



Université de Bouira
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Electrique

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : *Electronique*
Spécialité : *ESE*

Autorisation de déposer un mémoire de Master
-après soutenance et levé des réserves-
(Une autorisation/mémoire)

Je soussigné, l'enseignant : *Mme JASSA Nacer*
Encadreur de l'étudiant (nom et prénom) : 1- *Koudjilouche Fouad*
2- *Hamitouchi Yacine*

Ayant soutenu le mémoire de master intitulé : *Réalisation d'un robot*
..... *detecteur extinteur de incendies*

Inscrit dans la faculté des sciences et des sciences appliquées dans la spécialité citée en haut,
promotion : 2024/2025.

Et après voir et consulter le mémoire dans sa forme finale (après soutenance et levé des réserves),
nous autorisons les étudiants à l'imprimer et le déposer aux bibliothèques centrale et de la faculté.

Bouira le : *18/07/2025*

Signature du rapporteur

N-JASSA

Signature du président de jury

S. MEDJDOUB





ID: 8ukph1-204763

Certificat d'analyse de la similarité textuelle

- Nom du document: **Robot detecteur enteindre les incendies - bilal hambli (2).pdf**
- Soumis par: **Aggoun Ghania** Enseignant
- Date de soumission: **2025-06-23**



Taux global de similarité

- **29.9%** Similarité Forte
- **0.0%** Exclu manuellement



Nombre de sources

86 sources internet
8 sources Thèses-Algérie
0 sources dépôt privé
72 sources exclues



Passages surlignés

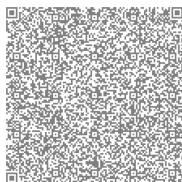
10073 mots
74533 caractères
0.7% de citations

Ce document est un certificat et résumé d'analyse et de détection de similarité textuelle qui peut être utilisé pour l'établissement d'un rapport de plagiat. Il revient à l'examineur, l'encadrant ou bien au comité déontologique de l'université ou de l'école d'émettre un avis quant au statut de plagiat du document analysé.

⊖ Certaines sources **ont été manuellement exclues de ce rapport d'analyse par le propriétaire du document**, et ne sont en conséquent pas prises en compte dans les scores globaux du rapport.

Ⓢ Veuillez Consultez **le rapport complet d'analyse** (non pas le certificat) pour voir la liste complète des sources exclues et visualiser les passages exclus.

Signature d'intégrité



Cachet et Signature



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Tasdawit Akli Muhend Ulhag - Tubirett -



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محمد أولحاج
- البويرة -

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

كلية العلوم والعلوم التطبيقية

Référence :/MM/2021

المرجع :م / م / 2021

Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués

Réalisé par :

KOUDJABACHE Fouad

HAMITOUCHE Yacine

Thème

Réalisation d'un robot détecteur-extinction des incendies

Modèle de mémoire Master

Soutenu le: 28/06/2025

Devant le Jury composé de :

Mr :	S.Medjdoub	Prof.	Univ. Bouira	Président
	A.Alimohad	M.C.A	Univ. Bouira	Examineur
	N.Yassa	M.C.B	Univ. Bouira	Encadrant

Année Universitaire: 2024-2025

Dédicaces

À mon père et à ma mère, pour leur amour inconditionnel et leur soutien indéfectible.

À mes sœurs et mes frères, pour leur présence et leurs encouragements.

À toute ma famille, pour leur affection et leur bienveillance.

À tous mes amis, proches ou lointains, qui m'ont soutenu de différentes manières...

À toute la promotion ESE 2024/2025, avec qui j'ai partagé de précieux souvenirs.

Je vous dédie ce travail avec toute ma reconnaissance.

K .Fouad

Dédicaces

A ma chère mère

A mes oncles et à mes tantes

A toute ma famille

A mon binôme

A ma promo ESE 2024/2025

H.YACINE

Remerciements

Nous remercions d'abord Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la santé, la volonté et l'endurance nécessaires à l'accomplissement de ce travail

.

Au terme de ce projet de fin d'études, nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à toutes celles et ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à sa réalisation.

Nous adressons nos sincères remerciements à Madame Yassa Nacera, notre encadrante, pour son encadrement de qualité, ses conseils pertinents, sa disponibilité constante et son appui tout au long de ce projet.

Nous remercions également les membres du jury pour le temps et l'attention qu'ils consacreront à l'évaluation de notre travail, en espérant qu'il répondra à leurs attentes.

Nous tenons à remercier l'ensemble des enseignants pour l'excellence de leur enseignement et leur rôle essentiel dans notre formation tout au long de ces années universitaires.

Enfin, nos sincères remerciements vont à nos parents et familles, dont le soutien, la patience et les sacrifices ont grandement contribué à notre réussite et nous ont accompagnés à chaque étape de ce projet.

Sommaire

List des Figure

Liste Des Tableaux

Introduction générale

Chapitre I: Généralité sur les robots

I.1. Introduction	3
I.2.Définition du robot.....	3
I.3.Type des robots.....	3
I.3.1 Les humanoïdes.....	3
I.3.2 Robots manipulateurs.....	4
I.3.3 Robots mobiles.....	5
I .4. Les Robots mobiles.....	5
I .4.1.Autonomie d'un robot mobile.....	6
I .4.2. Types des Robot mobile.....	7
I .4.3.Architecture des robots mobiles.....	11
I .4.4.La Commande du robot mobile.....	13
I .5. Conclusion.....	15

Chapitre II: La conception du robot détecteur-éteindre les incendies

II.1. Introduction.....	16
II.2. La conception du robot mobile.....	16
II.3. Conception matérielle.....	16
II.3.1.Châssis.....	16
II.3.2. Roue motrice.....	17
II.3.3. Roue libre.....	17
II.3.4. Alimentation.....	18
II.3.9. Capteurs	19
II.3.9.1. Capture de flamme (flame sensor)	19
II.3.9.1.A. Principe de fonctionnement	19
II.3.9.1.B. Applications	20
II.3.9.1.C . Avantages du détecteur de flamme KY-026	21
II.3.9.1.D. Brochage	21

II.3.9.2. Capture infrarouge	21
II.3.9.2.A. L'infrarouge HW-201	22
II.3.9.2.B. Caractéristiques techniques	22
II.3.9.2.C. Fonctionnement	23
II.3.9.2.D . Spécifications	23
II.3.9.2.E. Brochage du module HW201.....	24
II.3.9.2.F. Applications.....	24
II.3.10. Actionneur.....	25
II.3.10.1. Moteurs.....	25
II.3.10.1.A. Moteur à courant continu (MCC).....	26
II.3.10.1.B. Les caractéristiques techniques.....	26
II.3.10.2. Servomoteur.....	27
II.3.10.2.A. Fonctionnement.....	27
II.3.10.3. Mini pompe à eau.....	28
II.3.10.3.A. Définition.....	28
II.3.10.3.B. Caractéristiques principales.....	29
II.3.10.3.C. Fonctionnement.....	29
II.3.10.3.D. Applications.....	29
II.3.11. Contrôleur.....	30
II.3.11.1. Arduino.....	30
II.3.11.1.A. Présentation générale.....	30
II.3.11.1.B. Caractéristiques.....	31
II.3.11.1.C. Alimentation de la carte Arduino.....	32
II.3.11.1.D. Broches.....	32
II.3.11.2. Double Pont –H (L298N).....	34
II.3.11.2.A. Principe de fonctionnement.....	35
II.3.11.2.B. Caractéristiques du pont en H.....	36
II.4. Conclusion.....	37
Chapitre III: Réalisation du robot	
III.1. Introduction.....	41

III.2. Architecture générale du robot.....	41
III.2.1. Logiciels utilisés.....	41
III.2.1.1 L'IDE Arduino (Environnement de Développement Intégré).....	41
III.2.1.2 . Cirkkit Designer.....	41
III.2.2.Schéma global du robot.....	42
III.3. Partie suiveur de ligne.....	43
III.3.1. circuit du robot suiveur de ligne.....	43
III.3.2. Principe de fonctionnement.....	43
III.3.2.1. Principe de Détection.....	44
III.4 .Partie détecter et éteindre le feu.....	45
III.4.1.circuit du détecter et éteindre le feu.....	45
III.4.2.Principe de fonctionnement.....	47
III.4.2.1 Fabrication de interrupteur commandé par l'Arduino.....	47
III.5. Intégration des fonctionnalités	49
III.5.1. Brochage sur l'Arduino.....	49
III.5.2.Synchronisation du robot suiveur de ligne et circuit du détecter le feu.....	50
III.5.2.1. Principe de fonctionnement.....	50
III.5.2.2.Schéma fonctionnel.....	50
III.5.2.3. Organigramme du robot suiveur de ligne et détecter le feu.....	51
III.6. Conclusion.....	52

Liste Des Figure

FIGURE I. 1: LES HUMANOÏDES	4
FIGURE I. 2: LES ROBOTS MANIPULATEURS.....	4
FIGURE I.3: ROBOTS MOBILES	5
FIGURE I. 4: L’AUTONOMIE D’UN ROBOT MOBILE A PARTIR DE SON ENVIRONNEMENT	6
FIGURE I. 5:TACHES EFFECTUEES A LA SUITE DE L’ACTIVITE DU ROBOT.....	7
FIGURE I. 6:EXEMPLE D’UN ROBOT MOBILE UTILISANT LA CHENILLE.....	8
FIGURE I. 7:EXEMPLE D’UN ROBOT MOBILE A 6 PATTES	9
FIGURE I. 8: EXEMPLE D’UN ROBOT MOBILE A ROUE	10
FIGURE I. 9: ROBOT MOBILE DE TYPE VOITURE	11
Figure I. 10: Robot mobile de type tricycle	11
FIGURE I. 11: ROBOT MOBILE DE TYPE UNI CYCLE	11
FIGURE I. 12: ROBOT OMNIDIRECTIONNEL	11
FIGURE I. 13:CONSTITUANTS MATERIELS D'UN ROBOT	12
FIGURE I. 14:L’ARCHITECTURE DES ROBOTS MOBILES	13
FIGURE I.15: MOYENS D’ACTION	14
FIGURE II-1: CHASSIS	17
FIGURE II-2:ROUE MOTRICE.....	17
FIGURE II-3:ROUE LIBRE	18
FIGURE II-8:FLAMME SENSOR	19
FIGURE II-9:CAPTEUR INFRAROUGE HW201	22
FIGURE II-10: DETECTION DU CHAMP NOIR ET BLANC PAR L’EMETTEUR ET LE RECEPTEUR DU CAPTEUR.....	23
FIGURE II-11: CARACTERISTIQUES ET SPECIFICATIONS DU CAPTEUR INFRAROUGE HW201	24
FIGURE II-12: MOTEUR A COURANT CONTINU DE TYPE TT	26
FIGURE II-13: VUE INTERNE D’UN MOTEUR A COURANT CONTINU	26

FIGURE II-14:SERVOMOTEUR DE TYPE SG90[17]	27
FIGURE II-15: COMMANDE EN LARGEUR D'IMPULSION.....	28
FIGURE II-16:MINI POMPE A EAU	30
FIGURE II-17:DESCRIPTION DES ENTREES/SORTIES DE LA CARTE ARDUINO UNO [18]	34
FIGURE II-18:DOUBLE PONT- H (L298N)	35
FIGURE III.1: SCHEMA GENERALE DU ROBOT.....	42
FIGURE III.2 : CIRCUIT DU ROBOT SUIVEUR DE LIGNE	43
FIGURE III-3:CONCEPT DE TRAVAIL DU CAPTEUR INFRAROUGE	44
FIGURE III-4:ORGANIGRAMME DE FONCTIONNEMENT DU ROBOT SUIVEUR DE LIGNE.....	45
FIGURE III-5 : CIRCUIT DU DETECTER ET ETEINDRE LE FEU	46
FIGURE III-7 : ORGANIGRAMME DE FONCTIONNEMENT DU DETECTER ET ETEINDRE LE FEU.....	48
FIGURE III-8 : SCHEMA FONCTIONNEL GLOBAL	50
FIGURE III-9 : ORGANIGRAMME DU ROBOT SUIVEUR DE LIGNE ET DETECTER LE FEU	51

Liste Des Tableaux

TABLE II- 1:ALIMENTATION DES COMPOSANTS.....	18
TABLE II- 2: CARACTERISTIQUES DE LA CARTE ARDUINO UNO	32
TABLE II- 3:CONTROLE DU SENS DE MOTEUR DROIT	35
TABLE II- 4:CONTROLE DU SENS DE MOTEUR GAUCHE.....	36
TABLE III-1:CONNEXION AVEC L'ARDUINO	49



INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction:

Dans un contexte technologique en constante évolution, les robots autonomes occupent une place croissante dans divers domaines, allant de l'industrie à la sécurité en passant par les services domestiques. Leur capacité à exécuter des tâches précises, parfois dangereuses pour l'homme, en fait des outils indispensables. Parmi ces robots, les robots suiveurs de ligne sont largement utilisés dans les systèmes automatisés de transport, de logistique ou de surveillance. Ce projet de fin d'études s'inscrit dans cette dynamique et vise à concevoir et réaliser un robot mobile capable de suivre une ligne tracée au sol, de détecter une de chaleur (feu) et d'intervenir pour l'éteindre[1].

Ce type de robot trouve des applications concrètes dans la prévention des incendies, notamment dans des environnements confinés ou dangereux pour les humains, comme les laboratoires, les usines ou les entrepôts. Il s'agit donc d'un projet mêlant à la fois robotique mobile, capteurs intelligents et actionneurs mécaniques, dans le but de simuler une intervention rapide et ciblée contre les départs de feu.

Pour mener à bien ce projet, nous avons structuré notre travail autour de trois chapitres principaux :

- **Chapitre I** : est consacré aux généralités sur les robots, dans lequel nous passerons en revue les différents types de robots, L'architecture et la commande de robots.
- **Chapitre II** : porte sur la conception matérielle du robot, incluant le choix des composants électroniques et mécaniques, les cartes de commande, les capteurs (IR, capteur de flamme), les moteurs ainsi que le système d'extinction (Pompe a eau).
- **Chapitre III** : traite de la réalisation du robot, où nous décrivons les étapes de l'assemblage, le câblage des composants, la programmation de l'algorithme de suivi de ligne et de détection/extinction du feu.



Chapitre I : Généralités sur les robots

I.1. Introduction

Aujourd'hui, les robots jouent un rôle majeur dans de nombreux domaines de la vie moderne, allant de l'industrie manufacturière aux soins médicaux, en passant par les transports, l'exploration spatiale et sous-marine. Demain, ils deviendront aussi courants et personnalisés que le sont les ordinateurs personnels[2].

Depuis l'aube de l'humanité, l'homme rêve de concevoir des machines intelligentes et performantes. Aujourd'hui, ce rêve commence à se concrétiser et à s'intégrer dans notre réalité.

En robotique, les robots mobiles occupent une place particulière. Leur capacité à se déplacer leur confère un large champ d'applications dans divers domaines. Comme Aérospatial, Recherche & Éducation, Défense & sécurité, Transports autonomes[3].

I.2.Définition du robot

Les robots sont des systèmes autonomes intelligents, intégrant des moyens de perception, de traitement et d'action, ce qui leur permet de réagir de manière indépendante aux variations de leur environnement et même à des situations imprévues

Il s'agit de dispositifs mécatroniques (combinant mécanique, électronique et informatique) capables d'exécuter automatiquement des tâches qui sont souvent dangereuses, pénibles, répétitives ou inaccessibles pour l'être humain. Ils peuvent également accomplir des tâches simples, mais avec une efficacité et une précision supérieures à celles de l'homme.

