

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA
DEPARTEMENT DE DE GENIE
INFORMATIQUE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA
DEPARTMENT OF OF
COMPUTER ENGINEERING

**Filière
Informatique Industrielle**

**CONCEPTION ET REALISATION D'UN
SYSTEME DE PARKING INTELLIGENT BASE
SUR LA TECHNOLOGIE RFID ET LES
CAPTEURS IR**

Mémoire rédigé et soutenu le 09 juillet 2020 en vue de l'obtention
du Diplôme de Professeur
d'Enseignement Technique Deuxième Grade (DIPET II)

Par : **EEME ONGUENE Jeanne Christelle**
Ingénieur des travaux des télécommunications option radiocommunication

Sous la direction de
Dr OLLE OLLE Daniel Claude Georges D.
Chargé de Cours

Année Académique : 2019 - 2020



DEDICACE

A ma famille

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce au Seigneur Tout Puissant de nous avoir accordé, santé, sagesse et paix pendant notre formation. Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à un certain nombre de personnes, en particulier :

- ✚ Madame le Directeur de l'ENSET d'Ebolowa, pour tous les efforts déployés pour nous assurer une formation de qualité ;
- ✚ **Dr OLLE OLLE DANIEL**, Directeur Adjoint de l'ENSET d'Ebolowa, chef de département du génie informatique et encadreur de notre mémoire, qui n'a ménagé aucun effort pour le suivi de ce précieux travail ;
- ✚ **M. MEDZO ABA Charles**, Membre de notre équipe d'encadrement, pour son assistance, et ses conseils ;
- ✚ Tout le Staff Administratif et Professoral de l'ENSET d'Ebolowa pour la formation enrichissante ;
- ✚ Nos camarades de promotion, en particulier ceux du département génie informatique, filière informatique industrielle niveau 5 ;
- ✚ Toutes les personnes qui ont œuvré de près ou de loin pour le bon déroulement de ce projet.

TABLE DE MATIERES

DEDICACE	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ABREVIATIONS.....	ix
RESUME	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE	3
I.1- Définitions	3
I.2- Internet des objets.....	4
I.3- Mobilité intelligente	5
I.4- Détection d’occupation d’espaces par les capteurs	6
I.4.1- Réseaux de capteurs sans fils.....	6
I.4.2- capteurs photorésistances.....	7
I.4.3- capteurs ultrasons.....	7
I.5- Détection d’occupation d’espaces par le traitement d’images	8
I.5.1- les caméras	8
I.5.2- Capteur vidéo	9
I.6- Authentification par code QR (Quick Response).....	10
I.7- Méthodes de paiement intelligent.....	11
I.8- Les avantages du stationnement intelligent.....	11

I.9- Choix des technologies utilisées dans ce projet.....	11
CHAPITRE II : CONCEPTION DU SYSTEME DE PARKING INTELLIGENT.....	13
II.1- l'architecture du système de parking intelligent	13
II.1.1- l'unité de traitement et de commande.....	14
II.1.2- L'unité de détection et de guidage.....	14
II.1.3- L'unité de stockage.....	14
II.1.4- L'unité d'affichage	14
II.1.5- L'unité d'authentification.....	15
II.2- Synoptique du prototype du système proposé.....	16
II.3- La technologie RFID.....	17
II.3.1- Composition d'un système RFID	17
II.3.2- Fonctionnement	20
II.3.3- Les fréquences d'utilisation.....	21
II.3.4- Les types de RFID	22
II.3.5- Les avantages.....	24
II.3.6- Les inconvénients	25
II.4- Les capteurs infrarouges.....	25
II.4.1- Fonctionnement	25
II.4.2- Les types de capteurs infrarouges.....	26
II.4.3- Avantages	27
II.4.4- Inconvénients.....	27
II.5- Plan 3D de la maquette.....	27
II.6- Environnement logiciel	28
II.6.1- MIT application inventor.....	28

II.6.2- Arduino IDE	30
II.7- Environnement matériel	32
II.7.1- Arduino Méga.....	33
II.7.2- Capteur ultrason HC-SR04.....	34
II.7.3- Servomoteur.....	34
II.7.4- Afficheur LCD 16x2.....	35
II.7.5- Diode électroluminescente	36
CHAPITRE III : IMPLEMENTATION ET RESULTATS.....	39
III.1- Processus d'exécution de l'algorithme du système	39
III.2- programmation des fonctionnalités du système.....	41
III.3- Simulation du système dans Proteus.....	44
III.4- Développement de l'application Android.....	50
III.5- Montage et câblage électrique du prototype	51
III.6- Résultats.....	52
CONCLUSION.....	56
BIBLIOGRAPHIE.....	56
WEBOGRAPHIE	56
ANNEXES :	LVI

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau II.1: étude comparative des différents systèmes à RFID.</i>	<i>22</i>
<i>Tableau II. 2: comparaison des différents systèmes RFID.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau II.3: liste des composants électroniques.</i>	<i>32</i>
<i>Tableau II.5: configuration des broches du capteur ultrason.....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau II.6: configuration des broches du module Bluetooth.</i>	<i>37</i>

LISTE DES FIGURES

<i>Figure I.1: schéma de principe d'un capteur.....</i>	<i>3</i>
<i>Figure I.2: objets connectés.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure I-3 : mobilité intelligente.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure I-4 : capteurs sans fils.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I-6 : zone de détection d'un capteur ultrason</i>	<i>8</i>
<i>Figure I-7 : structure d'un stationnement intelligent basé sur le traitement d'images</i>	<i>9</i>
<i>Figure I-9 : authentification d'un conducteur via un code QR.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure II-10 : architecture du système de parking intelligent.....</i>	<i>13</i>
<i>Figure II-11 : processus d'authentification d'un automobiliste dans le système</i>	<i>15</i>
<i>Figure II-12 : synoptique du prototype proposé.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure II-13 : diagramme en bloc de communication de la carte Arduino.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure II.14 : étiquette RFID active</i>	<i>18</i>
<i>Figure II.15 : étiquette RFID passive.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure II-16 : exemples de lecteurs RFID [18].....</i>	<i>19</i>
<i>Figure II-17 : exemples d'intergiciel d'un système RFID.....</i>	<i>20</i>
<i>Figure II-18 : diagramme du système RFID passif.....</i>	<i>22</i>
<i>Figure II-19 : diagramme du système RFID actif.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure II-20 : plan 3D du prototype proposé.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure II-21 : fenêtre de création de l'interface sur App Inventor.....</i>	<i>28</i>
<i>Figure II-22 : fenêtre du programme graphique.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure II-23 : émulateur de test de code sur App Inventor.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure II-24 : interface du logiciel Arduino.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure II-25 : interface du logiciel ISIS Proteus.....</i>	<i>31</i>
<i>Figure II-26: interface Edraw Max.....</i>	<i>32</i>
<i>Figure II-27 : carte Arduino méga.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure II-28 : capteur ultrason.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure II-29 : servomoteur.....</i>	<i>35</i>
<i>Figure II-31 : diode électroluminescente</i>	<i>36</i>

<i>Figure II-32: module Bluetooth HC_06</i>	<i>37</i>
<i>Figure III-33 : processus de l'algorithme d'un véhicule entrant dans le parking</i>	<i>39</i>
<i>Figure III-34 : processus de l'algorithme d'un véhicule sortant dans le parking.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure III-35 : processus de l'algorithme de détection d'un véhicule.</i>	<i>40</i>
<i>Figure III-36 : processus de l'algorithme de la barrière.</i>	<i>41</i>
<i>Figure III-37 : connexion des composants électroniques du système sous Proteus.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure III-38 : début de la simulation</i>	<i>46</i>
<i>Figure III-39 : authentification et ouverture automatique de la barrière.</i>	<i>47</i>
<i>Figure III-40 : fermeture automatique de la barrière</i>	<i>48</i>
<i>Figure III-41 : affichage de l'état d'occupation des places de stationnement.....</i>	<i>49</i>
<i>Figure III-42 : code de connexion Bluetooth de l'application Android.</i>	<i>50</i>
<i>Figure III-43 : interface de l'application Android.....</i>	<i>50</i>
<i>Figure III-44 : schéma de câblage électrique du prototype.</i>	<i>51</i>
<i>Figure III-45 : prototype du système de parking intelligent.....</i>	<i>51</i>
<i>Figure III-46 : authentification d'un usager dans le système.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure III-47 : ouverture automatique de la barrière en cas d'authentification d'un véhicule... </i>	<i>53</i>
<i>Figure III-48 : ouverture automatique de la barrière en cas de sortie d'un véhicule.....</i>	<i>53</i>
<i>Figure III-49 : affichage de l'état d'occupation des places sur l'écran LCD.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure III-50 : affichage de l'état d'occupation des places sur l'application Android</i>	<i>55</i>

LISTE DES ABREVIATIONS

BAP:	Battery Assisted Passive
CAO:	Conception Assistée par Ordinateur
EPC:	Electronic Product Code
EEPROM:	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
FHSS:	Frequency Hopping Spread Spectrum
GSM:	Global System for Mobile Communications
HF:	High Frequency
ISM:	Industrial Scientific Medical
IDE:	Integrated Development Environment
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ICSP:	In-Circuit Serial Programming
LDR:	Light Dependent Resistor
LED:	Light-Emitting Diode
LF:	Low Frequency
PWM:	Pulse Width Modulation
QR:	Quick Response
RFID:	Radio Frequency Identification
RF:	Radio-Frequency
SHF:	Super High Frequency
STI:	Système de Transport Intelligent
SRAM:	Static Random Access Memory
SPP:	Serial Port Protocol
USB:	Universal Serial BUS
UHF:	Ultra High Frequency

RESUME

La croissance du nombre d'automobiles, associée à la mobilité des personnes, ont mis en évidence le problème de stationnement dans les cités urbaines. Dès lors, il devient important de mettre à la disposition des automobilistes, des endroits pour parquer leurs autos, afin d'éviter tout désordre urbain. Cependant, lorsqu'ils sont définis, la recherche de ces espaces est le plus souvent sujette à de pertes de temps. Le problème est donc de savoir comment réduire ces pertes de temps rencontrées lors de la recherche d'une place de stationnement libre. Le présent mémoire propose une solution à ce problème. Elle consiste à la mise en œuvre d'un système de parking intelligent basé sur la technologie de radio-identification RFID (*Radio-Frequency Identification* ou d'identification par radio-fréquence) et les capteurs infrarouges (IR). L'objectif de ce travail est de développer un système qui indique à temps réel aux usagers, l'état d'occupation des emplacements d'un parking avec enclos. La démarche adoptée pour résoudre cette problématique a consisté premièrement, à identifier les fonctionnalités de notre système ainsi que le choix des différents composants. Ensuite, s'est faite la programmation de ces fonctionnalités. Ceci nous a permis de faire la simulation de notre système dans le logiciel Proteus. Les résultats de ces travaux ont été rendu possible grâce à l'implémentation du système dans un microcontrôleur Arduino méga.

Mots clés : Parking intelligent, RFID, Arduino méga, Capteurs IR.

ABSTRACT

The increasing number of cars in urban cities, including the mobility of people, lead to parking problems. Therefore, to avoid these problems; it is important to provide urban cities with parking that are well designed and useful in terms of time, commodity, and quality. This will allow drivers to park without permitting any urban disorder and to gain time. This work proposes an alternative solution, which consists to implement an intelligent parking system based on radio frequency identification technology (RFID) and infrared sensors (IR). The aim of this work is to develop a system that indicates users, in real-time, the status of occupancy of the parking spaces with an enclosure. The method that was adopted to solve this problem consists of (1) identifying the functionalities and the choice of the different components of our system; and (2) programming the above features to simulate our system in Proteus software. The results of these works have made possible through the implementation of the system in a Mega Arduino microcontroller.

Keywords: Smart parking, RFID, Arduino Mega, IR sensors.

INTRODUCTION

Depuis le milieu du 20^e siècle, le monde connaît une très forte accélération de l'urbanisation, qui se traduit par l'accroissement de la population, la taille et les activités des villes. Au Cameroun, depuis 2015, Yaoundé et Douala sont les villes qui connaissent une croissance démographique la plus remarquable, soit respectivement 2 765 568 et 2 768 436 d'habitants [1]. Il s'en est également suivi une augmentation du nombre de véhicules. D'après les statistiques officielles du ministère des transports, entre 2007 et 2013, en moyenne 19 480 véhicules ont été immatriculés chaque année dans la région du centre. Compte tenu de ces statistiques, et au regard du taux d'urbanisation, une estimation du parc automobile de la ville de Yaoundé fait état de 125 000 voitures environ en 2014, pour moins de 3000 parkings matérialisés [1]. La demande des places de stationnement étant devenue supérieure à l'offre, les usagers se retrouvent parfois dans l'obligation de garer de façon anarchique. Ce qui entraîne des problèmes de congestion dans le trafic routier urbain.

Le parking de voiture est très important, car il influe sur la mobilité des personnes. Par ailleurs, les usagers qui doivent toujours stationner leurs véhicules pour vaquer à leurs occupations, ont généralement du mal à trouver des espaces de stationnement libres, et ce malgré l'existence des parkings conventionnels. Il est important de souligner que dans cet exercice ils font généralement face aux problèmes de perte de temps et de carburant. Ainsi, il se pose alors la question de savoir comment trouver facilement des places de stationnement tout en minimisant le temps de recherche ? Pour remédier à ce problème, il est nécessaire de mettre sur pied un système d'identification automatique de place de stationnement. C'est dans cet ordre d'idées que s'inscrit ce projet de fin d'études, portant sur « la conception et la réalisation d'un système de parking intelligent basé sur la technologie RFID et les capteurs IR ». Ce système va permettre de trouver facilement un parking moyennant un faible temps de recherche.

L'objectif principal de notre travail est de développer un système qui indique, en temps réel à l'utilisateur l'état d'occupation des places de stationnement, via un système de signalisation visuel et une application Android.

Le présent rapport, qui est une synthèse des travaux effectués, s'articule en quatre chapitres, intitulés ainsi qu'il suit :

-
- ✚ Chapitre 1 : revue de la littérature. Il traite l'état des connaissances dans le domaine des parkings intelligents ;
 - ✚ Chapitre 2 : conception du système de parking intelligent. Ce chapitre présente la description du fonctionnement du système et les outils matériels et logiciels utilisés.
 - ✚ Chapitre 3 : implémentation et résultats. Il sera question de la simulation du système et enfin la réalisation pratique du prototype.
- Enfin, notre document sera clôturé par une conclusion.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre vise à faire le point sur l'état des connaissances dans le domaine des parkings intelligents. Pour ce faire, nous allons passer en revue les travaux déjà effectués dans ce domaine tout en relevant leurs insuffisances. Ceci nous permettra de justifier le choix des technologies retenues dans le cadre de notre travail.

I.1- Définitions

Le stationnement consiste à laisser un véhicule immobilisé un certain temps. Il est un maillon essentiel dans la chaîne de mobilité des véhicules. Un lieu de stationnement est appelé parking.

Le parking intelligent regroupe les technologies de l'électronique, de l'automatisme, de l'informatique et des télécommunications permettant d'améliorer le trafic routier dans une ville [3]. Le stationnement intelligent, ou *smart parking*, se définit également comme une application de technologies avancées pour améliorer la rapidité et l'efficacité avec lesquelles un automobiliste peut localiser, réserver et payer pour obtenir un espace de stationnement [2].

Un Capteur est un dispositif convertissant une grandeur physique analogique (pression, température, déplacement, débit) en un signal analogique rendu transmissible et exploitable par un système de conditionnement (courant électrique, radiation lumineuse, radiofréquence) [4].

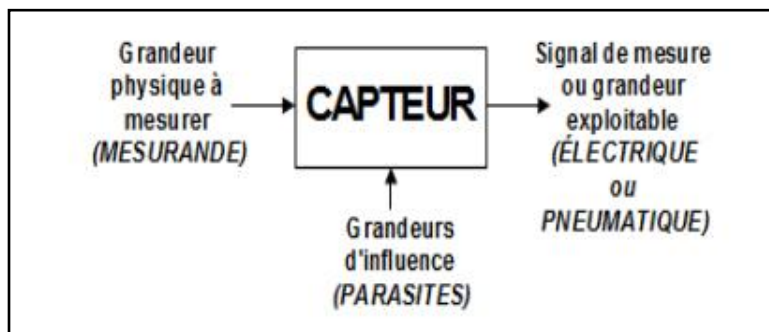


Figure I.1: schéma de principe d'un capteur [4].

Le capteur est la partie d'une chaîne de mesure qui se trouve au contact direct du mesurande. Dans l'immense majorité des cas, le signal de sortie est électrique en raison de la facilité de transmission de l'information, même si les signaux optiques transmis par fibre sont de plus en plus fréquents.

