



Mémoire de Master

Présenté au

Département : Génie Électrique

Domaine : Sciences Et Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique Des Systèmes Embarqués

Réalisé par :

ZAMOUM AHMED

Thème

Conception et réalisation d'un système de péage automatique

Soutenu le: 03/07/2024

Devant le Jury composé de :

Mr : NOURINE MOURAD	M.C.A	Univ. Bouira	Président
Mr : MOUDACHE SAID	M.A.A	Univ. Bouira	Rapporteur
Mr : HAROUN SMAIL	M.C.B	Univ. Bouira	Examineur
Mme : MADI SAIDA	M.C.B	Univ. Bouira	Examineur

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents bien-aimés, qui ont fait
tant de sacrifices, m'ont soutenu et prié tout au long de mes années
d'études

À toute ma famille, petits et grands, surtout à mes chers sœurs et frères,
pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes
études

À tous mes amis qui m'ont toujours encouragé
A tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu pour m'avoir donné la force, la détermination et la guidance nécessaires tout au long de mon parcours académique et professionnel. Je souhaite également exprimer ma sincère reconnaissance inverse à ma famille, dont le soutien inconditionnel, les encouragements constants et les sacrifices consentis ont été d'une importance capitale pour mon épanouissement et mes réussites. Leurs amours et leur soutien indéfectible ont été une source d'inspiration sans fin.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance à monsieur MOUDACHE Saïd pour son accompagnement et son soutien tout au long de cette période. Son expertise, ses conseils précieux, son écoute attentive et ses encouragements m'ont permis de progresser et de surmonter les difficultés que j'ai rencontrées.

Je remercie également tous les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail :

Mr : NOURINE MOURAD

Mr : MOUDACHE SAID

Mr : HAROUN SMAIL

Mme : MADI SAIDA

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail de recherche. Leurs conseils, leurs encouragements et leur soutien ont joué un rôle fondamental dans l'aboutissement de ma thèse de master.

Résumé

Ce mémoire présente la conception et la réalisation d'un système de péage automatique. Nous utilisons une carte Arduino Uno, un afficheur LCD pour la communication avec les usagers, des capteurs infrarouges, des servomoteurs pour l'ouverture des trappes à pièces, l'ouverture de la barrière de sortie et la restitution de la monnaie.

Nous débutons par la détection des véhicules à l'approche du péage grâce à un capteur infrarouge. Une fois qu'un véhicule est détecté, le système procède à la détection automatique des plaques d'immatriculation pour les enregistrer avec la date et l'heure du passage. Ensuite, lorsque le conducteur insère les pièces de monnaie, un programme Python utilisant l'algorithme "You Only Look Once" avec une caméra permet de détecter et de valider les pièces. Si la pièce est acceptable, les données sont transmises à la carte Arduino qui contrôle l'ouverture de la trappe correspondante pour la pièce acceptée et rejette les pièces invalides, avec affichage des pièces acceptées sur l'écran LCD. Une fois le paiement total confirmé, des servomoteurs sont activés pour rendre la monnaie au conducteur. Enfin, la barrière s'ouvre pour permettre au véhicule de sortir du péage.

Mots clés : Péage, PyTesseract, Reconnaissance de pièces, Algorithme YOLO, LCD, plaques d'immatriculation, Usager.

Table des Matières

REMERCIEMENTS	I
RESUME.....	II
TABLE DES MATIERES	III
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTES DES ACRONYMES ET SYMBOLES	VIII
<i>INTRODUCTION GENERALE</i>	<i>1</i>
CHAPITRE 1: GENERALITES SUR LE PEAGE	2
1. INTRODUCTION :	3
2. HISTORIQUE DE PEAGE :	3
3. COMMENT FONCTIONNENT LES PEAGES :	3
3.A) LOCALISATION DES POINTS DE PEAGE :	4
3.B) IDENTIFICATION DU VEHICULE :	4
3.C) CALCUL DES FRAIS DU PEAGE:	8
3.D) PAIEMENT DANS PEAGE :	8
3.E) GESTION ET ENTRETIEN DES PEAGES :	9
4. LES COMPOSANTS D'UN SYSTEME DE PEAGE :	9
5. CONCLUSION :	11
CHAPITRE 2: LES OUTILS LOGICIELS ET MATERIELS D'UN SYSTEME DE PEAGE AUTOMATIQUE	13
1. INTRODUCTION :	14
2. PARTIE MATERIELS :	14
2.A) DEFINITION DU MODULE ARDUINO :	14
2.B) LES DIFFERENTS TYPES DE L'ARDUINO :	14
2.C) LA CARTE ARDUINO UNO :	14

2.D) <i>LE SERVOMOTEUR :</i>	17
2.E) <i>AFFICHEURS LCD AVEC I2C :</i>	18
2.F) <i>LE CAPTEUR INFRAROUGE :</i>	19
2.G) <i>LA PLAQUE D'ESSAIS :</i>	20
3. PARTIE LOGICIELLE :	21
3.A) <i>LOGICIEL IDE ARDUINO :</i>	21
3.B) <i>LOGICIEL PROTEUS:</i>	22
3.C) <i>LOGICIEL FRITZING :</i>	23
3.D) <i>PYCHARM :</i>	24
4. CONCLUSION :	24
CHAPITRE 3: CONCEPTION, SIMULATION, ET REALISATION DU PROTOTYPE	26
1. INTRODUCTION :	27
2. LA CONCEPTION DU PROTOTYPE :	27
2.A) <i>SYNOPTIQUE :</i>	27
2.B) <i>L'ORGANIGRAMME DE FONCTIONNEMENT :</i>	29
3. LA SIMULATION ET REALISATION :	30
3.A) <i>SIMULATION :</i>	30
3.B) <i>REALISATION :</i>	34
3.C) <i>DETECTION D'OBJET :</i>	39
3.D) <i>RECONNAISSANCE AUTOMATIQUE DES PLAQUES D'IMMATRICULATION :</i>	44
4. CONCLUSION :	47
CONCLUSION GENERALE	47
REFERENCES	48

Liste des figures

FIGURE I. 1: PEAGE ELECTRONIQUE.....	4
FIGURE I. 2:PEAGE PAR RFID.	5
FIGURE I. 3:PEAGE PAR CAMERA.	6
FIGURE II. 1 : LA CARTE ARDUINO UNO.	15
FIGURE II. 2:MICROCONTROLEUR ATMEGA328.....	16
FIGURE II. 3:CÂBLE USB TYPE A/B (ARDUINO UNO).	17
FIGURE II. 4:SERVOMOTEUR SG90.....	17
FIGURE II. 5:DESCRIPTION GENERAL D’UN SERVOMOTEUR.	18
FIGURE II. 6:AFFICHEUR LCD AVEC I2C 16X2.....	19
FIGURE II. 7:FONCTIONNEMENT DE CAPTEUR INFRAROUGE.	20
FIGURE II. 8:LE CAPTEUR INFRAROUGE FC 51.....	20
FIGURE II. 9:BREADBOARD.	20
FIGURE II. 10:INTERFACE IDE ARDUINO.....	21
FIGURE II. 11:LES ETAPES DE TELECHARGEMENT DU CODE.	22
FIGURE II. 12:INTERFACE DU LOGICIEL PROTEUS ISIS.....	23
FIGURE II. 13:L’INTERFACE DU LOGICIEL FRITZING.	23
FIGURE II. 14:L’INTERFACE DE PYCHARM.....	24
FIGURE III. 1: SCHEMA SYNOPTIQUE DU SYSTEME.	27
FIGURE III. 2:L'ORGANIGRAMME DE PEAGE.....	29
FIGURE III. 3:L'ORGANIGRAMME DE RENDEMENT D'ARGENT	30
FIGURE III. 4:SIMULATION DE PROJET.	31
FIGURE III. 5:SCHEMA DE SIMULATION AVANT PRESENCE DE VEHICULE.....	31
FIGURE III. 6:SCHEMA DE SIMULATION DE PRESENCE DE VEHICULE.	32

FIGURE III. 7:SCHEMA DE SIMULATION D’AFFICHAGE LES CAS DES PIECES. ...	32
FIGURE III. 8:SCHEMA DE SIMULATION D'INSERTION D'UNE PIECE VALIDE.	32
FIGURE III. 9:SCHEMA DE SIMULATION D'AFFICHAGE DU PROCESSUS DE RENDU DE MONNAIE.....	33
FIGURE III. 10:SCHEMA DE SIMULATION DE RENDU DE MONNAIE.....	33
FIGURE III. 11:SCHEMA DE SIMULATION AFFICHAGE DE FIN D'OPERATION DE LA RESTITUTION DE LA MONNAIE ET OUVERTURE DES BARRIERES.	34
FIGURE III. 12:SCHEMA DE CAPTEUR INFRAROUGE AVEC ARDUINO UNO.....	34
FIGURE III. 13:CAPTEUR INFRAROUGE DETECTE LA PRESENCE DE VOITURE...	35
FIGURE III. 14:DETECTION DU MATRICULE ET STOCKAGE DANS UN FICHIER..	35
FIGURE III. 15:SCHEMA DE AFFICHEUR LCD AVEC ARDUINO UNO.....	35
FIGURE III. 16:LE MESSAGE D’ACCUEIL.....	36
FIGURE III. 17:DETECTION DES DIFFERENTES PIECES.	36
FIGURE III. 18:LE CAPTEUR INFRAROUGE AVEC SERVOMOTEUR QUI STOP LA PIECES.....	36
FIGURE III. 19:LA CAMERA ON FACE LA PEICE.	36
FIGURE III. 20:REJETER LA PIECE.....	37
FIGURE III. 21:LES PIECES ACCEPTEES.....	37
FIGURE III. 22:AFFICHAGE DES PIECES INSEREES.....	37
FIGURE III. 23:AFFICHAGE DU RENDU D'ARGENT.	38
FIGURE III. 24:AFFICHAGE DE FIN D'OPERATION.	38
FIGURE III. 25:OUVERTURE DE BARRIERE.	38
FIGURE III. 26:SYSTEME PEAGE FINAL.....	39
FIGURE III. 27:LES TACHES DE YOLOV8.....	40
FIGURE III. 28:EXEMPLE DE LA PREDICTION FAITE PAR YOLO.....	40

FIGURE III. 29:L'INTERFACE DE GOOGLE COLAB.....	41
FIGURE III. 30:ETIQUETAGE DES PIECES.....	43
FIGURE III. 31:INSTALLATION DES BIBLIOTHEQUES ROBOFLOW ET ULTRALYTICS.....	43
FIGURE III. 32:IMPORTATION DES MODULES PYTHON.	44
FIGURE III. 33:ENTRAINEMENT DU MODELE YOLOV8S POUR LA DETECTION D'OBJETS.	44
FIGURE III. 34:OPENCV.....	45
FIGURE III. 35:PRINCIPE DU MODULE PYTESSERACT.....	45
FIGURE III. 36:PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE SYSTEME.	46

Liste des tableaux

TABEAU I .1:LES CLASSES DE VEHICULES RETENUES POUR LE PEAGE.	8
TABEAU II .2:LES DIFFERENTS TYPES DE CARTES ARDUINO.	14
TABEAU III.3:QUELQUES IMAGES UTILISEES DANS LA BASE DE DONNEES. ...	42

Liste des abréviations

EEPROM :	Mémoire morte programmable effaçable électriquement.
GNSS :	Système mondial de navigation par satellite.
GND :	Masse (terre).
IDE :	Environnement de développement intégré.
I2C :	Bus de communication inter-intégré.
LCD :	Affichage à cristaux liquides.
MHz :	Mégahertz.
OBU :	Unité embarquée.
OpenCV :	Bibliothèque de vision par ordinateur open source.
RFID :	Identification par radiofréquence.
SRAM :	Mémoire vive statique.
USB :	Bus série universel.
V :	Volt.
VCC :	Tension continue.
YOLO :	You Only Look Once

Introduction générale

Le péage est une somme prélevée sur les usagers de certaines routes, autoroutes, canaux, ponts, tunnels et autres infrastructures similaires. Les péages étaient connus dans le monde antique et étaient particulièrement populaires au Moyen Âge européen, où ils étaient largement utilisés pour financer la construction de ponts[1] .

Les systèmes de péage routier jouent un rôle essentiel dans le financement et l'entretien des infrastructures routières. Traditionnellement gérés par des agents aux postes de péage, ces systèmes ont évolué pour devenir automatisés.

Notre projet de fin d'études vise à concevoir et à réaliser un prototype de système de péage automatique, à comprendre le principe de fonctionnement de ce système et à créer une machine de A à Z en utilisant nos propres moyens.

Dans le premier chapitre, nous avons abordé des généralités entourant les systèmes de péage, de leur historique, de leurs modes de fonctionnement actuels ainsi que des différents composants les constituant. Cette mise en contexte nous permettra de mieux comprendre les défis et les limites associés à la conception d'un système de péage.

Dans le deuxième chapitre, nous décrirons en détail les différents outils logiciels et matériels nécessaires à la réalisation de notre prototype, tels que la carte de commande, les capteurs et actionneurs nécessaires, et les logiciels utilisés pour la programmation ou la simulation.

Enfin, la dernière partie sera consacrée à la conception du système, en présentant le fonctionnement détaillé de notre système, les schémas électriques et la simulation. Nous traiterons également de la reconnaissance des pièces de monnaie et de la reconnaissance automatique des plaques d'immatriculation.

Chapitre 1:

Généralités sur le

péage

1. Introduction :

Le péage est un système de taxation qui permet de financer la construction, l'entretien et l'exploitation des infrastructures routières. Ce système consiste à faire payer les usagers pour leur utilisation des autoroutes, des ponts ou des tunnels.