Les robots sont largement utilisés dans le secteur industriel, où ils effectuent sans interruption des opérations répétitives avec une grande précision. De nombreux robots industriels sont dotés de systèmes de vision, leur offrant une plus grande flexibilité dans l'exécution des tâches et la possibilité de contrôler la qualité des produits fabriqués[4].

I. 3. Type des robots

Les trois grandes catégories des robots sont :

I.3.1 Les humanoïdes :

Chapitre I: Généralités sur les robots

Il s'agit de la catégorie de robots la plus connue, notamment grâce à sa large représentation dans les œuvres de science-fiction. Elle regroupe les robots anthropomorphes, c'est-à-dire ceux dont la forme évoque le corps humain dans son ensemble ou en partie. Ces robots possèdent généralement une tête, un torse, deux bras et deux jambes. Lorsqu'un robot reproduit non seulement l'apparence physique humaine, mais également son comportement, on parle alors d'un androïde.



Figure I. 1: Les humanoïdes

I.3.2 Robots manipulateurs :

Ce sont des robots fixés de manière permanente à leur poste de travail, conçus principalement pour exécuter des tâches précises ou répétitives. La plupart d'entre eux sont installés sur une base fixe.



Figure I. 2: Les robots Manipulateurs

I.3.3 Robots mobiles :

Un robot mobile est un agent physique autonome, équipé de capteurs, d'un système de commande et d'actionneurs, ce qui lui permet d'exécuter des tâches dans son environnement. Grâce à ses capacités de perception, de décision et d'action.

Son principal objectif est d'interagir de manière autonome et rationnelle avec son environnement, sans nécessiter d'intervention humaine. Ce type de machine se distingue par sa flexibilité, puisqu'il peut être programmé pour exécuter une grande variété de tâches.



Figure I.3: Robots mobiles

I.4. Les Robots mobiles

L'intérêt porté aux robots mobiles s'est fortement accru ces dernières années. Les êtres humains prennent de plus en plus conscience que certaines tâches, autrefois réalisées manuellement, peuvent désormais être confiées à des machines, dotées de systèmes plus ou moins complexes selon la nature du travail à accomplir.

Ces tâches sont souvent pénibles, fatigantes, dangereuses, voire impossibles à effectuer pour l'homme. On peut citer, par exemple, les interventions dans des environnements

hostiles où l'air est irrespirable, comme dans les centrales nucléaires, l'espace, les profondeurs marines, ou encore les tâches répétitives nécessitant des efforts intellectuels constants [5].

I.4.1. Autonomie d'un robot mobile :

Une machine autonome associe un système d'intelligence artificielle à des capacités de perception, de modélisation (de son environnement et de son propre état), ainsi qu'une aptitude à agir sur ces deux réalités. Concrètement, elle suit le paradigme (Percevoir–Décider–Agir) : d'abord elle perçoit son environnement via des capteurs, ensuite elle prend des décisions (à partir de modèles internes), puis elle agit via ses actionneurs[6].

La façon dont un robot mobile traite ces différents aspects dépend de son architecture de contrôle. Celle-ci peut intégrer, si nécessaire, un modèle interne de l'environnement ou une stratégie intelligente, afin de lui permettre de planifier ses actions sur le long terme.

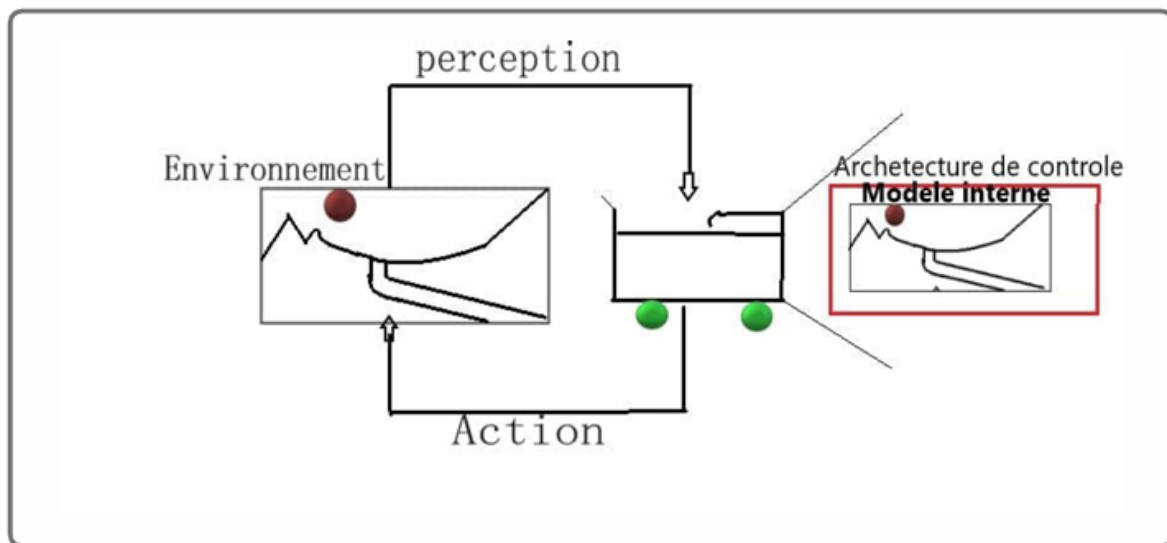


Figure I. 4: L'autonomie d'un robot mobile à partir de son environnement

En générale l'activité d'un tel robot se ramène aux tâches suivantes :

- **Percevoir** : Le robot doit capter des informations sur son environnement au moyen de ses capteurs. Ces données peuvent être utilisées pour mettre à jour un modèle interne de l'environnement (dans les architectures hiérarchiques ou délibératives), ou servir

directement à déclencher des comportements immédiats (dans les architectures purement réactives), en suivant le paradigme perception-action

- **Décider** :Le robot doit déterminer des enchaînements d’actions soit à partir d’un raisonnement basé sur un modèle de l’environnement, soit en réagissant de façon réflexe à des stimuli directement liés aux informations reçues par ses capteurs.
- **Agir** : le robot exécute les actions décidées en transmettant des consignes aux actionneurs, via des boucles d’asservissement. Cela lui permet de manipuler son environnement ou de se déplacer, en convertissant les signaux de commande en mouvements précis grâce à des actionneurs adaptés.

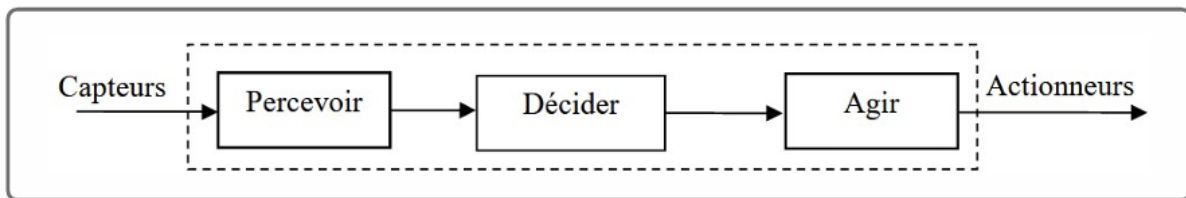


Figure I. 5:Tâches effectuées à la suite de l'activité du robot

I .4.2. Types des Robot mobile :

- **Robot mobile utilisant la chenille** : Sur un terrain accidenté, les roues deviennent moins efficaces pour assurer la locomotion, ce qui réduit la mobilité des robots mobiles équipés de ce système. Dans ce type d'environnement, les chenilles offrent une meilleure alternative, car elles assurent une adhérence accrue au sol et permettent de franchir des obstacles plus importants.

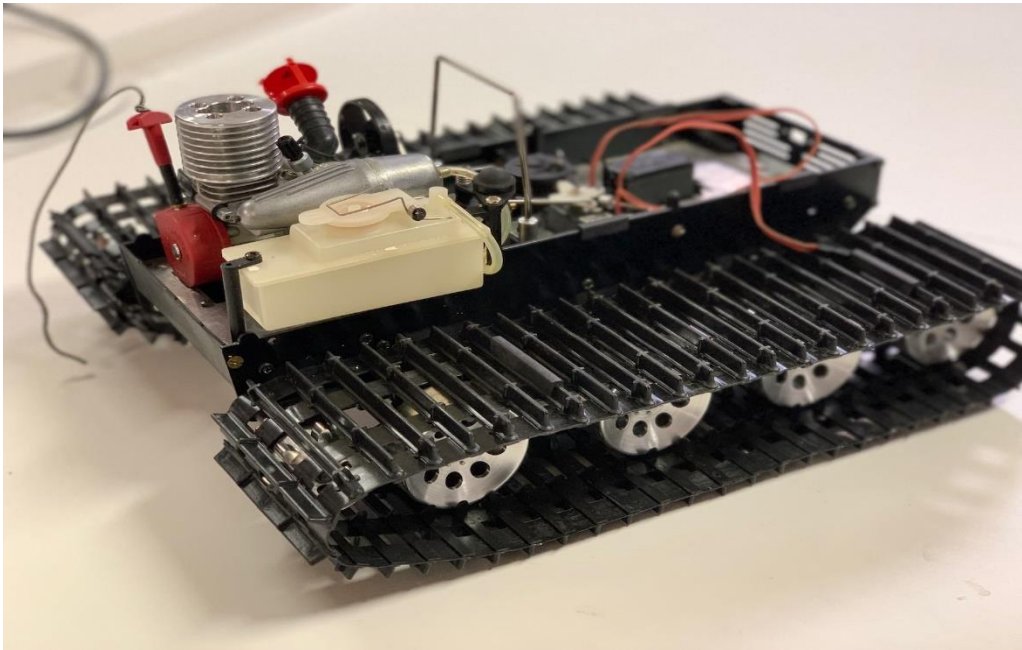


Figure I. 6: Exemple d'un Robot mobile utilisant la chenille

- **Robot mobile à pattes:** Les robots mobiles à pattes sont particulièrement adaptés aux terrains très irréguliers, avec des variations de hauteur importantes (escaliers, terrains accidentés, etc.) où les robots à roues ou à chenilles montrent leurs limites. Grâce à leurs points d'appui discrets, ils peuvent contourner la stabilité et franchir des obstacles inaccessibles aux autres plateformes. Cependant, leur conception et leur contrôle présentent de nombreux défis : le développement mécanique est complexe, le pilotage requiert des algorithmes sophistiqués, et la vitesse de déplacement est généralement lente en raison du grand nombre d'actionneurs à coordonner[7].



Figure I 7:Exemple d'un Robot mobile a 6 pattes

- **Robot mobile à roues** : Les robots mobiles à roues sont particulièrement réactifs grâce à la simplicité de leur mécanisme de déplacement. Faciles à construire et à contrôler, ils sont largement déployés dans des environnements paysagers, industriels ou intérieurs, où leur vitesse et efficacité les rendent très performants

La locomotion par roues constitue la structure mécanique la plus répandue. Elle permet au robot de se déplacer rapidement, avec une bonne accélération et une vitesse élevée, à condition que le sol soit relativement plat [8].



Figure I. 8: Exemple d'un robot mobile à roue

Les robots mobiles à roues peuvent être classés en plusieurs types avec des propriétés intéressantes: uni-cycle, différentielle, tricycle, de type voiture, omnidirectionnel et à traction synchrone. Quelques modèles des robots mobiles existants sont illustrés sur les figures suivantes :

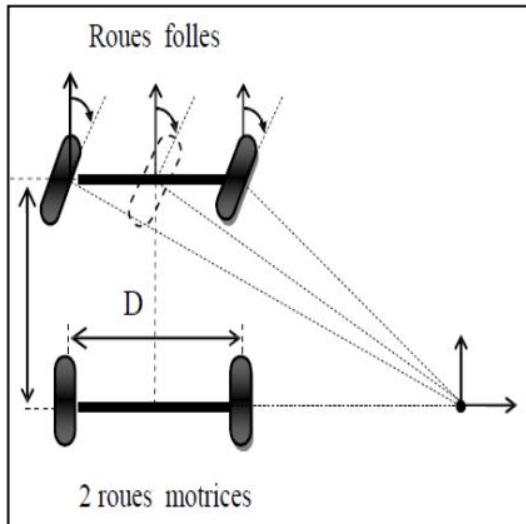


Figure I. 9: Robot mobile de type voiture

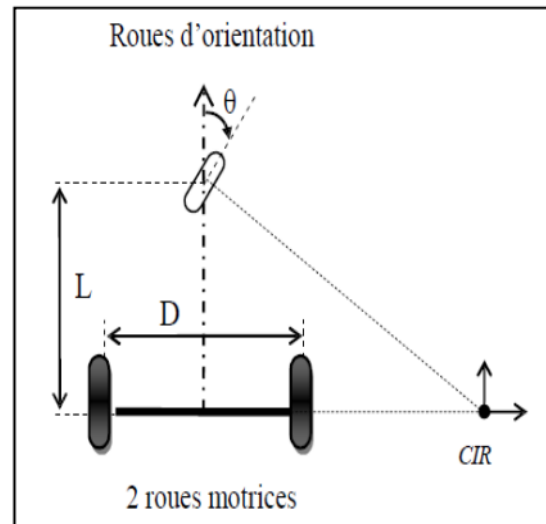


Figure I. 10: Robot mobile de type tricycle

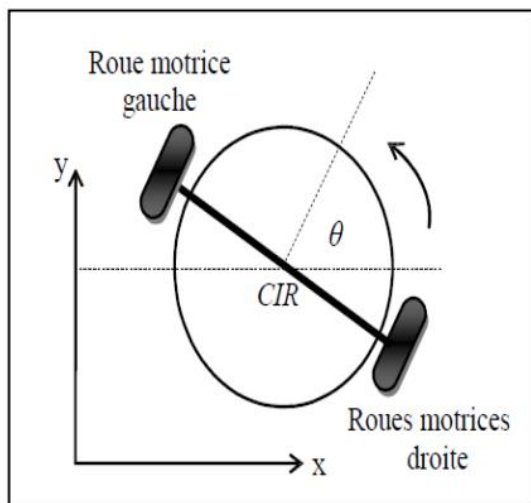


Figure I. 11: Robot mobile de type uni cycle

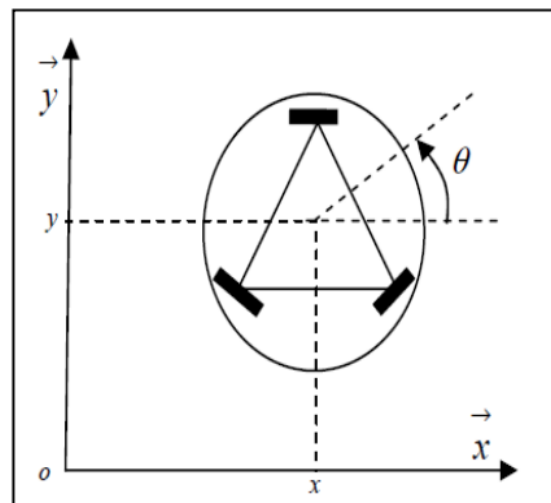


Figure I. 12: Robot omnidirectionnel

I.4.3. Architecture des robots mobiles:

Un robot est un système complexe composé d'éléments mécaniques, électromécaniques et électroniques. L'ensemble est contrôlé par une unité centrale, appelée « système embarqué », qui peut aller d'un simple programme automatisé à un logiciel informatique avancé, voire à une intelligence artificielle, selon la complexité des tâches à exécuter.