I.2- Internet des objets

L'Internet des objets est un paradigme assez vaste et admet des acceptions multiples selon les acteurs et les environnements technologiques considérés. Schématiquement, l'internet des objets est une extension de l'Internet actuel à tous les objets pouvant communiquer de manière directe ou indirecte avec des équipements électroniques eux-mêmes connectés à Internet. L'utilisation des étiquettes radios (puces RFID) permet, entre autres, une telle extension. Associées à un objet, ces puces peuvent être lues par un dispositif, mobile ou non et des informations relatives à l'objet seront retrouvées grâce à l'Internet [7]. Le but de l'Internet des objets est en effet d'étendre à des entités matérielles ou logicielles, les fonctionnalités offertes par l'Internet dans le domaine de la télécommunication afin de leur permettre d'échanger entre elles ou avec des humains toutes sortes d'informations ou de données. La figure ci-contre nous présente un ensemble d'objets connectés.



Figure I.2: objets connectés [10]

Dans le succès de l'Internet, deux facteurs clés ont joué un rôle essentiel : l'adressage qui permet de repérer un utilisateur par son adresse IP ou plus couramment par son adresse web et l'interopérabilité qui permet, grâce à un ensemble de protocoles qui se sont progressivement imposés dans le monde Internet, à des usagers quelconques de communiquer et d'échanger des données et des services, où qu'ils soient dans le monde et quelle que soit l'origine des équipements qu'ils utilisent [10].

I.3- Mobilité intelligente

La mobilité intelligente est un ajustement majeur pour les territoires car elle influence l'attractivité économique et la qualité environnementale. Le sujet est important non seulement par l'arrivée de solutions mais également pour les gestionnaires qui veulent optimiser les espaces publics. Elle consiste à intégrer tous les besoins dans une solution unique basée sur des systèmes connectés. Pour les parkings fermés, les lecteurs de plaques d'immatriculation contrôlent l'accès et publient également des informations en temps réel. Des panneaux d'implantation dynamiques sont utilisés pour guider les utilisateurs vers des aires de stationnement gratuites.

La mobilité intelligente est donc le fruit de l'essor rapide des technologies de l'information, de la communication et de la géolocalisation. Les systèmes et services de transport intelligents (STI), en anglais *Intelligent Transport Systems*, nous permettent de connaître en temps réel notre environnement et d'interagir avec lui. L'intelligence du numérique rend la mobilité elle-même « intelligente » : celle-ci devient plus efficace, plus sûre, plus économe et plus écologique. Les STI favorisent au quotidien la qualité de service et de confort pour l'utilisateur, la sûreté, une meilleure coordination pour la gestion de la circulation ainsi qu'une rationalisation de l'utilisation des réseaux. Ils facilitent le report vers des moyens de transport plus économes en temps, en coût ou en énergie [13].

Une application logicielle unique, disponible sur les smartphones informe les utilisateurs sur les lieux disponibles, l'état de la circulation et les horaires des transports en commun, calcule le chemin en fonction du meilleur rapport coût / temps, réserve si nécessaire les moyens de transport en libre-service [13]. Le schéma ci-contre illustre la mobilité intelligente :



Figure I-3 : mobilité intelligente [13]

I.4- Détection d'occupation d'espaces par les capteurs

I.4.1- Réseaux de capteurs sans fils

Les réseaux de capteurs sans fils ont fait l'objet de nombreuses études académiques et industrielles ces dernières années. Ils peuvent être déployés dans divers types d'applications de surveillance d'environnement et de collecte d'informations.

Dans un système de gestion de parking, un nombre de nœuds de capteurs est déployé dans un champ de stationnement, indiquant l'occupation des places de stationnements. Les informations sur l'état des places de stationnements sont envoyées à une station de base, capable de transmettre ces informations aux conducteurs via Internet ou un réseau de télécommunication de type GSM dans la majorité des cas pour guider les conducteurs [12]. La figure ci-contre présente un exemple de réseau de capteurs sans fils.

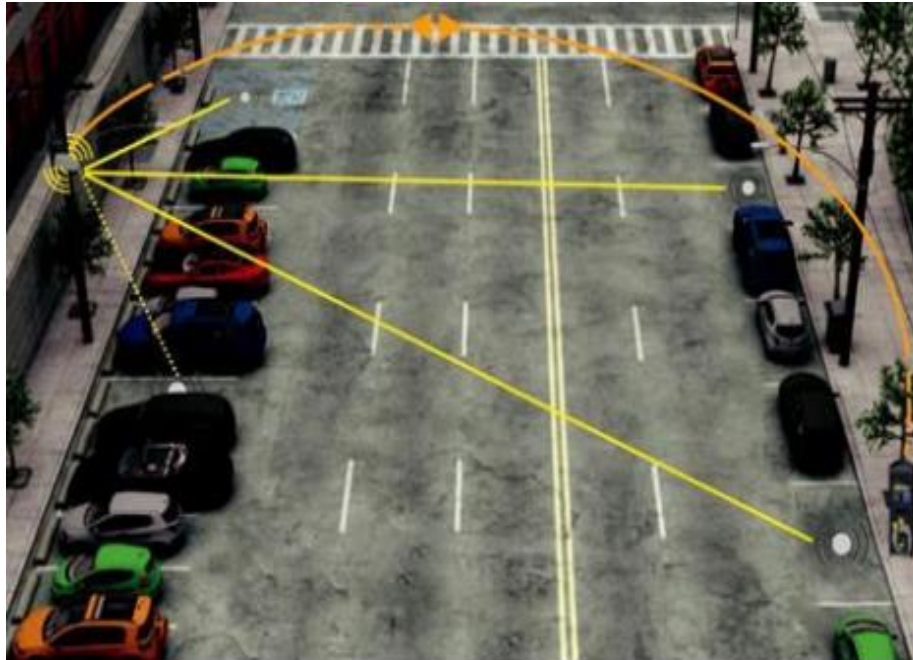


Figure I-4 : capteurs sans fils [12]

I.4.2- capteurs photorésistances

Une photorésistance en anglais, *Light Dependent Resistor* (LDR), comme son nom l'indique va changer sa résistance en fonction de la lumière qui l'entoure. C'est quand la résistance est placée dans une pièce sombre qu'elle aura une résistance de quelques méga-ohms et pendant que nous imposons graduellement la lumière au-dessus du capteur, sa résistance commencera à diminuer des méga-ohms à quelques ohms. Cette propriété aide le LDR à être utilisé comme capteur de lumière. Il peut détecter la quantité de lumière qui tombe sur lui et ainsi prédire la lumière et l'obscurité. Ils sont utilisés comme un capteur de détection de présence d'un véhicule [5].

I.4.3- capteurs ultrasons

Les capteurs ultrasons permettent la détection des emplacements de stationnement. Ces capteurs sont fixés au-dessus de chaque espace de stationnement. Ils fonctionnent en fonction de la localisation de l'écho. Le temps entre l'impulsion envoyée et l'écho renvoyé est utilisé pour calculer la distance. Dans un espace vacant, le temps entre le son transmis et la réflexion est plus

long que dans un espace occupé. La figure ci-dessous montre la zone de détection d'un capteur ultrason.

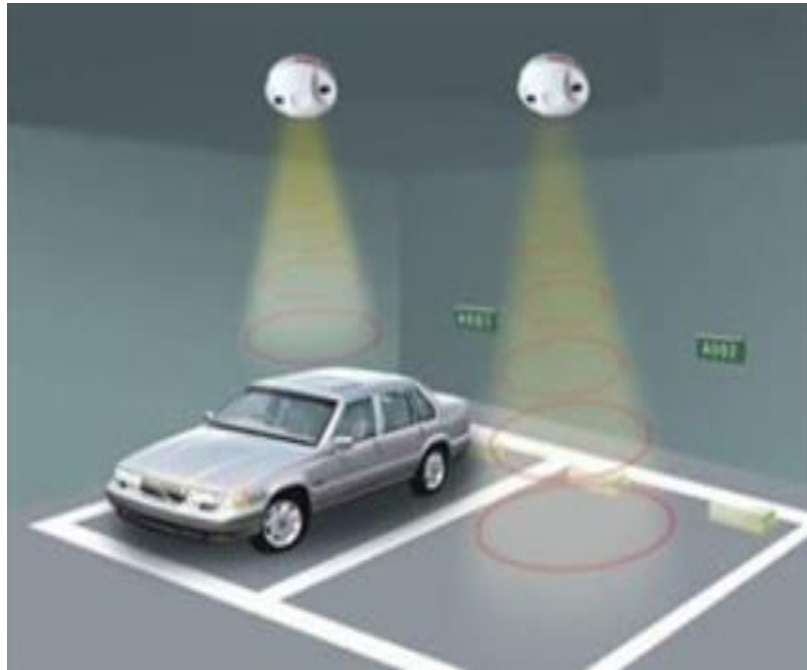


Figure I-6 : zone de détection d'un capteur ultrason [10].

Cependant, Malgré le faible coût et la facilité d'installation des capteurs ultrasons, ils présentent certains inconvénients, notamment la sensibilité aux changements de température et aux turbulences atmosphériques [10].

I.5- Détection d'occupation d'espaces par le traitement d'images

I.5.1- les caméras

Les caméras sont chargées de capturer en continu les images du parking. Le Raspberry pi effectue le traitement de ces images à partir des techniques de traitement d'images et ressort les espaces de stationnement libres. Les informations sont transférées, stockées et mises à jour régulièrement dans la base de données. Les usagers peuvent accéder à ces informations en utilisant Internet.

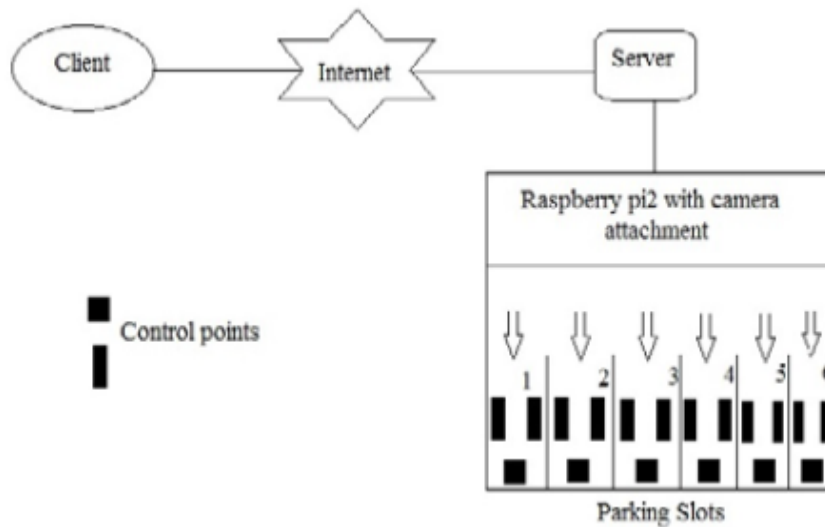


Figure I-7 : structure d'un stationnement intelligent basé sur le traitement d'images

I.5.2- Capteur vidéo

Ce système est utilisé pour le flux vidéo des caméras de surveillance dans les lieux publics pour déterminer, grâce à un système d'analyse d'images, si une place est libre ou occupée dans une rue de la ville. Ensuite, grâce à une application mobile (iPhone, Android) qui récupère les informations contenues dans le système central, propose et guide les utilisateurs en temps réel vers les places libres.

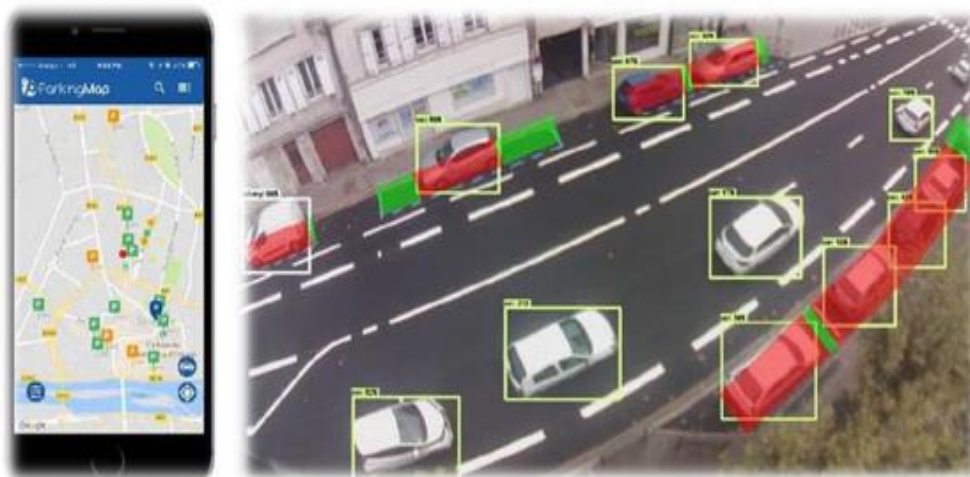


Figure I-8 : fonctionnement d'un capteur vidéo [6]

I.6- Authentification par code QR (Quick Response)

Certains parkings intelligents utilisent l'authentification des automobilistes par un code QR. Ces automobilistes font des réservations en ligne via l'application Android. Pour effectuer leur réservation de stationnement, ils ont besoin de fournir les informations suivantes : le numéro d'identification du véhicule, la date d'entrée, la date de sortie et le type de paiement (cash ou carte de crédit). Une fois le véhicule présent devant le parking, l'authentification du conducteur se fait par la vérification de ses informations de réservation via le site web par un personnel. Si les informations sont correctes, le conducteur scanne le code QR à partir de son téléphone et reçoit un reçu montrant le parcours qui mène à l'espace de stationnement réservé. Le schéma ci-contre nous montre le processus d'authentification par code QR d'un usager dans le parking [9].

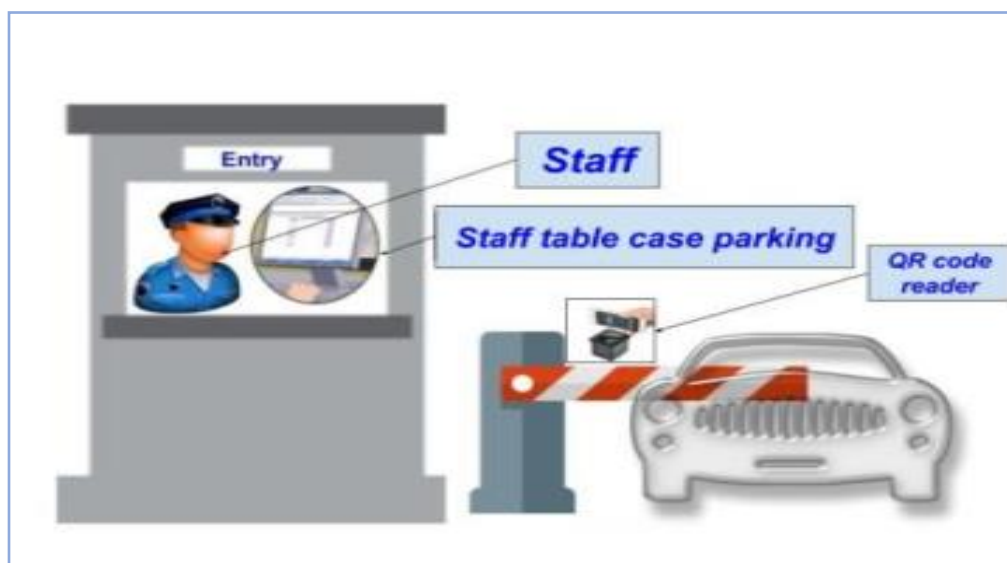


Figure I-9 : authentification d'un conducteur via un code QR [9].

La méthode d'authentification basé sur le scann du code barre et la vérification des informations de réservation par un agent est fastidieuse car si plusieurs voitures veulent se garer il peut y avoir une file d'attente pour avoir accès au parking. Ce qui ne causerait encore des pertes de temps.

I.7- Méthodes de paiement intelligent

Les méthodes de paiement intelligent ont été mises en œuvre dans le but de surmonter la limitation des méthodes conventionnelles en réorganisant le mode de paiement par le stationnement et en introduisant de nouvelles technologies. C'est parce que la méthode conventionnelle entraîne des retards et des inconvénients pour les clients car ils doivent utiliser l'argent en cash. Cela réduit également les besoins de maintenance et de dotation en matière de traitement des paiements ainsi que le contrôle de la circulation. Ces méthodes sont : les cartes à puces, les cartes de crédit et débit [13].