Ce premier chapitre a pour objectif de présenter les généralités sur le fonctionnement des péages. Nous allons d'abord aborder l'historique afin de comprendre les origines de ce système de taxation. Ensuite, nous expliquerons les différentes étapes du processus de péage, depuis la localisation des points de prélèvement jusqu'au paiement des frais, en passant par l'identification des véhicules et le calcul des montants.

2. Historique de péage :

Les Romains ont été parmi les premiers à mettre en place des péages routiers. À cette époque, les routes étaient considérées comme un droit de passage sur un terrain, plutôt que comme les infrastructures modernes en asphalte ou en béton [2].

D'autres ont affirmé que les routes à péage ont au moins 2700 ans, car des péages devaient être payés par les voyageurs empruntant l'autoroute Susa-Babylone sous le régime d'Ashurbanipal, qui a régné au VIIe siècle av. J.-C[3].

En Europe, de nombreuses routes ont été initialement construites comme des routes à péage, dans le but de récupérer les coûts de construction. Au XIVe siècle en Angleterre, certaines des routes les plus empruntées étaient réparées avec l'argent provenant des péages[4].

L'Italie a été le premier pays européen à appliquer l'utilisation des péages autoroutiers sur une section d'autoroute de 50 km près de Milan en 1924, suivi par la Grèce qui a fait payer les utilisateurs pour le réseau d'autoroutes autour et entre ses villes en 1927[4].

L'histoire des routes à péage en Afrique du Sud remonte au XVIIIe siècle, lorsque le gouverneur de la colonie du Cap collectait des péages pour effectuer des réparations routières. Des péages étaient également perçus sur les routes des anciennes provinces du Natal et de l'État libre d'Orange, jusqu'à la fin du XIXe siècle[5].

3. Comment fonctionnent les péages :

Les péages fonctionnent en collectant des frais à des points stratégiques du réseau routier, via des systèmes manuels ou électroniques, en calculant les frais basés sur la distance ou le type de véhicule.

3.a) Localisation des points de péage :

- Les péages sont situés à des endroits stratégiques, tels que les sorties d'autoroutes, les passages frontaliers ou les points de passage clés.
- Ils sont matérialisés par des barrières, des portiques.

3.b) Identification du véhicule :

Lorsqu'un véhicule approche d'un péage, il doit être identifié. Cela peut se faire de différentes manières :

- **Péage manuel** : Un opérateur collecte l'argent directement auprès du conducteur.
- **Péage électronique** : Le véhicule est équipé d'un dispositif qui communique avec le système de péage.

3.b.1) Péage électronique :

Le péage électronique avait été proposé par le prix Nobel Economiques « William Vickrey » pour la première fois en 1959 [6]. Dans sa proposition, chaque voiture devait être équipée d'un transpondeur. En suite « Micro Design » à installer le premier système du nom « Q-Free » et l'Italie est le premier pays qui à déployer le péage électronique.

L'objectif était de faire payer aux automobilistes les coûts de construction et d'entretien du réseau routier [7].

Les péages électroniques ont rendu le traitement plus rapide et ont facilité la mobilité des automobilistes sur les routes. En conséquence, les exploitants de routes et les agences de péage ont remplacé les paiements en espèces par des solutions technologiques.



Figure I. 1: Péage électronique.

Collecte électronique nécessite un compte afin que le système de paiement soit en place et lié à l'utilisateur. Une fois le compte établi, lorsque l'utilisateur conduit sur la route, son compte est lié au véhicule qu'il conduit.

Pour identifier les comptes des utilisateurs (collecte électronique) il y'a trois approches:[8]

- Transpondeurs à identification par radiofréquence (RFID).
- Systèmes basés sur la plaque d'immatriculation.
- Systèmes de navigation par satellite (GNSS).

A. Les transpondeurs d'identification par radiofréquence (RFID):

Les transpondeurs d'identification par radiofréquence (RFID) sont utilisés dans les solutions de péage basées sur les portiques. Qu'on le véhicule passe sous le portique équipé d'un lecteur de péage qui échange les informations avec le transpondeur, après le compte de l'utilisateur est ensuite débité. RFID est un protocole de communication à courte portée (moins de 100 mètres).

Les abonnés bénéficient ainsi de voies particulières de passage aux barrières de péage. Le paiement s'effectue sans arrêt du véhicule, par simple lecture de son identification[9].



Figure I. 2: Péage par RFID.

▪ Avantages du système basé sur RFID :

- Une plus grande durée de vie des équipements.
- Réduire les embouteillages aux gares de péage.
- Flexibilité dans le positionnement des dispositifs.

- **Inconvénients du système basé sur RFID :**
 - RFID est sensible aux ondes électromagnétiques.

B. Systèmes basés sur la plaque d'immatriculation (par camera) :

Une technique utilisée pour la collecte de péage routier repose sur des portiques (ou des structures similaires) équipés de caméras de haute précision. Lorsque qu'un véhicule passe sous le portique, les caméras capturent les plaques d'immatriculation avant et arrière du véhicule. Ensuite, l'image est examinée et traitée pour déterminer le numéro de la plaque. Ces informations sont ensuite utilisées pour facturer le compte de l'utilisateur ou envoyer une facture au propriétaire du véhicule.

En général, les systèmes basés sur la plaque d'immatriculation sont utilisés avec la technologie RFID. S'il y a des problèmes avec les transpondeurs RFID, ou si des véhicules passent sans le transpondeur, ou si la batterie du transpondeur est déchargée ou mal fixer, le système tentera d'identifier le compte ou le véhicule à l'aide des systèmes basés sur la plaque d'immatriculation.



Figure I. 3: Péage par camera.

- **Avantages des systèmes basés sur la plaque d'immatriculation (par caméra):**
 - Collecte précise des données
 - Facilité d'utilisation Pour les conducteurs.
- **Inconvénients des systèmes basés sur la plaque d'immatriculation (par caméra):**
 - ❖ Coût élevé du système
 - ❖ Problème lecture de plaque

C. Systèmes de péage GNSS :

C'est un système de navigation par satellite connecté à un réseau sans fil commercial. Il envoie les données de localisation GNSS au centre de péage, ce système est capable de calculer où le véhicule s'est déplacé. Il est utilisé par les véhicules commerciaux.

Il existe deux façons d'utiliser la localisation GNSS pour le péage routier :

-Portiques virtuels :

Dans cette méthode, le conducteur utilise une application de péage sur son smartphone, l'application utilise les données de localisation GNSS (système de navigation par satellite) du téléphone pour déterminer si le véhicule se trouve dans la zone de péage. Le téléphone envoie ensuite un message de déclaration de péage au bureau de péage, fonctionnant de manière similaire aux systèmes de péage RFID, mais sans nécessiter de lecteurs et de transpondeurs. Le téléphone utilise des réseaux sans fil pour déterminer son emplacement et transmettre des données, le transformant ainsi en transpondeur.

- Péage basé sur les kilomètres/la distance parcourue :

Dans cette méthode, l'unité embarquée (OBU) comprend un élément GNSS et un émetteur-récepteur de données sans fil. L'OBU remplace efficacement le transpondeur décrit ci-dessus. L'émetteur-récepteur de données sans fil est généralement capable d'envoyer des données 4G-LTE.

Dans cette configuration, le système établit une piste pour l'endroit où se trouve le véhicule et où il a été. Des messages de localisation sont envoyés périodiquement de l'OBU au bureau de péage pour devenir des déclarations de péage. Les déclarations de péage sont établies en fonction de la distance parcourue. Dans ce système, n'importe quelle route peut devenir une route payante car le système ne dépend pas du passage du véhicule sous un portique de péage.

Ce système permet à toutes les routes d'être payantes sans nécessiter de passage sous un portique de péage.

▪ Avantages de péage basé sur les kilomètres/la distance parcourue :

- ❖ Pas besoin d'infrastructures physiques (barrières ou de portiques)
- ❖ Très haute précision

▪ Inconvénients de péage basé sur les kilomètres/la distance parcourue:

- ❖ Éventuelle perturbation du réseau

3.c) Calcul des frais du péage:

Le montant du péage dépend de plusieurs facteurs :

- **Distance parcourue** : Certains péages sont basés sur la distance parcourue.
- **Catégorie de route** : Les autoroutes à péage peuvent avoir des tarifs différents.
- **Heure de la journée** : Certains systèmes de péage appliquent des tarifs variables en fonction de l'heure de passage.
- **Type de véhicule** : [10]

La classification des véhicules est un élément essentiel de discrimination tarifaire, la classification se basera sur deux critères :

- La hauteur de déchargement du véhicule par rapport à la route.
- Le nombre d'essieux permet de différencier le véhicule.

En utilisant ces critères, nous pouvons résumer les différentes catégories suivantes :

Classes	Définition	Exemple
1	Véhicule ou ensemble articulé dont la hauteur hors chargement est inférieure ou égale à 2.4 m.	- Voitures particulières (avec ou sans remorque). - Utilitaires légers.
2	Véhicule avec 2 essieux et dont la hauteur hors chargement est supérieure à 2.4 m.	- Fourgons avec toit surélevé. - Autocars à deux essieux.
3	Véhicule ou ensemble articulé à plus de 2 essieux au sol et dont la hauteur hors chargement est supérieure à 2.4 m.	- Camions à trois essieux. - Poids Lourds. - Tracteurs routiers.
4	Motocycles	Motos

Tableau I.1: Les classes de véhicules retenues pour le péage.

3.d) Paiement dans péage :

- **Paiement en espèces** : Le conducteur remet de l'argent au préposé du péage.

- **Paiement électronique :** Dans le cas du péage électronique, le montant est automatiquement débité du compte associé au dispositif. Il permet d'identifier un portemonnaie électronique et d'effectuer un transfert de valeur sur un système de communication sans que le véhicule ne s'arrête[11].
- **Facturation :** ou les frais sont facturés au propriétaire du véhicule.

3.d.1) Payer en espèces :

La collecte en espèces a été la principale méthode de collecte des péages depuis le tout début.

Elle peut prendre la forme de péagiste humaines recevant de l'argent des conducteurs ou de systèmes automatiques conçus pour recevoir et compter l'argent, avec une utilisation de barrière pour empêcher le conducteur de quitter la cabine de péage sans payer. La barrière ne lèvera pas le bras tant que le montant correct n'aura pas été reçu.

1) Les avantages de payer en espèces :

- ❖ Les conducteurs peuvent rester anonyme lorsqu'ils utilisent les voies en espèces, parce que n'est pas nécessaire.
- ❖ Il n'est pas nécessaire de disposer d'un système électronique de traitement des infractions, le bras de la barrière à la fin de péage garantit que les recettes sont collectées.

2) Les inconvénients de payer en espèces :

- ❖ Les voies de se péage peut être lentes, ce qui entraîne des congestions et des ralentissements de la circulation.

3.e) Gestion et entretien des péages :

- Les revenus des péages sont utilisés pour financer la construction, l'entretien et l'amélioration des infrastructures.
- Les sociétés concessionnaires gèrent les péages et assurent la maintenance des équipements.

4. Les composants d'un système de péage : [8]

Système pour usage routier nécessite généralement quatre parties :

- **Système de collecte routière.**
- **Système de back-office.**
- **Centre de service à la clientèle.**

- **Système d'application des infractions.**

Il y a des éléments qui créent le système de péage, mais ces éléments se décomposent en ces quatre éléments constitutifs.

- **Système de collecte routière :**

En général, le système de collecte routière c'est un dispositif installer sur les voies ou entrée/sortie des routes comme les portiques les barrières de péage. Aux États-Unis, le système de collecte routier à péage électronique typique est une solution basée sur un portique qui contient l'identification automatisée des véhicules, ainsi que la détection et la classification des véhicules.

Ce système est basé sur trois fonctions clés : détecter l'approche du véhicule, classer le véhicule et identifier véhicule.

Détection et classification du véhicule : ce processus est utilisé pour détecter véhicule qu'on arrive, elle peut détecte l'approche de véhicule et compter le nombre d'essieux pour établissant le type de véhicule dépassé .et classification pour déterminer le tarif de péage d'après le type de véhicule détecté.

- **Systèmes de back-office :**

Le système de back-office est responsable de la création de nouveaux comptes, de la génération de factures pour les clients et d'autres.

- **Centre de service à la clientèle :**

Est la première ligne pour les usagers des routes à péage qui cherchent à gérer leur compte de péage. Est responsable sur :

- Mettre à jour les informations de compte du client (les données qui changent au fil du temps).
- Répondre aux questions des usagers ou les utilisateurs de la route.
- Recevoir les paiements du client.
- Autres activités liées à la clientèle.

- **Système d'application et de traitement des infractions :**

L'application de la loi est le processus dont vous avez besoin pour identifier et poursuivre les contrevenants. Une infraction peut se produire pour plusieurs raisons comme les fuite, Une fuite est une transaction qui n'a pas été détectée ou dont l'utilisateur n'a pas pu être identifié. Ou des problèmes dans le transpondeur ou a été signalé comme perdu, volé ou révoqué.

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue générale sur les systèmes de péage. Cela nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement des systèmes de péage, de l'identification des véhicules jusqu'au paiement des péages, en passant par le calcul des montants. Cette base théorique solide nous permet d'aborder les aspects techniques et pratiques de la conception et de la mise en œuvre de ce système dans les prochains chapitres.

Dans le chapitre suivant, nous allons examiner le matériel et les logiciels utilisés dans la conception de notre système.

Chapitre 2:

Les outils logiciels et matériels d'un système de péage automatique

1. Introduction :

Après avoir abordé les généralités sur le péage dans le premier chapitre, où nous avons donné une idée globale du péage, nous nous concentrons dans ce chapitre sur les outils matériels et logiciels utilisés dans notre projet.

Nous commencerons par énumérer tous les composants matériels utilisés dans notre circuit et fournir une description de chacun, à commencer par l'Arduino Uno, ainsi que des périphériques tels que les servomoteurs, les afficheurs LCD et les capteurs infrarouges. Ensuite, nous présenterons les logiciels utilisés, que ce soit pour la programmation ou la simulation.