Chapitre I: Généralités sur les robots

Lorsqu'ils sont autonomes et mobiles, les robots intègrent également une source d'énergie embarquée, le plus souvent sous forme de batterie rechargeable. Pour les applications nécessitant davantage de puissance, ils peuvent être alimentés par un générateur électrique couplé à un moteur à essence [9].

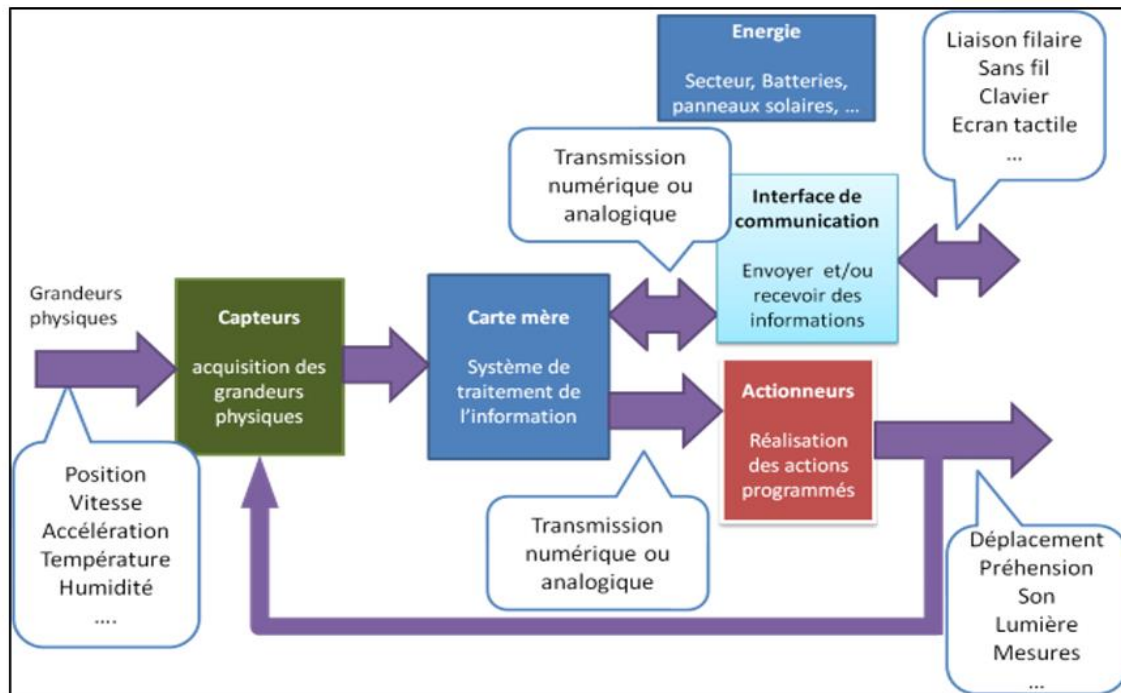


Figure I. 13: Constituants matériels d'un robot [9]

L'architecture des robots mobiles se structure en quatre éléments :

- La structure mécanique et la motricité.
- Les organes de sécurité.
- Le système de traitement des informations et gestion des tâches.
- Le système de localisation. L'architecture des robots mobiles est représentée sur

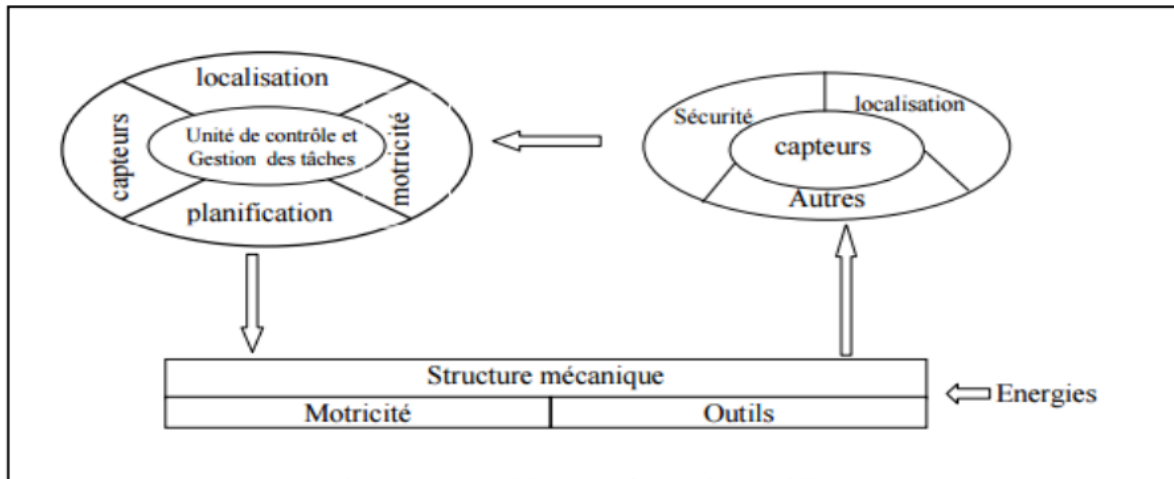


Figure I. 14: L'architecture des robots mobiles []

I .4.4.La Commande du robot mobile :

L'objectif consiste à faire en sorte que le robot suive une trajectoire définie de manière géométrique par un ensemble de points virtuels (points d'échantillonnage, de lissage ou d'approximation), tout en connaissant sa position dans le repère de référence associé à cette trajectoire.

Les lois de commande sont élaborées à l'aide de techniques classiques issues de l'automatique, et visent à minimiser de façon optimale l'écart entre la position réelle du robot et la trajectoire à suivre.

- A. **Le guidage par balises :** L'écart à la trajectoire est ici estimé à partir de la comparaison d'une perception de balises placées dans l'environnement avec les perceptions de référence attachées à la trajectoire à suivre.
- B. **Le guidage par vision :** L'analyse d'une image captée de l'environnement du robot, basée sur la détection d'éléments caractéristiques, permet d'estimer un écart par rapport à la trajectoire prévue. Cet écart devra ensuite être corrigé par une commande adaptée des roues. Ce processus relève de la localisation par vision dynamique.
- C. **Le guidage par ultrasons :** le robot utilise un système d'asservissement basé sur la mesure de l'écart de position par la détection ultrasonore de proximité. La trajectoire

suivie dépend ainsi de l'objet détecté. En complément de la locomotion, le robot peut exercer d'autres fonctions (telles que le nettoyage industriel, l'agriculture, la surveillance, la protection civile ou le convoyage) correspondant à sa charge utile, c'est-à-dire un système distinct dédié à une application spécifique. Cette charge utile interagit avec le système de locomotion via le niveau décisionnel, assurant une coopération cohérente entre les deux[10].

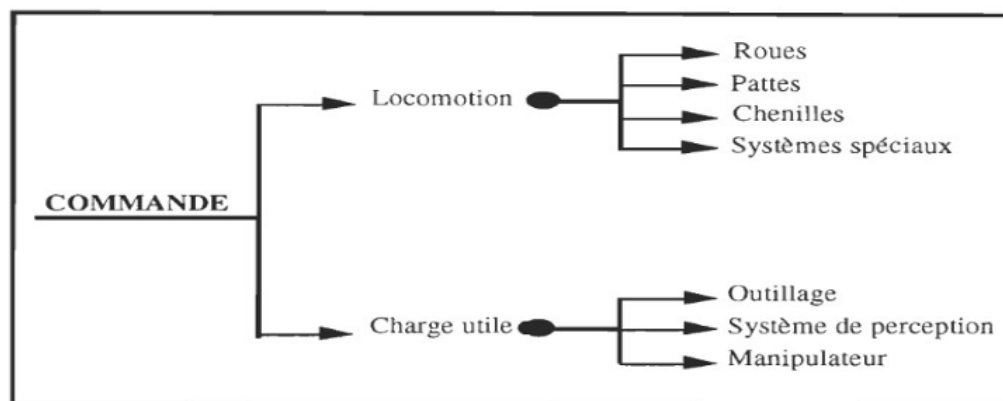


Figure I.15: Moyens d'action

Perception :

est définie comme un ensemble de trois parties comprenant :

- Les captures.
- l' extraction d'informations pertinentes .
- leur L'interprétation de l'information perçue consiste à transformer les données sensorielles en actions concrètes: elles alimentent aussi bien les boucles d'asservissement du mouvement en boucle fermée que les mécanismes de décision (choix de la stratégie de déplacement, par exemple). Selon l'usage visé, ces informations peuvent prendre plusieurs formes pour répondre efficacement aux besoins du robot.

I.5. Conclusion

Les robots actuels ne sont plus de simples prototypes : ils remplissent désormais de nombreuses fonctions spécifiques. Il est évident qu'ils joueront un rôle essentiel dans un avenir proche. Le lien entre l'homme et la machine se renforcera progressivement, facilitant leur intégration dans notre quotidien. Grâce à leurs nombreux avantages, les robots ont le potentiel d'améliorer significativement la vie humaine. Avec eux, tout semble possible.

Dans ce chapitre, nous avons synthétisé les concepts fondamentaux de la robotique mobile (locomotion, perception, décision et action) offrant ainsi une base solide pour comprendre les systèmes robotiques autonomes.



Chapitre II: La conception du robot détecteur-éteindre les incendies

II.1. Introduction

Avec l'évolution rapide de la technologie et de l'intelligence artificielle, les robots jouent un rôle de plus en plus important dans la prévention et la gestion des catastrophes. Parmi ces applications innovantes, les robots détecteurs et éteigneurs d'incendies se démarquent par leur capacité à intervenir rapidement et efficacement dans des situations dangereuses pour l'homme. Conçus pour identifier la présence de flammes, de fumée ou de chaleur anormale, ces robots sont capables de localiser un départ de feu, d'en évaluer la gravité, puis d'agir pour l'éteindre, tout en minimisant les risques pour les secours humains.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons aux composants et équipements électroniques nécessaires à la mise en œuvre et à la conception de notre projet. La réalisation de ce type de robot nécessite divers concepts dans de multiples domaines (électronique, informatique et automatisation).

II.2. La conception du robot mobile

Un robot est une machine qui combine la mécanique, l'électronique et l'informatique pour effectuer automatiquement des tâches, souvent en imitant des actions humaines. La création de ces machines fait partie d'un domaine scientifique appelé la robotique.

Ce robot pompier est un robot conçu pour intervenir dans des situations d'incendie. Son objectif principal est de détecter la présence de flammes ou de fortes chaleurs, puis d'agir automatiquement pour les éteindre.

Les domaines d'application des robots pompiers incluent la sécurité domestique, la surveillance industrielle et l'intervention dans des zones à haut risque inaccessibles à l'homme. Les fonctionnalités courantes de ce type de robot comprennent la détection de feu, la mesure de température, la navigation autonome, et l'activation d'un système d'extinction, comme une pompe à eau

II.3. Conception matérielle

II.3.1. Châssis

Le châssis est la base du robot sur laquelle sont fixés tous les composants pour assurer sa stabilité. Dans notre cas, nous avons utilisé un châssis en plastique, comme montré à la Figure II-1, ce dernier nous permettant de placer et installer les moteurs, les capteurs infrarouges et les autres composants.

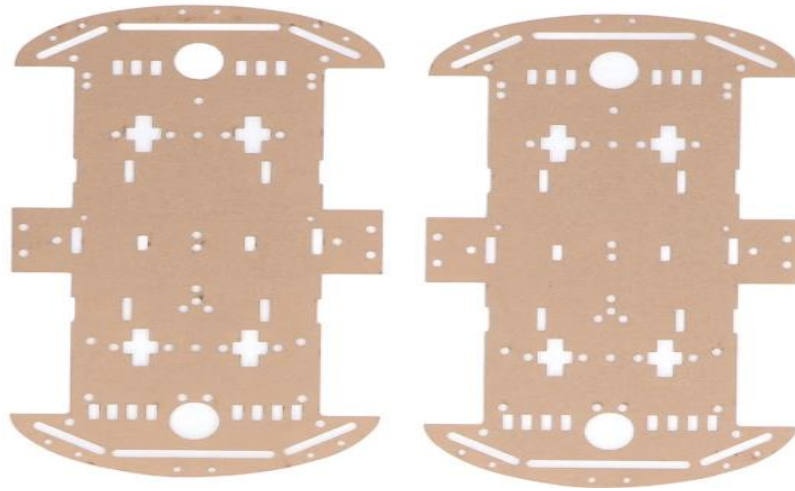


Figure II-1: Châssis

II.3.2. Roue motrice

Une roue motrice est entraînée par le moteur pour faire avancer le robot. Elle transmet la force nécessaire au déplacement et assure l'adhérence au sol. En faisant varier la vitesse des deux roues motrices, on peut orienter le robot dans une direction précise.



Figure II-2: Roue motrice

II.3.3. Roue libre

En général, les roues libres jouent un rôle essentiel dans la stabilité du robot durant les différents mouvements. Dans notre conception, nous avons positionné une roue libre à l'avant du châssis (Figure II-2). Or, de nombreuses expériences pratiques montrent que des perturbations surviennent lorsque le robot passe d'une vitesse tangentielle positive à une vitesse tangentielle négative. Ce phénomène est dû au poids et aux frottements de la roue libre. La

solution consiste donc à utiliser une roue libre la plus légère possible, dotée d'un roulement à friction très réduite.



Figure II-3:Roue libre

II.3.4. Alimentation

Afin d'assurer le bon fonctionnement de tous les composants (capteurs, contrôleur et actionneur) il est nécessaire de prendre en compte les conditions spécifiques de fonctionnement de chacun et de leur fournir l'alimentation électrique appropriée.

Les tensions d'alimentation requises pour les différents modules utilisés sont représentées ci-dessous :

Composants	Alimentation
Arduino UNO	5V/20MA
Moteur à courant continu	5V/1A
Driver	5V/25MA
Capture de flamme	5V/15MA
Capture de infra rouge	5V/15MA
Servomoteur	5V/300MA
Mini pompe à eau	5V/200MA

Table II- 1:Alimentation des composants

II.3.5. Capteurs

II.3.5.1. Capture de flamme (flame sensor)

Un capteur de flamme est un dispositif électronique conçu pour détecter la présence d'un feu ou d'une flamme en analysant la lumière infrarouge (IR) ou ultraviolette (UV) émise par la combustion.

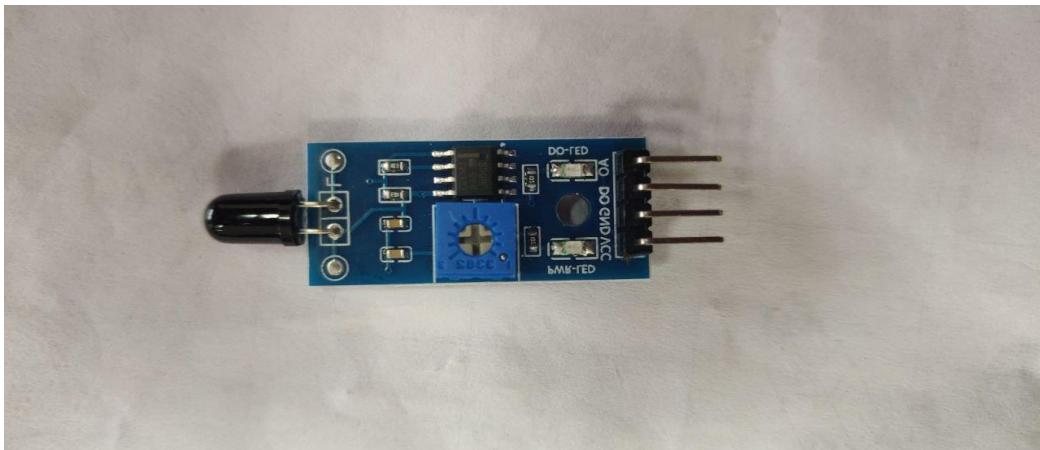


Figure II-8: flamme sensor

II.3.5.1.A. Principe de fonctionnement

Le détecteur de flamme KY-026 est basé sur un capteur infrarouge qui est sensible à la lumière émise par les flammes. Lorsqu'une flamme est détectée, le capteur envoie un signal électrique à la carte de contrôle.

