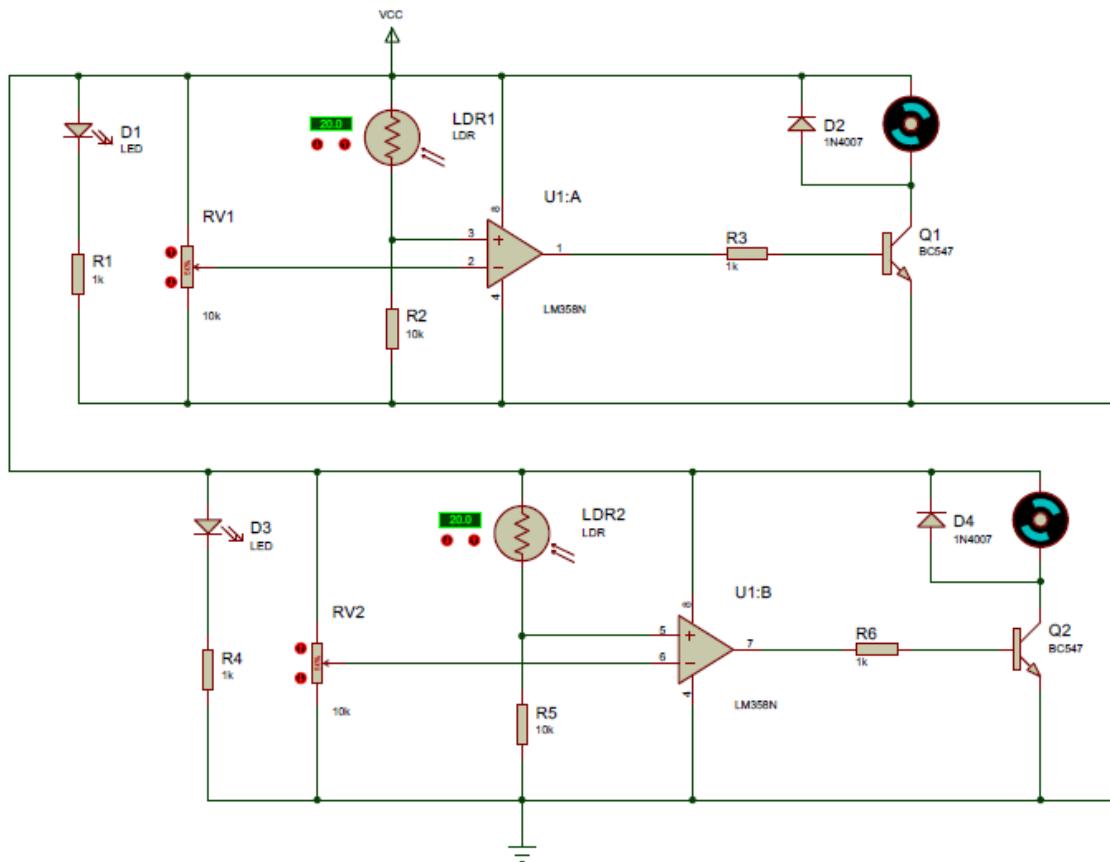


Figure 20 : Le système de suiveur de ligne

En général, les robots commencent à dégringoler davantage que nous essayons d'augmenter la distance ou l'écart entre les deux capteurs en raison de la direction dure des robots à gauche et à droite dès que l'un des capteurs rencontrent une ligne noire.

En outre, si les capteurs sont placés trop près les uns des autres, alors le mouvement du robot devient très rigide et rigide que le robot est en permanence prendre minute à gauche et à droite tourne et en essayant très amèrement de suivre la ligne.

Ainsi, grâce à un succès complet et l'essai, nous devrions être en mesure de trouver la bonne distance entre les capteurs pour maintenir l'équilibre entre la stabilité globale du robot et la rigidité du mouvement ; des essais expérimentaux déjà effectués dans d'autres projets ont montré la relation entre la stabilité du robot et la distance entre les deux capteurs :

$$\text{Stabilité du robot} \propto \frac{1}{\text{Distance entre capteurs}}$$

$$\text{Rigidité lors du mouvement} \propto \frac{1}{\text{Distance entre capteurs}}$$

IV) Le Montage Globale :

La méthode simple pour naviguer sur la ligne de piste noire consiste à allumer et éteindre le moteur DC gauche ou droit en fonction de la luminosité reçue par chaque photorésistance, mais en utilisant cette méthode, le moteur risque de dévier de la ligne ; surtout si cette dernière contient plusieurs virages successifs.

En contrôlant proportionnellement la vitesse du moteur à courant continu gauche et droit à l'aide d'un variateur de vitesse nous pourrions lui permettre de naviguer facilement sur la piste.

Voici le montage de notre suiveur de ligne commandé par le variateur de vitesse :