2. Partie matériels :

2.a) Définition du module Arduino

Le module Arduino est un circuit imprimé open source, produit par une équipe d'enseignants et d'élèves de l'école de Désigne d'interaction IVREA. Les plans de carte sont publiés dans une licence libre (open source) comprenant certains composants de la carte, tels que le microcontrôleur et les composants complémentaires qui ne sont pas en licence libre. Les projets Arduino peuvent communiquer avec d'autres logiciels installés sur l'ordinateur tel que Flash ou processing, Matlab[12].

2.b) Les Différents types de l'Arduino :

Il existe de nombreuses cartes Arduino :

Arduino	Microcontrôleur	Mémoire Flash ko	Broches d'E/S numériques	Broches d'entrée analogique	Vitesse du Processeur
Uno	ATmega328P	32	14	6	16 MHZ
Mega2560	ATmega2560	256	54	16	16 MHZ
Due	Atmel SAM3X8E	512	54	12	84 MHZ
Leonardo	ATmega32U4	32	20	12	16 MHZ
Nano	ATmega168	16	14	6	10 MHZ

Tableau II .2: Les différents types de cartes Arduino.

2.c) La Carte Arduino uno :

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique à microcontrôleur et d'un environnement de programmation. Cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe et avec

l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne. Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités de relations humain/machine ou environnement/machine[13].

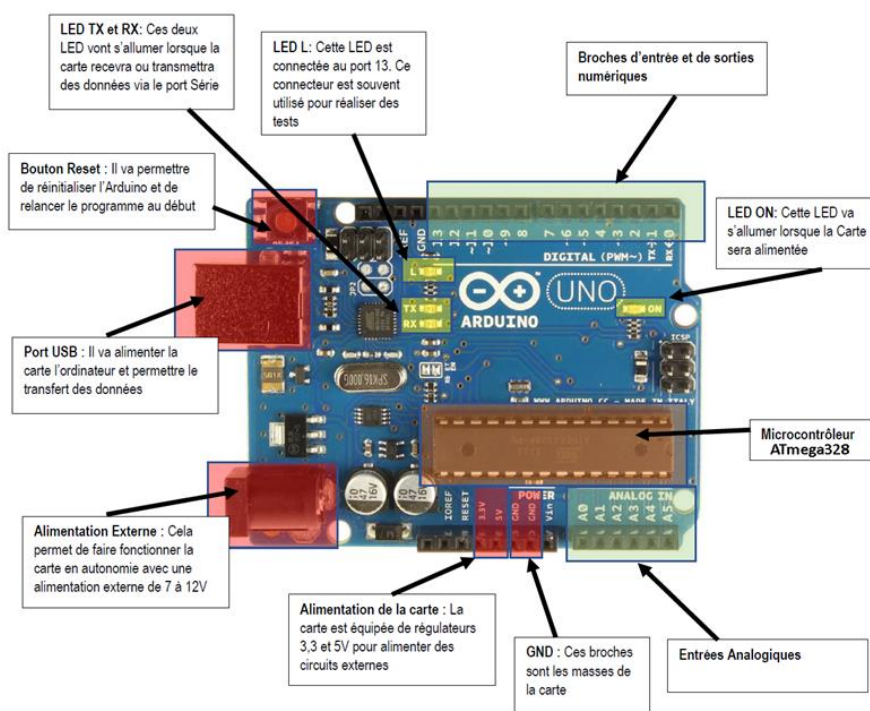


Figure II. 1 : La carte Arduino uno.

2.c.1) Pourquoi l'Arduino uno :

Il y'a beaucoup de cartes électroniques à microcontrôleurs, mais Arduino simplifie la façon de travailler avec autre avantage :

- Le prix : les cartes Arduino sont peu coûteuses avec autre plateforme.
- Environnement de programmation : l'environnement de programmation est clair et simple et facile à utiliser pour les débutants.
- Logiciel et matériel open source : sont publiés sous licence open source.

2.c.2) Le microcontrôleur :

Arduino uno est une carte électronique en son cœur se trouve le microcontrôleur ATmega328, c'est un microcontrôleur 8bits. On charge le programme dans la mémoire du microcontrôleur par le port USB.



Figure II. 2: Microcontrôleur ATMEGA328.

Les Caractéristiques du microcontrôleur ATMEGA 328 :

- Le microcontrôleur ATMEGA 328 à 28 broches.
- ATMEL est un microcontrôleur de la famille AVR 8bits.
- FLASH = mémoire programme de 32Ko.
- SRAM = mémoire de données (volatiles) 2Ko.
- EEPROM = mémoire de données (non volatiles) 1Ko.
- Digital I/O (entrées-sorties) = 3 ports (Port-A, Port-C, Port-D).
- Timers/Counters : 1 timer 16 bits (T1), 2 timers 8 bits (T0, T2).
- Plusieurs broches multifonctions : certaines broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par programmation.

2.c.3) Les entrées-sorties de la carte :

La carte Arduino a 14 entrées-sorties numériques (0 -13), et 6 entrées analogiques (A0-A5).

- Les entrées : sont les capteurs qui collectent des informations comme température, humidité... etc.
- Les sorties : sont les actionneurs qui agissent sur le monde physique comme la lumière, un moteur...etc.

2.c.4) Le câble USB :

Le câble USB permet d'alimenter la carte Arduino, de programmer la carte (via Arduino IDE) et d'établir une communication série.



Figure II. 3: Câble USB type A/B (Arduino UNO).

2.d) Le servomoteur :

Un servomoteur est un actionneur (moteur) capable d'atteindre la position angulaire qui lui est demandée, puis de la maintenir. C'est un système asservi capable de connaître en permanence sa position angulaire grâce à son potentiomètre interne. Lorsque le circuit électronique de contrôle reçoit une consigne de position (ex 40°), il alimente le moteur électrique qui entraîne une série d'engrenages en rotation pour positionner précisément le palonnier à l'angle souhaité (ici 40°) grâce au retour d'information en temps réel du potentiomètre sur sa position angulaire. Certains servomoteurs, ne peuvent tourner que sur un demi-tour (180°) d'autres sont capables de tourner sur un tour complet (360°).



Figure II. 4: Servomoteur SG90.

Un servomoteur se compose de plusieurs composants visibles :

- Les fils.
- L'axe de rotation sur lequel est monté un accessoire en plastique ou en métal.
- Le boîtier qui le protège.

Il y a aussi des éléments que l'on ne voit pas, qui se trouvent à l'intérieur du boîtier :

- Un moteur à courant continu.
- Un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe (un potentiomètre bien souvent).
- Un circuit électronique pour le contrôle de la position de l'axe et le pilotage du moteur à courant continu.

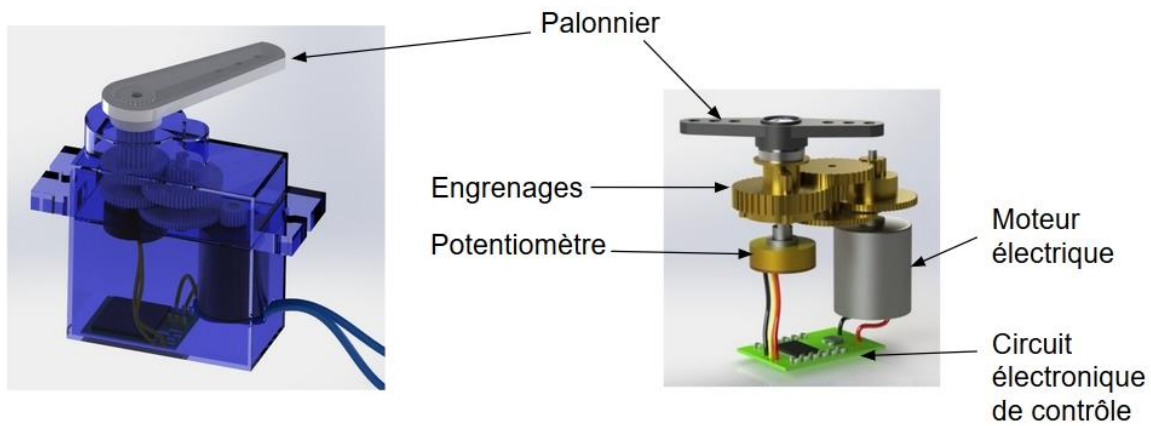


Figure II. 5: Description général d'un servomoteur.

Caractéristiques du servomoteur SG90 : [14]

- **Couple moteur à 4.8v:** 1.2kg/cm
- **Tension de fonctionnement:** 4 – 7.2v
- **Vitesse d'essorage à 4.8 v:** 0.12s/60°
- **Angle de rotation:** 180 °
- **Température de fonctionnement:** -30°C et +60°C
- **Dimensions:** 22 × 11.5 × 27 mm
- **Poids:** 9 g ou 10.6 g avec câble et connecteur
- **Couleur :** Bleu
- **Nombres de broches :** 3 fils (Marron pour la Masse, Rouge pour Vcc, Orange pour la Commande).

2.e) Afficheurs LCD avec I2C :

Ils permettent d'afficher des lettres, des chiffres et quelques caractères spéciaux. "LCD" signifie "Liquid Crystal Display" et se traduit en français par "Écran à Cristaux Liquides". On les trouve dans les montres, les calculatrices, les tableaux de bord de voiture, etc. Ils sont utilisés en raison de leur faible consommation d'énergie et de leur coût réduit [15].

Un écran LCD possède des cristaux liquides. Si l'on regarde de très près l'écran, nous pouvons voir une grille de carrés. Ces carrés sont appelés pixels, abréviation de "Picture Element". Chaque pixel contient des cristaux liquides. Lorsque aucun courant ne les traverse, leurs molécules sont orientées dans un certain sens (admettons, 0°). En revanche, lorsqu'un courant les traverse, leurs molécules vont se tourner dans une autre direction (90°)[15].



Figure II. 6: Afficheur LCD avec I2C 16x2.

Caractéristiques de l'afficheur LCD:

- Affichage : 16 colonnes, 2 lignes.
- Tension : 5V uniquement nécessaires.
- Courant : 135 mA typique avec rétro-éclairage allumé.
- Modes : I2C / 9 600 bauds de communication série.

2.f) Le capteur infrarouge :

Le fonctionnement des capteurs infrarouges est similaire à celui des capteurs à ultrasons. Ils se composent d'un couple émetteur/récepteur. L'émission est réalisée via une diode électroluminescente infrarouge [16].

Le récepteur est une photodiode ou un phototransistor, sensible au flux lumineux rétrodiffusé par la cible. Les capteurs infrarouges prennent peu de place mais sont sensibles aux interférences lumineuses et à la nature des surfaces réfléchissantes. Il a une portée de quelques mètres seulement, il est donc principalement utilisé pour détecter les obstacles proches[16].

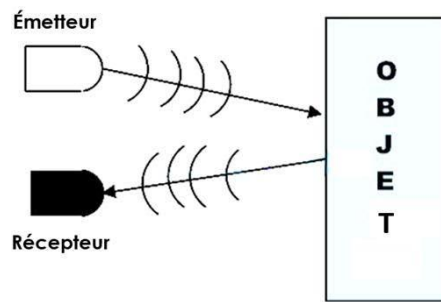


Figure II. 7: Fonctionnement de capteur infrarouge.

La figure suivante représente le capteur infrarouge utilisé dans notre projet.

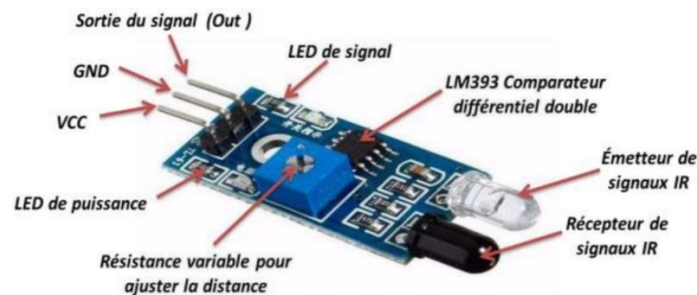


Figure II. 8: Le capteur infrarouge FC 51.

Les broches de ce capteur sont :

- VCC : Entrée d'alimentation 3.3V-5V DC.
- GND: 0V Broche d'alimentation.
- OUT : Broche de sortie numérique.

2.g) La plaque d'essais :

Une maquette est un outil essentiel utilisé en électronique. Cet appareil permet de créer et de tester un prototype de circuit électronique. L'avantage est qu'elles sont réutilisables, car elles ne nécessitent pas de soudure. De plus, elles permettent la création de circuits électroniques, allant des simples circuits aux microprocesseurs[17].

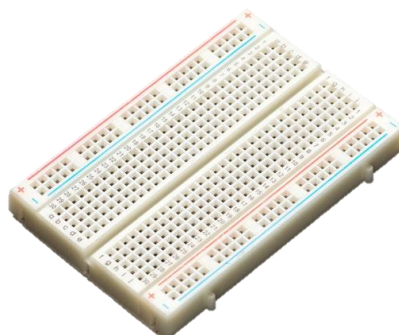


Figure II. 9: Breadboard.

3. Partie logicielle :

Dans cette partie, on va parler sur des logiciels utilisés pour la programmation et la simulation dans le cadre de nos projets

3.a) Logiciel IDE ARDUINO :

Le logiciel Arduino est un environnement de développement (IDE) open source et gratuit, téléchargeable sur le site officiel Arduino. Ce logiciel de programmation de la carte Arduino permet [17]:

- D'éditer un programme : des croquis (sketch en Anglais).
- De compiler ce programme dans le langage « machine » de l'Arduino.
- De téléverser (transférer) le programme dans la mémoire de l'Arduino.
- De communiquer avec la carte Arduino grâce au terminal.

3.a.1) Structure générale du programme (IDE Arduino) :

Le programme IDE Arduino est une interface souple et simple et exécutable.