I.8- Les avantages du stationnement intelligent

Le stationnement intelligent a plusieurs avantages et des besoins qui aident à améliorer les services pour les conducteurs et les usagers de la route et de la ville. Il permet de :

- ✚ Obtenir des informations précises sur les lieux occupés ou non occupés en temps réel ;
- ✚ Guider et donner les informations pour les usagers et les touristes sur le stationnement disponible et non occupé ;
- ✚ Utiliser facilement des places de stationnement ;
- ✚ Augmenter l'activité et le déplacement plus librement dans la ville en utilisant les technologies modernes ;
- ✚ Assurer la sécurité de la circulation pour les conducteurs et les utilisateurs ;
- ✚ Gagner en temps lors de la recherche de l'espace libre pour stationnement ;
- ✚ Diminuer de la pollution et l'utilisation de l'essence et l'émission de gaz toxiques.

I.9- Choix des technologies utilisées dans ce projet

Parmi les travaux lus à la section I-6, les méthodes d'authentification basées sur le code QR ne résolvent pas la problématique de perte de temps observée lorsqu'un usager veut se garer. De plus, certains modèles de parking proposés n'intègrent pas l'authentification des conducteurs c'est pourquoi, nous avons pensé à utiliser la technologie radiofréquence d'identification pour l'authentification des conducteurs facilitant ainsi l'accès au parking. Le choix de la technologie de détection appropriée dépend de l'objectif et la portée du projet. Les méthodes de détection basées sur les caméras et le traitement d'images souffrent du manque de précision et peuvent être

affectées par des circonstances environnementales ou météorologiques [8]. Nous avons opté pour la méthode de détection basée sur les capteurs non intrusifs et plus précisément les capteurs infrarouges actifs dans ce projet car contrairement aux autres capteurs ils offrent un meilleur temps d'acquisition des informations et offrent une bonne précision pour des courtes distances [12].

Dans ce chapitre, il était question pour nous de faire l'état des connaissances dans le domaine des parkings intelligents. Ceci nous a permis d'étudier et de comprendre les modèles de parkings intelligents proposés par certains chercheurs dans leurs travaux. Parmi les travaux étudiés, nous avons relevé deux types méthodes de détection des espaces de stationnement : les méthodes basées sur l'image et les méthodes basées sur les capteurs.

CHAPITRE II : CONCEPTION DU SYSTEME DE PARKING INTELLIGENT

Ce chapitre est consacré à la conception du système de parking intelligent. Il présente son architecture générale, la description du fonctionnement, le synoptique du prototype proposé, les technologies radiofréquence et infrarouge, les outils logiciels et matériels utilisés pour la réalisation.

II.1- l'architecture du système de parking intelligent

Le système de parking intelligent est constitué essentiellement de trois principales unités à savoir : l'unité de traitement et de commande, l'unité de détection et de guidage, et l'unité de stockage. Il peut contenir également d'autres modules tels que l'unité d'authentification et l'unité d'affichage. Le schéma ci-contre montre l'architecture du système de stationnement intelligent.

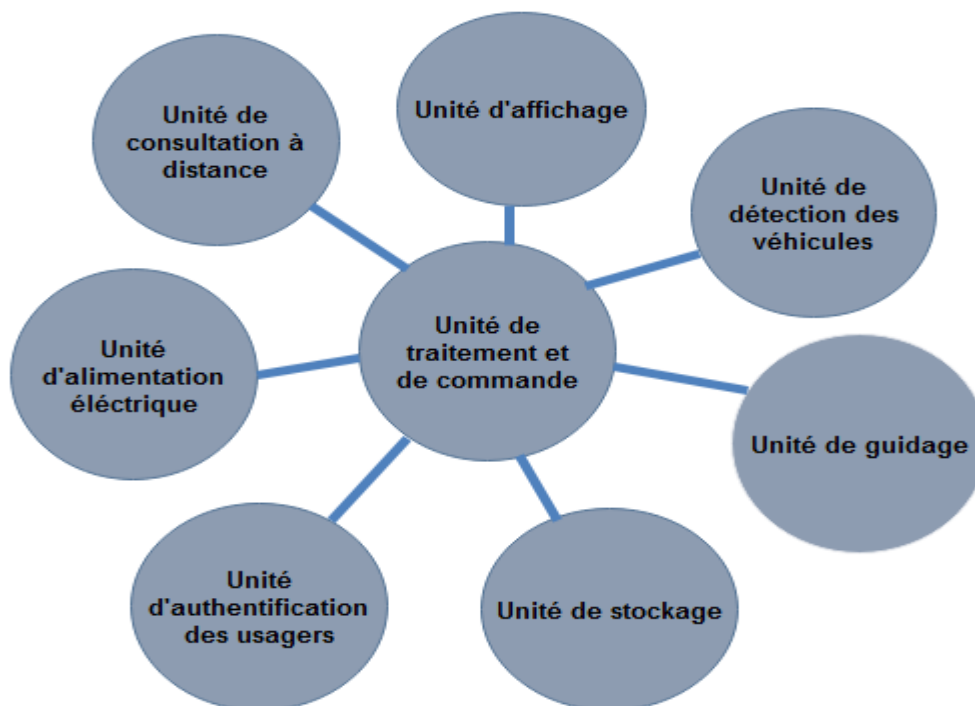


Figure II-10 : architecture du système de parking intelligent

II.1.1- l'unité de traitement et de commande

Cette unité est l'élément centrale du système car elle traite toutes les informations et commande toutes les autres unités.

II.1.2- L'unité de détection et de guidage

Elle est constituée des capteurs infrarouges et des diodes électroluminescentes. On utilise des capteurs infrarouges de proximité, associés à une LED, dans chaque place de stationnement. Le capteur IR détecte la présence d'un véhicule, l'unité de traitement lit la valeur de la tension renvoyée, ensuite elle fait un test de code avec une valeur qui était déjà déterminée, il y'a donc une diminution du nombre total de places libres dans le parking. Lorsque le véhicule libère une place, le même principe est effectué mais avec une incrémentation du nombre total de place.

Les diodes à l'intérieur du parking orienteront l'automobiliste sur l'état d'occupation d'un espace de stationnement. Une LED verte allumée indiquera qu'une place est libre. Et lorsqu'elle sera éteinte, elle signalera au conducteur que l'emplacement est occupé.

II.1.3- L'unité de stockage

Il s'agit de la base de données du système de parking intelligent permettant de stocker, d'extraire, et de gérer toutes les informations liées à la disponibilité des places de stationnement. Elle permet également de gérer la mise à jour de toutes les informations nécessaires au fonctionnement du système.

II.1.4- L'unité d'affichage

L'unité d'affichage permet d'afficher l'état d'occupation des zones de stationnement et le nombre total des places libres dans le parking. Elle est constituée des panneaux de signalisation, de l'écran LCD et de l'application Android. Le panneau de signalisation est un panneau lumineux électronique constitué de diodes permettant au conducteur d'avoir une bonne visibilité sur l'état de chaque zone de stationnement à une distance de 50 mètres le jour, 100 mètres la nuit. L'écran LCD sera utilisé comme afficheur dans le prototype du système. L'application Android sera développée dans le chapitre suivant et permettra à l'utilisateur de visualiser l'état d'occupation des places de stationnement.

II.1.5- L'unité d'authentification

L'unité d'authentification permet le contrôle d'accès des véhicules dans le parking. Elle repose essentiellement sur la technologie RFID.

En effet, lorsqu'un usager veut stationner son véhicule, il doit posséder une étiquette RFID, ensuite le système lit le numéro d'identification et le compare à celui enregistré dans la base de données. Si l'utilisateur est bel et bien enregistré, la barrière s'ouvre. Le processus de vérification d'accès d'un véhicule dans le parking est représenté par la figure ci-contre :

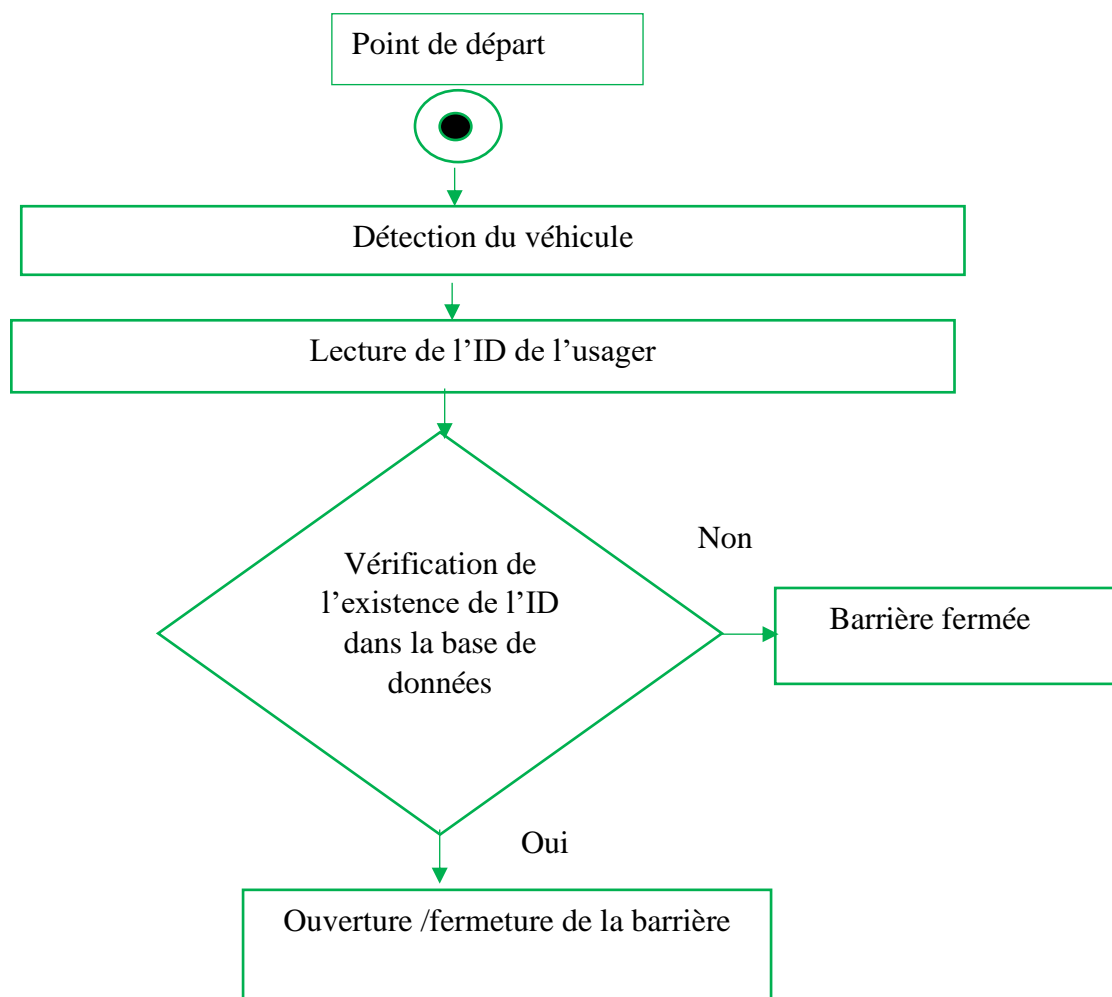


Figure II-11 : processus d'authentification d'un automobiliste dans le système

II.2- Synoptique du prototype du système proposé

Le synoptique du système est le suivant :

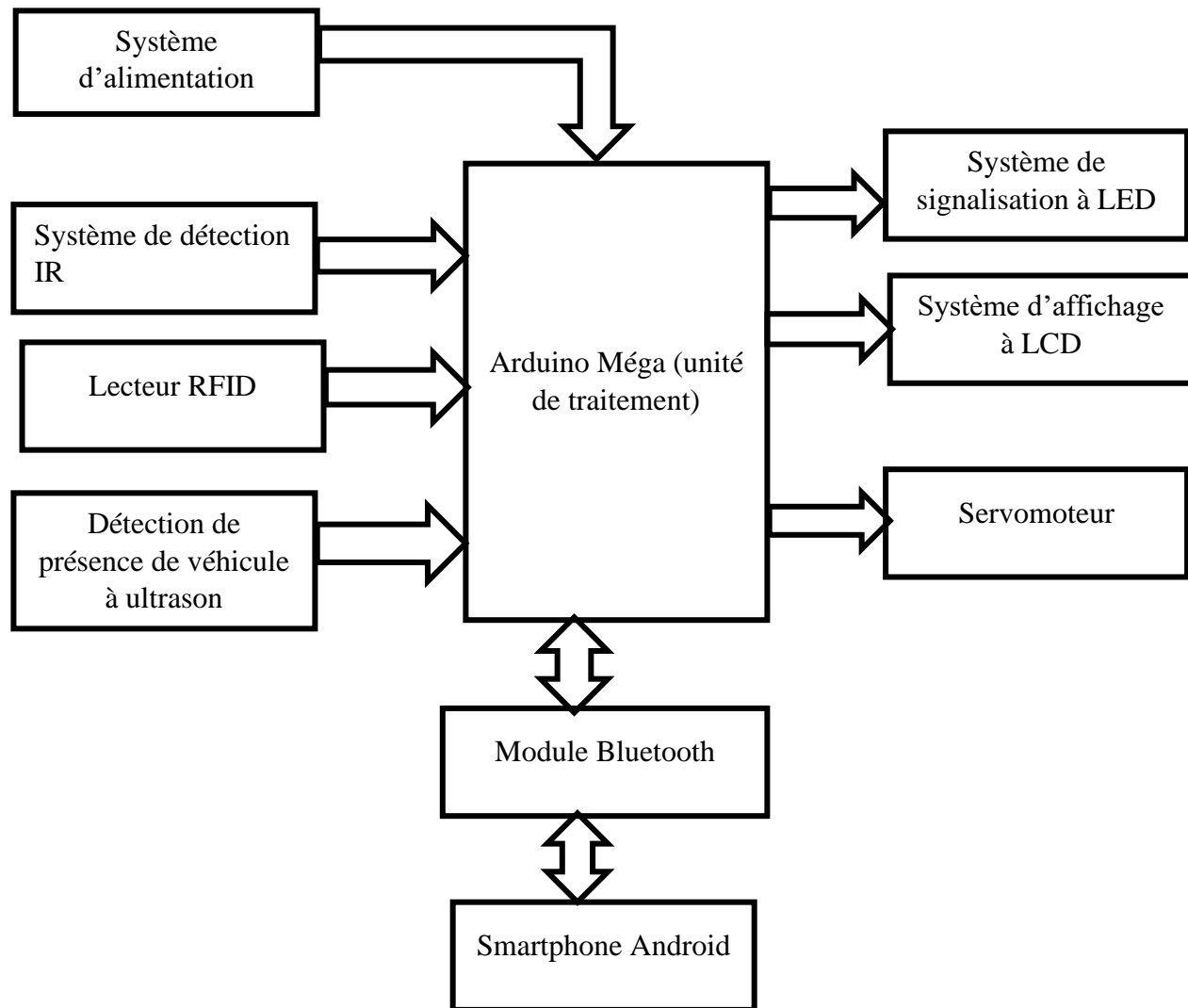


Figure II-12 : synoptique du prototype proposé

L'unité de traitement est essentiellement constituée de la carte à microcontrôleur Arduino méga. Elle communique avec tous les autres éléments du système tels que les capteurs, les LED, les servomoteurs, le module Bluetooth et l'écran. Les servomoteurs sont utilisés pour la commande automatique des barrières. Le lecteur radiofréquence permet la lecture des numéros

d'identification des étiquettes. Les capteurs ultrasons permettent la détection des véhicules à distance aux entrées/ sorties. Le module Bluetooth permet l'échange des informations entre le prototype et l'application Android. Le diagramme en bloc de communication de la carte Arduino est donné par la figure ci-contre :

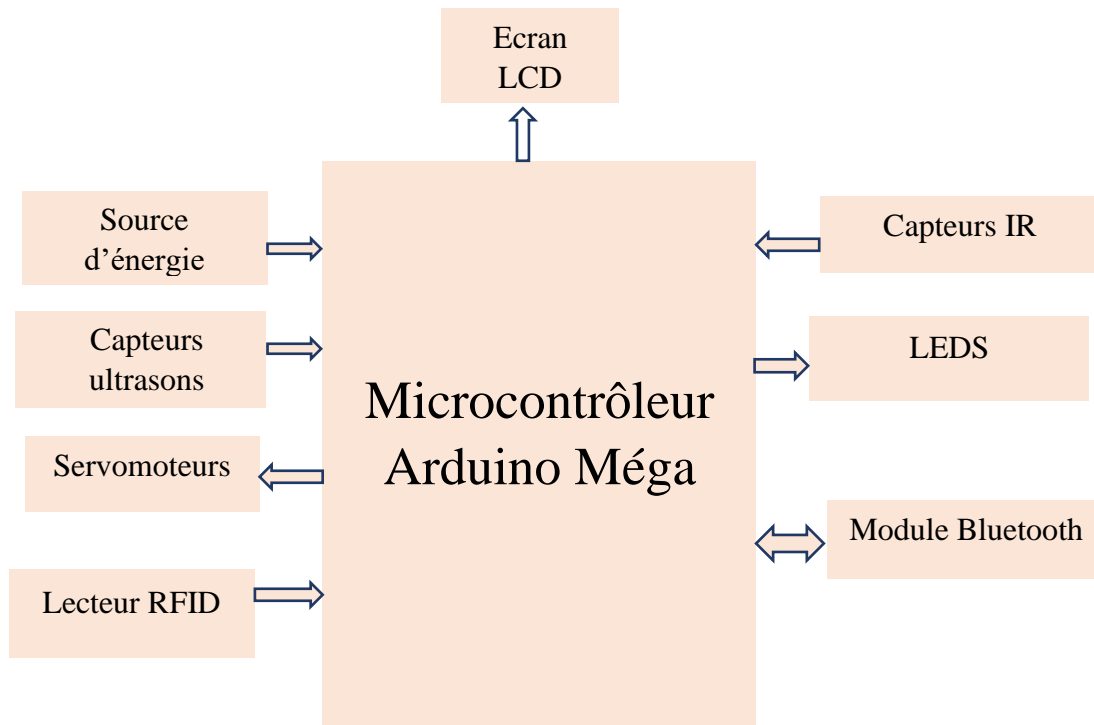


Figure II-13 : diagramme en bloc de communication de la carte Arduino.