Le capteur infrarouge fonctionne en mesurant la quantité de lumière infrarouge émise par la flamme. En effet, les flammes émettent des rayonnements infrarouges, ce qui permet de les détecter même dans l'obscurité totale.

Lorsque le capteur détecte une flamme, il génère un signal électrique qui peut être utilisé pour déclencher une action. Par exemple, il peut être connecté à un système d'alarme incendie pour alerter en cas de présence de flammes [11].

II.3.5.1.B. Applications

Le détecteur de flamme KY-026 trouve de nombreuses utilisations dans de nombreux domaines. Voici quelques exemples :

Alarmes incendie

Comme mentionné précédemment, le détecteur de flamme KY-026 peut être utilisé dans les systèmes d'alarme incendie. Il peut détecter rapidement la présence de flammes et déclencher une alarme pour avertir les occupants d'un bâtiment.

Contrôle de la flamme dans les cuisinières à gaz

Dans les cuisinières à gaz, le détecteur de flamme KY-026 peut être utilisé pour vérifier si la flamme du brûleur est allumée ou éteinte. En cas d'extinction de la flamme, le détecteur peut couper automatiquement l'alimentation en gaz pour éviter les fuites potentiellement dangereuses.

Systèmes de sécurité

Le détecteur de flamme KY-026 peut également être utilisé dans les systèmes de sécurité pour détecter les incendies ou les explosions potentielles. Il peut être intégré à des systèmes plus complexes pour une surveillance continue et une réaction rapide en cas de détection de flammes.

Robotique

Dans le domaine de la robotique, le capteur de flamme KY-026 est fréquemment employé pour permettre aux robots de détecter la présence d'un feu et de réagir en conséquence. Par exemple, un robot de lutte contre les incendies peut utiliser ce détecteur pour localiser les flammes et prendre les mesures nécessaires pour les éteindre [11].

II.3.5.1.C . Avantages du détecteur de flamme KY-026

Le détecteur de flamme KY-026 présente de nombreux avantages qui en font un choix populaire dans de nombreux projets. Voici quelques-uns de ses principaux avantages :

Sensibilité élevée

Le capteur infrarouge du détecteur de flamme KY-026 offre une sensibilité élevée, ce qui permet de détecter les flammes même à une distance relativement éloignée. Cela garantit une détection rapide et précise des flammes, ce qui est essentiel dans les situations d'urgence.

Facilité d'utilisation

Le détecteur de flamme KY-026 est très facile à utiliser. Il peut être connecté facilement à une carte de contrôle ou à d'autres composants électroniques. De plus, il est compatible avec de nombreux microcontrôleurs populaires tels que Arduino, ce qui le rend accessible même aux débutants en électronique.

Faible consommation d'énergie

Le détecteur de flamme KY-026 nécessite une faible consommation d'énergie, ce qui le rend idéal pour une utilisation dans des projets alimentés par batterie. Il peut fonctionner de manière efficace pendant de longues périodes sans nécessiter un remplacement fréquent des piles ou une recharge fréquente. [12]

II.3.5.1.D. Brochage

- ☐ VCC : Alimentation (3,3V - 5V)
- ☐ GND : Masse
- ☐ DO (Digital Output) : Sortie numérique (0 ou 1)
- ☐ AO (Analogique Output, si présent) : Sortie analogique (tension proportionnelle à la détection)

II.3.5.2. Capture infrarouge

Un capteur infrarouge est un dispositif électronique capable de détecter les rayonnements infrarouges émis par les objets présents dans son champ de vision.

Les infrarouges sont des ondes électromagnétiques invisibles à l'œil humain, situées juste au-delà du spectre visible (longueur d'onde de 700 nm à 1 mm environ). Dans notre projet, nous avons intégré le capteur infrarouge HW-201 (voir Figure II-9) pour assurer la fonction de suiveur de ligne.

II.3.5.2.A. L'infrarouge HW-201

Le HW201 comprend des tubes émetteurs et récepteurs. Les tubes émetteurs transmettent certaines fréquences infrarouges lorsqu'ils détectent un obstacle. Le capteur possède un tube de réception qui capte cette fréquence infrarouge. Ensuite, il y a un processus impliquant un circuit comparateur. Une lumière verte s'allume après cela. Le module est également équipé d'un potentiomètre permettant d'ajuster la distance de détection [8].

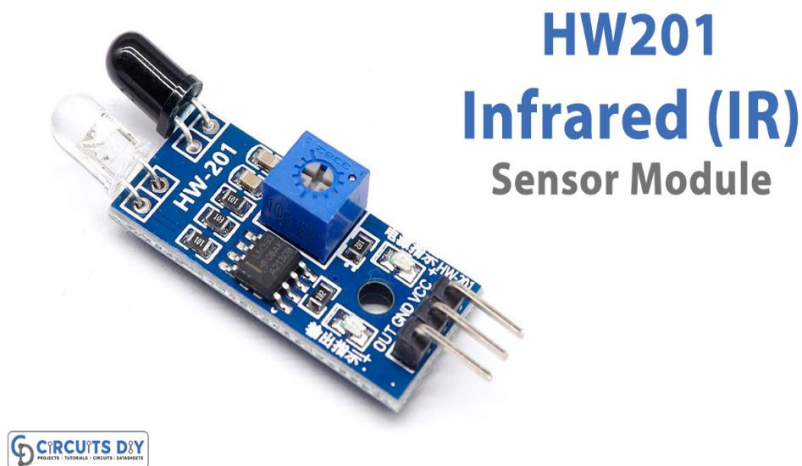


Figure II-9: Capteur infrarouge HW201

II.3.5.2.B. Caractéristiques techniques

- ☐ Plage de détection réglable : 2 à 30 cm (potentiomètre intégré)
- ☐ Angle de détection : 35°
- ☐ Sortie du comparateur : Sélection LM393
- ☐ Facile à utiliser
- ☐ Remarque : La sensibilité du capteur varie en fonction de la surface de réflexion appliquée

II.3.5.2.C. Fonctionnement

- **Émission d'infrarouge** : Le capteur est composé d'un émetteur qui envoie un faisceau de lumière infrarouge vers la surface à analyser.
- **Réflexion ou absorption** :
 - Une surface blanche réfléchit fortement la lumière infrarouge.
 - Une surface noire absorbe en grande partie la lumière infrarouge et en réfléchit très peu.
- **Réception et interprétation** :
 - Un récepteur situé dans le capteur capte la lumière réfléchie.
 - Si l'intensité de la lumière infrarouge reçue est élevée (surface blanche), le capteur génère un signal correspondant.
 - Si l'intensité est faible (surface noire), le capteur interprète cela comme une couleur foncée et adapte son signal en conséquence.

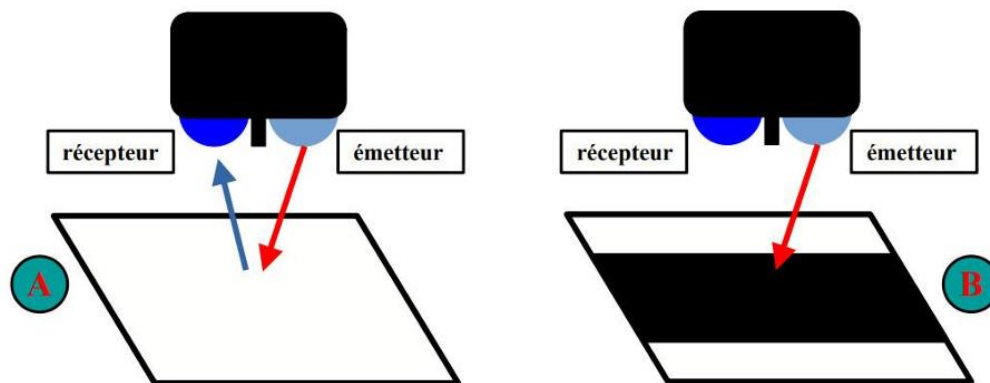


Figure II-10: Détection du champ noir et blanc par l'émetteur et le récepteur du capteur

II.3.5.2.D . Spécifications

- Puce principale : LM393
- Distance de détection : 2~30 cm
- Angle de détection : 35°
- Tension de fonctionnement : 3.3V~5V

- Dimensions du circuit : 31×14 mm / 1.22×0.55 po
- Poids du circuit (1 pièce) : 3 g
- Courant d'alimentation : 20 mA

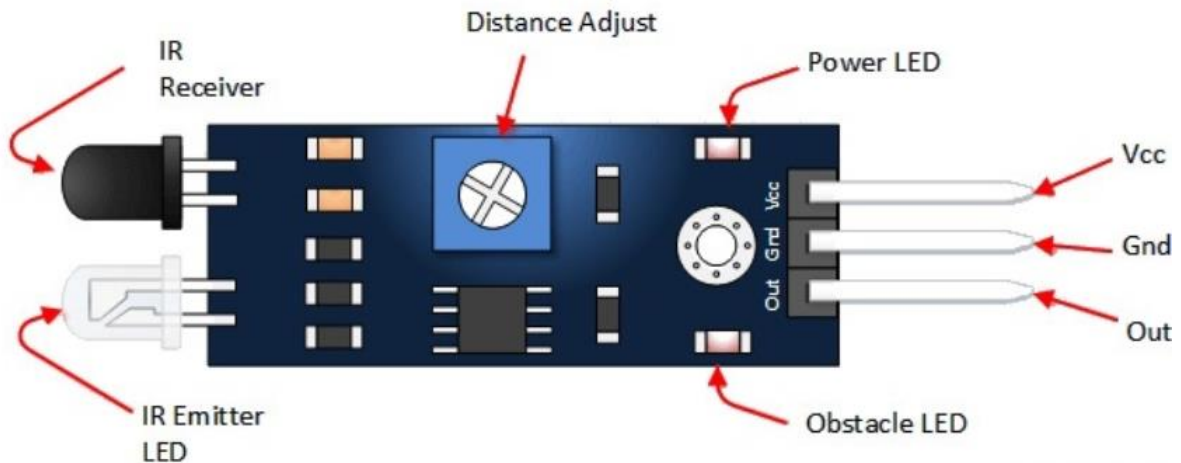


Figure II-11: Caractéristiques et spécifications DU Capteur infrarouge HW201

II.3.5.2.E. Brochage du module HW201

Nom de la broche	Description
VCC	Entrée d'alimentation
GND	Masse d'alimentation
OUT	Sortie active haut

II.3.5.2.F. Applications

- **Dispositifs d'imagerie IR**

Les dispositifs d'imagerie IR sont l'une des principales applications des modules IR, principalement en raison de leur propriété invisible. Nous les utilisons notamment pour les imageurs thermiques, etc.

- **Dispositifs de sécurité**

Étant donné que le module IR fonctionne avec le rayonnement infrarouge, il peut être utilisé dans certains dispositifs de sécurité. Le transmetteur émet des ondes et le récepteur les capte. Lorsque quelque chose interfère avec ces ondes, le récepteur envoie un signal au circuit.

- **Autres applications :**

- Moniteurs de flamme
- Dispositifs de détection d'obstacles
- Robotique
- Détecteurs de gaz
- Analyseurs de gaz, etc.

II.3.6. Actionneur

II.3.6.1. Moteurs

Les moteurs sont des dispositifs qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique. Ils sont pilotés par la partie commande, qui interagit avec les informations fournies par les capteurs pour générer un mouvement adapté.

- Les moteurs rencontrés dans le domaine de la robotique sont essentiellement de trois types :
 - Les servomoteurs
 - Les moteurs à courant continu (DC)
 - Les moteurs pas à pas

Dans le présent projet, il y'a deux moteurs à courant continu associés aux roues pour la motorisation.

II.3.6.1.A. Moteur à courant continu (MCC)

Un moteur à courant continu est une machine électromécanique réversible qui permet la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une source de courant continu et un système mécanique. En mode « moteur », il transforme l'électricité en énergie mécanique pour produire un mouvement rotatif.

- Le moteur à courant continu est composé de deux parties principales : le rotor et le stator.
- **Le stator** également appelé inducteur, constitue la partie fixe d'un moteur. Il génère un champ magnétique statique grâce à des aimants permanents ou à des électroaimants [13].
- **Le rotor** est la partie mobile du moteur, constituée de fils de cuivre enroulés autour d'un support ferromagnétique fixé à l'axe, appelé arbre de sortie : c'est celui-ci qui transmet le mouvement mécanique — ici aux roues du robot. Lorsqu'un courant continu traverse le rotor, il génère un champ magnétique variable, provoquant la rotation de l'arbre [10]. Le moteur utilisé pour faire tourner les roues de notre robot est un modèle de type **TT** (voir Figure II-12).



Figure II-12: Moteur à courant continu de type TT

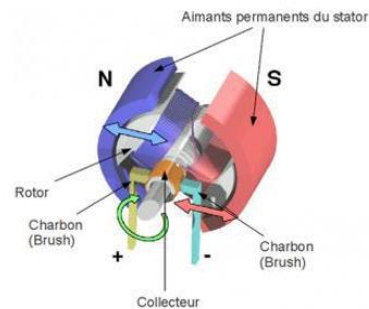


Figure II-13: Vue interne d'un moteur à courant continu

II.3.6.1.B. Les caractéristiques techniques

- Rapport de réduction : 1:120

- Vitesse min (3V) : 100 tours/min
- Vitesse max (6V) : 200 tours/min
- Dimension : 55mm x 48,3mm x 23mm
- Poids : 45g
- Vitesse: 15tr/mm (environ 2m/s) ;
- Couple : environs de 0,5kg.cm.

II.3.6.2. Servomoteur

Un servomoteur est un système motorisé capable d'atteindre une position angulaire précise puis de la maintenir. Il intègre un capteur de position (souvent un potentiomètre dont la résistance varie avec l'angle) relié à l'axe de sortie. Ce capteur permet au circuit de pilotage de connaître en temps réel la position de l'axe et d'ajuster le moteur en conséquence [14].



Figure II-14: Servomoteur de type SG90[14]

II.3.6.2.A. Fonctionnement

Les servomoteurs utilisent un câble à trois fils (un pour l'alimentation positive, un pour la masse, et un pour le signal de commande) qui leur permet d'être alimentés et de

recevoir des consignes de position via un signal PWM (modulation de largeur d'impulsion). La position angulaire de l'arbre de sortie est déterminée par la durée de chaque impulsion : plus elle est longue, plus l'angle est grand. Ce signal est renouvelé de façon périodique, généralement toutes les 20 millisecondes (50 Hz), ce qui permet au circuit intégré d'effectuer un rétro-contrôle continu de la position grâce à l'information fournie par le potentiomètre intégré. Lorsque l'axe tourne, la résistance du potentiomètre change proportionnellement, ce qui donne au servomoteur la capacité de corriger sa position jusqu'à ce qu'elle corresponde exactement à la consigne [15].