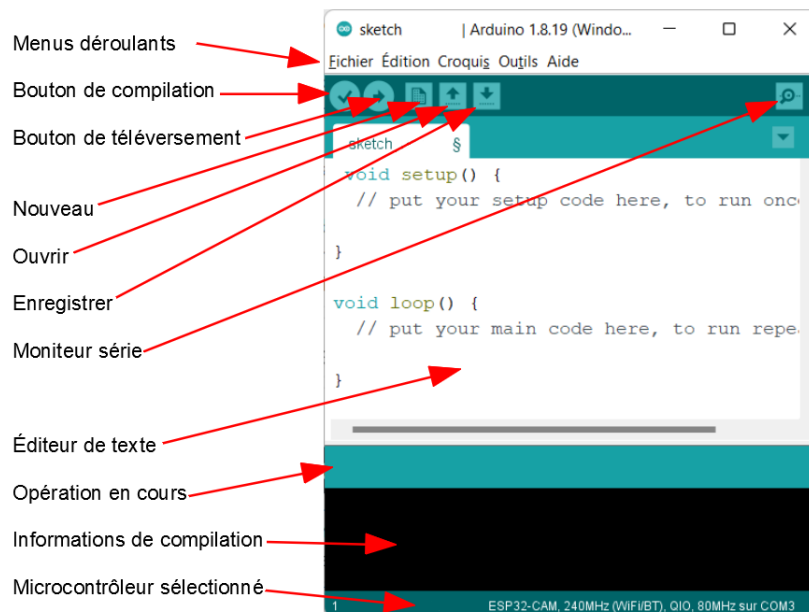


Figure II. 10: Interface IDE Arduino.

3.a.2) Intégration du programme [18]:

Avant d'envoyer un programme dans la carte, il est nécessaire de sélectionner le type de la carte : Arduino UNO et le numéro de port USB :COM 3.

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d'injecter un code vers la carte Arduino via le port USB.

1. On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel IDE Arduino.
2. On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
3. Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
4. On charge le programme sur la carte.
5. On câble le montage électronique.
6. L'exécution du programme est automatique après quelques secondes.
7. On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome (pile 9 volts par exemple).
8. On vérifie que notre montage fonctionne.

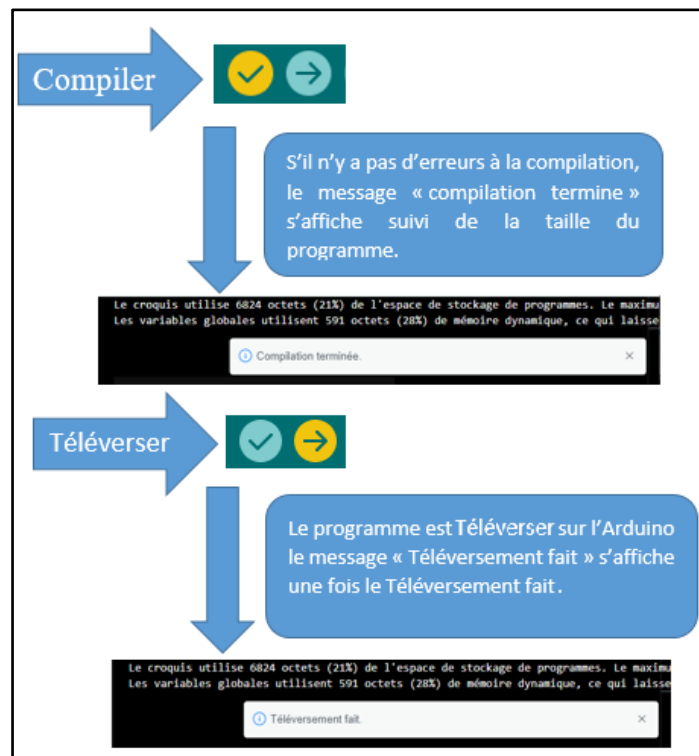


Figure II. 11: Les étapes de téléchargement du code.

3.b) Logiciel PROTEUS:

Avant de passer à la réalisation pratique, nous avons utilisé PROTEUS, Développé par la société Labcenter Electronics, C'est un logiciel utilisé pour la conception et la simulation de circuits électroniques. Il permet de dessiner et simuler des schémas électroniques, et réaliser les circuits imprimés.

Le logiciel PROTEUS a deux fenêtres:

- L'éditeur de schéma ISIS.
- L'outil de conception de circuit imprimé ARES

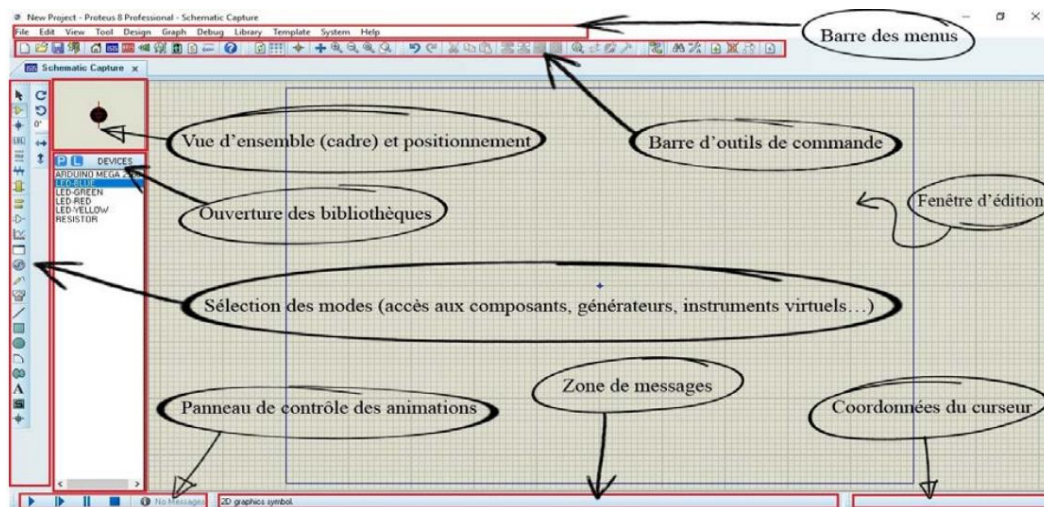


Figure II. 12: Interface du logiciel Proteus ISIS.

3.c) Logiciel Fritzing :

Fritzing est un logiciel Open Source développé par l'université de Potsdam aux Pays-Bas. Ce logiciel permet de [19] :

- Réaliser des schémas de câblage sur platine d'essai.
- Saisir des schémas structurels.
- Dessiner des typons.

Le logiciel comporte trois vues principales :

- Platine d'essai : on trouve les composants du schéma électrique avec sa montage.
- Vue schématique : là on trouve le schéma fonctionnel du circuit électrique
- Circuit imprimé : Une fois le schéma terminé, Fritzing permet de générer le circuit imprimé correspondant. Ce circuit peut être exporté au format PDF pour l'impression.

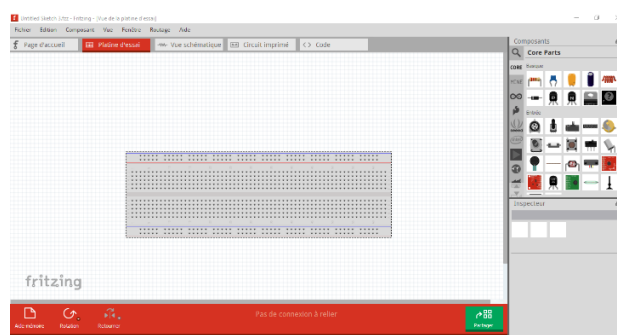


Figure II. 13: L'interface du logiciel Fritzing.

3.d) PyCharm :

PyCharm est un IDE puissant et polyvalent pour le développement Python. Il est développé par la société tchèque JetBrains. Il offre une large gamme de fonctionnalités, une intégration étroite avec l'écosystème Python et une excellente prise en charge pour le développement web[20].

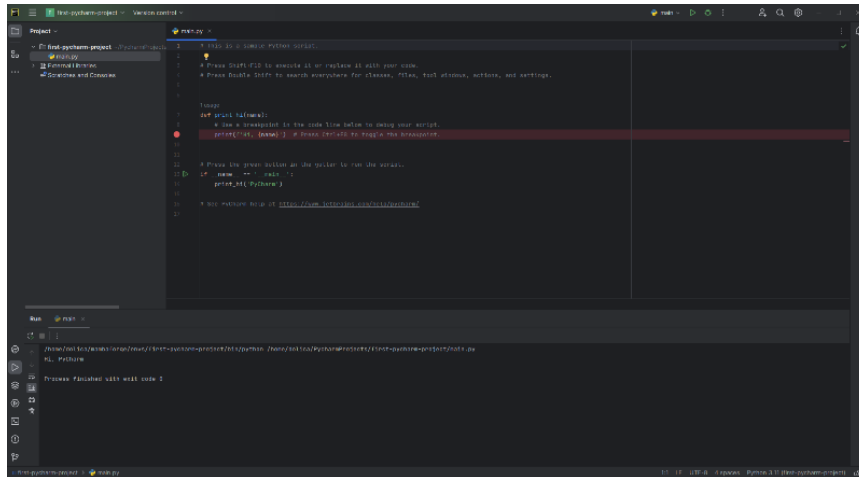


Figure II. 14: L'interface de PyCharm.

4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit en détail le matériel et les logiciels utilisés dans notre système. Nous avons présenté l'Arduino Uno ainsi que d'autres composants essentiels comme les servomoteurs, les afficheurs LCD et les capteurs infrarouges. Du côté logiciel, nous avons décrit les logiciels de programmation et de simulation que nous avons utilisés.

Dans le prochain chapitre, nous parlerons de manière approfondie de la conception et de la réalisation concrètes de notre projet.

Chapitre 3:

Conception, simulation, et réalisation du prototype

1. Introduction :

Après avoir abordé les outils matériels et logiciels nécessaires dans le chapitre précédent, nous arrivons à l'étape de la conception, de la simulation et de la réalisation du prototype de système de péage automatique. Ce chapitre détaille les différentes étapes suivies pour concrétiser ce projet.

Nous commencerons par présenter le synoptique et l'organigramme, qui constituent la base de la conception du système. Ces représentations visuelles permettent de clarifier le fonctionnement du système. Ensuite, nous présenterons les différentes simulations réalisées à l'aide de Proteus, afin de valider le bon fonctionnement théorique du système.

Enfin, nous décrirons la détection d'objets effectués à l'aide de l'algorithme YOLO (You Only Look Once) pour la reconnaissance des pièces et des plaques d'immatriculation.

2. La conception du prototype :

Pour concrétiser notre projet de système de péage automatique, nous avons dû passer par les phases cruciales de simulation et de réalisation, chacune jouant un rôle essentiel dans le développement et la validation de notre solution.

2.a) Synoptique :

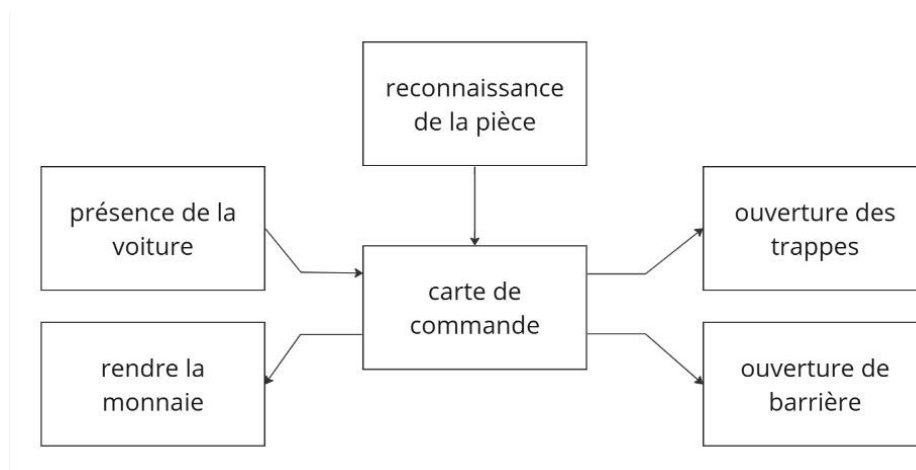


Figure III. 1: Schéma synoptique du système.

Lorsqu'un véhicule arrive et le conducteur insère les pièces d'argent, la caméra identifie les pièces. Ensuite, les pièces identifiées sont envoyées à la carte via une communication en série sous forme de caractère. Après la réception de la pièce identifiée, la carte détermine si celle-ci est acceptée ou refusée, en faisant tourner les servomoteurs appropriés. Une fois que le montant cible

est atteint, la carte distribue le montant excédentaire s'il y en a, puis la barrière s'ouvre pour que le véhicule puisse sortir.

1. **Présence de la voiture :** en premier, le système détecte d'abord la présence de voiture à l'entrée pour commencer le processus.
2. **Reconnaissance de la pièce :** une fois la voiture détectée, le message " Veuillez insérer l'argent " s'affiche sur l'écran. La caméra démarre pour détecter les pièces insérées, en utilisant YOLOV8 pour reconnaître les pièces de monnaie présentées.
Si une pièce est reconnue, il envoie à la carte un caractère correspondant à la pièce via une communication série.
3. **Ouverture des trappes :** Les trappes servent à stocker les pièces, une fois qu'une pièce est présente et que la caméra a envoyé le caractère correspondant, la carte ouvre le moteur d'arrêt des pièces et la trappe de la pièce insérée pour qu'elle tombe dans la trappe appropriée. La valeur de la pièce est alors ajoutée au montant total.
Si le capteur détecte une pièce mais la caméra ne la reconnaît pas donc n'a pas envoyé de caractère, la pièce est rejetée . La carte n'ouvre alors que le moteur d'arrêt des pièces.
4. **Rendre la monnaie :** Une fois que le total est supérieur ou égal au tarif, le message "Rendre la monnaie en cours . . . " s'affiche sur l'écran. La carte procède alors à la distribution du montant excédentaire, s'il y en a.
 - Si le reste = 100DA, la carte va faire tourner le servomoteur de 100 DA.
 - Si le reste = 50 DA, la carte va faire tourner le servomoteur de 50 DA.
 - Si le reste = 0 Da, aucune action n'est effectuée.
5. **Ouverture de barrière :** Après avoir rendu la monnaie, le message " Opération terminée" s'affiche sur l'écran, Le véhicule est alors autorisé à partir, la carte ouvre la barrière qui se referme après un certain délai.