II.3- La technologie RFID

L'abréviation **RFID** signifie en anglais, Radio Frequency Identification. C'est une méthode d'identification permettant de mémoriser et de récupérer des données à distance en utilisant des marqueurs et des lecteurs radiofréquences. La technologie RFID permet la lecture des étiquettes même sans ligne de vue directe et peut traverser de fines couches de matériaux (peinture, emballage, neige, etc.)

II.3.1- Composition d'un système RFID

Une solution complète de RFID comprend le *tag*, les lecteurs et l'intergiciel ou middleware.

II.3.1.1- Le tag

Encore appelé étiquette, transpondeur ou marqueur, il a pour rôle d'identifier et d'encoder les données numériques. Ces données peuvent être lues sans visibilité directe avec une détection automatique et avec des distances de lecture supérieures de 10 à 200 m selon le type de puces. Une des méthodes d'identification les plus utilisées est d'abriter un numéro de série ou une suite de données dans une puce et de relier cette dernière à une petite antenne. Ce couple (puce silicium + antenne) est alors encapsulé dans un support (RFID Tag ou RFID Label). Les étiquettes peuvent alors être incorporées dans des objets ou être collés sur des produits. Le format des données inscrites sur les étiquettes est standardisé à l'initiative d'EPC Global.

Il existe deux grandes familles d'étiquettes RFID :

- ✚ **Les étiquettes actives** : elles sont reliées à une source d'énergie embarquée (pile, batterie, etc.) et possèdent une meilleure portée, mais à un coût plus élevé et avec une durée de vie restreinte.



Figure II.14 : étiquette RFID active [18]

- ✚ **Les étiquettes passives** : elles utilisent l'énergie propagée à courte distance par le signal radio de l'émetteur. Ces étiquettes à moindre coût, sont généralement plus petites et possèdent une durée de vie quasi illimitée. En contrepartie, elles nécessitent une quantité d'énergie non négligeable de la part du lecteur pour pouvoir fonctionner.



Figure II.15 : étiquette RFID passive [18]

II.3.1.2- Le lecteur

Le lecteur RFID est l'élément responsable de la lecture des étiquettes radiofréquence et de la transmission des informations qu'elles contiennent (code EPC ou autre, informations d'état, clé cryptographique etc.) vers le niveau suivant du système (middleware).



Figure II-16 : exemples de lecteurs RFID [18]

II.3.1.3- L'intergiciel

C'est l'application hôte, qui peut être un simple ordinateur, un serveur ou un ordinateur lié à un serveur, un logiciel, un smartphone avec une base données. Il est connecté au lecteur, et permet l'exploitation des données collectées.



Figure II-17 : exemples d'intergiciel d'un système RFID [18]

II.3.2- Fonctionnement

Le système est activé par un transfert d'énergie électromagnétique. Le lecteur, qui agit généralement en maître, envoie une onde électromagnétique en direction de l'objet à identifier. Il active ainsi le marqueur, qui lui renvoie l'information. Le lecteur envoie des requêtes aux tags RFID pour récupérer des données stockées dans leur mémoire. Le tag, généralement alimenté à distance par le signal du lecteur, génère en premier lieu un code permettant d'identifier l'objet sur lequel il est déposé. La communication entre le lecteur et l'étiquette s'effectue en quatre temps :

- ✚ Le lecteur transmet par radio l'énergie nécessaire à l'activation du tag ;
- ✚ Il lance alors une requête interrogeant les étiquettes à proximité ;
- ✚ Il écoute les réponses et élimine les doublons ou les collisions entre réponses ;
- ✚ Enfin, il transmet les résultats obtenus aux applications concernées.

II.3.3- Les fréquences d'utilisation

Les systèmes RFID génèrent et réfléchissent des ondes électromagnétiques. Ils doivent notamment veiller à ne pas perturber le fonctionnement des autres systèmes radios. On ne peut, en principe, utiliser que les plages de fréquences spécifiquement réservées aux applications industrielles, scientifiques ou médicales. Ces plages de fréquences sont appelées ISM (Industrial Scientific and Medical). Selon leur technologie, les RFID utilisent principalement quatre gammes de fréquences : LF, HF, UHF et SHF.

Les deux gammes de fréquences les plus basses correspondent à des systèmes qui fonctionnent en couplage magnétique, comme les cartes à puce sans contact. Ces systèmes sont le plus souvent passifs. Ils sont généralement dédiés aux applications courtes distances mais les technologies les plus récentes peuvent présenter des portées de quelques mètres. Les deux gammes de fréquences les plus élevées sont associées à des systèmes qui fonctionnent en couplage électrique.

- ✚ **La bande LF** : qui utilise les fréquences comprises entre 125 et 148 kHz. La portée de détection d'une étiquette répondant à ces fréquences va de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres. Les étiquettes sont d'un poids et d'une taille réduits. Les systèmes RFID fonctionnant dans cette gamme peuvent être intégrés dans tout type de matériaux tels que les textiles ou les plastiques. On les retrouve dans les applications de logistique et de traçabilité ;
- ✚ **La bande HF** : utilisant la fréquence de 13.56 MHz. Les antennes peuvent être imprimées ou gravées, ce qui rend les étiquettes particulièrement fines. Les systèmes RFID de cette bande sont largement répandus dans les applications de transport pour la traçabilité des produits et de logistique et l'identification des personnes. La portée de lecture va de quelques centimètres à environ un mètre ;
- ✚ **La bande UHF** : dont les fréquences sont comprises entre 434 et 868 MHz. La portée maximale de détection d'une étiquette est d'environ 3 à 10 mètres ;
- ✚ **La bande SHF** : dont les fréquences sont comprises entre 2.45 et 5.8 GHz. La portée de lecture est généralement d'environ 75 centimètres mais peut atteindre plusieurs dizaines de mètres pour des étiquettes RFID actives. Ces étiquettes sont notamment utilisées pour les péages.

Le tableau ci-contre donne un aperçu de certains exemples d'applications et les fréquences associées.

Exemples d'application	Technologie	Fréquence
Badge d'accès	Passive	125 kHz
Identification d'animaux	Passive	134,2kHz
Colis postaux	Passive	13.56 MHz
Passeport biométrique	Passive	13.56 MHz
Identification textile blanchisserie	Passive	13.56 MHz
Titre de transport	Passive	13.56 MHz
Paiement sans contact	Passive	13.56 MHz
Bagagerie aéroport	Passive	UHF
Identification wagons	Passive	UHF
Logistique chaine d'approvisionnement	Passive	UHF
Péage autoroutier	Active	2.45GHz

Tableau II.1: étude comparative des différents systèmes à RFID.

II.3.4- Les types de RFID

Nous avons trois types de systèmes RFID : les systèmes RFID actifs, les systèmes RFID passifs à batterie et les systèmes RFID passifs.

II.3.4.1- Les systèmes RFID passifs

Dans ces systèmes, le lecteur envoie un signal radio à l'étiquette via son antenne. L'étiquette RFID utilise ensuite cette onde électromagnétique captée par l'antenne tag pour alimenter la puce et ensuite renvoyer les informations stockées au lecteur.

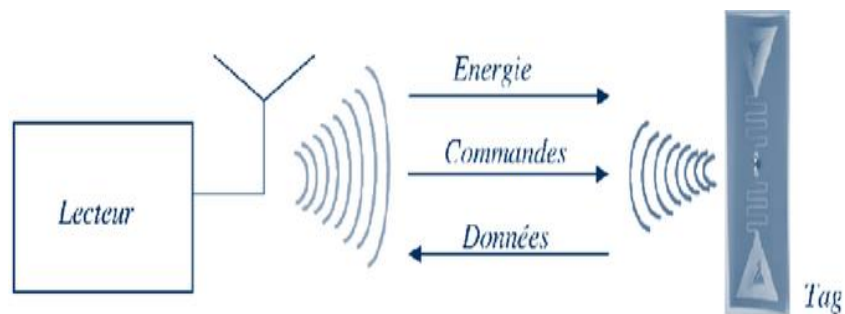


Figure II-18 : diagramme du système RFID passif [18].

II.3.4.2- Les systèmes RFID passifs à batterie.

Pendant que la plupart des étiquettes RFID passives utilisent l'énergie du signal du lecteur RFID pour alimenter la puce et la rétrodiffusion du lecteur, les étiquettes BAP (Battery Assisted Passive) utilisent une source d'alimentation intégrée (généralement une batterie) pour alimenter la puce, de sorte que toute l'énergie captée par le lecteur peut être utilisée pour la rétrodiffusion. Contrairement aux transpondeurs, les balises BAP n'ont pas leurs propres émetteurs.

II.3.4.3- Les systèmes RFID actifs

Dans les systèmes RFID actifs, les étiquettes ont leur propre émetteur et leur propre source d'alimentation. Habituellement, la source d'alimentation est une batterie. Les étiquettes actives diffusent leur propre signal pour transmettre les informations stockées sur leurs micro puces. Les systèmes RFID actifs fonctionnent généralement dans la bande UHF et offrent une portée allant jusqu'à cent mètres. En général, les étiquettes actives sont utilisées sur de gros objets, tels que les wagons, les grands conteneurs réutilisables et d'autres biens qui doivent être suivis sur de longues distances.

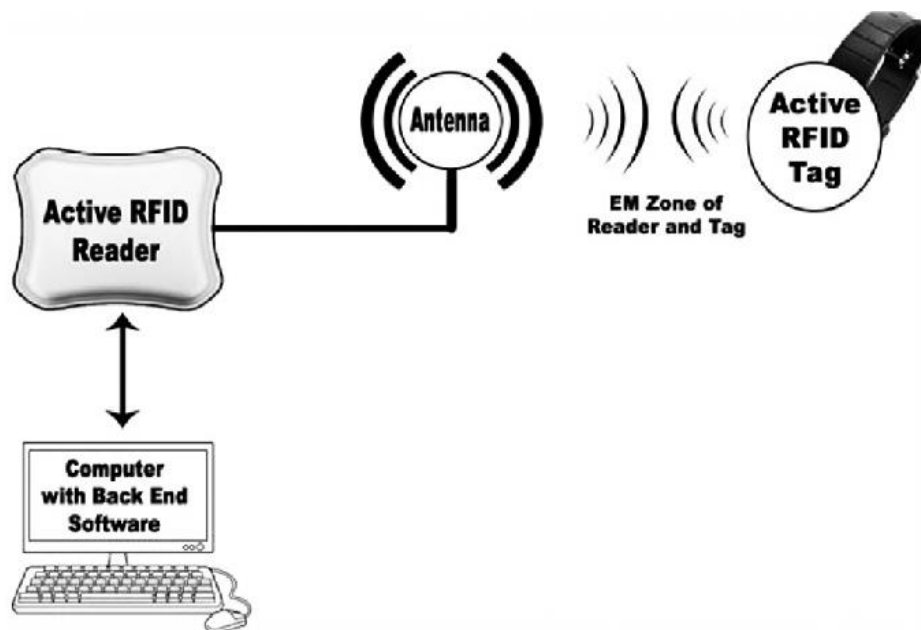


Figure II-19 : diagramme du système RFID actif [36].

Le tableau ci-dessous montre une étude comparative entre les trois types de système RFID.

	Système RFID actif	Système RFID passif	Système RFID passif à batterie
Source d'alimentation d'étiquette	Source d'alimentation interne	Energie transférée depuis le lecteur via les RF	L'étiquette utilise une source d'alimentation interne pour la mise sous tension, et l'énergie transférée depuis le lecteur via la rétrodiffusion RF
Batterie d'étiquette	Oui	Non	Oui
Disponibilité de la puissance de l'étiquette	Continue	Seulement dans le champ de lecteur	Seulement dans le champ de lecteur
Puissance du signal requise du lecteur à l'étiquette	Très faible	Très élevée	Moyenne
Puissance du signal disponible du lecteur à l'étiquette	Elevée	Très faible	Moyenne
Distance de communication	Longue distance (100m ou plus)	Courte distance jusqu'à 10m	Moyenne jusqu'à 100m

Tableau II. 2: comparaison des différents systèmes RFID

II.3.5- Les avantages

L'identification par radio-fréquence regorge les avantages suivants :

- ✚ Une plus grande capacité de contenu : dans une étiquette radio-fréquence, une capacité de 1000 caractères est aisément stockable sur 1mm², et peut atteindre sans difficulté particulière 10000 caractères ;
- ✚ La vitesse de marquage : les données concernant les objets contenues ou transportées sont écrites en une fraction de seconde ;
- ✚ Une sécurité d'accès au contenu : comme tout support numérique, l'étiquette radio-fréquence peut être protégée par un mot de passe en écriture ou en lecture. Les données peuvent être chiffrées. Dans une même étiquette, une partie de l'information peut être en accès libre, et l'autre protégée. Cette faculté fait de l'étiquette RF, un outil adapté à la lutte contre le vol et la contrefaçon ;

-
- ✚ Une plus grande durée de vie : une étiquette radio-fréquence peut être réutilisée 1000000 de fois ;
 - ✚ Une plus grande souplesse de positionnement : avec l'étiquette radio-fréquence, il est possible de s'abstraire des contraintes liées à la lecture optique, elle n'a pas besoin d'être vue. Il lui suffit d'entrer dans le champ du lecteur pour que sa présence soit détectée.

II.3.6- Les inconvénients

La radio-fréquence d'identification présente quelques inconvénients à savoir :

- ✚ La perturbation par l'environnement physique : la lecture des étiquettes radiofréquences est perturbée par la présence, par exemple, de métaux dans leur environnement immédiat. Des solutions doivent être étudiées au cas par cas pour minimiser ces perturbations ;
- ✚ Les perturbations induites par les étiquettes entre elles : dans de nombreuses applications, plusieurs étiquettes radio-fréquences peuvent se présenter en même temps dans le champ du lecteur volontairement ou involontairement ;
- ✚ La sensibilité aux ondes électromagnétiques parasites : les systèmes de lecture RFID sont dans certaines circonstances sensibles aux ondes électromagnétiques parasites émises par des équipements informatiques (des écrans d'ordinateurs) ou des systèmes d'éclairages plus généralement par les équipements électriques. Leur emploi doit donc être testé en tenant compte de l'environnement.

II.4- Les capteurs infrarouges

Un **capteur infrarouge** se présente comme un équipement électronique capable de réagir au rayonnement infrarouge renvoyé par les objets qui lui font face. Ces rayons se situent en dehors du spectre de la lumière visible.

II.4.1- Fonctionnement

Le capteur infrarouge est composé d'un émetteur et d'un récepteur infrarouge et a un fonctionnement de type reflex. L'infrarouge est un rayonnement électromagnétique situé dans une région spectrale invisible à l'œil humain. Dans son application liée au recueil de données de trafic routier, les capteurs IR se distinguent en deux grandes familles : les capteurs IR passifs dont le principe de fonctionnement est la réception selon une longueur d'onde choisie comprise dans la bande de longueur d'onde infrarouge thermique ($3\mu\text{m} < \lambda < 15\mu\text{m}$). Et les capteurs infrarouges de

type actifs basés sur le principe de l'émission et de la réception d'un faisceau modulé et dont la longueur d'onde est comprise 0,8 μ m et 3 μ m.

II.4.2- Les types de capteurs infrarouges

II.4.2.1- les capteurs infrarouges passifs

Cette technologie repose sur le fait que, tout corps porté à une température au-dessus du zéro degré Kelvin dégage une énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Ainsi, le véhicule est un objet détectable puisqu'il émet une source de chaleur importante et notamment au niveau de son moteur et de son pot d'échappement. La cible est détectée lorsqu'elle émet une longueur d'onde incluse dans la plage de sensibilité du capteur. Ainsi, ce type de capteur permet la détection de présence de véhicules, et proposent des applications variées telles que le comptage et la régulation du trafic, et la commande de feux tricolores.