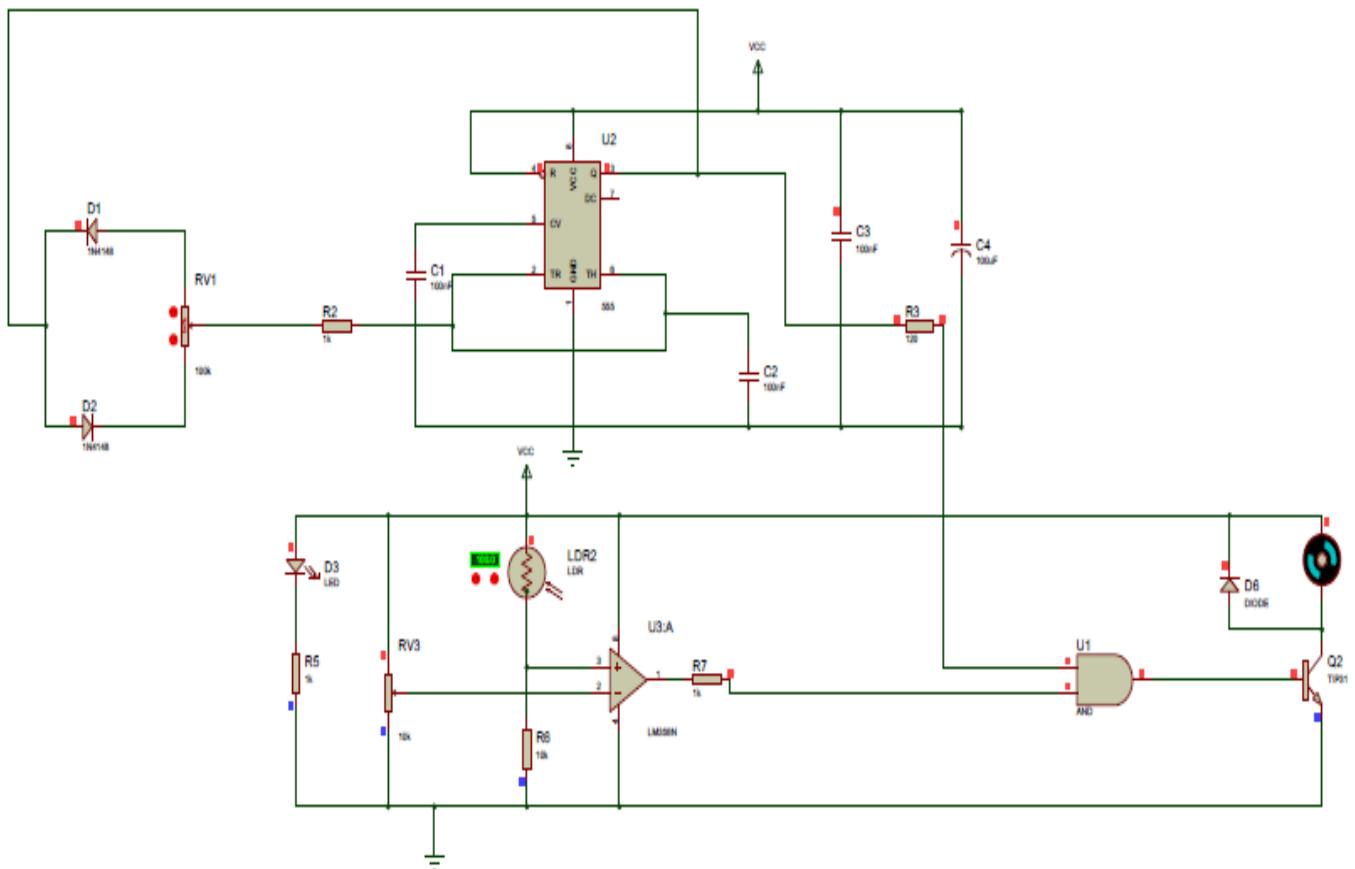


Figure 51 : Suiveur de ligne avec variateur de vitesse

Pour une meilleure visualisation de la variation de vitesse, on fixe alors la valeur de luminosité à 200 Lux, et on fait varier la valeur du pourcentage du potentiomètre, puis on visualise le signal de sortie obtenu par combinaison des circuits suiveur de ligne et variateur de vitesse sur l'oscilloscope.

Et voilà l'allure du signal de sortie pour certaines valeurs du pourcentage de potentiomètre :