2.b) L'organigramme de fonctionnement :

L'organigramme de fonctionnement de système de du péage est représenté dans la figure III.2 En plus, l'organigramme de rendement d'argent est représenté dans la figure III.3.

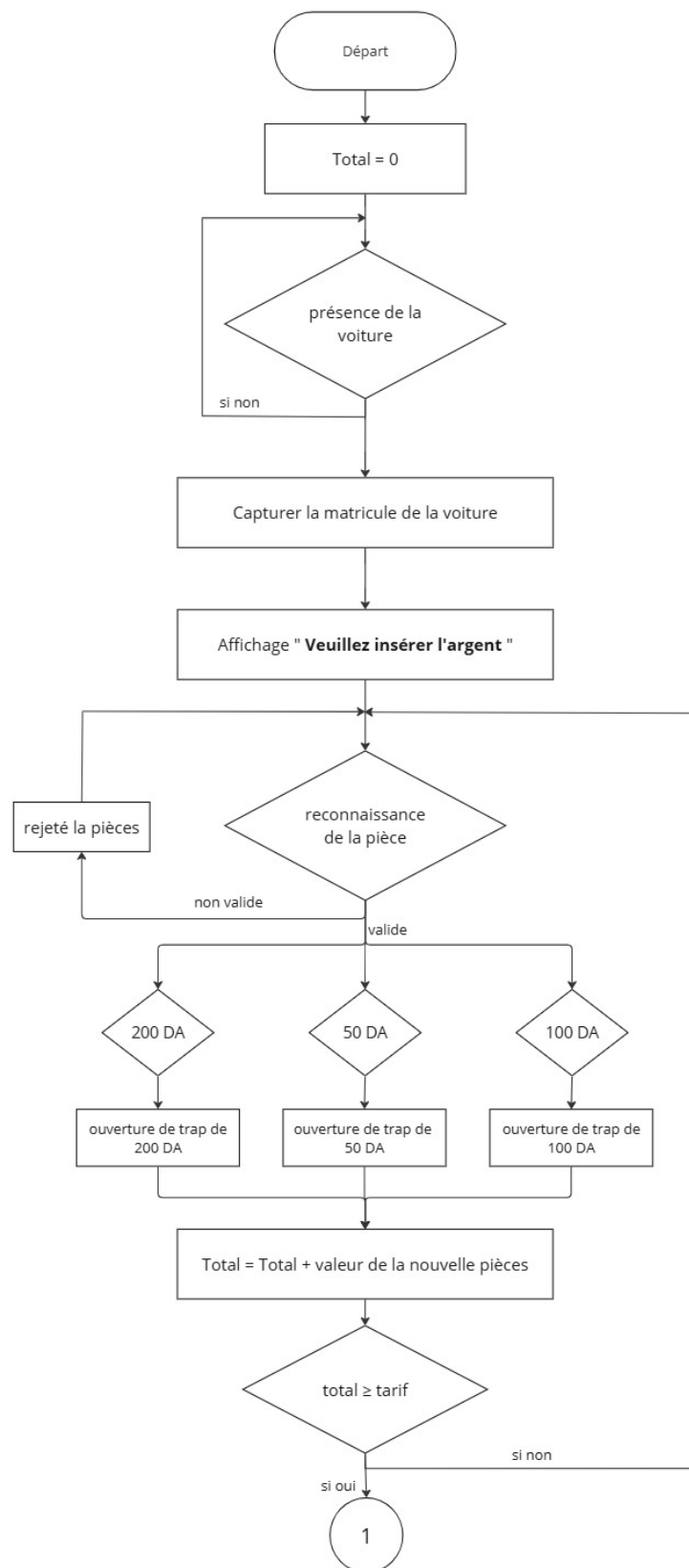


Figure III. 2:L'organigramme de Péage.

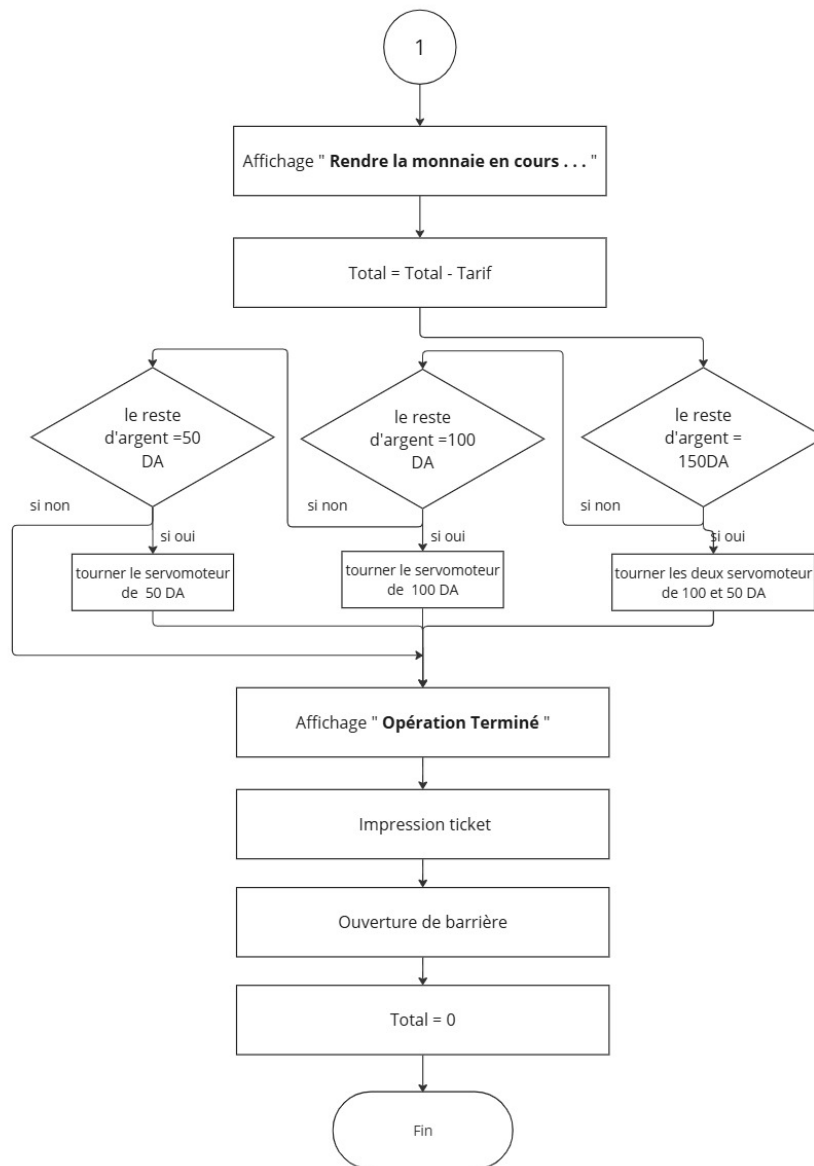


Figure III. 3:L'organigramme de rendement d'argent .

3. La simulation et réalisation :

Pour concrétiser notre projet de système de péage automatique, nous avons dû passer par les phases cruciales de simulation et de réalisation, chacune jouant un rôle essentiel dans le développement et la validation de notre solution.

3.a) Simulation :

La simulation est un élément essentiel dans la conception de prototype de notre projet.

1. Proteus :

Dans notre projet on a utilisé le logiciels Proteus pour la simulation. Auparavant, Nous avons utilisé le module ISIS pour schématiser et simuler notre projet qui est dans la figure suivante :

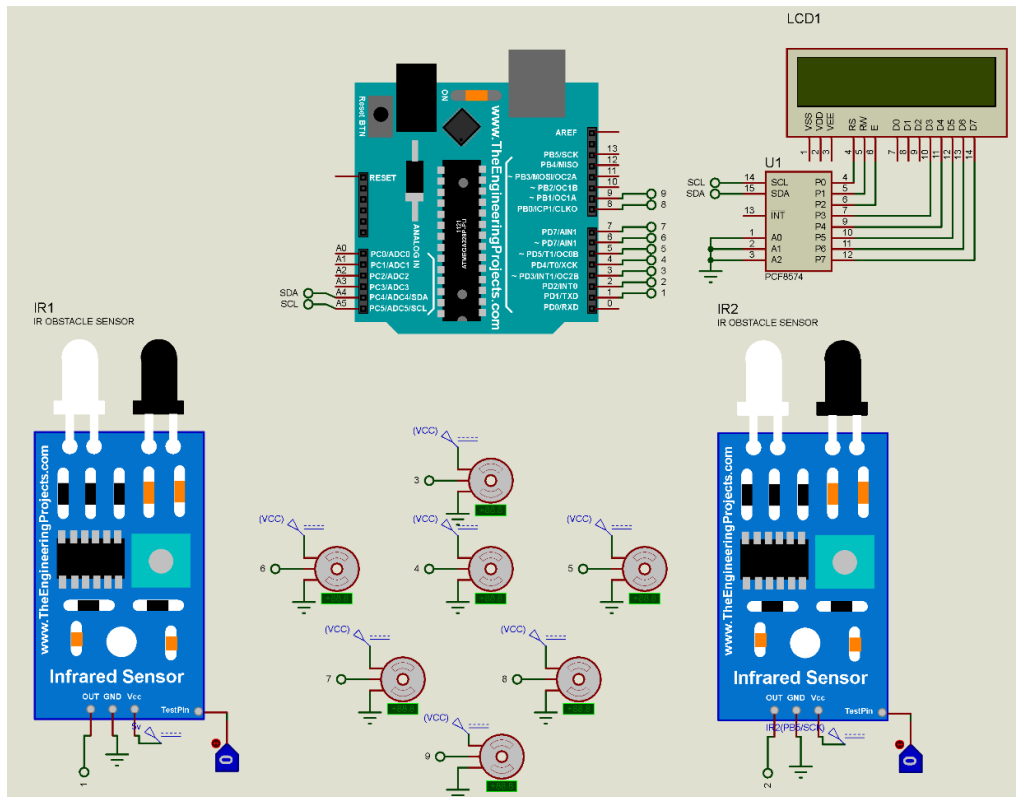


Figure III. 4: Simulation de projet.

Lorsque le capteur infrarouge ne détecte aucune présence de véhicule l'écran LCD n'affiche rien.

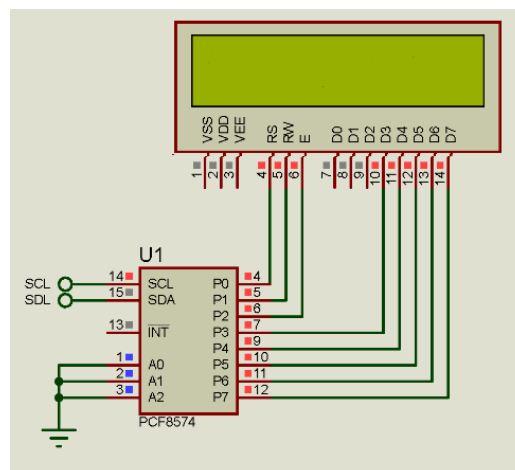


Figure III. 5: Schéma de simulation avant présence de véhicule.

Quand le capteur infrarouge détecte la présence de véhicule l'écran LCD affiche « **Veillez insérer l'argent** »

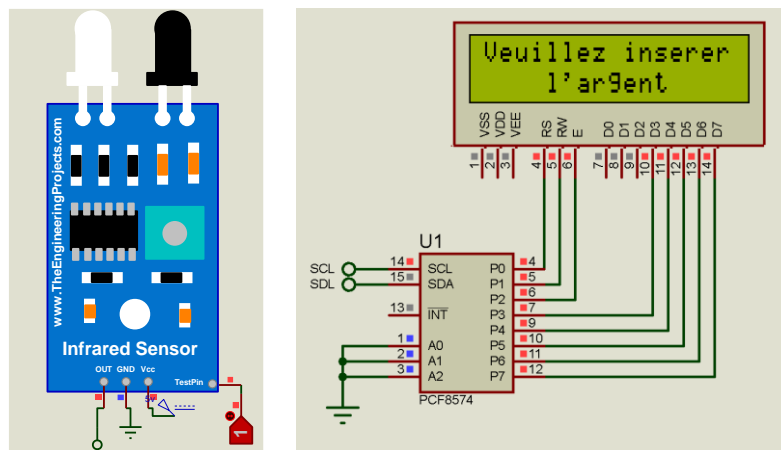


Figure III. 6: Schéma de simulation de présence de véhicule.

Lorsque le conducteur insère une pièce d'argent, la reconnaissance de pièces vérifie si la pièce est valide ou rejetée. Si la pièce est valide, on affiche sur l'écran LCD la valeur de la pièce.