Ces capteurs sont composés de trois parties :

- ✚ **Un capteur pyroélectrique** : sensible au rayonnement infrarouge ;
- ✚ **Une lentille de Fresnel** : parfois associée à un miroir : chargée de faire converger les rayons sur le capteur ;
- ✚ **Et une partie électronique** : dont le rôle est de traiter le signal issu du capteur.

II.4.2.2- les capteurs infrarouges actifs

Ces capteurs sont constitués d'une partie émettrice et d'une partie réceptrice. L'émetteur est une diode électroluminescente qui émet un pinceau lumineux plus ou moins fin selon son application. Cet émetteur peut être un laser dont l'avantage est de pouvoir travailler dans un domaine proche du visible.

En effet, le faisceau n'est pas visible pour l'utilisateur puisque sa longueur d'onde cible est dans l'infrarouge, pourtant le phénomène de dispersion de cette longueur permet de distinguer, lors du réglage de l'alignement du capteur, une partie visible du faisceau de couleur rouge. De plus, la directivité du faisceau issu d'une diode électroluminescente laser garantit une précision de mesure notamment pour la vitesse. Le capteur IR actif est utilisé selon trois modes de détection : le mode vis à vis, le mode réflex et le mode de proximité. L'ensemble émetteur/récepteur est dissocié en deux modules en mode vis à vis, ou combiné dans un même boîtier en mode réflex

(utilisation d'une surface réfléchissante) et en mode de proximité (réflexion du faisceau sur le véhicule).

II.4.3- Avantages

Les capteurs IR présentent les avantages suivants :

- ✚ Un taux d'acquisition constant des informations : quelle que soit la distance mesurée, le capteur donne les informations en continue ;
- ✚ Une meilleure directivité ;
- ✚ Un faible encombrement car ne nécessite pas de module additionnel.

II.4.4- Inconvénients

- ✚ Le faisceau est sensible aux intempéries s'il est placé en bord de voie ;
- ✚ Les capteurs de type IR passif offrent une faible précision des mesures de vitesse et de débit.

II.5- Plan 3D de la maquette

Le prototype proposé est constitué d'une entrée, d'une sortie et des places de stationnement. La figure ci-contre nous montre la représentation en 3D du prototype proposé.



Figure II-20 : plan 3D du prototype proposé

II.6- Environnement logiciel

II.6.1- MIT application inventor

MIT App Inventor est une application web open source. Elle permet aux utilisateurs de créer des applications Android. L'application MIT Inventor a été fournie par Google, et maintenue par le Massachusetts Institute of Technology (MIT) dont les inventeurs sont Mark Friedman et le MIT professeur Hal Abelson.

App Inventor dans ce projet est utilisé pour le développement de l'application Android afin de permettre la visualisation de l'état d'occupation des places de stationnement en temps réel sur un smartphone. La programmation est réalisée en ligne, à l'aide de son navigateur, et sous l'environnement logiciel de son choix : Mac, Linux ou Windows. Les seules contraintes sont : avoir un compte Gmail pour pouvoir y accéder, et un accès à internet évidemment. Les informations sont stockées sur des serveurs distants. Trois fenêtres sont proposées pendant le développement :

- ✚ La création de l'interface homme machine : représente l'interface de développement de l'application ;

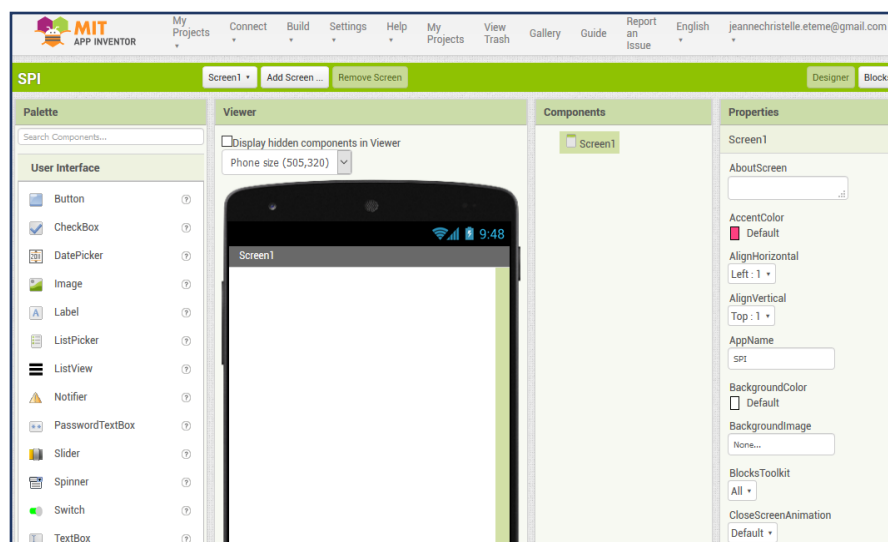


Figure II-21 : fenêtre de création de l'interface sur App Inventor

- ✚ La fenêtre de programmation : elle permet la programmation de l'application.

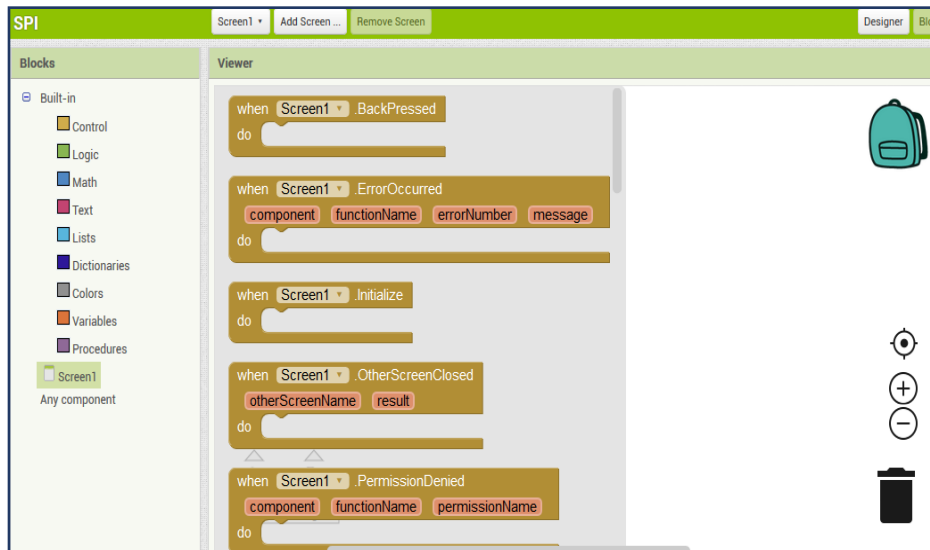


Figure II-22 : fenêtre du programme graphique

- ✚ L'émulateur : Il permet de tester l'application. Il remplace un terminal réel pour vérifier le bon fonctionnement du programme. La connexion d'un terminal réel sous Android permettra ensuite d'y télécharger le programme pour un test réel. Ce terminal pourra aussi bien être un téléphone ou tablette, le comportement du programme est identique.



Figure II-23 : émulateur de test de code sur App Inventor.

II.6.2- Arduino IDE

Le logiciel Arduino est un environnement de développement open source et gratuit. Il est dédié au langage Arduino, et permet d'écrire les programmes, appelés « Sketch », de les compiler et de les transférer dans la carte Arduino à travers une liaison USB, il intègre aussi un moniteur de port série.

L'avantage du langage Arduino IDE est qu'il est basé sur les langages C/C++, JAVA et supporte toutes les syntaxes standards du langage C et quelques-uns des outils du C++. En plus, de très nombreuses bibliothèques sont disponibles gratuitement, pour communiquer avec le matériel connecté à la carte.

Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée. La fonction *setup* contiendra toutes les opérations nécessaires à la configuration de la carte (directions des entrées sorties, débits de communications série, etc.). La fonction *loop* est exécutée en boucle après l'exécution de la fonction *setup*. Elle continuera de tourner en boucle tant que la carte n'est pas mise hors tension ou redémarrée par le bouton reset. Cette boucle est absolument nécessaire sur les microcontrôleurs étant donné qu'ils n'ont pas de système d'exploitation. En effet, si l'on omettait cette boucle, à la fin du code produit, il serait impossible de reprendre la main sur la carte Arduino qui exécuterait alors du code aléatoire.

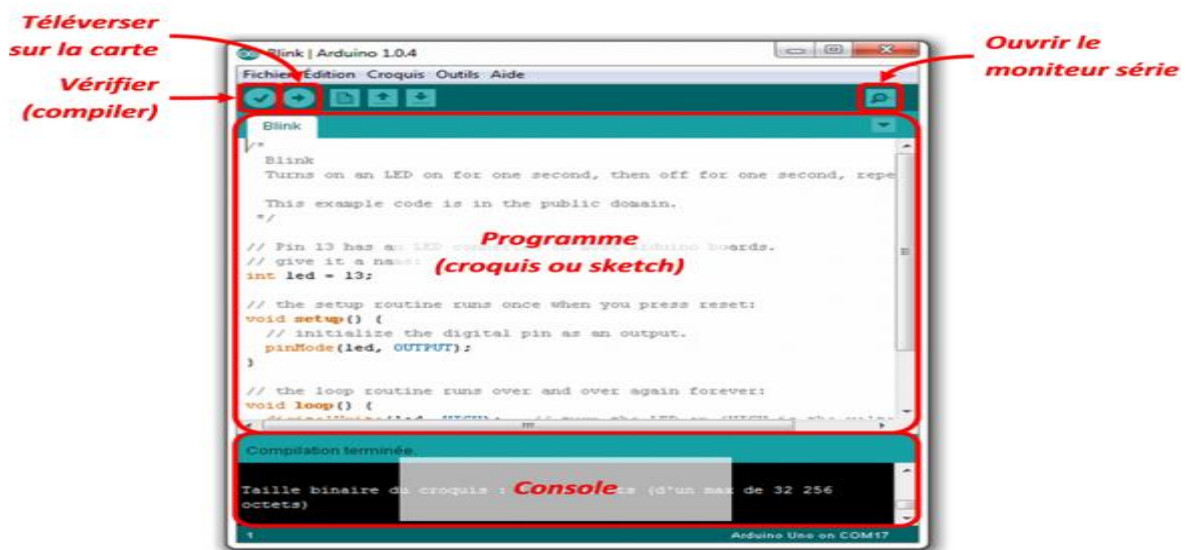


Figure II-24 : interface du logiciel Arduino.

II.6.3- Proteus Professionnel

Proteus Professionnel est une suite logicielle dédiée à l'électronique. Développé par *Labcenter electronics*, les logiciels incluent dans Proteus Professional permettent la conception assistée par ordinateur dans le domaine de l'électronique. Deux logiciels principaux constituent cette suite. Il s'agit d'ISIS et ARES. De nombreuses entreprises et organisations de formation utilisent cette suite logicielle. Outre la popularité de cet outil, Proteus Professionnel présente d'autres avantages :

- ✚ Un pack contenant un logiciel facile et rapide à comprendre et à utiliser ;
- ✚ Le support technique est performant ;
- ✚ L'outil de prototypage virtuel permet de réduire les coûts matériels et logiciels lors de la conception d'un projet.

ISIS est le logiciel choisit dans ce travail pour la simulation du système de parking intelligent. Il est principalement connu pour l'édition de schémas électriques. Par ailleurs, ce logiciel permet également de simuler des schémas, ce qui permet de déceler certaines erreurs dès la conception. Indirectement, les circuits électriques conçus avec ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations car le logiciel permet de contrôler la plupart des aspects graphiques des circuits. Son interface se présente comme suit :

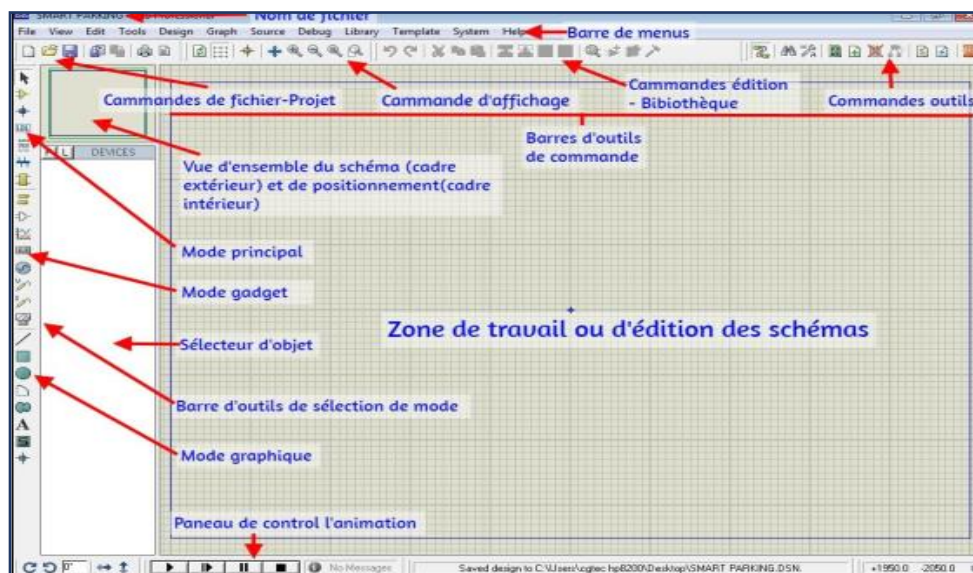


Figure II-25 : interface du logiciel ISIS Proteus.

II.6.4- Edraw Max

Edraw Max est un logiciel de création de diagrammes techniques d'entreprise 2D qui aide à créer des organigrammes, des diagrammes de réseau, des plans d'étage, des diagrammes de flux de travail, des diagrammes d'entreprise et des diagrammes d'ingénierie. Il a été utilisé dans ce projet pour la conception de l'architecture du système de parking intelligent.

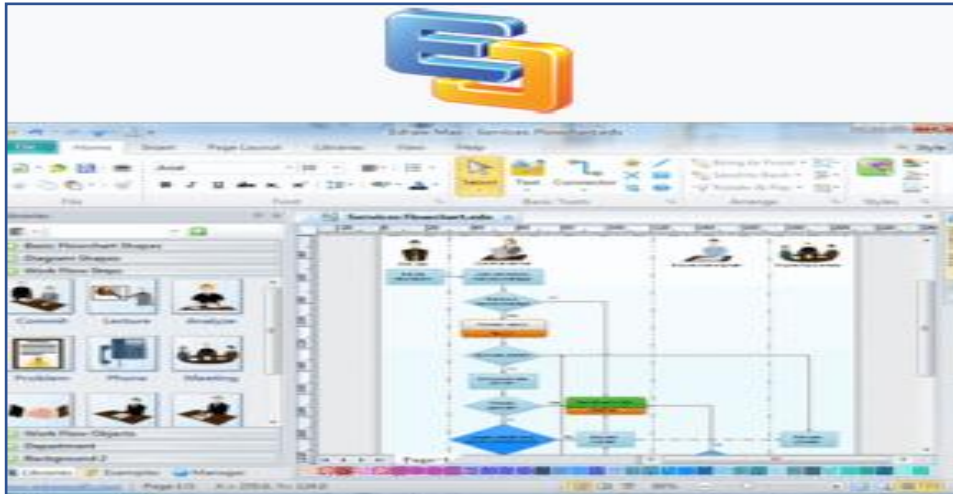


Figure II-26: interface Edraw Max

II.7- Environnement matériel

Les composants électroniques utilisés pour la réalisation de ce projet sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Numéros	Composants
01	Arduino Méga et UNO
02	Module Bluetooth HC 06
03	Capteur ultrason HC-SR04
04	Servomoteur
05	Afficheur LCD 16x2
06	Les Diodes

Tableau II.3: liste des composants électroniques.