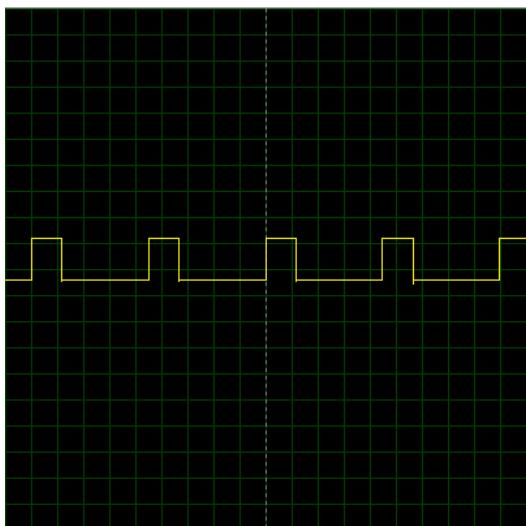


Figure 52 : Pour $K\% = 25\%$

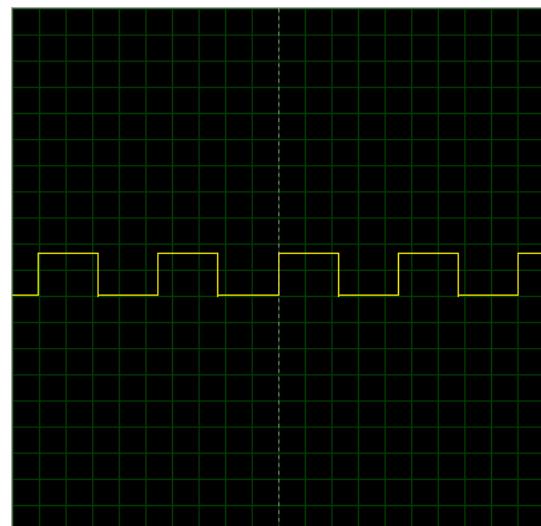


Figure 53 : Pour $K\% = 50\%$

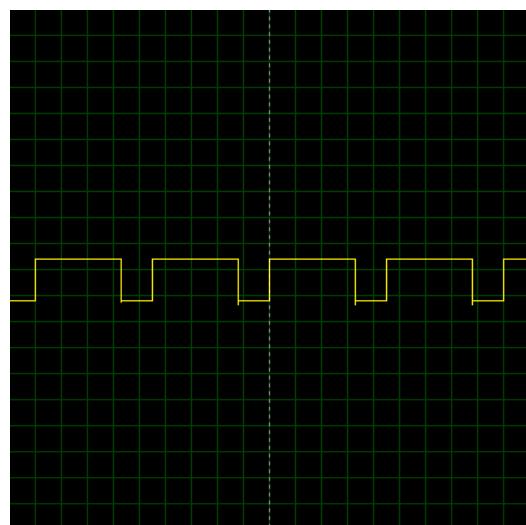


Figure 54 : Pour $k\% = 75\%$

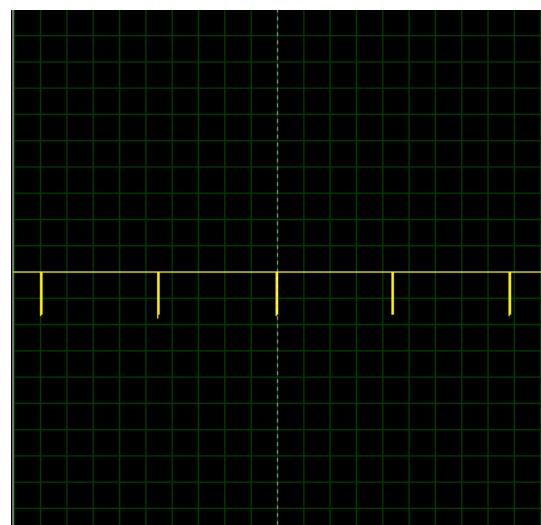


Figure 55 : Pour $K\% = 100\%$

Récapitulons, On a combiné nos deux circuits majeurs à l'aide de la porte logique AND, puis on a visualisé le rapport cyclique du signal de sortie pour différentes valeurs du pourcentage de potentiomètre, dont l'utilisateur a accès à régler manuellement au début de la simulation, on remarque bien que la valeur du rapport cyclique reste proportionnelle au pourcentage du potentiomètre, permettant de contrôler le niveau de vitesse du suiveur de ligne.

Remarque :

Malheureusement, on ne pourra pas garantir que le trajet sera vide d'obstacles, d'où apparaît le risque d'endommager le robot et d'avoir toujours besoin de maintenance et de réparation.

Comment peut-on recourir à ce problème en restant dans le cadre de l'électronique analogique ?

Découvrions alors la partie suivante de notre projet.

V) Sécurité de notre Robot :

Pour des raisons de sécurité, et afin de permettre à notre Robot de détecter les dangers externes qui pourront avoir lieu sur la piste, nous allons utiliser un capteur d'obstacles infrarouge qui détecte le danger, par émission de lumière infrarouge par une diode électroluminescente (dite émettrice) qui sera envoyé ou non par l'obstacle ; et renvoyé par la suite pour qu'elle soit reçue par la diode réceptrice. A la détection d'obstacles, le signal de sortie sera de niveau haut, on utiliser un porte NOT capable de le transformer en niveau bas et puis d'arrêter le robot. Pour cela on utilise une porte AND à 3 entrées, dont la troisième est le signal de sortie du détecteur.

On visualise donc les deux cas suivants :