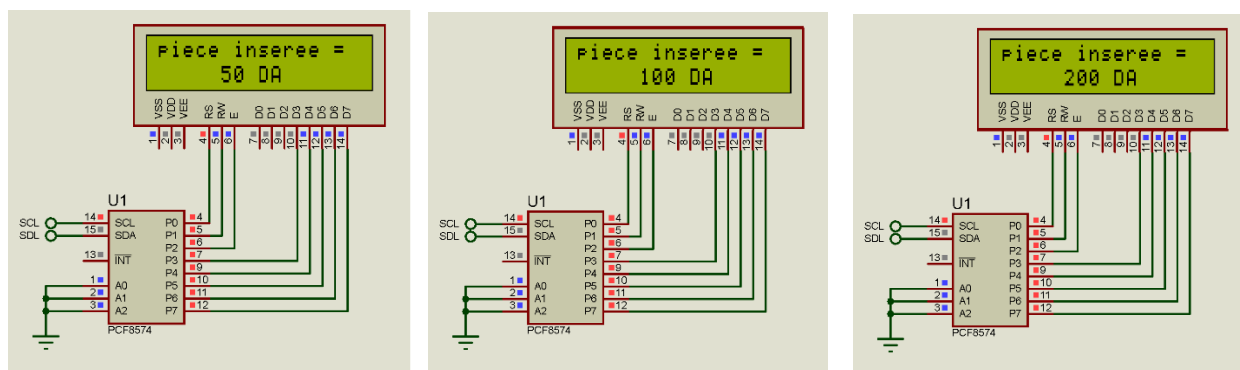


Figure III. 7: Schéma de simulation d'affichage les cas des pièces.

Chaque fois que l'utilisateur insère une pièce, le deuxième capteur détecteur infrarouge détecte la pièce d'entrée. Après un certain temps, le servomoteur qui stoppe la pièce tourne pour la libérer, soit pour la rejeter, soit, si là elle est valide, ouvrir l'une des trois trappes disponibles en faisant tourner l'un des trois servomoteurs, en fonction de la pièce acceptée

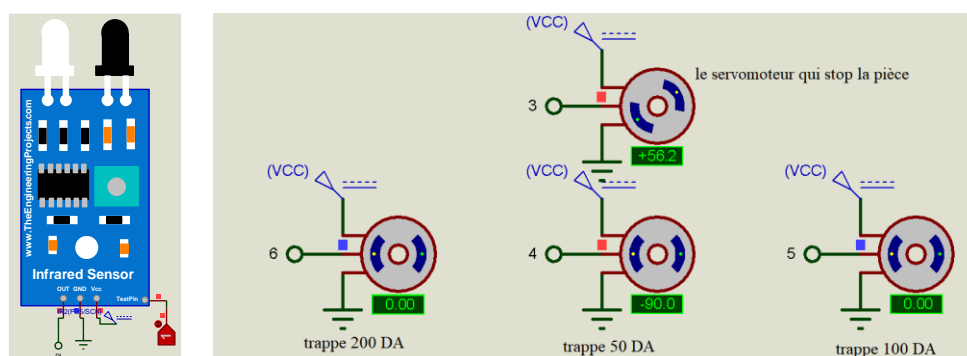


Figure III. 8: Schéma de simulation d'insertion d'une pièce valide.

Lorsque le montant total est supérieur ou égal au tarif, l'écran LCD s'affiche « **Rendre la monnaie en cours . . .** »

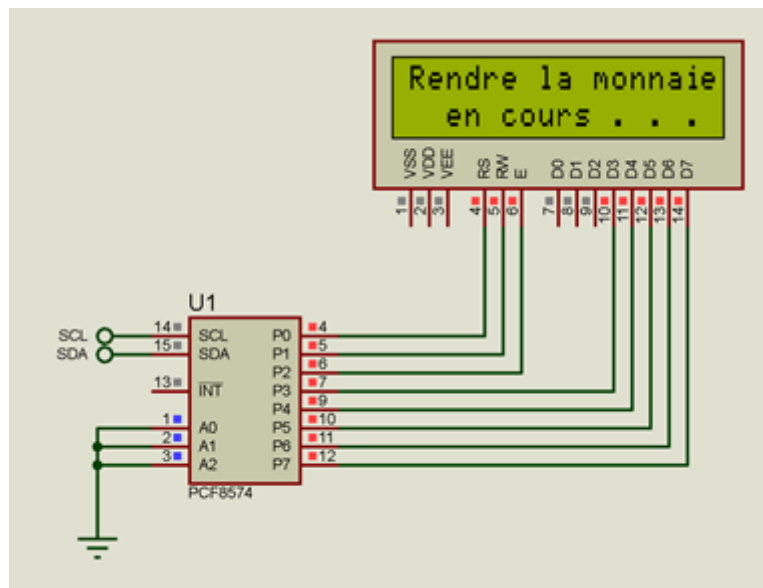


Figure III. 9:Schéma de simulation d'affichage du processus de rendu de monnaie.

Après soustraction du tarif du montant total, la restitution de monnaie s'effectue en faisant tourner les servomoteurs de la partie réservée à cette opération, en fonction du reste d'argent.

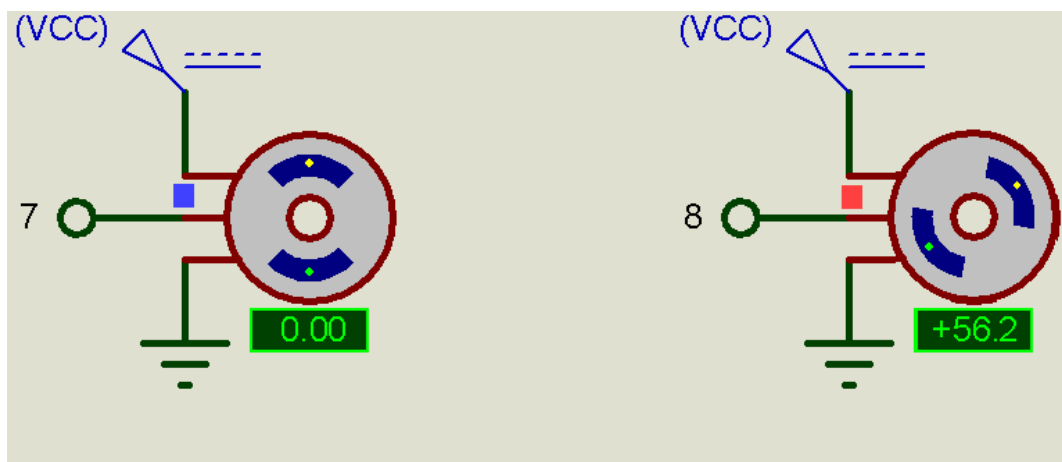


Figure III. 10:Schéma de simulation de rendu de monnaie.

Une fois la monnaie rendue, l'écran LCD affiche « **Opération Terminée** », et les barrières s'ouvrent pour permettre la sortie du véhicule.

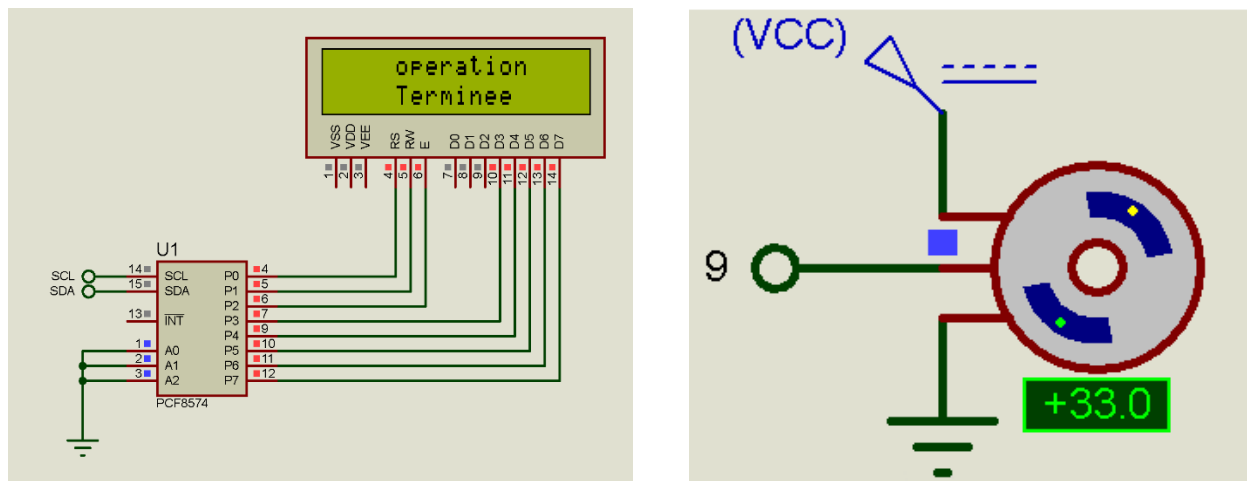


Figure III. 11: Schéma de simulation Affichage de fin d'opération de la restitution de la monnaie et ouverture des barrières.

3.b) Réalisation :

On a choisi la carte Arduino comme carte de commande à cause de son prix et de son environnement de programmation.

Pour la détection de la présence de la voiture, nous avons utilisé le capteur infrarouge, modèle FC-51 qui est connecté à la borne 1 d'Arduino Uno selon le schéma suivant:

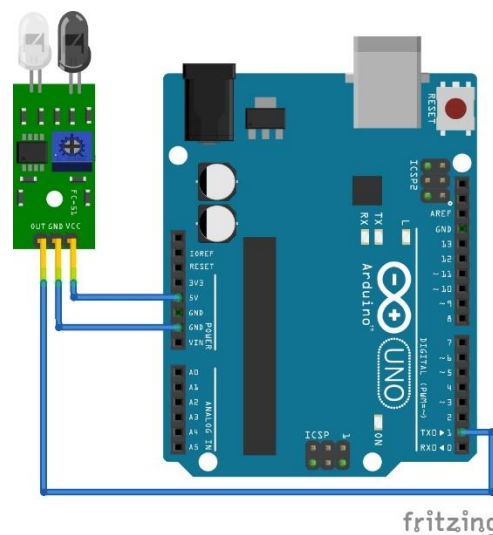


Figure III. 12: Schéma de capteur infrarouge avec Arduino uno.

Quand le véhicule est présent, donc détecté par le capteur infrarouge, un signal est envoyé à la carte Arduino uno.

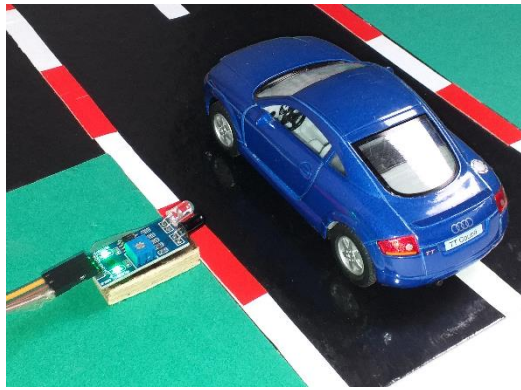


Figure III. 13: Capteur infrarouge détecte la présence de voiture.

L'Arduino envoie un ordre à la caméra pour capturer une image ou une vidéo du véhicule et détecter le numéro d'immatriculation. Ces numéros sont ensuite stockés dans un fichier (.txt) avec la date et de l'heure du passage au péage.



Figure III. 14: Détection du matricule et stockage dans un fichier.

Affichage d'un message d'accueil : pour l'affichage on a utilisé un afficheur LCD 16x2 (2 lignes de 16 caractères chaque ligne). Connecté à l'Arduino Uno selon le schéma suivant :

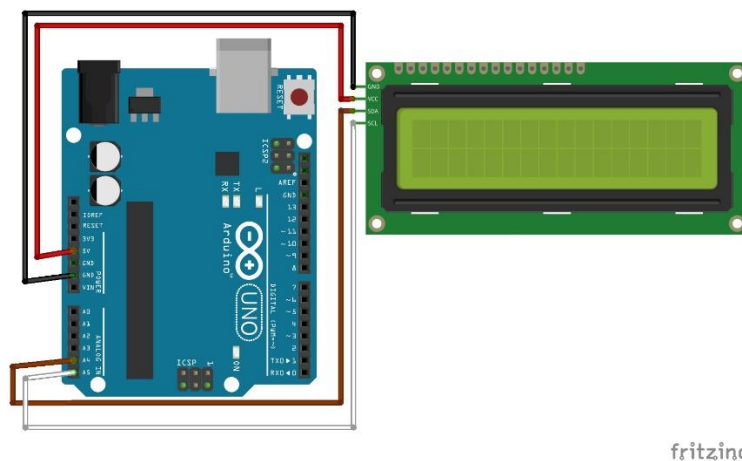


Figure III. 15: Schéma de afficheur LCD avec Arduino uno.

Après la détection et la capture du matricule, l'afficheur LCD affiche un message d'accueil :



Figure III. 16: Le message d'accueil.

Reconnaissance de la pièce : une fois le message affiché sur l'écran, l'Arduino Uno donne l'ordre à la deuxième caméra de commencer à détecter les pièces insérées par le conducteur.



Figure III. 17: Détection des différentes pièces.

Quand le conducteur insère une pièce d'argent. Elle est arrêtée par un servomoteur, derrière la pièce d'argent en trouve le deuxième capteur infrarouge.



Figure III. 18: Le capteur infrarouge avec servomoteur qui stop la pièces.

En face de la pièce, on trouve la caméra pour l'acquisition des images.



Figure III. 19: La caméra on face la pièce.

Si la pièce est valide, le programme de détection des pièces envoie la valeur de la pièce à l'Arduino sous forme du caractère. Si la pièce n'est pas valide, le programme n'envoie rien.

Si le capteur infrarouge détecte une pièce, mais que le programme de la caméra n'envoie pas de caractère, alors la pièce n'est pas valide. Dans ce cas, il suffit simplement de tourner le servomoteur qui arrête la pièce pour la libérer.