II.7.1- Arduino Méga

Arduino Méga, de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur 8 bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C. La carte Arduino Méga 2560 possède 54 broches d'entrées / sorties numériques (dont 14 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 16 broches d'entrées analogiques, une connexion USB, une prise jack Power A, un connecteur ICSP et un bouton de réinitialisation. La carte Arduino méga est représentée ci-dessous :

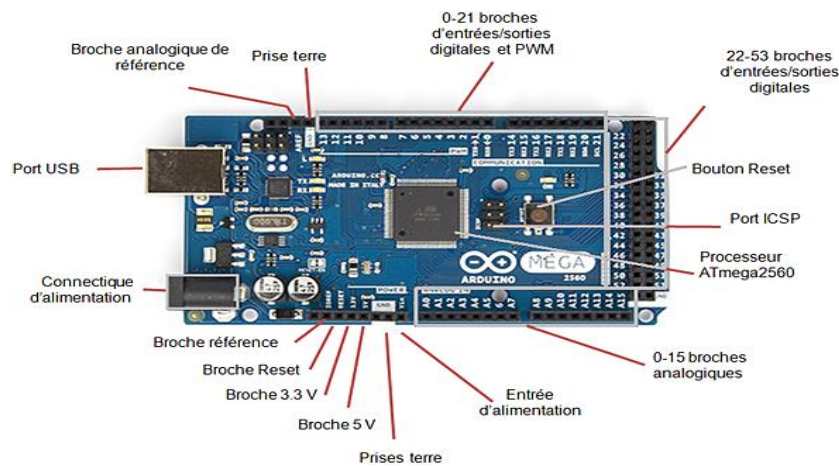


Figure II-27 : carte Arduino méga

Les caractéristiques de la carte Arduino méga sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches entrées/sorties numériques	54 (dont 14 dispose d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	16 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40mA
Intensité maxi disponible pour la sortie de 3.3V	50mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée 500mA
Mémoire Programme Flash	256 KB
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	8KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	4KB
Vitesse d'horloge	16 MHZ

Tableau II.4 : les caractéristiques de la carte Arduino méga

II.7.2- Capteur ultrason HC-SR04

Les capteurs ultrasons servent à détecter la présence d'objets et mesurer la distance entre ces objets. Le capteur émet des impulsions qui se propagent dans l'air jusqu'à ce qu'elles rencontrent un objet et retournent alors vers le capteur. Ce dernier capte l'écho et la durée du trajet aller-retour des impulsions lui permettant de déterminer la distance. Il est composé de quatre broches, dont les noms de broches sont respectivement Vcc, Trigger, Echo et Ground.



Figure II-28 : capteur ultrason

La configuration des broches est représentée dans le tableau ci-dessous :

Code Pin	Nom de Pin	Fonction
1	Vcc	La broche Vcc alimente le capteur, typiquement avec +5V
2	Trigger	La goupille de déclenchement est une broche d'entrée.
3	Echo	La broche Echo est une broche de sortie.
4	Ground	Broche connectée à la masse du système.

Tableau II.5: configuration des broches du capteur ultrason

II.7.3- Servomoteur

Un servomoteur est un moteur à courant continu à asservissement électronique capable de contrôler la position/rotation de son axe de rotation afin de le maintenir à une position statique.

Sur un servomoteur, l'angle de l'axe reste fixé dans une position et peut varier entre 0 et 180° en fonction du signal envoyé. Il comprend :

- ✚ Un moteur électrique (continu), généralement assez petit ;

-
- ✚ Des engrenages réducteurs en sortie de ce moteur (pour avoir moins de vitesse et plus de couple ou de force) ;
 - ✚ Un capteur de type "potentiomètre" raccordé sur la sortie.



Figure II-29 : servomoteur

II.7.4- Afficheur LCD 16x2

Les afficheurs LCD sont des modules compacts intelligents et nécessitant peu de composants externes. Ils sont utilisés avec beaucoup de facilité. Ils sont pratiquement les seuls à être utilisés sur les appareils à alimentation par pile. Plusieurs afficheurs sont disponibles sur le marché et ne se diffèrent pas les uns des autres, seulement par leurs dimensions. Certains sont dotés d'un rétro éclairage de l'affichage. Cette fonction fait appel à des LED montées derrière l'écran du module. En dessous de l'écran à cristaux liquides proprement dit, on trouve une série de quatorze broches aux rôles suivantes :

- ✚ Broche 1 : masse ;
- ✚ Broche 2 : Vcc ;
- ✚ Broche 3 : luminosité ;
- ✚ Broche 5 : R/W sélection du mode de lecture ou écriture (0 = écriture et 1 = lecture) ;
- ✚ Broche 6 : E = commande des opérations d'écriture ou de lecture ;
- ✚ Broche 7 à 14 : utilisées pour le transfert des données ou des instructions.



Figure II-30 : afficheur LCD

II.7.5- Diode électroluminescente

Une diode électroluminescente est un composant optoélectronique à base de semi-conducteur capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Elle ne laisse passer le courant que dans un seul sens comme une diode classique. Ils existent plusieurs couleurs de diode électroluminescentes selon la technologie.

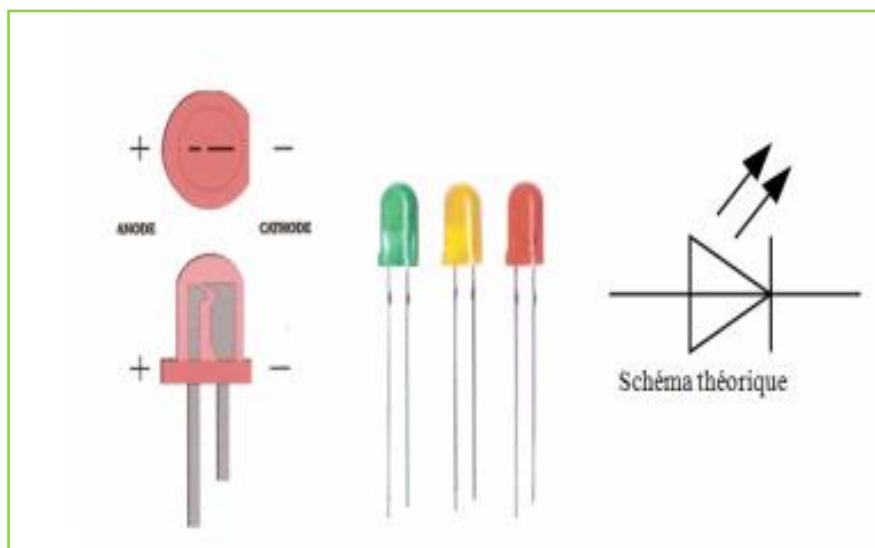


Figure II-31 : diode électroluminescente

II.7.6- Module Bluetooth HC 06

Le module Bluetooth HC-06 est un module Bluetooth SPP (Serial Port Protocol), conçu pour une configuration de connexion série sans fil transparente. Sa communication s'effectue via

une communication série qui facilite l'interface avec le contrôleur ou le PC. Il se présente comme suit :

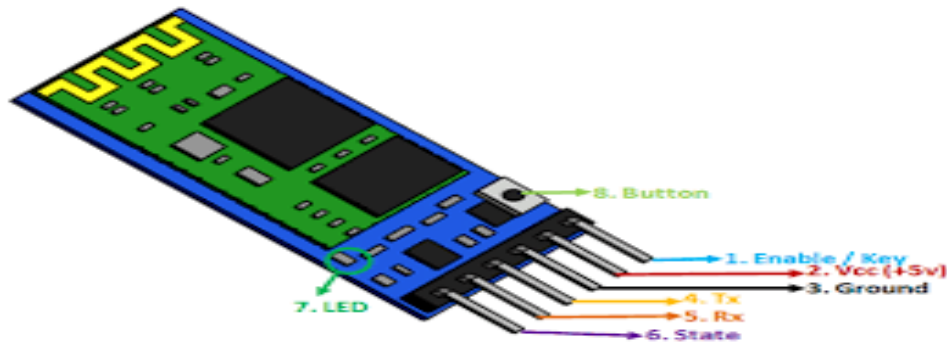


Figure II-32: module Bluetooth HC_06

La configuration des pins du module Bluetooth est donnée par le tableau ci-contre :

Code Pin	Nom de Pin	Fonction
1	Enable/Key	Cette broche est utilisée pour basculer entre le mode de données (réglé bas) et le mode de commande (réglé haut).
2	Vcc	Alimente le module. Connecté à + 5V tension d'alimentation
3	Ground	Broche de terre du module, connecté à la masse du système
4	TX – Transmitter	Transmettre des données série. Tout ce qui est reçu via Bluetooth sera émis par cette broche en tant que données série.
5	RX – Receiver	Recevoir des données en série. Chaque donnée de série envoyée à cette broche sera diffusée via Bluetooth
6	LED	Indique l'état du module <ul style="list-style-type: none"> •Clignote une fois en 2 secondes : le module est entré en mode commande •Clignotement répété : en attente de connexion en mode données •Clignote deux fois en 1 seconde : Connexion réussie en mode données
8	Button	Utilisé pour contrôler l'Enable/key broche pour basculer entre les données et le mode de commande.

Tableau II.6: configuration des broches du module Bluetooth.

Dans ce chapitre, il était question de décrire le fonctionnement du système de parking intelligent. Nous avons présenté son architecture, le synoptique du prototype, les technologies ainsi que les différents outils de développement hardware et software utilisés pour la réalisation.

CHAPITRE III : IMPLEMENTATION ET RESULTATS

Ce dernier chapitre est consacré à l'implémentation du système de parking intelligent. Nous présenterons premièrement les processus d'exécution de l'algorithme du système. Ensuite nous procéderons au développement de l'application Android et à la simulation du système dans le logiciel Proteus. Enfin nous passerons à la réalisation du prototype.

III.1- Processus d'exécution de l'algorithme du système

✚ Processus de l'algorithme d'un véhicule entrant dans le parking.

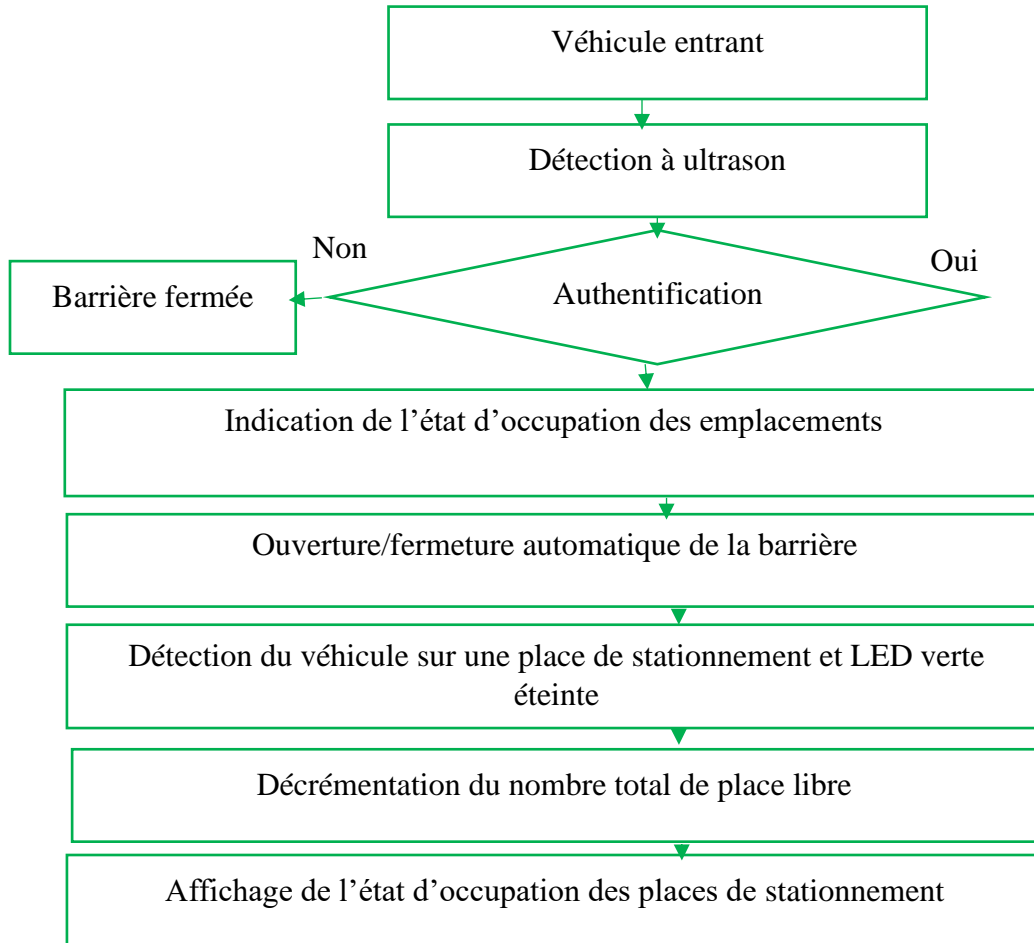


Figure III-33 : processus de l'algorithme d'un véhicule entrant dans le parking.

✚ **Processus de l'algorithme d'un véhicule sortant dans le parking.**

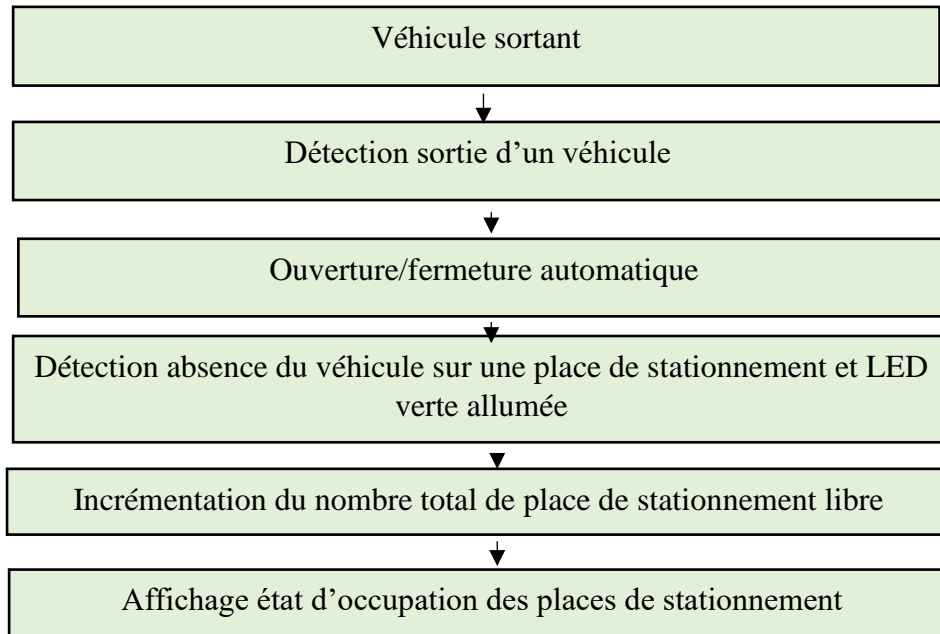


Figure III-34 : processus de l'algorithme d'un véhicule sortant dans le parking.

✚ **Processus de l'algorithme de détection de la présence d'un véhicule.**

La figure ci-dessous montre l'algorithme qui permet de détecter la présence d'un véhicule dans une place de stationnement.

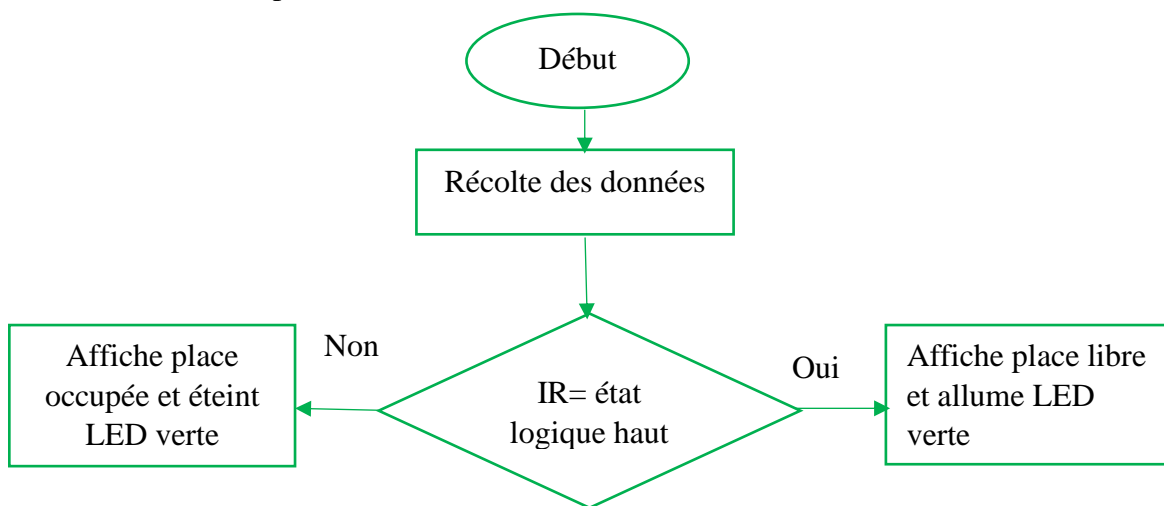


Figure III-35 : processus de l'algorithme de détection d'un véhicule.

✚ Processus de l'algorithme de la barrière

Cet algorithme permet d'ouvrir la barrière quand un véhicule entre dans le parking et de la fermer lorsqu'il sort.