Pour commander nos moteurs et assurer la mobilité du robot, il était essentiel de disposer d'un circuit capable d'inverser le sens de rotation des moteurs. La carte Arduino s'est avérée particulièrement adaptée à cet usage.

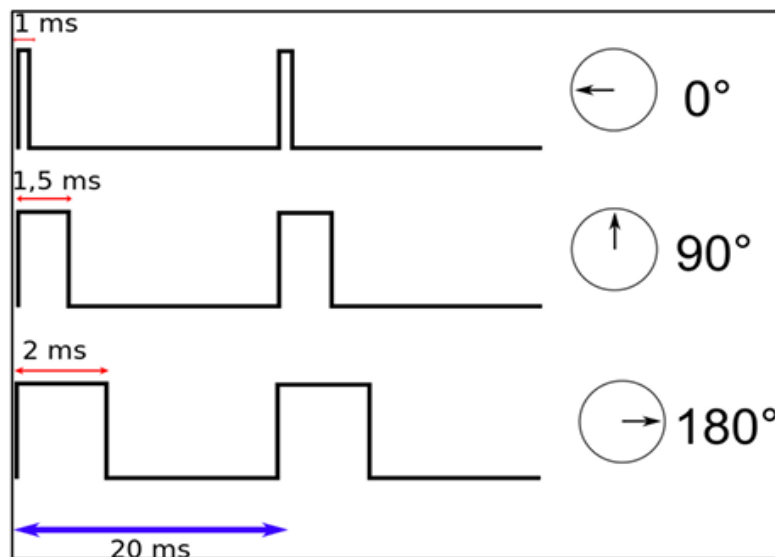


Figure II-15: Commande en largeur d'impulsion[15]

II.3.6.3. Mini pompe à eau

II.3.6.3.A. Définition

Une mini pompe à eau est un petit dispositif électromécanique qui permet de transporter, faire circuler ou projeter de l'eau à faible débit, en utilisant une alimentation électrique basse tension (généralement 3V à 6V). Elle est souvent utilisée dans des projets électroniques, des systèmes automatisés, ou des applications robotiques.

II.3.6.3.B. Caractéristiques principales

Caractéristique	Description
Tension	3V à 6V DC (souvent utilisée avec 5V)
Courant	100 à 300 mA (selon le modèle)
Débit	Environ 80 à 120 litres/heure
Hauteur de refoulement	Jusqu'à 0,8 m (selon le modèle)
Type	Submersible (fonctionne plongée dans l'eau)
Matériau	Plastique étanche (souvent ABS)
Entrée/Sortie	Environ 6 à 8 mm (diamètre pour tuyaux souples)

II.3.6.3.C. Fonctionnement

- ☐ **Alimentation** : connectée à une source 5V DC.
- ☐ **Activation** : généralement contrôlée par un transistor ou un relais avec Arduino.
- ☐ **Pompage** : aspire l'eau par l'entrée (IN) et la pousse vers la sortie (OUT).

II.3.6.3.D. Applications

- Systèmes d'irrigation automatisée
- Robots pompiers miniatures
- Fontaines décoratives
- Refroidissement liquide
- Expériences scientifiques

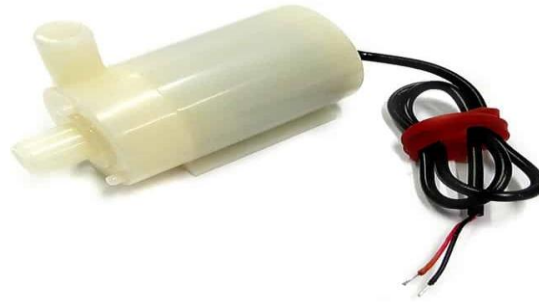


Figure II-16 : Mini pompe à eau

II.3.7. Contrôleur

II.3.7.1. Arduino

II.3.7.1.A. Présentation générale

Le projet Arduino a été lancé en 2005 au sein de l'Interaction Design Institute d'Ivrea (Italie) par un groupe d'enseignants et d'étudiants, dans le but de créer une plateforme de prototypage abordable et accessible aux novices [16].

Le nom Arduino provient du « Bar di Re Arduino », un pub d'Ivrée (nord de l'Italie) fréquenté par les fondateurs. Ce bar rend hommage à Arduino d'Ivrea, margrave devenu roi d'Italie de 1002 à 1014. Le nom propre « Arduino » est dérivé de ce personnage historique, dont l'origine latine est un cognat du nom Ardenne.

Licence libre, cependant, certains composants de la carte, comme le microcontrôleur par exemple, ne sont pas en licence libre. Le microcontrôleur peut .

Une carte Arduino est un microcontrôleur programmable capable de recevoir des signaux d'entrée (comme ceux provenant de capteurs) et de produire des signaux de sortie (comme l'activation d'un moteur ou l'allumage d'une LED), ce qui permet de réaliser une grande variété de tâches : domotique, pilotage robotique, informatique embarquée, etc. Cette plateforme repose sur une interface d'entrées/sorties simple et flexible.

Mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques. C'est une partie de l'explication de la descendance de son interface de programmation de processon.

Chapitre II: La conception du robot détecteur-éteindre les incendies

Un module Arduino s'articule principalement autour d'un microcontrôleur AVR (tel que l'ATmega328 pour les versions récentes, ou l'ATmega168/ATmega8 sur les anciennes), complété par des composants facilitant la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Chaque carte intègre notamment Un régulateur linéaire 5 V, assurant une alimentation stable, et Un oscillateur à quartz de 16 MHz.

Le microcontrôleur est préchargé avec un bootloader, ce qui évite l'utilisation d'un programmeur externe. Les modules Arduino sont programmés par une connexion série, historiquement via RS-232, mais les interfaces de programmation ont évolué selon les modèles : les premières cartes disposaient d'un port série, puis l'USB a été introduit avec les modèles Diecimila, tandis que certaines versions portables ont supprimé cette interface pour la relocaliser sur un module USB-série externe (sous forme de carte ou de câble)[16].

Certains modules non officiels, compatibles avec la technologie Arduino, utilisent des connecteurs mâles pour une utilisation aisée avec des plaques de test.

Pour notre application, nous avons choisi la carte Arduino Uno, basée sur le microcontrôleur ATmega328P. Celle-ci offre :

- 14 broches numériques d'entrée/sortie (dont 6 pouvant gérer le PWM),
- 6 entrées analogiques,
- un oscillateur à quartz cadencé à 16 MHz,
- une interface USB pour le téléchargement de programmes,
- une prise d'alimentation externe, un connecteur ICSP et un bouton de réinitialisation

II.3.7.1.B. Caractéristiques

Le Tableau présente une synthèse des caractéristiques de l'arduino uno :

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'entrée (recommandée)	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V
Broches d'E / S numériques	14 (dont 6 fournissent la sortie PWM)
Broches d'entrée analogiques	6 (avec une résolution de 10 bits => 1024 valeurs différentes).

Courant CC par broche I / O	40 mA
Courant DC pour Pin 3.3v	50 mA
Mémoire flash	32 Ko (ATmega328) dont 0,5 Ko utilisé par bootloader
Mémoire SRAM	2 Ko (ATmega328)
Mémoire EEPROM	1 Ko (ATmega328)
Vitesse de l'horloge	16MHz
Longueur	68,6 mm
Largeur	53,4 mm
Poids	25 g

Table II- 2: Caractéristiques de la carte Arduino Uno

II.3.7.1.C. Alimentation de la carte Arduino

La carte Arduino Uno peut être alimentée soit via la connexion USB, soit par une source externe, sélectionnée automatiquement en fonction de la tension la plus élevée. L'alimentation externe peut provenir d'un adaptateur secteur (prise jack 2,1 mm centre positif) ou d'une batterie, connectée aux broches GND et VIN. Le microcontrôleur peut fonctionner avec une tension externe comprise entre 6 V et 20 V, mais la plage recommandée est de 7 à 12 volts : en dessous de 7 V, la broche 5 V peut fournir une tension insuffisante, et au-dessus de 12 V, le régulateur risque de surchauffer, ce qui peut endommager la carte [17].

II.3.7.1.D. Broches

- **VIN** : Tension d'entrée à la carte Arduino à l'aide d'une source d'alimentation externe
- **5V** : Ce pin délivre un 5V régulé par la carte.
- **3V 3** : Une alimentation de 3,3 volts générée par le régulateur. La consommation de courant maximale est de 50 mA.
- **GND** : La masse

- **IOREF** : Ce pin fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne. Certaines broches ont des fonctions spécialisées :
- **Série** : Rx et Tx. Avec Rx Permet de recevoir et Tx de transmettre TTL donnée série. Ces pins sont connectés aux pins correspondants de l'USB-TTL puce Serial ATmega8U2.
- **Interruptions externes** : 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, un front montant ou descendant ou un changement de valeur.
- **Impulsion PWM** : Broches 3, 5, 6, 9, 10 et 11. Fournissent une impulsion PWM sur une résolution de 8 bits avec la fonction analogique Write.
- **LED** : 13 il est équipé d'un conduit par la broche numérique 13. LED lorsque la broche est à la valeur HIGH, le LED est allumé, lorsque la broche est faible, il est hors tension.

Les entrées et les sorties

Chacune des 14 broches numériques de l'Arduino Uno peut être configurée en entrée ou sortie via les fonctions pin Mode, digital Write et digital Read, opérant à une tension de 5 V. Ces broches sont conçues pour fournir ou recevoir jusqu'à 20 mA en usage standard, avec une résistance interne de pull-up (désactivée par défaut) variant entre 20 et 50 k Ω . Il est toutefois recommandé de ne jamais dépasser un courant de 40 mA sur une broche pour éviter d'endommager de manière permanente le microcontrôleur (Figure II-17)[18].

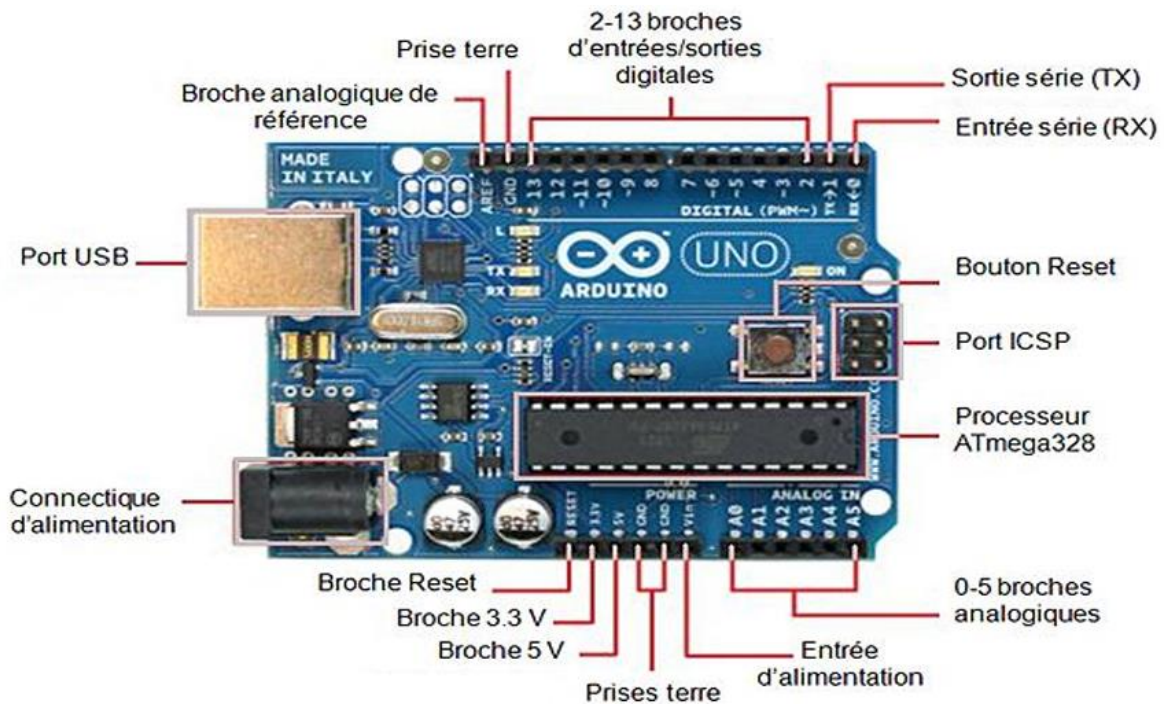


Figure II-17: Description des entrées/sorties de la carte Arduino Uno [18]

II.3.7.2. Double Pont –H (L298N)

Le double pont en H (H-bridge motor driver) permet de contrôler des moteurs à courant continu en gérant à la fois leur vitesse via PWM et leur sens de rotation. Toutes les sorties de puissance sont protégées par des diodes de roue libre, assurant ainsi la sécurité contre les surtensions induites. Ce type de contrôleur accepte des tensions et des courants élevés, tout en offrant une interface de commande logique TTL idéal lorsqu'il est piloté par un microcontrôleur. Il est spécialement conçu pour piloter des charges inductives, comme des relais, solénoïdes, moteurs DC et moteurs pas-à-pas (Figure II-18) [19].

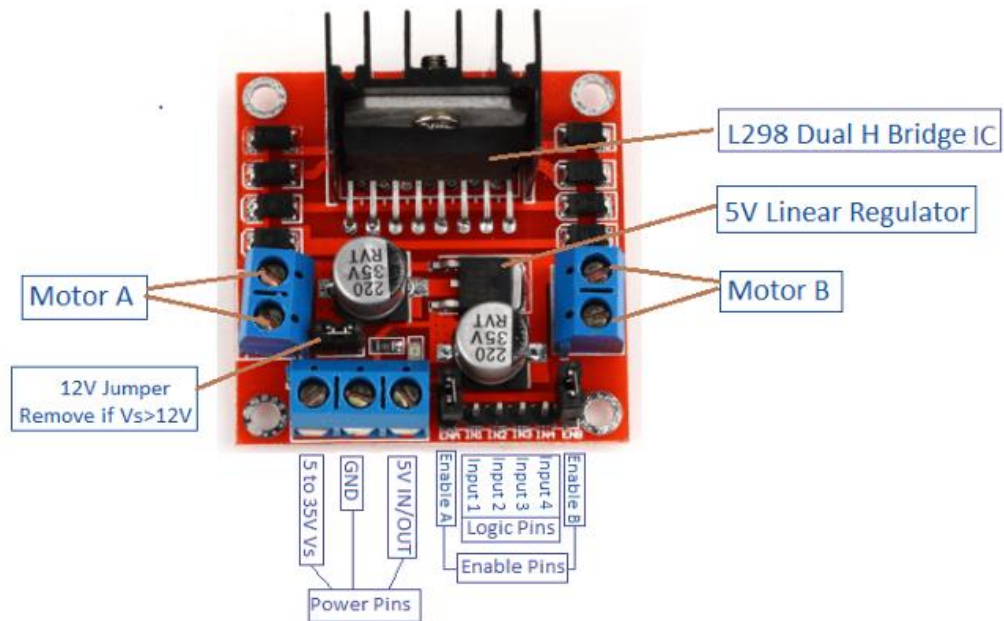


Figure II-18: Double pont- H (L298N)[19]

II.3.7.2.A. Principe de fonctionnement

Les broches ENA et ENB permettent de moduler la tension appliquée aux moteurs via un signal PWM, contrôlant ainsi leur vitesse. Quant aux broches IN1 et IN2 (pour le moteur A) ainsi que IN3 et IN4 (pour le moteur B), elles définissent le sens de rotation en pilotant le pont en H correspondant [20].