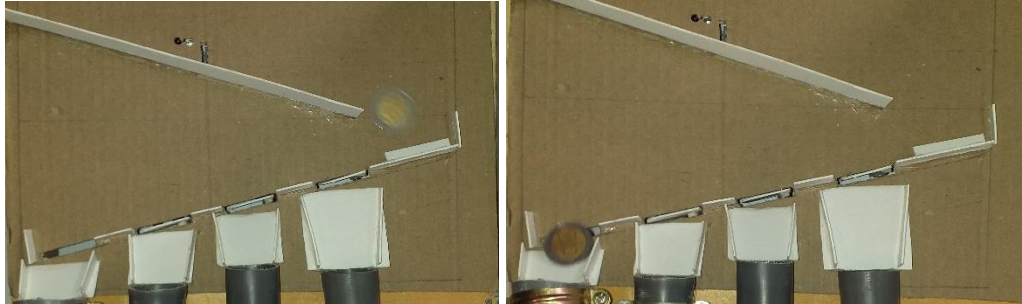


Figure III. 20: Rejeter la pièce.

Si le capteur infrarouge détecte une pièce et que le programme de la caméra envoie un caractère correspondant à cette pièce, alors la carte Arduino donne l'ordre au servomoteur de tourner pour arrêter la pièce, la libérer et d'ouvrir une des trois trappes en fonction de la pièce acceptée (50 DA, 100 DA, 200 DA).



Figure III. 21: Les pièces acceptées.

À chaque insertion d'une pièce valide, l'écran LCD affiche le montant correspondant de cette pièce de monnaie.



Figure III. 22: Affichage des pièces insérées.

Rendre la monnaie : Lorsque le montant total est supérieur ou égal au tarif, nous entrons dans la deuxième partie du programme. La carte Arduino donne alors l'ordre à l'afficheur LCD d'afficher un message indiquant de rendre la monnaie.



Figure III. 23: Affichage du rendu d'argent.

Après soustraction du tarif du montant total, si le reste n'égale pas à zéro, la carte Arduino fait tourner le servomoteur de la partie réservée à rendre la monnaie.

Si le montant total est supérieure au tarif, donc la monnaie sera rendue en faisant tourner le servomoteur tout dépend du montant restant.

Si le montant total égale au tarif, aucune monnaie ne sera rendue.

Ouverture de barrière : Après avoir rendu la monnaie, l'afficheur LCD affiche le message de fin d'opération et imprime un ticket avec l'heure d'entrée et le numéro d'immatriculation du véhicule.



Figure III. 24: Affichage de fin d'opération.

La carte Arduino donne l'ordre d'ouvrir la barrière en faisant tourner le servomoteur de la barrière.



Figure III. 25: Ouverture de barrière.

Voici quelques photos illustrant le résultat final obtenu :



Figure III. 26: Système péage final.

3.c) Détection d'objet :

La détection de matricule et des pièces d'argents se fait par détecteur d'objet « You Only Look Once »

3.c.1) You Only Look Once :

Il s'agit d'une famille populaire de modèles de reconnaissance d'objets est appelée YOLO ou « You Only Look Once », décrite pour la première fois par Joseph Redmon et al. Dans l'article de 2015 intitulé[21].

YOLOv8 est un système de vision par ordinateur qui peut gérer diverses tâches d'intelligence artificielle. Il peut être utilisé pour effectuer la détection, la segmentation, l'OBB, la classification et l'estimation de la pose. Chacune de ces tâches à un but en relation avec le cas d'utilisation.

- Détection : si la principale tâche de YOLO, elle consiste à détecter les objets dans une image et dessiner des boîtes de délimitation autour d'eux.
- Segmentation : consiste à segmenter l'image en différentes régions dépend du contenu de l'image.
- Classification : Il s'agit de classer une image dans différentes catégories.
- Pose : Il s'agit à la détection des points spécifiques dans une image, qui servent à suivre le mouvement ou estimer la pose.
- OBB : La détection d'objets orientés permet d'utiliser des angles supplémentaires pour localiser les avec une plus grande précision dans une image.

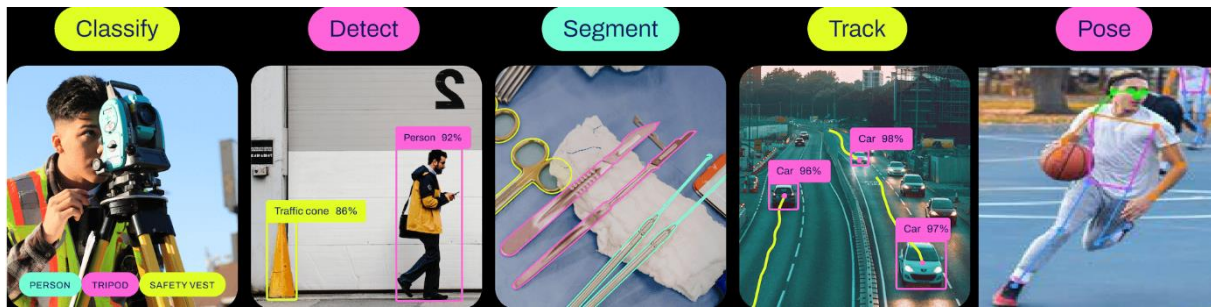


Figure III. 27: Les tâches de yolov8.

3.c.2) Fonctionnement de You Only Look Once [22] :

- Divise l'image d'entrée en une grille $S \times S$, Chaque cellule de la grille est responsable de détecter les objets.
- Chaque cellule de grille prédit les boîtes englobantes B et les scores de confiance pour ces boîtes. Les scores de confiance reflètent la probabilité que la boîte contient un objet et la précision de la boîte prédite.
- Chaque cadre englobant se compose de 5 prédictions : x , y , w , h et confiance. Les coordonnées (x, y) représentent le centre de la boîte par rapport aux limites de la cellule de la grille.
- Chaque cellule de grille prédit également des probabilités de classe conditionnelle.
- Au moment du test, les prédictions de confiance et probabilités de classe conditionnelle sont combinées pour obtenir des scores de confiance spécifiques à chaque classe.

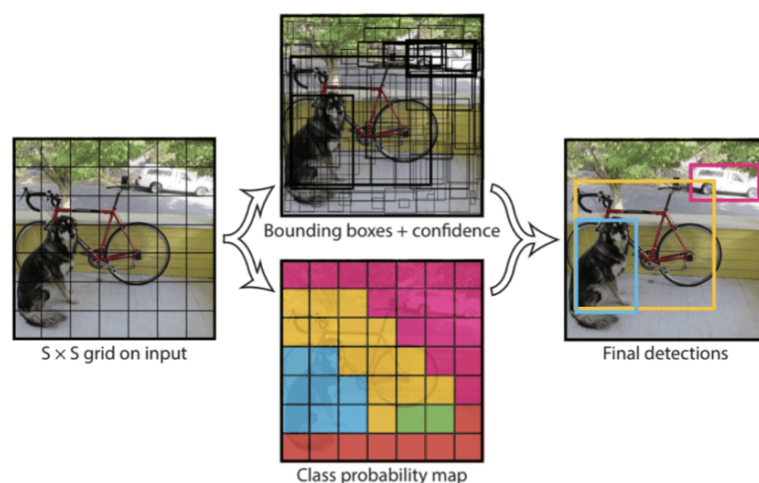


Figure III. 28: Exemple de la prédiction faite par YOLO.

3.c.3) Google Colab :

Google Colab est un service cloud de recherche, de développement et de formation en machine Learning. Il offre un environnement notebooks Jupyter qui ne nécessite aucune configuration et qui s'exécute entièrement dans le cloud. Colab permet d'écrire et d'exécuter du code, de sauvegarder et de partager vos notebooks, ainsi que de profiter de ressources matérielles gratuites, notamment des processeurs graphiques (GPU) et des unités de traitement tensoriel (TPU) [23].

Il permet de :

- Ecrire et exécuter code python.
- Service Cloud gratuit avec GPU gratuit.



Figure III. 29: L'interface de Google colab.

3.c.4) Roboflow :

Roboflow est une plateforme de vision par ordinateur qui permet de créer des ensembles de données, d'entraîner des modèles et de les déployer en production. Roboflow permet aux utilisateurs de télécharger, d'annoter, d'organiser, d'entraîner et de déployer facilement [24].

3.c.5) Détection à l'aide de YOLO :

Dans cette partie, nous allons créer une base de données et entraîner notre réseau YOLO en utilisant la détection des pièces d'argents comme exemple.

a) Création de base de données :

Dans cette partie, nous utilisons ROBOFLOW.

– Téléchargement des images :

En commençons par collecter les images des pièces de monnaies algériennes (plusieurs images des pièces avec différents fonds d'images).

Les pièces	image	
5 DA		
10 DA		
20 DA		
50 DA		
100 DA		
200 DA		

Tableau III.3: Quelques images utilisées dans la base de données.

- Annotation : ou faire étiquetage d'images pour la plateforme permet aux utilisateurs d'annoter leurs données avec des boites englobantes avec la classe de la pièce. Pour préparer les données à entraînement.

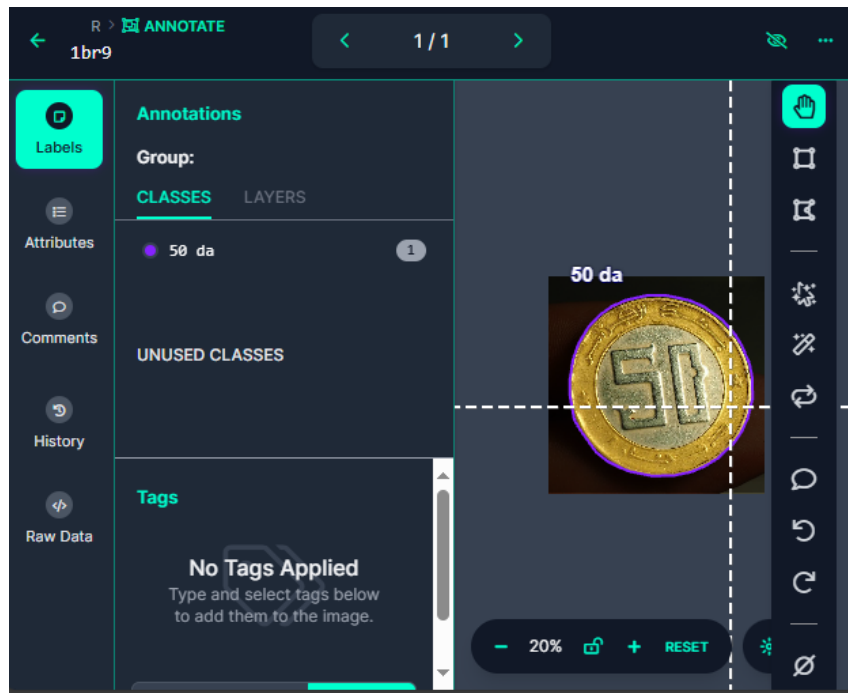


Figure III. 30:Etiquetage des pièces.

- Organisation: dans cette étape on a crée des ensembles d'entraînement, de validation, de test à partir des données.
- Entraînement : Roboflow permet d'entraîner directement des modèles d'apprentissage profond (Deep Learning) sur les données annotées.
- Déployer : après l'entraînement on peut exporter où télécharger les modèles.

b) Entraînement du réseau YOLO :

Dans cette partie, nous utilisons Google colab.

1. Installation des bibliothèques nécessaires (Roboflow et Ultralytics pour YOLO).

```
!pip install ultralytics
!pip install roboflow
```

Figure III. 31:Installation des bibliothèques Roboflow et Ultralytics.

2. Importation des modules.

```
[ ] import ultralytics
    from roboflow import Roboflow
    from ultralytics import YOLO
    from IPython.display import Image
```

Figure III. 32: Importation des modules Python.

3. Télécharger notre base de données de Roboflow.
4. Entraînement le modèle YOLO : entraîne le modèle de détection d'objet utilisant yolov8s avec une taille d'image de 640 pixels.

```
!yolo task=detect mode=train model=yolov8s.pt data=/content/COINS/data.yaml epochs=500 imgsz=640 plots=True
```

Figure III. 33: Entraînement du modèle YOLOv8s pour la détection d'objets.

5. Validation du modèle entraîné : dans cette étape on affiche les résultats d'entraînement, pour évaluer ses performances.

Après avoir entraîné et validé, la prochaine étape est de télécharger le fichier « best.pt » qui contient les poids du modèle qui a obtenu les meilleures performances pendant l'entraînement, pour l'intégrer à notre code python pour la détection des pièces d'argent.

3.d) Reconnaissance Automatique des Plaques d'Immatriculation :

La reconnaissance de plaques d'immatriculation, est un système essentiel dans les stations des péages. Ce système consiste enregistrer les plaques d'immatriculations des véhicules. Le but de ce système est de créer une base de données qui enregistre tous les plaques des voitures qui passent par le péage, pour les infractions ou d'autres besoins.

3.d.1) Les bibliothèques utilisées :

1. OpenCV :

Open Computer Vision ou OpenCV est une bibliothèque open source développée par Intel, Elle est spécialisée dans les traitements d'images. Elle est sortie en 2000. OpenCV est une bibliothèque très utilisée, la plus utile et même rapide est une bibliothèque graphique libre, son arrière-plan est constitué de code C/C++ [25].

Fonctionnalités :

- Traitement d'images et vidéos.
- Algorithmes d'apprentissage.

–Calculs matriciels.

OpenCV permet d'effectuer des traitements sur des images comme extraction de couleurs, détection visages et d'autre.



Figure III. 34:OpenCV.

2. Pytesseract :

Python-tesseract est un outil de reconnaissance optique de caractères (OCR) pour Python. En d'autres termes, il reconnaît et "lira" le texte intégré à l'image. Python-tesseract est un Wrapper pour le moteur Tesseract-OCR de Google, il peut lire tous les types d'images pris en charge par les bibliothèques d'images (jpeg, png, gif, bmp, tiff, etc).