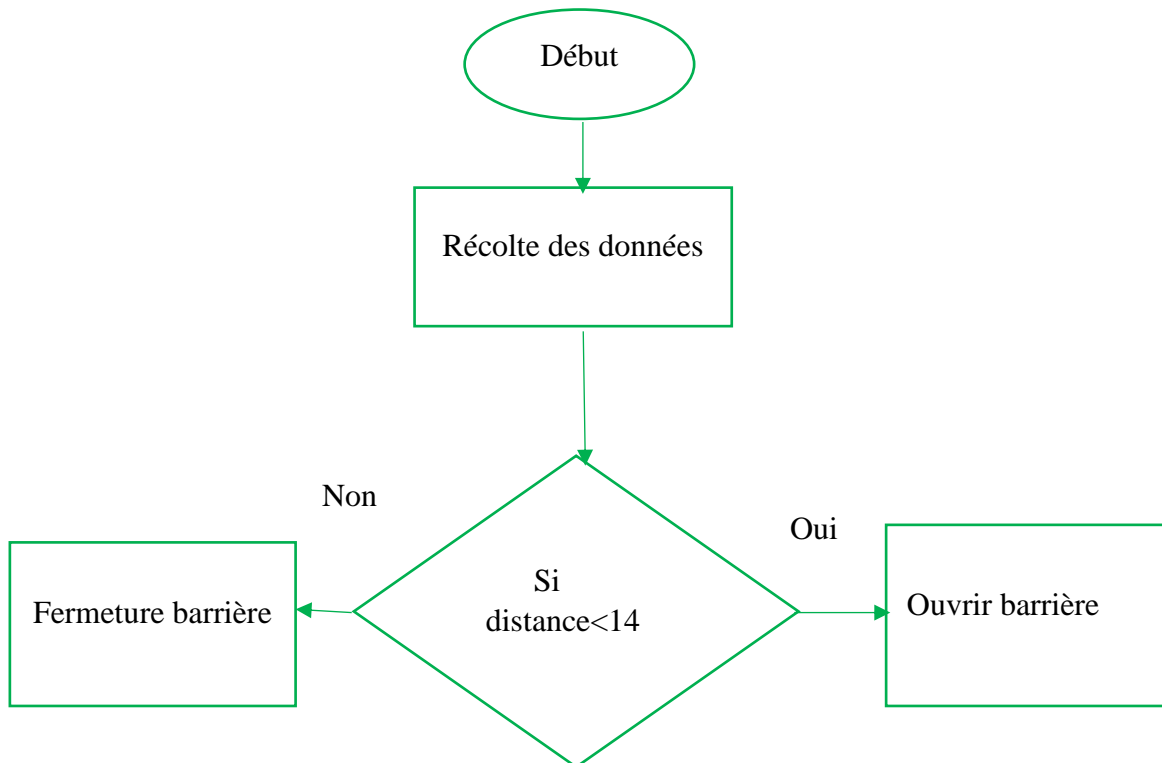


Figure III-36 : processus de l'algorithme de la barrière.

III.2- programmation des fonctionnalités du système

✚ Authentification d'un automobiliste par une carte RFID

La fonction void authentication () vérifie si un automobiliste a accès au parking. Le lecteur RFID MFRC522 lit le numéro d'identification inscrit dans la carte RFID du conducteur. Si le conducteur est enregistré dans le système, l'écran affiche « accès autorisé », s'il n'est pas enregistré, le système affiche « accès interdit ».

```

Void authentication(){if ( ! mfr522.PICC_IsNewCardPresent()) { return;
    }

    if ( ! mfr522.PICC_ReadCardSerial()) { return; }

    String content = "";

    for (byte i = 0; i < mfr522.uid.size; i++) {
content.concat(String(mfr522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
content.concat(String(mfr522.uid.uidByte[i], HEX)); }

    content.toUpperCase();

    if (content.substring(1) == "AB AC 23 0D") {

        sms2 ();

        delay(2000)}

        else sms3 ();

        delay(3000); }

```

Commande des servomoteurs pour l'ouverture et la fermeture des barrières

Les fonctions Ouverture_B2() et Fermeture_B2() permettent de l'ouverture et la fermeture de la barrière de sortie.

```

void Ouverture_B2(){
    servo.attach(12);

for (servoPos = 0; servoPos <= 90; servoPos ++ )
    { servo.write(servoPos); delay(25); }

    void Fermeture_B2(){
        servo.attach(12);

for (servoPos = 90; servoPos >= 0; servoPos--){
            servo.write(servoPos);

            delay(25);}}

```

✚ Détection d'un véhicule par un capteur IR

Le code suivant décrit la détection d'un véhicule sur une place de stationnement

```
        if (IR1==HIGH) {
            digitalWrite(IR1_LED1,HIGH);
            IR1_LCD=1; }
            else
            {digitalWrite(IR1_LED1,LOW);
            IR1_LCD=0;
            }
```

✚ Scénario de détection des places de stationnement

Le code suivant implémente le scénario détection le cas où tous les places de parking sont libres.

```
switch(DATA_IR)
case 0:
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("-STATE PARKING-");
    cd.setCursor(0, 1);lcd.print("-P1--P2--P3--P4-"); delay(100);
    Serial.print("LIBRE"); Serial.print("|");
    Serial.print("LIBRE");
    Serial.print("|"); Serial.print("LIBRE"); Serial.print("|");
    Serial.print("LIBRE"); delay(400);
break ;
```

✚ Feux de signalisation de la barrière d'entrée

A Chaque passage d'un véhicule à la barrière d'entrée, Initialement, la LED rouge est allumée. Après authentification d'un automobiliste dans le système, la LED verte s'allume. La LED orange est la transition entre l'ouverture et la fermeture de la barrière. Et le cycle recommence.

```
digitalWrite (LED_V,HIGH); digitalWrite(LED_R,LOW);
digitalWrite(LED_J,LOW);
delay (8000);
V1=Barriere1 ();}
while (V1 > 10);
int servoPos ; delay(500); Ouverture_B1() ;
do {
V1=Barriere1 ();}
while (V1 < 14); delay (500);
Fermeture_B1(); digitalWrite(LED_J,HIGH);
digitalWrite(LED_R,LOW);digitalWrite(LED_V,LOW); delay(1000);
digitalWrite(LED_R,HIGH); digitalWrite(LED_J,LOW);
digitalWrite(LED_V,LOW)
```

III.3- Simulation du système dans Proteus

Avant de passer au test réel, il a fallu simuler le comportement de notre système dans le logiciel Proteus.

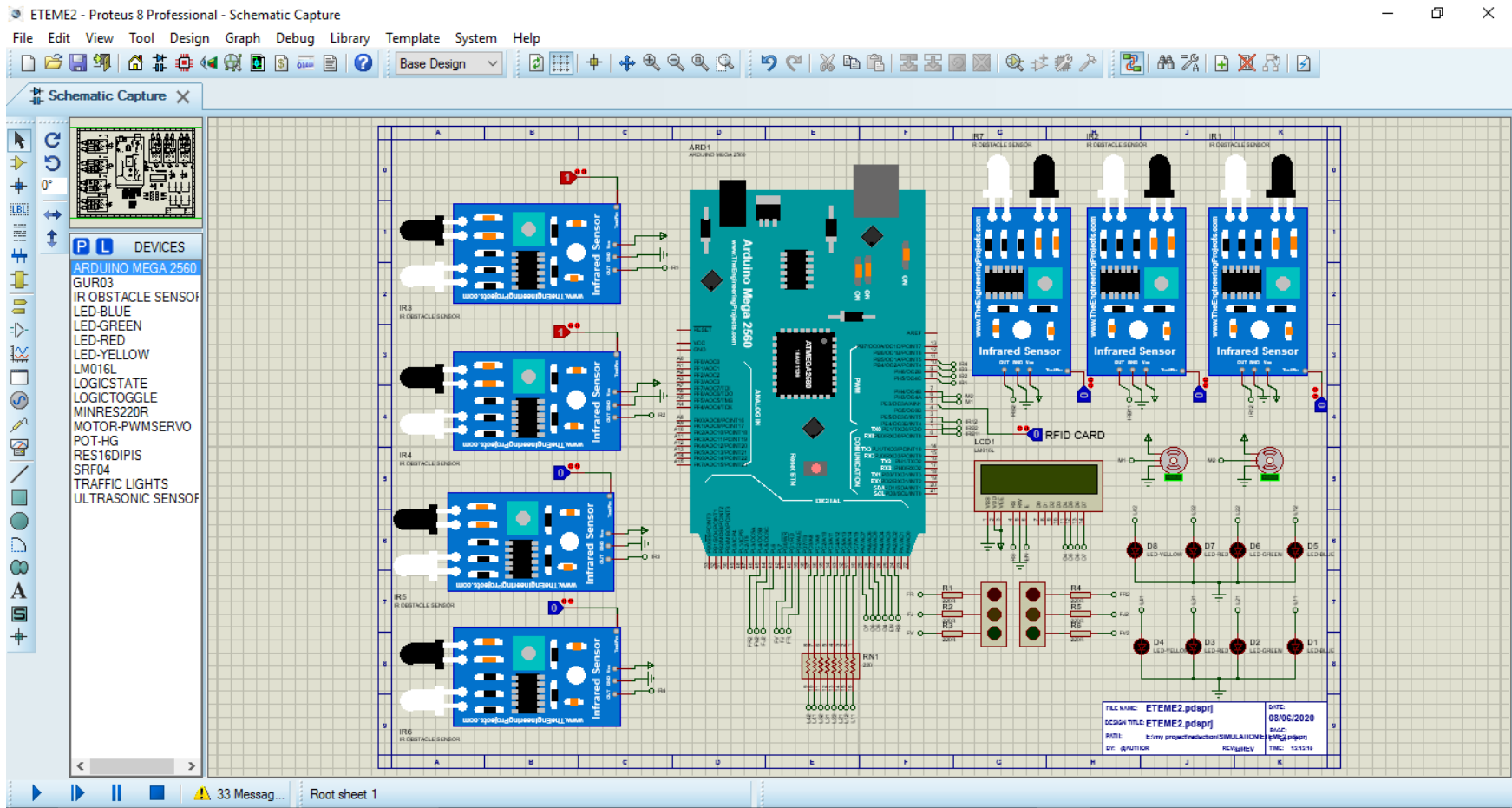


Figure III-37 : connexion des composants électroniques du système sous Proteus

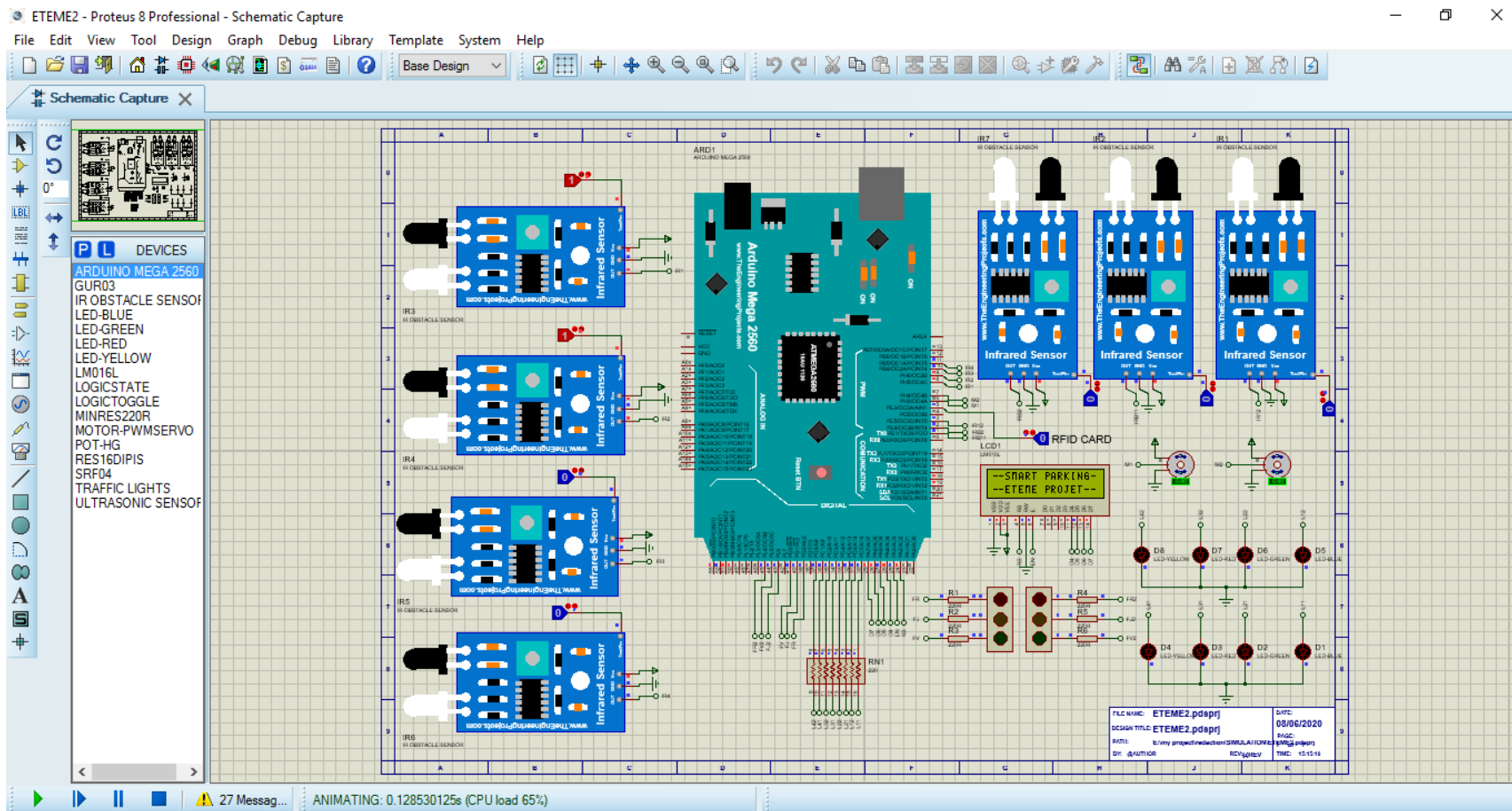


Figure III-38 : début de la simulation

Rédigé par : ETEME ONGUENE Jeanne Christelle, en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique Deuxième Grade (DIPET II)

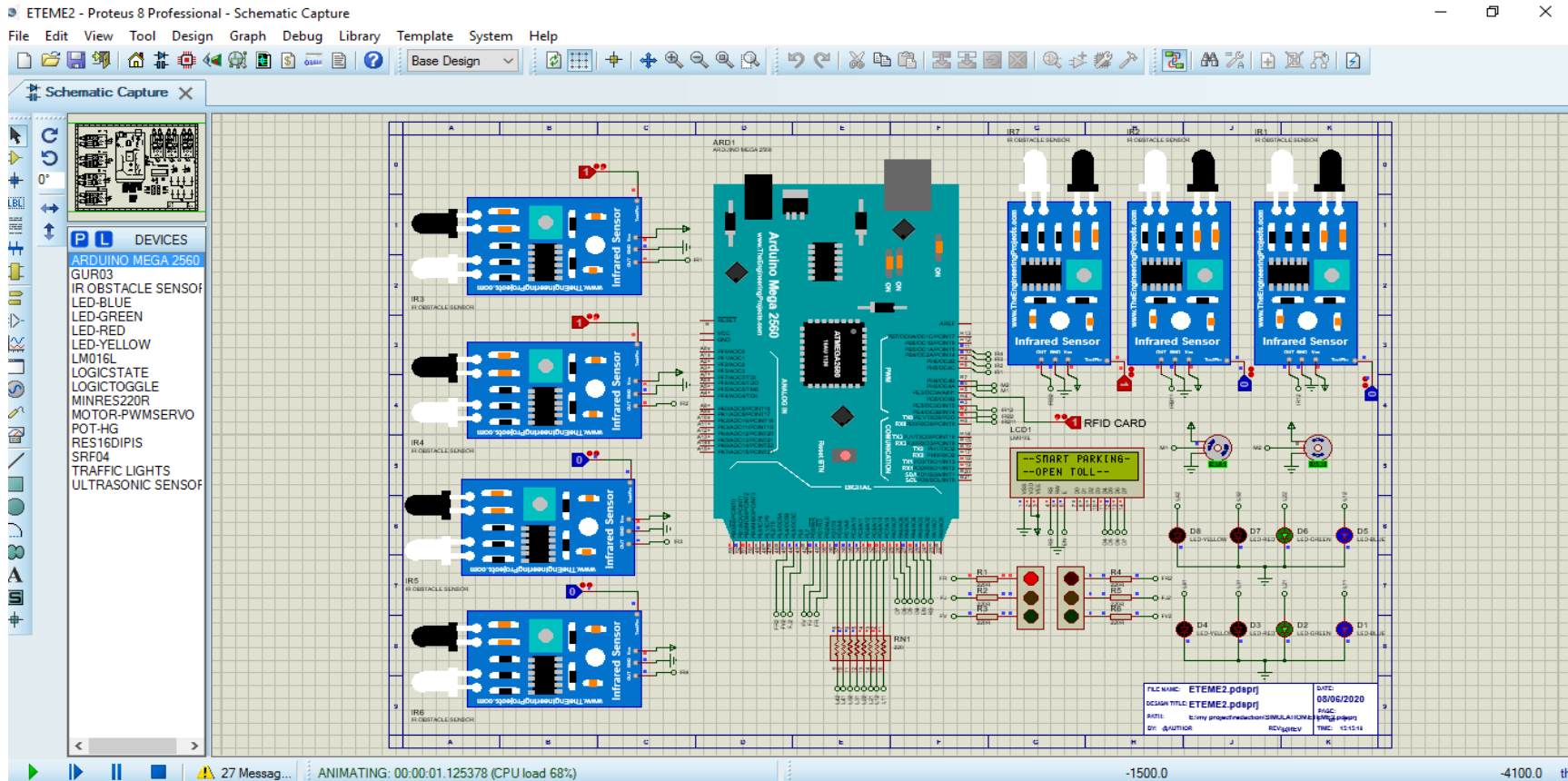


Figure III-39 : authentification et ouverture automatique de la barrière.