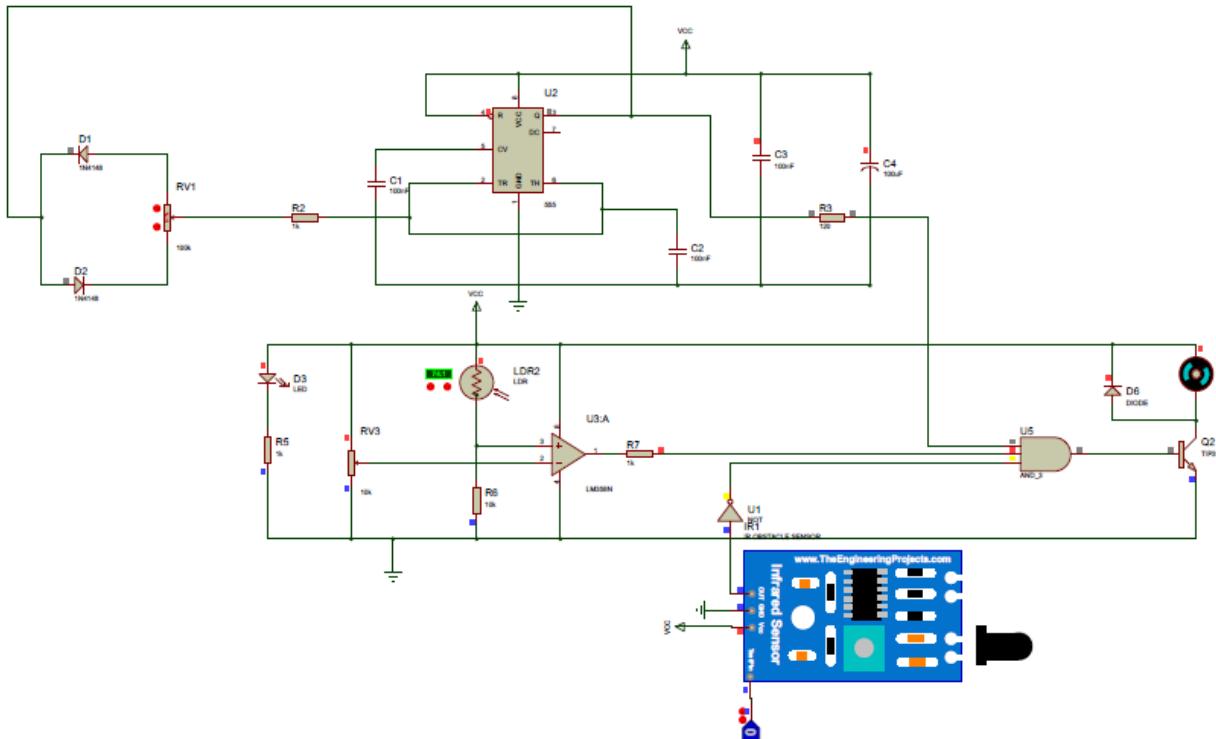


Figure 56 : Le cas où il n'y a pas de détection d'obstacle

Dans cas, où le détecteur ne reçoit aucun signal (pas de détection), on remarque que le moteur continue à tourner à vitesse constante.

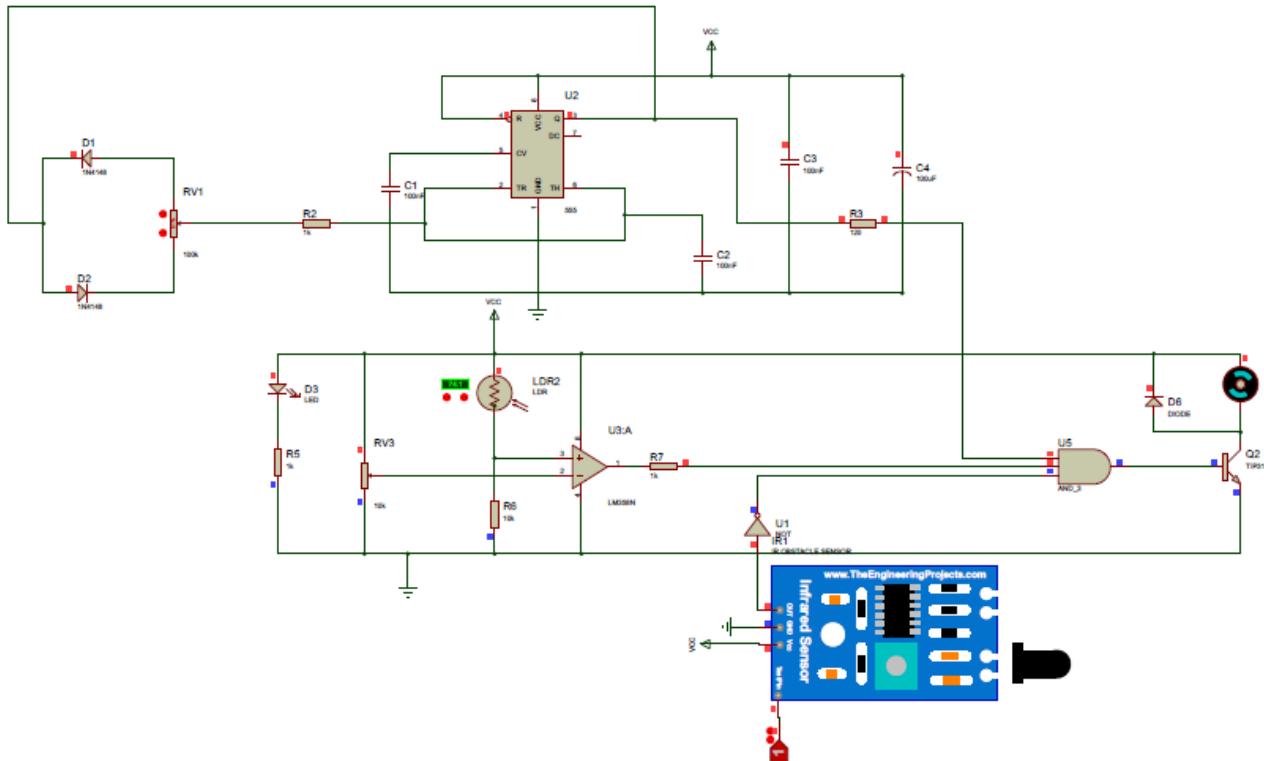


Figure 57 : Le cas où il y a détection d'obstacle

Or dans ce deuxième cas, la détection d'obstacles conduit directement au repos du moteur et par suite à l'arrêt du Robot tout entier.

Après l'utilisation du détecteur d'obstacles infrarouge, le comportement général de notre Suiveur de ligne sera décrit par le Grafcet suivant :