- Contrôle sens du moteur droit A

	Sens avant	Sens arrière
IN1	BAS	HAUT
IN2	HAUT	BAS

Table II- 3: Contrôle du sens de moteur droit

- Contrôle sens du moteur gauche B

	Sens avant	Sens arrière
IN3	BAS	HAUT
IN4	HAUT	BAS

Table II- 4:Contrôle du sens de moteur gauche

II.3.7.2.B. Caractéristiques du pont en H

Les caractéristiques principales du circuit pont en H sont listées comme suit :

- Diodes de protections
- Un dissipateur (pour dissiper la chaleur en cas de forte charge)
- Un sélecteur pour sélectionner la source d'alimentation
- 4 Sélecteurs pour les résistances pull up
- Sortie pour 2 moteurs continus
- Indicateur LED pour sens de rotation moteur
- Indicateur LED pour alimentation 5V
- Composant de contrôle en puissance: L298N
- Alimentation de la charge: de +6V à +35V
- Courant Max (en pointe): 2A
- Tension de commande logique VCC: de +5 à +7V (alimentation interne de +5V)
- Courant de commande logique: de 0 à 36mA
- Tensions pour contrôle du sens: bas 0.3V~1.5V, haut: 2.3V~Vss
- Tensions pour contrôle "actif": 0.3V~1.5V, haut: 2.3V~Vss

- Puissance Max: 25W (Température 75 °C)
- Température de fonctionnement: de -25°C à +130°C
- Dimensions: 60mm x 54mm • Poids: ~4

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé plusieurs notions théoriques en lien avec notre projet. Chaque composant utilisé dans le montage a été présenté et expliqué, Pour assurer le bon fonctionnement global du système, nous avons détaillé la partie matérielle de l'Arduino, en présentant ses principales caractéristiques. La partie logicielle, comprenant le code et la structure des programmes, sera quant à elle expliquée dans le chapitre suivant.

A decorative frame resembling a scroll. It has a vertical bar on the left side and a horizontal bar at the top. The corners are rounded, and there are small circular elements at the top-left and top-right corners, suggesting the ends of the scroll.

Chapitre III: Réalisation du robot

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons explorer les applications du robot, en détaillant ses modes de fonctionnement et en expliquant comment logiciels et matériels sont mis en œuvre et combinés pour réaliser des tâches spécifiques.

Dans ce chapitre, nous commencerons par une présentation globale de notre robot, en décrivant ses capteurs, actionneurs et contrôleurs. Ensuite, nous expliquerons en détail le module de locomotion, illustrant comment le robot se déplace et ajuste ses mouvements à partir des données perçues dans son environnement. Puis, nous entrerons dans le cœur du sujet : la fonction de détection de flammes, en détaillant les différentes modalités de détection, leur mode de fonctionnement et l'architecture logicielle et matérielle qui garantit l'exécution correcte de chaque tâche.

III.2. Architecture générale du robot

III.2.1. Logiciels utilisés

III.2.1.1 L'IDE Arduino (Environnement de Développement Intégré)

est un logiciel permettant d'écrire, compiler et téléverser du code sur les cartes microcontrôleurs Arduino. Il offre une interface conviviale pour programmer les appareils Arduino et est largement utilisé dans le prototypage électronique, les projets DIY et l'éducation.

Processus de Base dans l'IDE Arduino :

- Écrire le code dans l'éditeur.
- Vérifier (compiler) le code pour détecter les erreurs.
- Téléverser le code compilé sur la carte Arduino via USB.
- Surveiller et déboguer avec le Moniteur Série.

III.2.1.2 . Cirkit Designer

Circuit Designer (ou Cirkit Designer, selon la variante orthographique) est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) dédié à la modélisation, à la simulation et à la validation de circuits électroniques. Il permet aux ingénieurs, aux étudiants et aux makers de :

- Créer des schémas électroniques

- Simuler le comportement des circuits
- Générer des fichiers de production

III.2.2.Schéma global du robot

La Figure III-1 présente le schéma du circuit du robot suiveur de ligne capable de détecter un incendie et d'activer un système de lutte contre le feu, contrôlé par un microcontrôleur (Arduino UNO).

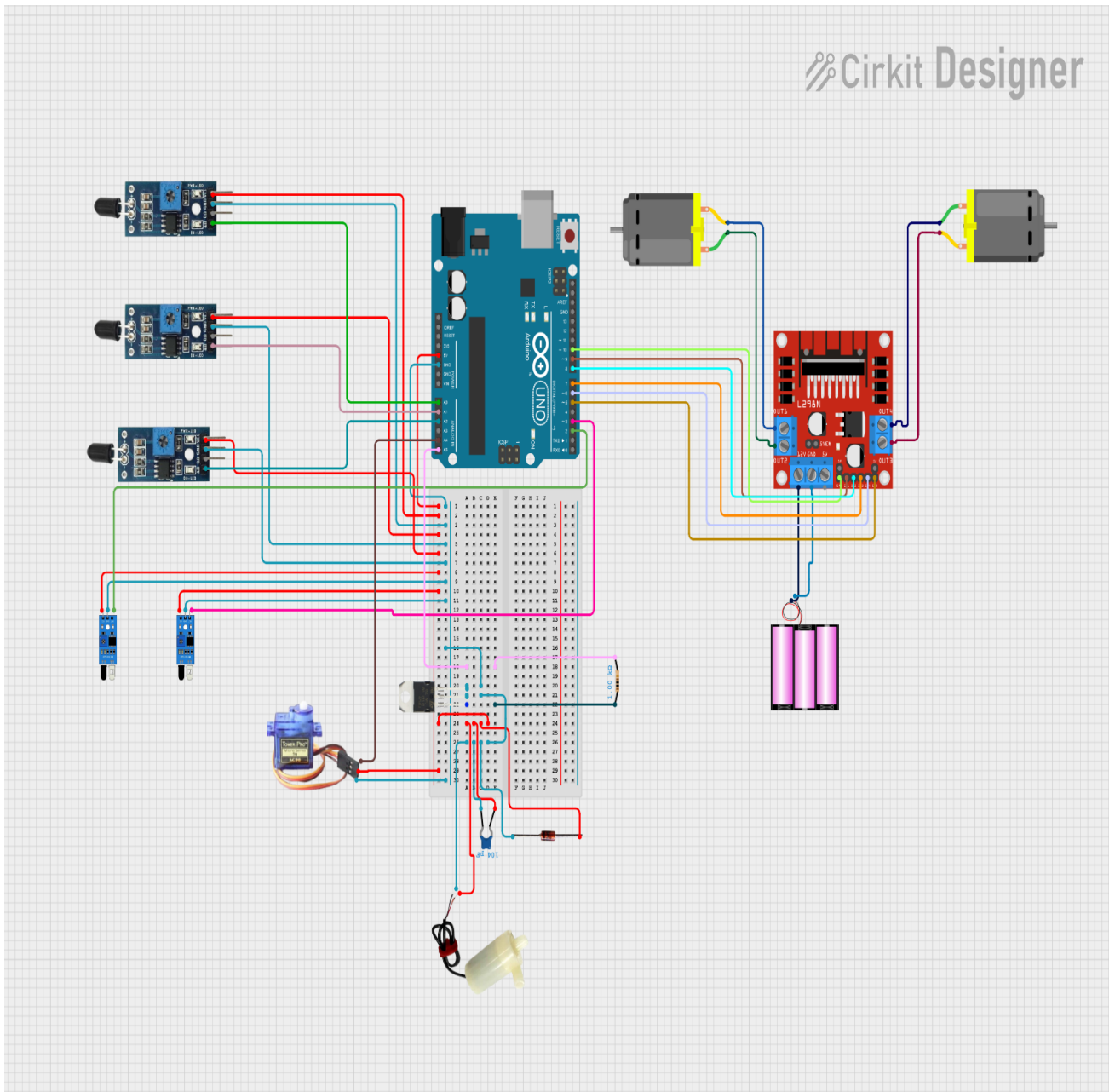


Figure III.1 : schéma générale du robot

III.3 Partie suiveur de ligne

III.3.1 circuit du robot suiveur de ligne

La Figure III-2 présente le schéma électrique installé sur le châssis du robot suiveur de ligne. On y retrouve les capteurs infrarouges, la carte Arduino, ainsi que le pilote moteur L298N, avec les connexions précises entre les entrées (capteurs) et les sorties (moteurs) indispensables au fonctionnement du suivi de ligne.

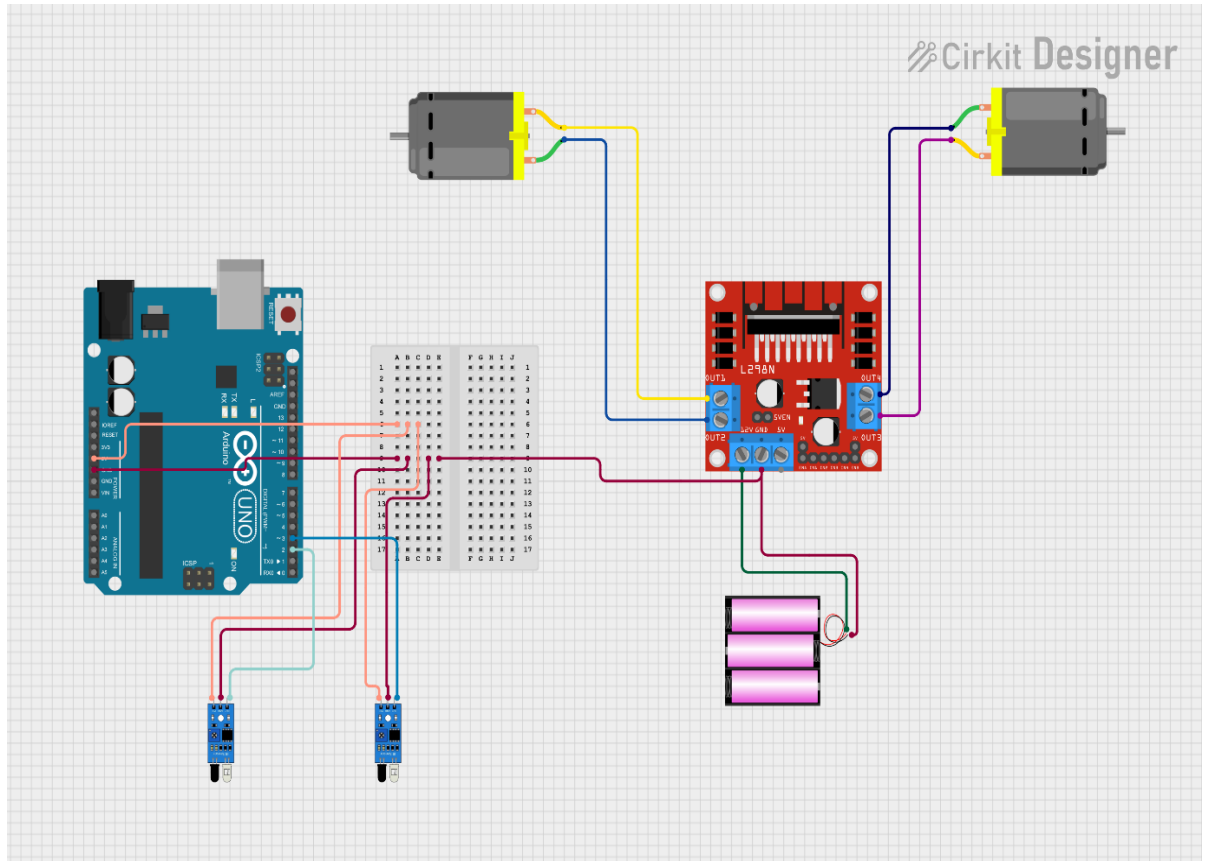


Figure III.2 : circuit du robot suiveur de ligne

III.3.2. Principe de fonctionnement

Dans ce mode, le robot opère de façon autonome en détectant une ligne colorée spécifique (par exemple noire sur blanc) tracée sur la surface. Nous avons utilisé dans ce projet des émetteurs et récepteurs infrarouges pour suivre précisément cette bande noire sur un fond blanc.

III.3.2.1. Principe de Détection

Capteurs IR :

- Un émetteur IR envoie de la lumière vers le sol.
- Un récepteur IR mesure la lumière réfléchi.
- **Surface blanche** : Réfléchit bien la lumière → Sortie **LOW (0)**
- **Ligne noire** : Absorbe la lumière → Sortie **HIGH (1)**

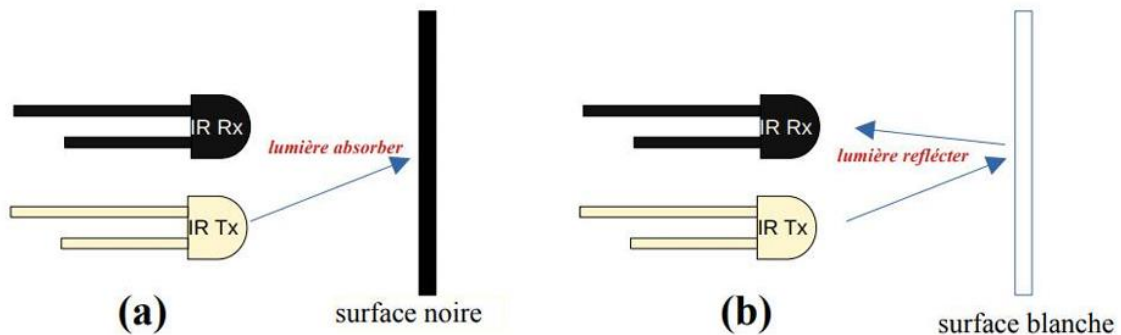


Figure III-3: Concept de travail du capteur infrarouge

Logique de Contrôle

Le robot ajuste sa trajectoire en fonction des lectures des capteurs :

- **Les deux capteurs voient du blanc (0,0)** : Le robot avance tout droit.
- **Capteur gauche sur la ligne (1,0)** : Le robot tourne à gauche pour recentrer la ligne.
- **Capteur droit sur la ligne (0,1)** : Le robot tourne à droite.
- **Cas imprévu (1,1)** : Le robot s'arrête (ou adopte un comportement par défaut).