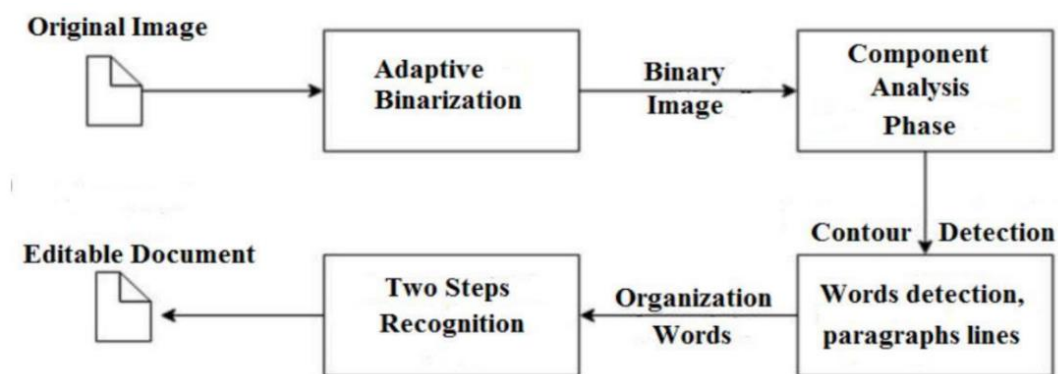


Figure III. 35:Principe du module Pytesseract.

Pytesseract est une bibliothèque Python utile qui fournit une interface au moteur OCR Tesseract. Il prétraite d'abord l'image d'entrée afin d'améliorer sa qualité. Ensuite, il examine la disposition/orientation de la page pour déterminer les blocs de texte, les paragraphes et les caractères. En faisant correspondre les modèles dans les zones segmentées, Tesseract reconnaît les caractères individuels grâce à une combinaison d'apprentissage automatique et de traitement d'image conventionnel. Approches. Afin d'augmenter la précision et de gérer de nombreuses langues, il utilise des modèles de langage. Après l'identification, des opérations de post-traitement

telles que la vérification orthographique et la correction des erreurs sont utilisées pour améliorer les résultats [26].

3.d.2) Principe de fonctionnement de système:

Notre système est basé sur 4 étape :

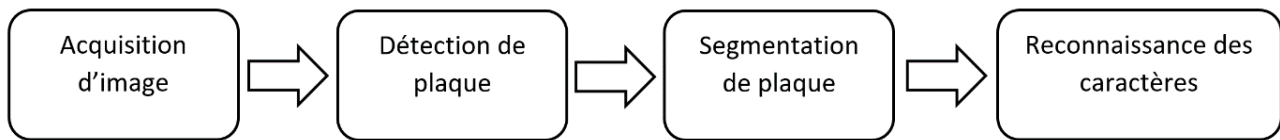


Figure III. 36:Principe de fonctionnement de système.

a) L'acquisition d'image :

L'acquisition se fait à partir d'une image ou une vidéo, capturée par un appareil photo.

b) La Détection de plaque :

On a utilisé le modèle de détection d'objets YOLO (You Only Look Once) pour chercher les coordonnées de plaque dans la vidéo.

c) La Segmentation de plaque :

Après avoir détecté la plaque d'immatriculation, nous extrayons la partie de l'image qui contient la plaque en utilisant les coordonnées des boîtes englobantes détectées par le modèle YOLO. Nous appliquons ensuite un ensemble de traitements à l'image extraite :

- Conversion de l'image en niveaux de gris.
- Filtrage bilatéral : on a appliqué ce filtrage pour réduire le bruit, en préservant les contours des caractères.

d) La Reconnaissance des caractères :

Dans cette partie on a utilisé Pytesseract (outil de reconnaissance optique de caractères) (OCR), pour reconnaître les caractères de la plaque détectée.

4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons détaillé les différentes étapes de la conception, de la simulation et de la réalisation du prototype de système de péage automatique. Nous avons commencé par présenter le synoptique et l'organigramme du système, qui ont permis de clarifier son fonctionnement. Les simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel Proteus.

La réalisation du prototype a nécessité l'implémentation de deux modules clés : la reconnaissance des pièces d'argent et la reconnaissance des plaques d'immatriculation à l'aide de l'algorithme YOLO (You Only Look Once).

Conclusion Générale

Au cours de ce projet de fin d'étude, nous avons atteint notre objectif principal qui consistait à concevoir et réaliser un système de péage automatique.

Nous avons développé un prototype fonctionnel de système de péage automatique, incluant un système de paiement par insertion de pièces capable d'identifier trois types de pièces à l'aide d'une caméra, et doté d'un écran pour afficher les informations nécessaires. Plutôt que d'opter pour un monnayeur disponible sur le marché, sophistiqué et coûteux, nous avons choisi de le fabriquer nous-mêmes de manière plus simple et moins coûteuse, en utilisant une caméra. Nous avons mis en œuvre l'algorithme de détection d'objets « You Only Look Once » pour identifier les pièces d'argent et pour détecter les plaques d'immatriculation. Pytesseract a été utilisé pour lire les numéros d'immatriculation et les stocker par la suite.

Pour améliorer notre machine, plusieurs idées sont envisagées, telles que l'ajout de la classification des véhicules (voiture, camion, moto, etc.) basée sur leurs plaques d'immatriculation afin d'ajuster précisément les tarifs de péage, ainsi que la reconnaissance des plaques d'immatriculation étrangères, actuellement limitée aux plaques algériennes.

Ce projet nous a permis de renforcer et d'approfondir nos connaissances théoriques, en les appliquant à la réalisation pratique et à la programmation.

Références bibliographiques

- [1] T. E. Of E. Britannica, "Toll," Encyclopedia Britannica. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/Money/Toll>
 - [2] A. Conchon, "*Le péage en France au XVIIIe siècle*" . Comité pour l'Histoire économique et financière, 2002. ISBN: 978-2110925992.
 - [3] H. Gilliet, "Toll Roads-The French Experience," *Transrouts Int. Saint-Quentin-En-Yvelines*, 1990.
 - [4] M. Vanderschuren, "Facts And Fiction About E-Tolling " *ResearchGate* , sept 2012.
 - [5] Automobile Association of South Africa, "Road Funding Report," Jul. 2019..
 - [6] F. Kelly, "Road Pricing: Addressing Congestion, Pollution And The Financing Of Britain's Roads," *INGENIA*, Vol. 39, No. 1, Pp. 34–40, 2006.
 - [7] D. B. Everett, "Electronic Toll Payment," European Patent EP0741890B1, Jan. 5, 1999.
 - [8] Conduent Public Sector Public Transportation & Mobility, "The complete guide to tolling in the United States," Conduent, Inc., 2017.
 - [9] S. Bakouma-Mfina, H. Deli, and S. Vondou, "Conception et realisation d'une station automatique de peage routier," Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) de Douala, Cameroon.
 - [10] M. Sehnoun, "Introduction Of A Motorway Toll And Tariff Optimization Case Of The East / West Motorway In Algeria," Ecole Nationale Supérieur De Management de koléa, Algérie, 2018.
 - [11] D. Khon Kaband, "Etude Sur La Réalisation D'un Système Centralisé Et Distribué De Péage Automatique En République Démocratique Du Congo", Mémoire de master, Ecole Supérieure D'informatique Salama , Lubumbashi, République Démocratique du Congo, Mars 2021.
 - [12] I. Zinedine And L. Farid, "Réalisation D'un Module De Distribution D'énergie A Base D'une Carte Arduino Méga" , Mémoire de master ,Universite Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou, Algérie, 2017.
 - [13] Arduino.Developpez.Com, "Cours Complet Pour Apprendre A Programmer Un Arduino." Accessed: May 31, 2024. [Online]. Available: <https://arduino.developpez.com/Tutoriels/Cours-Complet-Arduino/?Page=Vous-Avez-Dit-Arduino>
-

- [14] Isaac, “Servo Sg90.” Accessed: May 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.hwlibre.com/fr/servomoteur-sg90/>
- [15] S. Landrault And H. Weisslinger, “Arduino: Premiers Pas En Informatique Embarquée,” *Le Blog D’eskimon*, 2014.
- [16] O. Djekoune, “Localisation Et Guidage Du Robot Mobile Atrv2 Dans Un Environnement Naturel”, Thèse de doctorat, Université Des Sciences Et De La Technologie Houari Boumediene, Algérie, 2010.
- [17] I. Ketreb And L. Ali, “Conception Et Réalisation D’un Système De Sécurité Pour Une Maison A Base De Communication Arduino Gsm Présenté,” Mémoire de master, Université Mouloudmammeri De Tizi-Ouzou, Algérie ,2019.
- [18] B. Ahmed And M. Mouloud, “Etude Et Réalisation D’une Carte De Contrôle Par Arduino Via Le Système Android”, Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 2015.
- [19] S. Ouaret, “Conception D’un Système De Climatisation Pour Un Poulailier Mémoire”, Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 2019.
- [20] E. M. Boukhalfa And A. W. Ghomari, “Conception D’un Système D’information De Gestion Et Proposition D’un Outil D’aide A La Décision Présenté”, Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaid Tlemcen, Algérie, 2023.
- [21] T. El Hassani, “You Only Look Once.” Accessed: Jun. 05, 2024. [Online]. Available: <https://blog.octo.com/you-only-look-once-un-reseau-de-neurones-pour-la-detection-dobjets#:~:Text=Le Fonctionnement De Yolo L%27approche Implique Un Réseau,Etiquettes De Classe Pour Chaque Cadre De Délimitation.>
- [22] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “you only look once: unified, real-time object detection,” in *proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition(CVPR)*, 2016, pp. 779–788.
- [23] W. Benkamouch, “Détection D’objet S Et Deep Learning Dans Un Trafic Routier”, Mémoire de master, University Of 8 May 1945 ,Guelma, Algérie,2023.
- [24] Matthewbrems, “Roboflow.” Accessed: Jun. 05, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/opencv-ai/roboflow>
- [25] T. Chaboud, “Opencv, C’est Quoi ?” Accessed: Jun. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.axopen.com/blog/2019/09/open-cv-cest-quoi/>

- [26] B. Chinmay, “Python-Tesseract.” Accessed: Jun. 11, 2024. [Online]. Available: <https://Builtin.Com/Articles/Python-Tesseract>

ملخص

تقدم هذه الأطروحة تصميم وإنشاء نظام رسوم المرور الآلي. استخدمنا بطاقة اردوينو اونو، وشاشة الكرسنال السائل للتواصل مع المستخدمين، مستشعر الأشعة تحت الحمراء، ومحركات سيرفو لفتح فتحات النقود، وفتح حاجز اخروج المركبة، و إرجاع الباقي نقود.

يبدأ النظام بالكشف عن المركبات بواسطة مستشعرات الأشعة تحت الحمراء. بمجرد الكشف عن وجود مركبة، يقوم النظام تلقائياً بالتعرف على لوحة ترقيم المركبة لتسجيلها مع تاريخ ووقت المرور. بعد ذلك، عندما يقوم السائق بإدخال النقود، يقوم برنامج بلغة بيثون باستخدام خوارزمية "You Only Look Once" مع كاميرا للكشف عن القطع النقدية وتحديد هيا. إذا كانت القطعة نقدية من ثلاثة قطع مقبولة، يتم ارسال البيانات إلى لوحة التي تتحكم في فتح الفتحة من ثلاث فتحات لاستقبال القطع النقدية ورفض الغير مقبولة، مع عرض قيمة القطع النقدية المقبولة على شاشة الكرسنال السائل. بمجرد تأكيد الدفع الكامل، يتم تنشيط المحركات سيرفو لإعادة النقود للسائق. في النهاية، يفتح الحاجز للسماح للمركبة بالخروج.

الكلمات المفتاحية: رسوم المرور، لوحات الترقيم، النقود، خوارزمية يولو، شاشة كريستال سائل، باي تسيراكت، مستخدم.

Résumé

Ce mémoire présente la conception et la réalisation d'un système de péage automatique. Nous utilisons une carte Arduino Uno, un afficheur LCD pour la communication avec les usagers, des capteurs infrarouges, des servomoteurs pour l'ouverture des trappes à pièces, l'ouverture de la barrière de sortie et la restitution de la monnaie.

Nous débutons par la détection des véhicules à l'approche du péage grâce à un capteur infrarouge. Une fois qu'un véhicule est détecté, le système procède à la détection automatique des plaques d'immatriculation pour les enregistrer avec la date et l'heure du passage. Ensuite, lorsque le conducteur insère les pièces de monnaie, un programme Python utilisant l'algorithme "You Only Look Once" avec une caméra permet de détecter et de valider les pièces. Si la pièce est acceptable, les données sont transmises à la carte Arduino qui contrôle l'ouverture de la trappe correspondante pour la pièce acceptée et rejette les pièces invalides, avec affichage des pièces acceptées sur l'écran LCD. Une fois le paiement total confirmé, des servomoteurs sont activés pour rendre la monnaie au conducteur. Enfin, la barrière s'ouvre pour permettre au véhicule de sortir du péage.

Mots clés : Péage, PyTesseract, Reconnaissance de pièces, Algorithme YOLO, LCD, plaques d'immatriculation, Usager.

Abstract

This work presents the design and implementation of an automatic toll system. Using the Arduino Uno board, an LCD display for communication with users, infrared sensors, servomotors for opening coin hatches, opening exit barrier, and Return of remaining Money.

we begins with the detection of vehicles approaching the toll using the infrared sensor. Once a vehicle is detected, the system proceeds with the automatic detection of the vehicle's license plate to register it with the date and time of passage. Next, when the driver inserts coins, a Python program using the "You Only Look Once" algorithm with a camera for the detection and validation of the coin. If it is one of the three acceptable coin, data is transmitted to the Arduino board, which is controls the opening of the corresponding trap for accepted coins and rejects invalid ones, with the accepted coins displayed on an LCD screen. Once full payment is confirmed, servomotors are activated to provide change to the driver. Finally, the barrier opens to allow the vehicle to exit the toll.

Keywords:PyTesseract, License plate, YOLO algorithm, LCD, Coin recognition, Toll system, User.