On ajoute un capteur m pour la détection d'obstacle

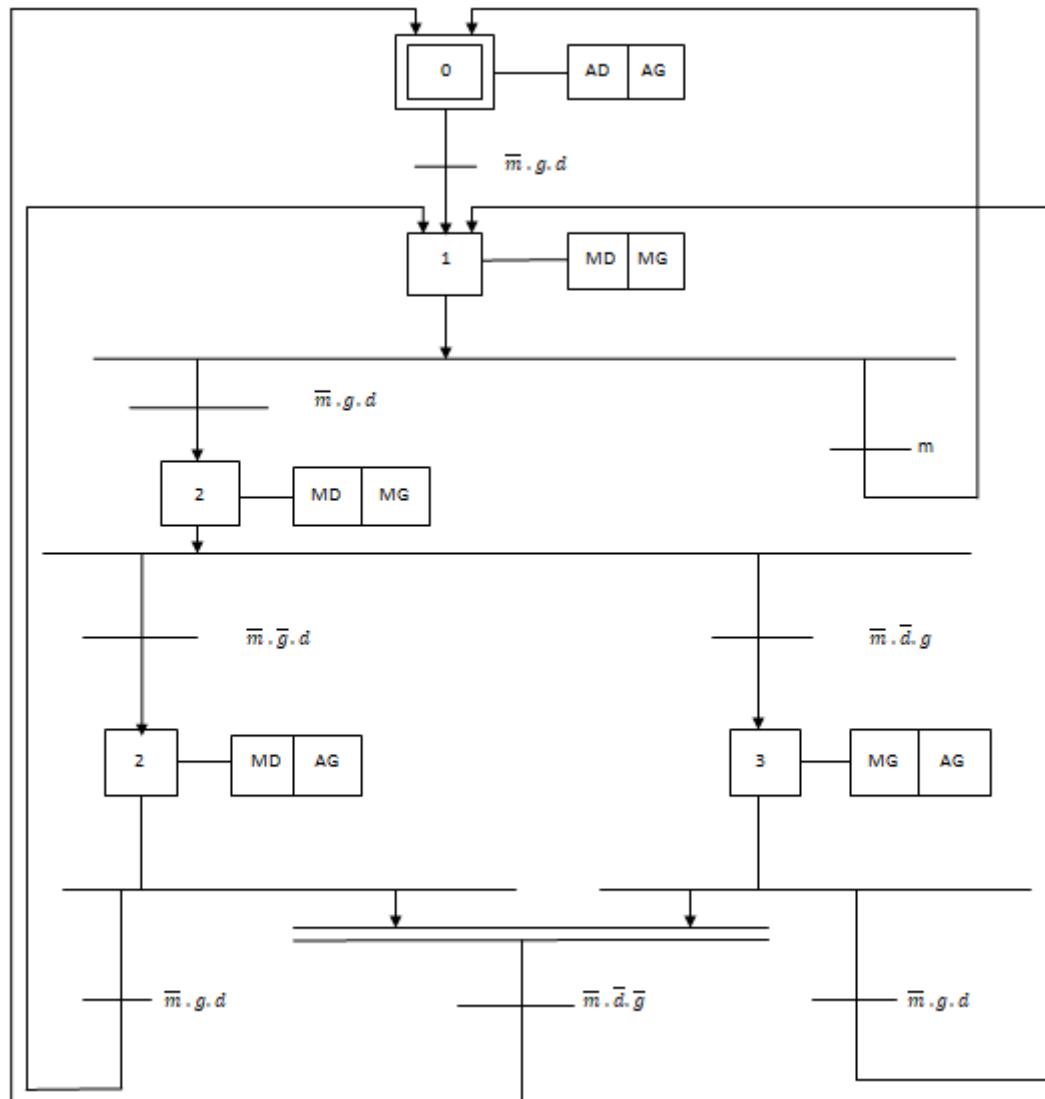


Figure 58 : le grafset de suiveur de ligne avec détecteur d'obstacle

IV) La carte électronique de notre projet :

En tenant compte de la difficulté d'implémenter le circuit sur une carte de manière basique, nous allons donc utiliser la partie ARES du logiciel Proteus ISIS afin qu'on puisse réaliser notre carte électronique final de notre projet.

La figure suivante représente le schéma PCB du circuit de commande de chaque roue de notre suiveur de ligne :