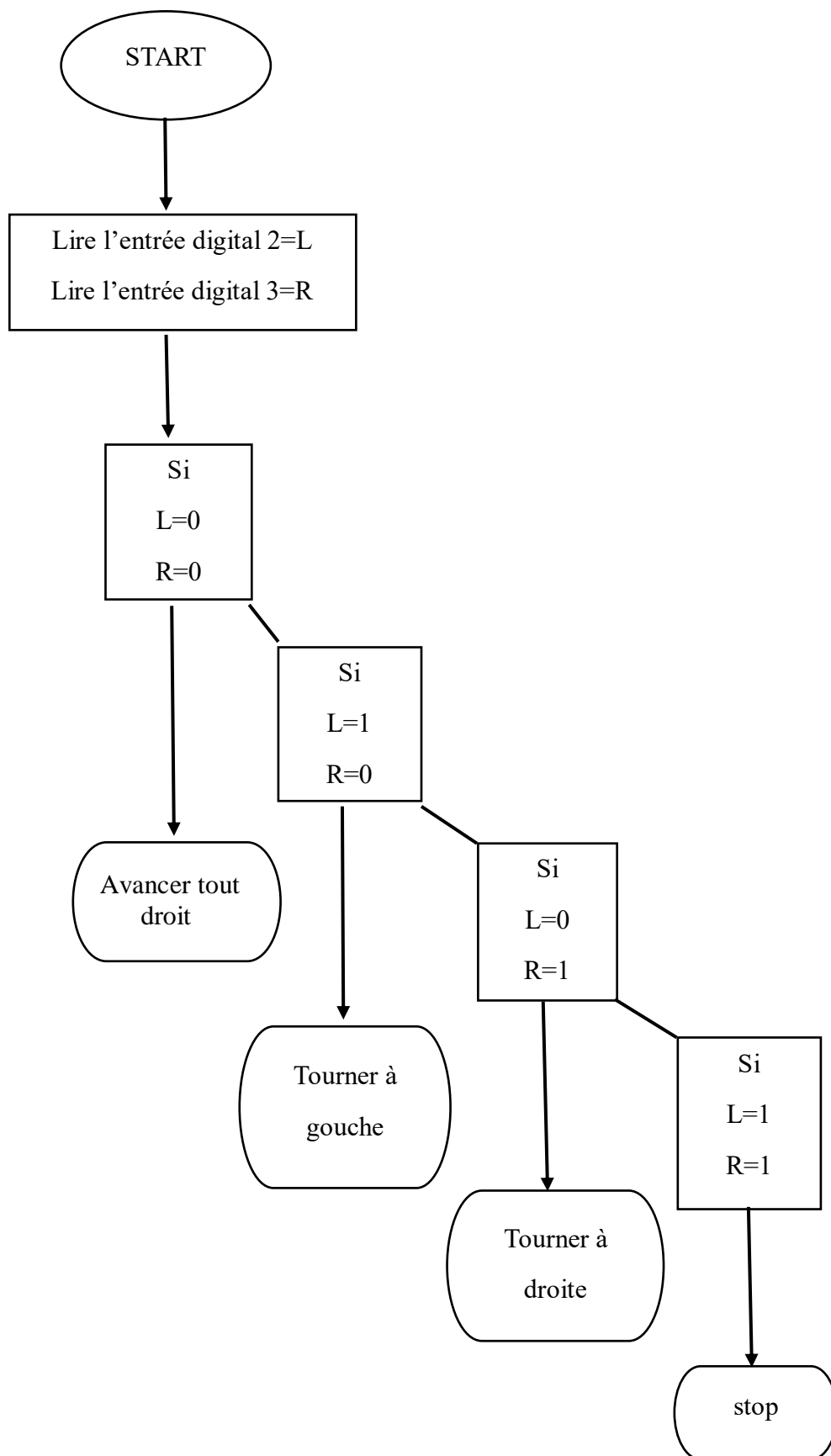


Figure III-4: Organigramme de fonctionnement du robot suiveur de ligne

III.4 Partie détecter et éteindre le feu

III.4.1.circuit du détecter et éteindre le feu

La Figure III-5 représente Le schéma du circuit capable de détecter un incendie et d'activer un système de lutte contre le feu, contrôlé par un microcontrôleur (Arduino UNO).

Utiliser 3 capteurs de flamme et Un servo-moteur ajuste la direction du jet d'eau, Un transistor/MOSFET commande la pompe à eau

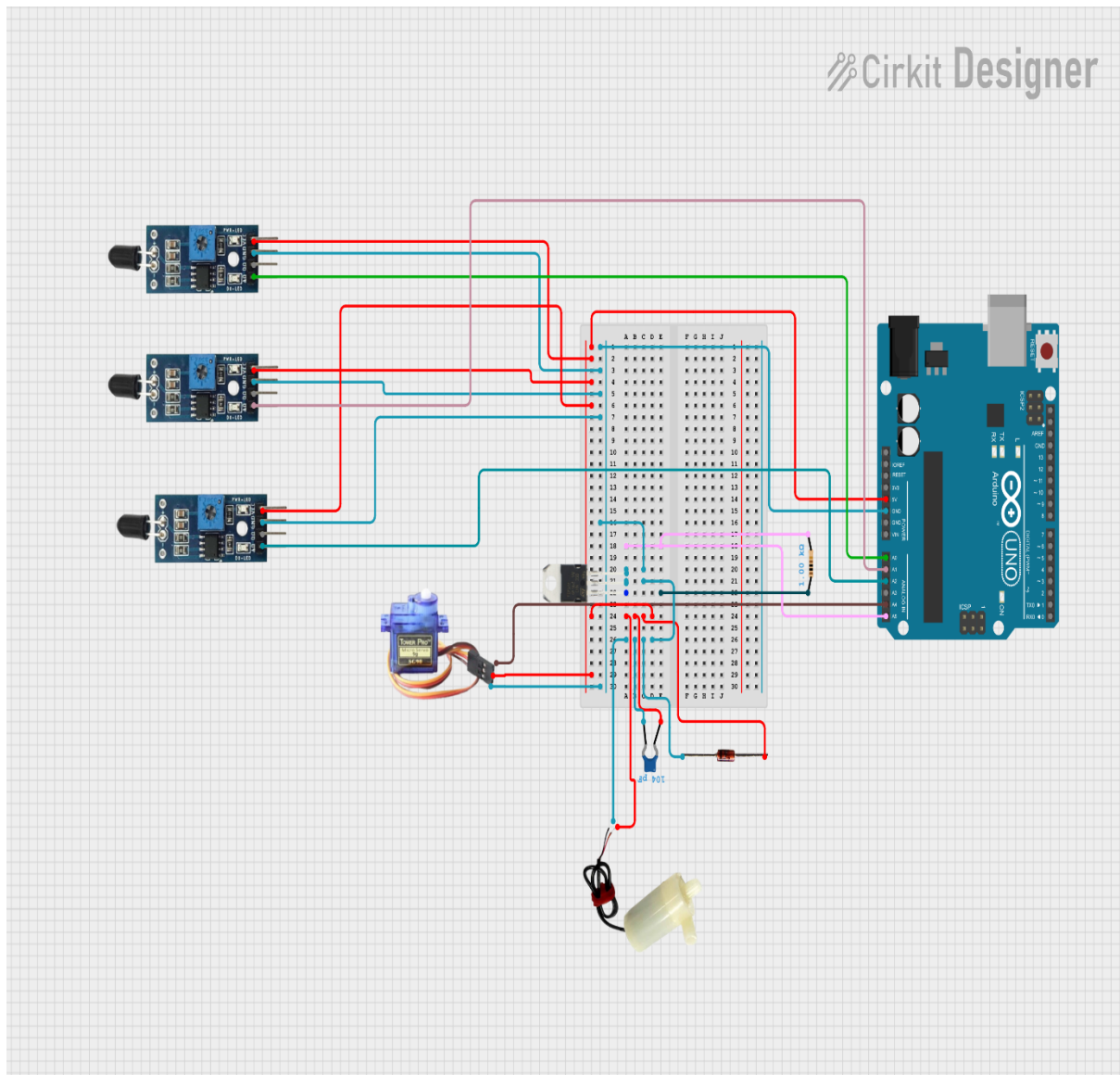


Figure III-5 : circuit du détecter et éteindre le feu

III.4.2.Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement du système de détection et d'extinction de feu repose sur trois capteurs infrarouges analogiques (droit, avant et gauche) qui mesurent en permanence l'intensité des radiations thermiques. Lorsqu'un capteur détecte une valeur inférieure à son seuil prédéfini (250 pour les capteurs latéraux, 350 pour le frontal), le robot identifie la présence d'un feu. Il interrompt immédiatement le suivi de ligne et active son système d'extinction : un servomoteur oriente la buse d'une pompe à eau vers la direction du feu (40° à droite, 90° au centre ou 140° à gauche selon la position détectée), tandis que la pompe s'active pendant 2 secondes pour projeter de l'eau. Le balayage angulaire progressif du servo (par incréments de 3°) permet de couvrir efficacement la zone enflammée. Après extinction, le robot vérifie l'absence de feu via de nouvelles lectures des capteurs avant de reprendre son parcours normal. Ce système priorise la sécurité en arrêtant toujours les moteurs pendant l'opération et intègre des temporisations pour garantir une extinction complète

III.4.2.1 Fabrication de interrupteur commandé par l'Arduino

Le transistor (souvent un MOSFET) est utilisé comme interrupteur commandé par l'Arduino pour piloter la pompe à eau, qui nécessite un courant trop élevé pour être alimentée directement depuis le microcontrôleur.

Nous avons utilisé dans ce cas une résistance (1K) est intercalée entre la broche Arduino et la base (pour BJT) ou la gate (pour MOSFET) afin de limiter le courant et protéger les composants , En parallèle à la pompe est placée une diode de type IN4148, orientée en inverse, qui sert à absorber les surtensions générées lors de l'arrêt brusque du moteur (back-EMF), protégeant ainsi le transistor de TIP-122 . Un condensateur de 104pf est également monté en parallèle pour filtrer les transitoires rapides et réduire les interférences électriques lors des commutations .

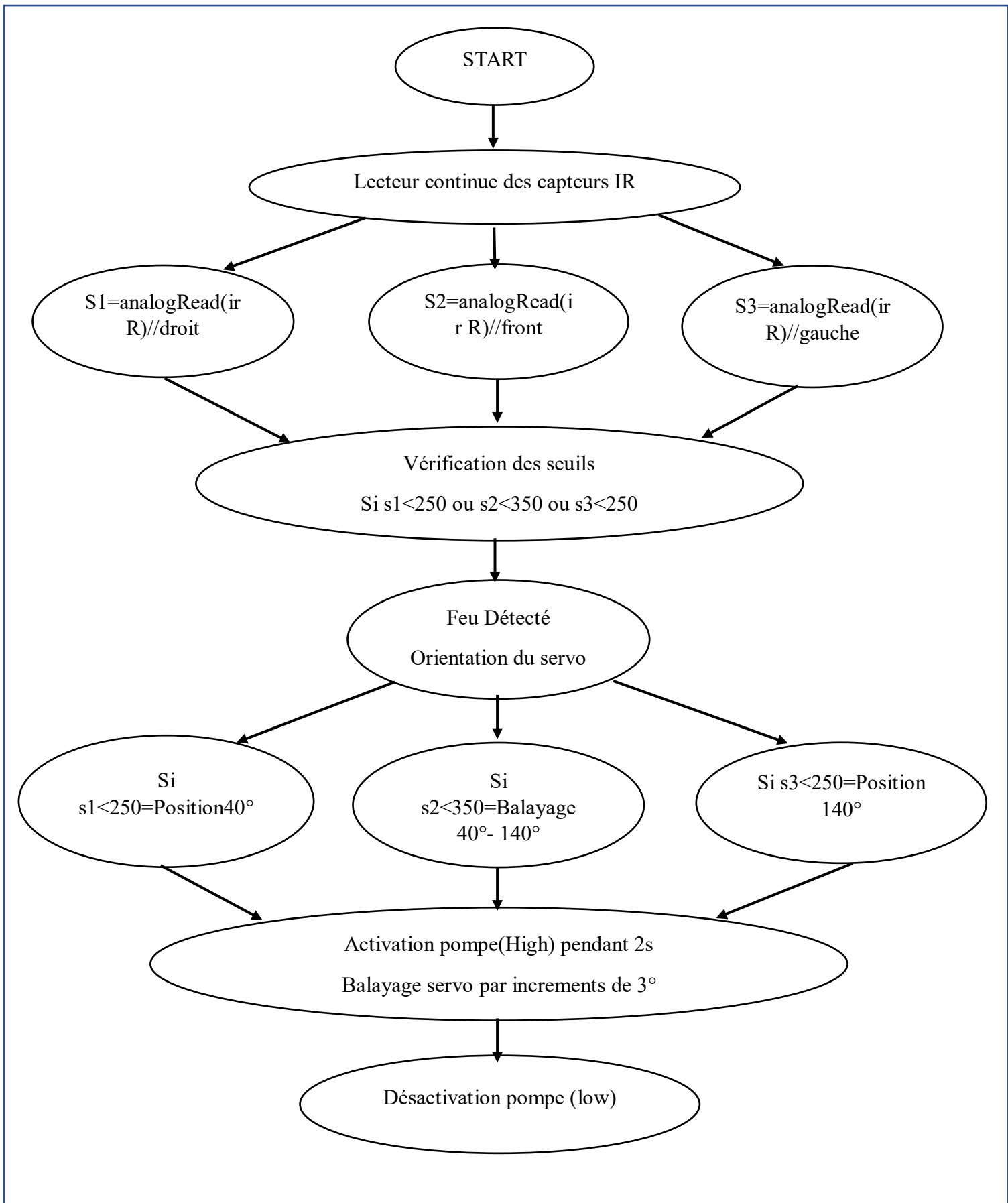


Figure III-7 : Organigramme de fonctionnement du détecter et éteindre le feu

III.5. Intégration des fonctionnalités

III.5.1. Brochage sur l'Arduino

Tous les composants sont reliés à la carte Arduino via ses broches d'entrée/sortie. Les capteurs de flamme, le servomoteur et la pompe à eau sont connectés aux entrées analogiques (A0–A5), tandis que le driver L298N et les capteurs infrarouges sont branchés sur les broches numériques de la carte.

Composants	Broche	Connexion sur l'arduino
L298n	ENA	10
	IN1	9
	IN2	8
	IN3	7
	IN4	6
	ENB	5
Servomoteur	SM	A4
Pompe à eau		A5
Capteurs de flamme	S1 Droit	A0
	S2 Front	A1
	S3 Gauche	A2
Capteurs infrarouge	L	2
	R	3

Table III-1: connexion avec l'Arduino

III.5.2 Synchronisation du robot suiveur de ligne et circuit du détecter le feu

III.5.2.1. Principe de fonctionnement

Ce robot intelligent combine deux fonctionnalités principales dans un système autonome. En mode normal, il suit une ligne noire sur fond blanc grâce à deux capteurs infrarouges digitaux positionnés à l'avant, ajustant sa trajectoire en temps réel - il avance tout droit lorsque les deux capteurs détectent du blanc, tourne à gauche si le capteur gauche détecte la ligne noire, et à droite dans le cas contraire. Cependant, son fonctionnement bascule immédiatement en mode prioritaire lorsque ses trois capteurs infrarouges analogiques (positionnés à gauche, au centre et à droite) détectent une source de chaleur anormale, caractéristique d'un départ de feu.

Dans ce cas d'urgence, le robot interrompt instantanément son parcours et active son système d'extinction : il positionne avec précision un servomoteur portant une buse d'extinction (40° pour un feu à droite, 140° pour un feu à gauche, ou effectue un balayage complet de 40° à 140° pour un feu central) tout en activant une pompe à eau pendant une durée contrôlée de 2 secondes. Ce système ingénieux utilise un contrôle PWM pour gérer la vitesse des moteurs via un module L298N, tandis que le servomoteur est piloté par des impulsions précises convertissant les angles en microsecondes. Après chaque intervention, le robot vérifie l'efficacité de l'extinction avant de reprendre son suivi de ligne .