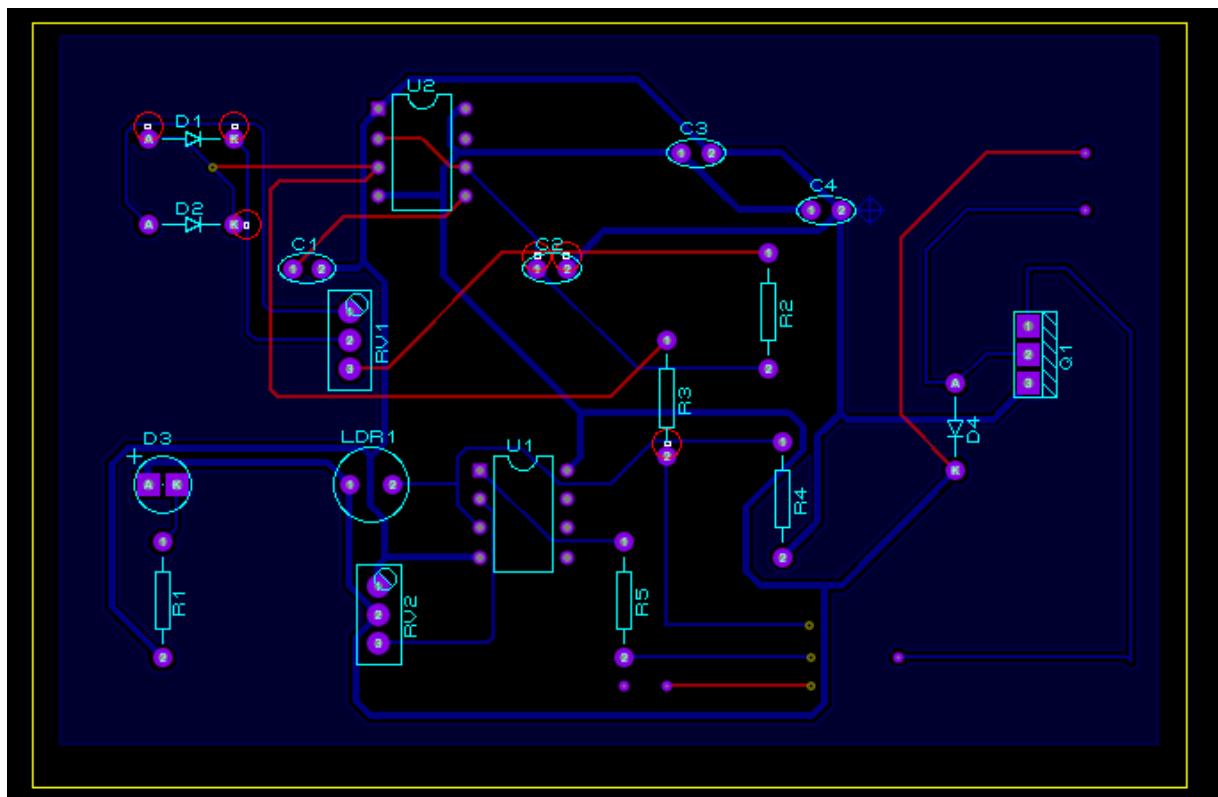
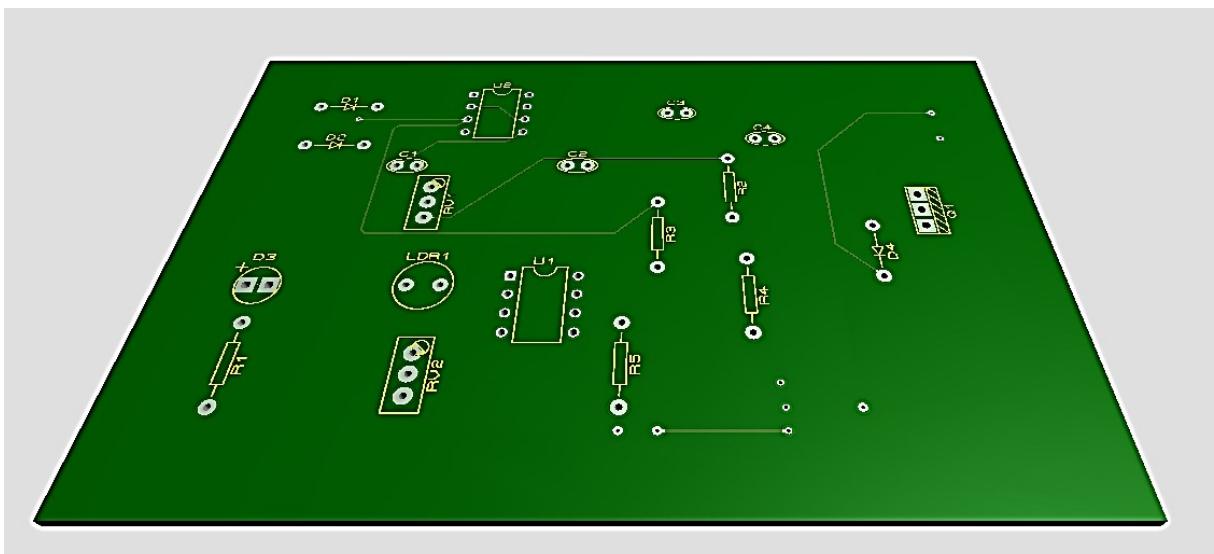
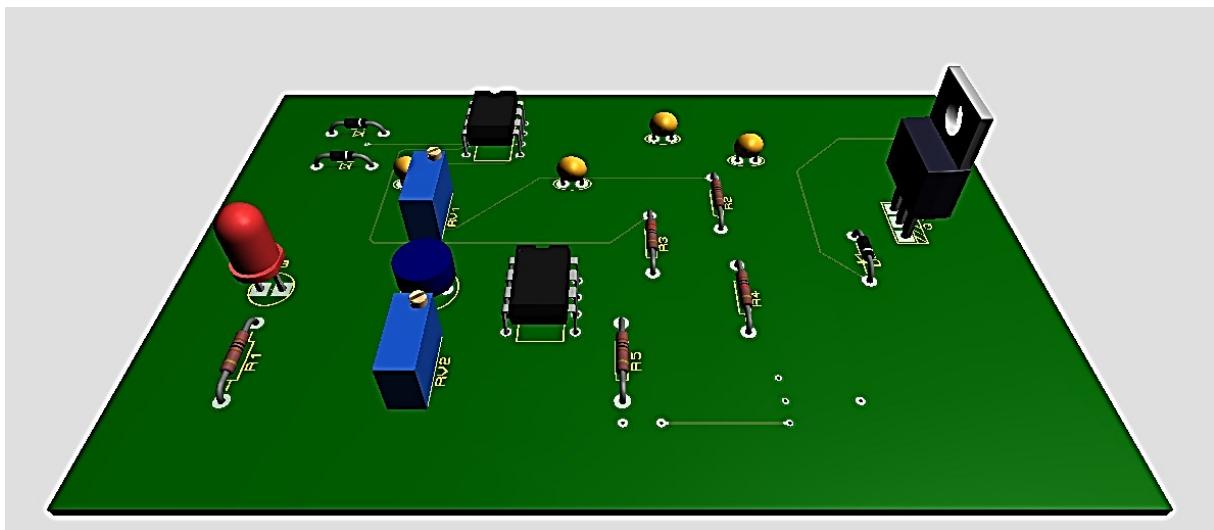


Figure 59 : circuit de commande du moteur sur une carte PCB

Pour avoir une visualisation plus réaliste de notre circuit, nous allons alors utiliser le 3D Visualiser :



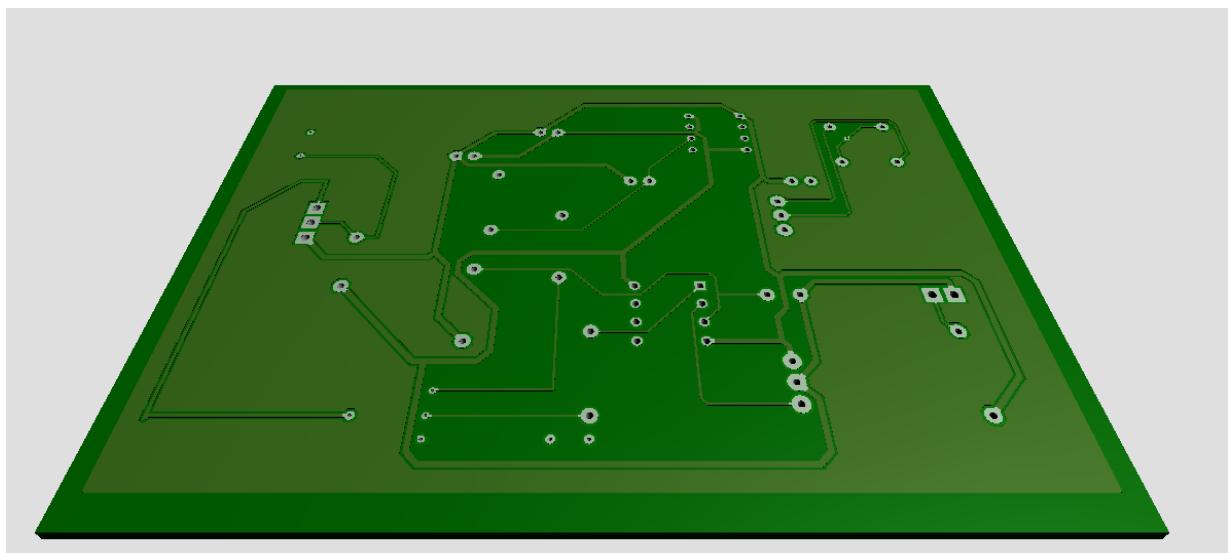
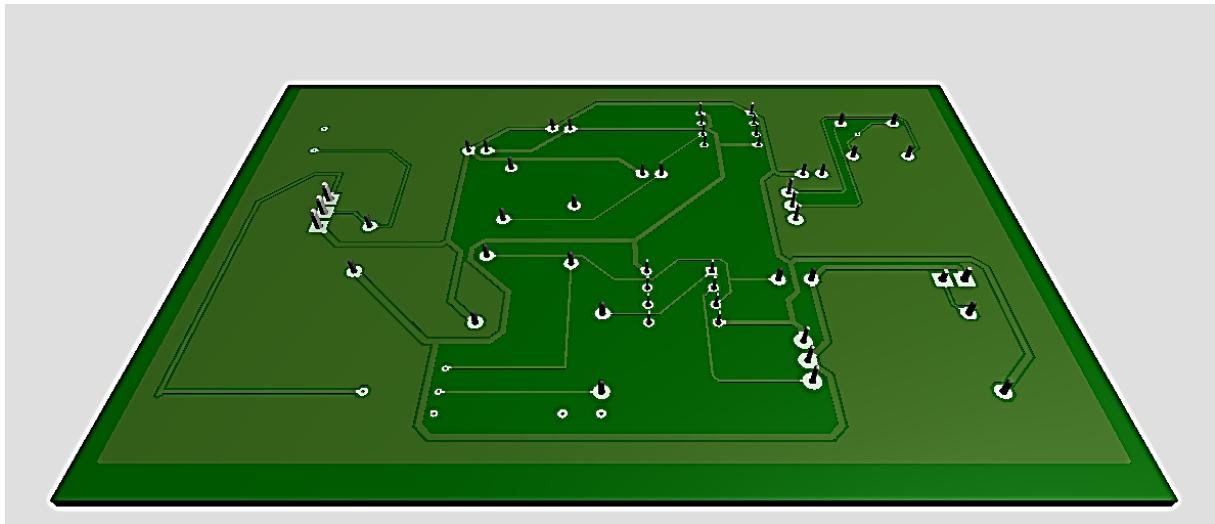


Figure 60 : circuit de commande du moteur sur une carte PCB en 3D.

La figure suivante représente le schéma à imprimer :