III.5.2.2. Schéma fonctionnel



Figure III-8 : Schéma fonctionnel global

III.5.2.3. Organigramme du robot suiveur de ligne et détecter le feu

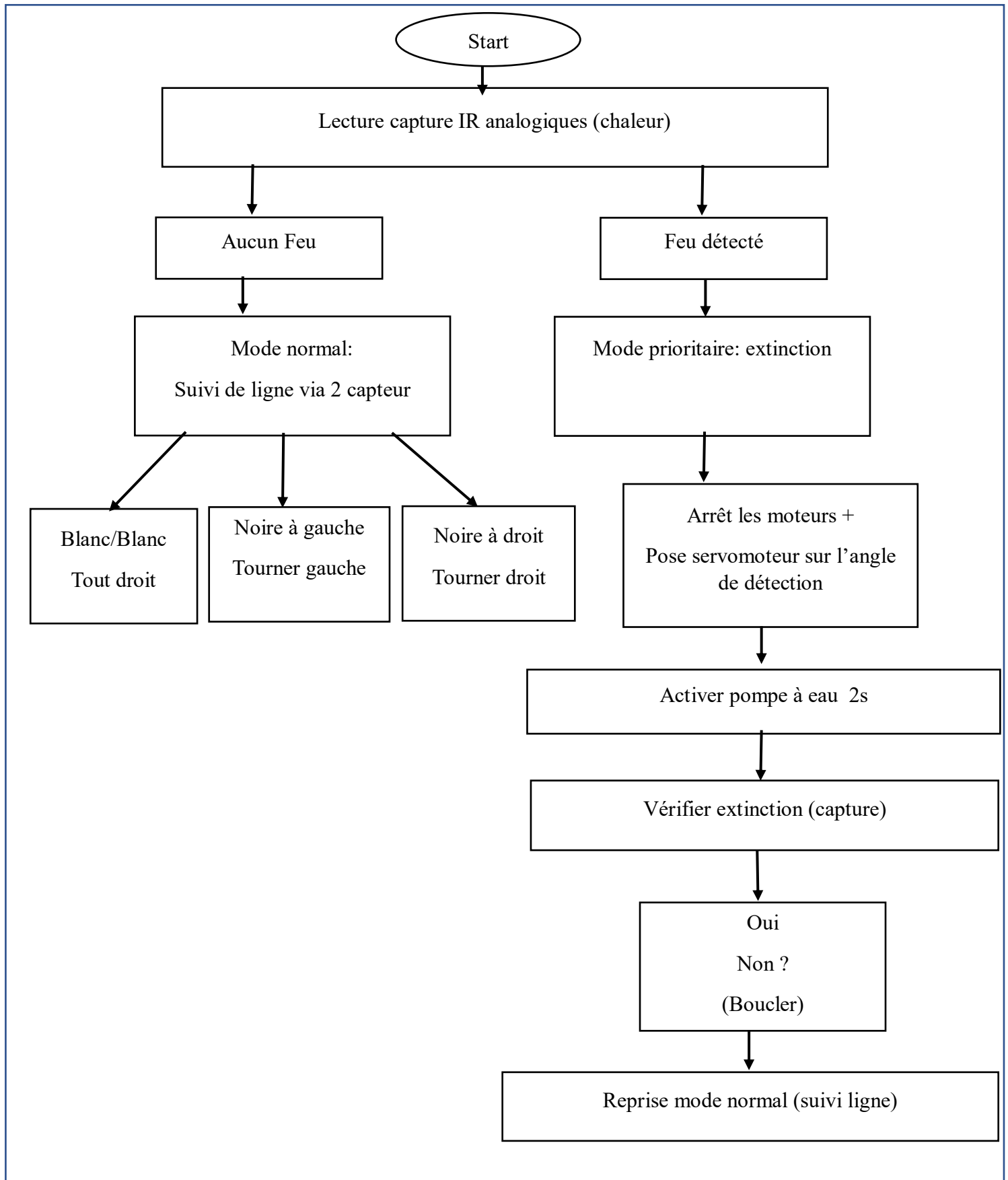


Figure III-9 : Organigramme du robot suiveur de ligne et détecter le feu

III.6. Conclusion

Dans ce troisième chapitre, nous détaillons les différentes étapes ayant conduit à la construction de notre robot et à l'intégration de l'ensemble de ses composants, jusqu'à l'obtention de sa forme définitive. Une fois cette configuration atteinte, nous avons entamé la phase expérimentale. Nous y expliquons, de manière chronologique et illustrée, les actions concrètes effectuées pour tester et valider son bon fonctionnement.



CONCLUSION GÉNÉRALE

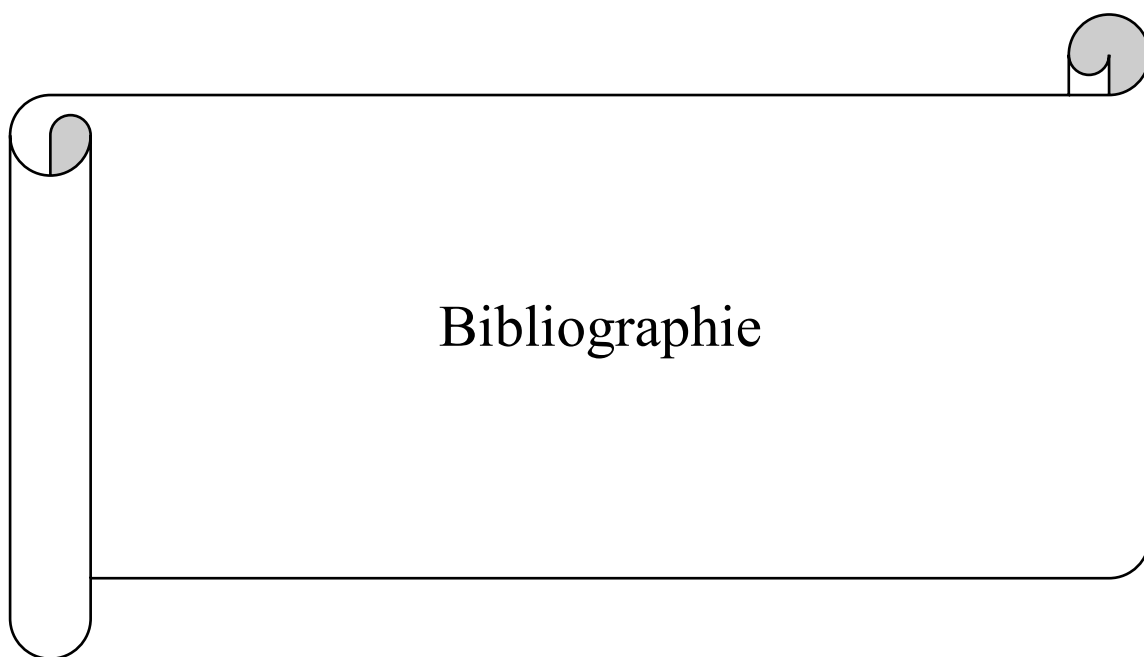
Conclusion

À travers ce projet de fin d'études, nous avons pu concevoir et réaliser un robot mobile intelligent capable de suivre une trajectoire prédéfinie, de détecter une source de chaleur (feu) et d'intervenir pour l'éteindre automatiquement. Ce travail nous a permis de mettre en œuvre des compétences multidisciplinaires, alliant électronique, mécanique, programmation et automatisme, pour répondre à un besoin concret de sécurité.

Dans un premier temps, nous avons étudié les généralités sur les robots afin de mieux comprendre les principes fondamentaux de la robotique mobile, les différents types de capteurs et les méthodes de navigation autonome. Ensuite, nous avons procédé à la conception matérielle du robot en sélectionnant les composants adaptés à notre objectif : capteurs infrarouges pour le suivi de ligne, capteurs de flamme pour la détection du feu, moteurs, microcontrôleur, et système d'extinction. Enfin, la phase de réalisation nous a permis d'assembler tous les éléments, de développer le programme de commande et d'effectuer des tests pour valider le bon fonctionnement du robot.

Ce projet a représenté une expérience enrichissante sur les plans technique et humain. Il nous a permis de mieux appréhender les contraintes liées à la conception d'un système embarqué autonome, tout en développant notre esprit d'analyse, notre rigueur méthodologique et notre capacité à travailler en équipe. Bien que le prototype réalisé soit fonctionnel, des améliorations peuvent être envisagées, notamment en termes d'autonomie énergétique, de précision de détection ou encore d'optimisation de l'algorithme de navigation.

En conclusion, ce projet constitue une base solide pour des applications futures dans le domaine de la robotique de sécurité, en particulier pour la détection précoce et l'intervention rapide en cas de départ de feu dans des environnements sensibles.



Bibliographie

Bibliographie

- [1] R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, and D. Scaramuzza, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, MIT Press, 2011.
- [2] .R. Siegwart, I. Nourbakhsh and D. Scaramuzza, "Introduction to autonomous mobile robots", vol 1. Cambridge, Mass.: MIT Press, pp. 31-46 , 2011.
- [3]. Chaher, BALI. RÉALISATION D'UN ROBOT MOBILE AVEC ÉVITEMENT D'OBSTACLE ET TRAJECTOIRE PROGRAMMÉE. 2012 .
- [4]. MAHER,KAFFEL. "LOCALISATION ET COMMANDE D'UN ROBOT MOBILE AUTONOME." Memoire deMaitrise en Electronique Industrielle, Université du Quebec a Trois-Rivières, Canada, 1991.
- [5].Jean-Luc Paillat« Conception et contrôle de robots à géométrie variable: applications au franchissement d'obstacles autonome », p. 154. Thèse de doctorat, Université d'Angers, 2010.
- [6].Nor Maniha Abdul Ghani, Faradila Naim, Tan Piow Yon , "Two Wheels Balancing Robot with Line Following Capability," World Academy of Science, Engineering and Technology, pp-634-638, 2011.
- [7].« Robots ». <https://norja.net/saviezvousque/html/robots.html> (consulté le oct. 01, 2020).
- [8]. **Site web** : <https://umvie.com/detecteur-de-flamme-ky-026-fonctionnement-utilisations-et-avantages/>
- [9]. **Site web** : <https://www.circuits-diy.com/hw201-infrared-ir-sensor-module/>
- [10]. Folio, David. (2013). « Stratégies de commande référencées multi-capteurs et gestion de la perte du signal visuel pour la navigation d'un robot mobile», thèse de Sabatier de Toulouse III, 2007.
- [11] .Fabien, B. (n.d.). « Mesurer une distance avec un capteur à ultrason HC-SR04 et une carte », Consulté le: nov. 28, 2020 , Disponible sur: Arduino / Genuino. Retrieved from http://robotix.ah oui.org/user_docs/dos10/capteur-HC-SR04.pdf
- [12]. Silanus, M. (2014, December 10). «Isn - robotique». (consulté le nov. 28, 2020) , Disponible sur: http://silanus.fr/sin/formationISN/Parcours/Robotique/co/module_Robotique_9.html
- [13]. Projets:Wi-canne. (2019, October 16). HC-SR04 detection angle [Graph].Wikilab. Disponible sur: https://wikilab.myhumankit.org/index.php?title=File:HC-SR04_detection_angle.jpg,(consulté le nov. 28, 2020).
- [14].Energia, « 4-CHANNEL LINE TRACKER SENSOR». Consulté le: nov. 23, 2020. [En ligne]. Disponible sur: http://www.energiazero.org/arduino_sensi/4_channel_line_tracker_sensor.pdf.

[15]. M. Zafri Baharuddin, Izham Z. Abidin, S. Sulaiman Kaja Mohideen, Yap Keem Siah, Jeffrey Tan Too Chuan, «Analysis of Line Sensor Configuration for the Advanced Line Follower Robot», University Tenaga Nasional. Disponible sur:

Analysis of Line Sensor Configuration for the Advanced Line Follower Robot (psu.edu)

[16]. Sharma A, Verma R, Gupta S, Bhatia SK (2014) «Android phone controlled robot using bluetooth». Int J Electron Electr Eng 7(5):443–448. (consulté le déc. 31, 2020).

[17]. tubefr. (n.d.). « Configuration des modules SC-05 et 06-HC Bluetooth » [Photographe]. Tubefr. Disponible sur: <https://www.tubefr.com/configuration-des-modules-sc-05-et-06-hc-bluetooth.html> (consulté le déc. 31, 2020).

[18]. Morgan, E.J., HC-SR04 ultrasonic sensor. Nov. 16 2014, Disponible sur:

HC-SR04-ETC.pdf (temperosystems.com.au). Consulté le: 15 déc. 2020.

[19]. Guglielmi, R. M. (2020, September 17). Detecting obstacles using an ultrasonic sensor HC-SR04.

[20]. PLAY Embedded. Disponible sur: <https://www.playembedded.org/blog/detecting-obstacles-hc-sr04/>, consulté le nov. 28, 2020).

Résumé :

Ce projet de fin d'études présente la conception et la réalisation d'un robot mobile autonome capable de détecter et d'éteindre des incendies tout en suivant une ligne tracée au sol. Le robot combine des fonctionnalités de suivi de ligne à l'aide de capteurs infrarouges et de détection de flammes via des capteurs infrarouges analogiques. Lorsqu'un feu est détecté, le robot interrompt son parcours, oriente un servomoteur équipé d'une pompe à eau vers la source de chaleur et active le système d'extinction. Le projet est structuré en trois chapitres principaux : les généralités sur les robots, la conception matérielle (incluant les capteurs, actionneurs et contrôleurs comme l'Arduino et le pont en H L298N), et la réalisation pratique avec l'intégration des composants et la programmation. Les tests validant le fonctionnement du robot mettent en évidence son utilité dans des environnements à risque, tout en ouvrant des perspectives d'amélioration, comme l'optimisation de l'autonomie ou de la précision. Ce travail illustre une application concrète de la robotique mobile dans le domaine de la sécurité.

Mots clés : Robot mobile, suiveur de ligne , détecter le feu

ملخص :

هذا المشروع لنهاية الدراسة يعرض تصميم وتنفيذ روبوت متنقل ذاتي قادر على اكتشاف الحرائق وإطفائها، مع تتبع خط مرسوم على الأرض. يجمع الروبوت بين وظيفة تتبع الخط باستخدام حساسات الأشعة تحت الحمراء، واكتشاف النيران من خلال حساسات حرارية بالأشعة تحت الحمراء التناظرية. عند كشف حريق، يتوقف الروبوت عن السير، ويوجه محرك سيرفو مزوداً بمضخة مياه نحو مصدر الحرارة، ثم يُفعل نظام الإطفاء. يتكوّن المشروع من ثلاثة فصول رئيسية: مقدمة عامة حول الروبوتات، التصميم المادي الذي يشمل الحساسات، والمحركات، والمتحكمات مثل الأردوينو وجسر HL298N ، والتنفيذ العملي الذي يتضمن دمج المكونات والبرمجة. تظهر الاختبارات العملية فعالية الروبوت في بيئات HL298N خطيرة، مع اقتراحات لتحسينه مثل زيادة مدة البطارية أو رفع دقة الاستشعار. يجسد هذا المشروع تطبيقاً عملياً للروبوتات المتنقلة في مجال الأمان والسلامة.

Abstract :

This final-year project presents the design and implementation of an autonomous mobile robot capable of detecting and extinguishing fires while following a ground line. The robot combines line-following functionality using infrared sensors with flame detection via analog infrared sensors. When a fire is detected, the robot halts its course, directs a servo motor equipped with a water pump toward the heat source, and activates the extinguishing system. The project is structured into three main chapters: an overview of mobile robots; hardware design (including sensors, actuators, and controllers such as the Arduino and the L298N H-bridge); and practical implementation, which covers component integration and programming. Functional tests validate the robot's effectiveness in hazardous environments, while also identifying areas for improvement, such as optimizing battery life and sensor accuracy. This work exemplifies a practical application of mobile robotics in the field of safety and security.

Keywords: Mobile robot, line follower.