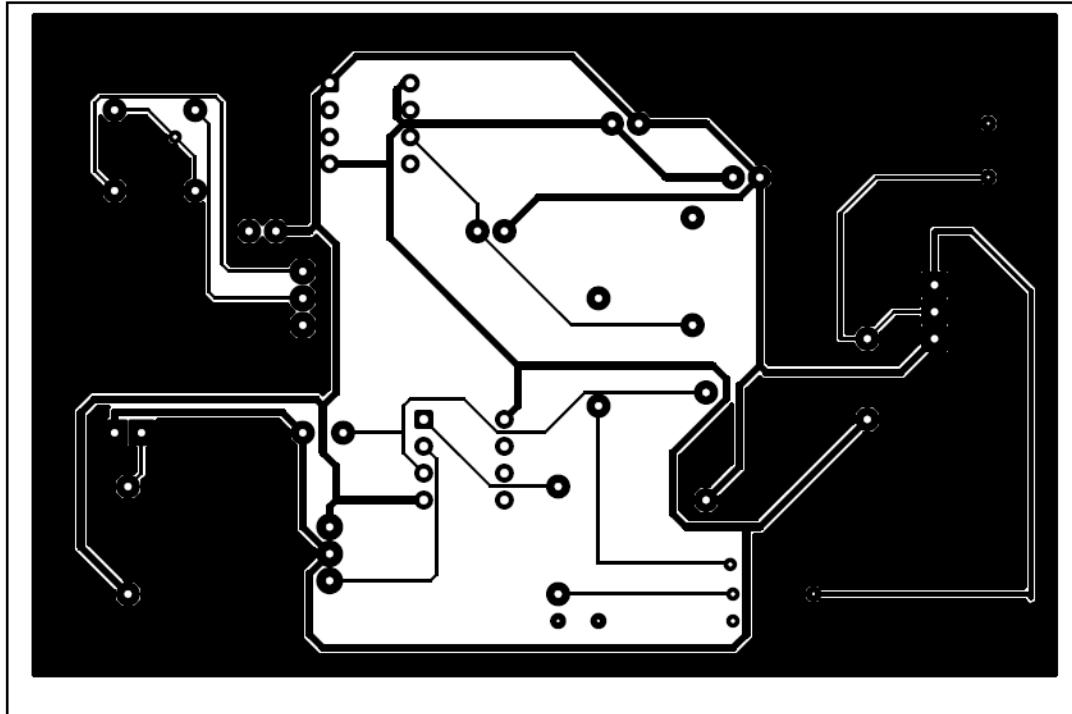


Figure 61 : schéma imprimer de notre circuit

On peut s'aider de ce schéma pour bien placé nos composants :

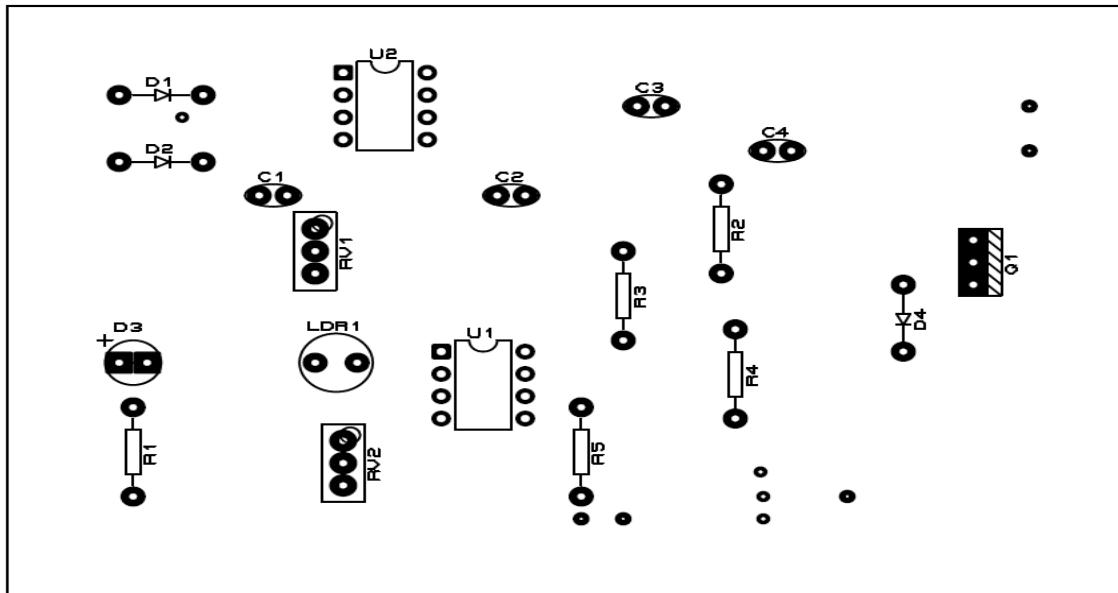


Figure 62 : schéma de positionnement des composants

Conclusion :

Lors de l'écriture de notre projet, nous avons comme but de donner au lecteur le maximum d'informations et des simulations permettant de comprendre la conception générale et le fonctionnement interne de notre modèle du robot Suiveur de ligne. Ce projet était à vrai dire un défi face à nos capacités d'expérimentation et d'amélioration aussi bien une parcelle qui nous a permis de s'intégrer dans le monde d'électronique, et de développer notre dictionnaire scientifique.

Ce projet peut être amélioré encore mieux en ajoutant d'autres fonctionnalités qui peuvent être programmées grâce à un microcontrôleur ou une carte Arduino donnant à notre robot plus d'efficacité, soit par l'amélioration de la partie contrôle de vitesse au cours de la course, soit par confrontation des trajets plus compliqués.

Malheureusement, voir les conditions pandémiques qui rendent difficile le déplacement d'une ville à l'autre et la non disponibilité du matériel électronique approprié, nous n'avons pas eu l'occasion de réaliser ce modèle, espérons que ce problème se résout l'année prochaine, et qu'on puisse le réaliser et découvrir d'autres projets Inchallah.

Références :

- [1] <https://electrosome.com/line-follower-robot-without-microcontroller/>
- [2] <https://medium.com/@gupta.jay/line-follower-robot-algorithm-optimizations-for-better-line-following-64297aeed17e>
- [3] <https://www.electronicshub.org/arduino-line-follower-robot/>
- [4] <https://www.slideshare.net/UpendraChokka/paper-presentation-of-project-work>
- [5] <https://robotzfactory.wordpress.com/2014/09/07/line-follower-robot-programming/>
- [6] https://www.unilim.fr/pages_perso/valerie.madrangeas/Transistor-bipolaire1.pdf
- [7] <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-moteur-a-courant-continu-principe>
- [8] <http://www.isetn.rnu.tn/archives/fr/images/documents/cours/electronique.pdf>
- [9] <https://www.epsic.ch/branches/electronique/toros/ampliop-03.html>