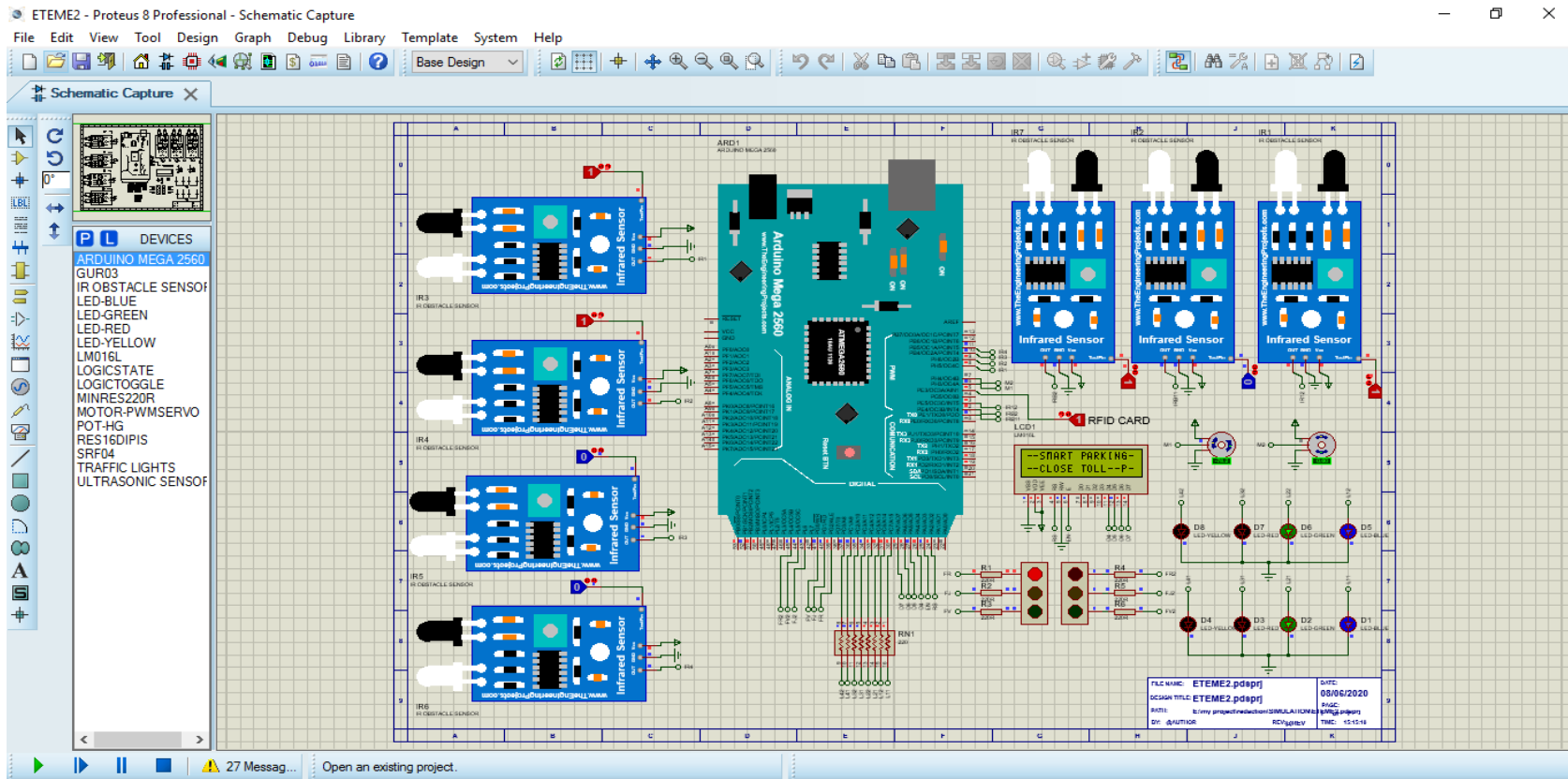


Figure III-40 : fermeture automatique de la barrière

Rédigé par : ETEME ONGUENE Jeanne Christelle, en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement Technique Deuxième Grade (DIPET II)

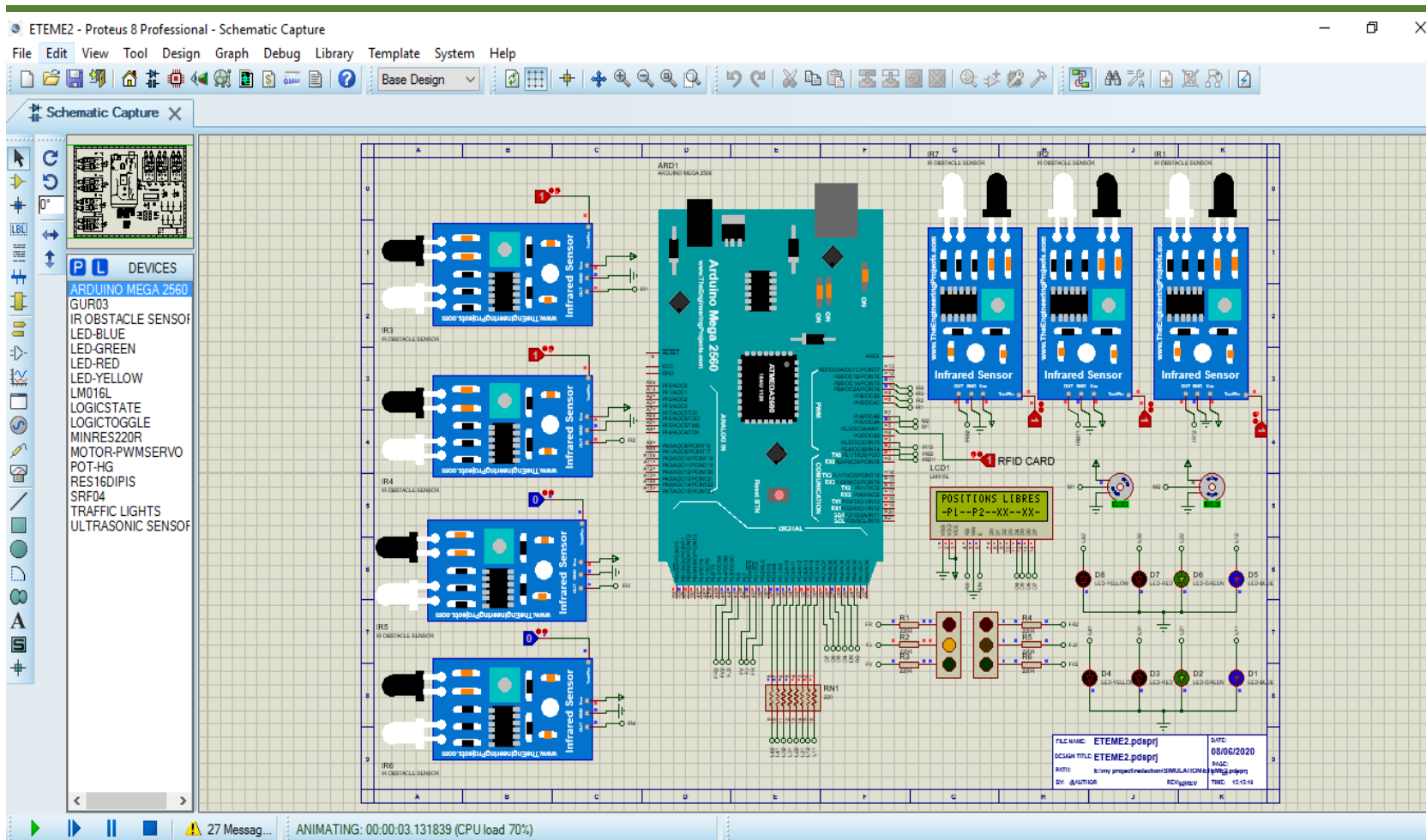


Figure III-41 : affichage de l'état d'occupation des places de stationnement

III.4- Développement de l'application Android

Cette application va nous permettre de visualiser l'état d'occupation des places de stationnement. Nous allons nous connecter au système via le Bluetooth pour acquérir les informations du système. Le code gérant la connexion Bluetooth est le suivant :

```
when ListPicker1 .BeforePicking
do set ListPicker1 .Elements to BluetoothClient1 .AddressesAndNames

when ListPicker1 .AfterPicking
do set ListPicker1 .Selection to call BluetoothClient1 .Connect
address ListPicker1 .Selection
set ListPicker1 .Text to "CONNECTER"
set ListPicker1 .BackgroundColor to #0000FF
```

Figure III-42 : code de connexion Bluetooth de l'application Android.

Après le développement de notre application sur la plateforme MIT app Inventor, nous avons généré le fichier «.apk » de notre application Android. Après l'installation, nous avons obtenu sur le smartphone l'interface d'accueil suivante :

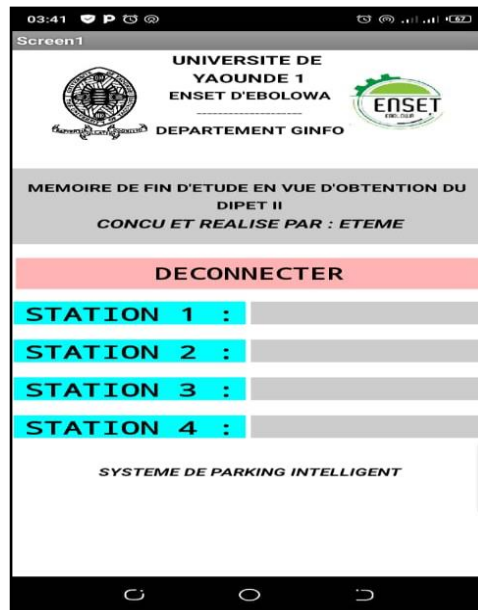


Figure III-43 : interface de l'application Android

III.5- Montage et câblage électrique du prototype

Le schéma ci-dessous montre le câblage électrique du prototype du système proposé :

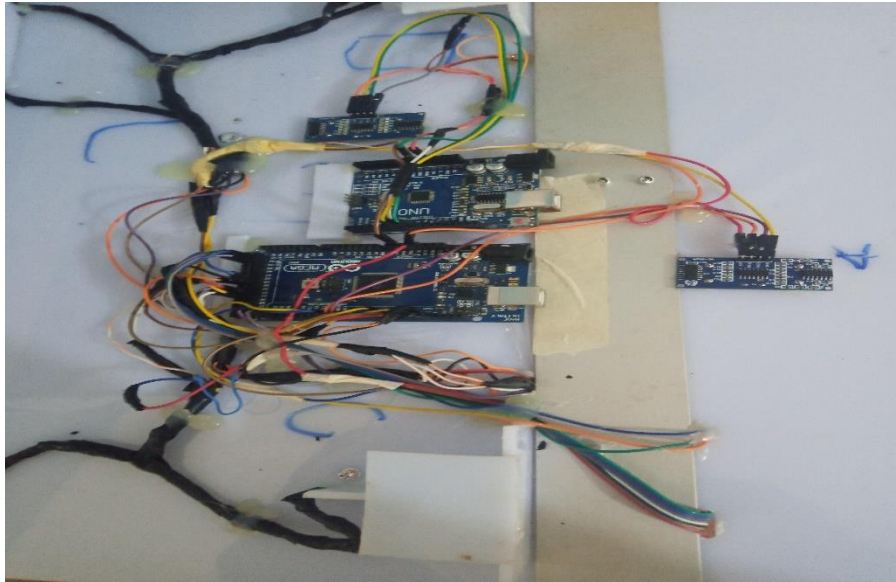


Figure III-44 : schéma de câblage électrique du prototype.

La présentation du prototype du système de parking intelligent est donnée par la figure ci-contre.



Figure III-45 : prototype du système de parking intelligent.

III.6- Résultats

Le parking est équipé deux barrières : une barrière d'entrée et une autre de sortie qui se composent chacune d'un servomoteur et un capteur ultrason. Quand une voiture arrive à l'entrée, après authentification, le capteur ultrason mesure la distance et détecte la voiture, la barrière s'ouvre et se referme. La capacité de notre parking est de quatre emplacements munis également d'un capteur infrarouge chacun. Nous avons trois feux de signalisation qui orientent le conducteur lors de son authentification dans le système. Initialement, le feu est rouge, lorsque l'automobiliste s'authentifie, la LED verte s'allume lui signalant de passer, ensuite l'allumage de la LED orange, qui est la transition entre l'ouverture et la fermeture de la barrière. Et ensuite, la LED rouge s'allume de nouveau comme à l'état initial. Nous avons également les feux de guidage à l'intérieur du parking qui indique à l'utilisateur l'état d'une place du parking. L'allumage d'une LED verte signalera l'absence d'un véhicule. Et l'extinction indiquera pour la présence du véhicule.

✚ Authentification d'utilisateur dans le système



Figure III-46 : authentification d'un usager dans le système.

-
- ✚ Ouverture automatique de la barrière en cas d'une voiture authentifié à l'entrée du parking



Figure III-47 : ouverture automatique de la barrière en cas d'authentification d'un véhicule.

- ✚ Ouverture automatique de la barrière en cas de sortie d'un véhicule



Figure III-48 : ouverture automatique de la barrière en cas de sortie d'un véhicule.

✚ Affichage de l'état d'occupation des places de stationnement sur l'écran LCD



Figure III-49 : affichage de l'état d'occupation des places sur l'écran LCD.

✚ Affichage de l'état d'occupation des places de stationnement sur l'application Android.



Figure III-50 : affichage de l'état d'occupation des places sur l'application Android.

Ce chapitre était consacré à la réalisation. Après les tests et les validations, l'objectif fixé, à savoir l'indication de l'état d'occupation des places de stationnement en temps réel, a été atteint. L'application est capable de communiquer avec les composants matériels du prototype de parking intelligent sans obstacle en utilisant la technologie Bluetooth.

CONCLUSION

Notre travail portait sur la conception et la réalisation d'un système de parking intelligent basé sur la technologie RFID et les capteurs IR. Ce travail vient apporter une solution à la problématique de perte de temps observé à la recherche d'une place de stationnement libre. L'objectif que nous nous sommes fixés était donc de permettre aux usagers de pouvoir visualiser en temps réel les places de stationnement libres via des panneaux de signalisation visuels et une application Android. Pour ce faire nous avons premièrement étudié les travaux antérieurs faits dans le domaine des parkings intelligents afin de relever certains manquements et de justifier le choix des technologies utilisées dans ce projet. Après la présentation des technologies d'identification par radio-fréquence et infrarouge, nous avons procédé à la conception de notre système. Cette conception est passée tout d'abord par la description du fonctionnement de notre système et ensuite à la présentation des outils hardware et software utilisés pour la réalisation de ce projet. L'implémentation du système dans un microcontrôleur Arduino méga nous a permis d'obtenir les résultats satisfaisants à savoir l'authentification par la radio-fréquence, la détection des voitures par les capteurs infrarouges et enfin la visualisation des places de stationnement libres.

En perspective, nous améliorerons notre système de parking intelligent en intégrant d'autres fonctionnalités à savoir :

- ✚ La centralisation de tous les parkings intelligents ;
- ✚ L'interopérabilité entre les différents parkings intelligents ;
- ✚ Le système de paiement et la réservation des places de stationnement ;
- ✚ Et la sécurité des véhicules en intégrant également l'authentification des usagers à la sortie du parking.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ndam, Salifou. s. d. Circuler et Stationner à Yaoundé : Parkings Publics et Régulation de La Mobilité Urbaine Salifou Ndam.
- [2] Shaheen, Susan. 2005. « Smart Parking Management Field Test: A Bay Area Rapid Transit (BART) District Parking Demonstration ».
- [3] Ahad, Abdul, Zishan Raza Khan, et Syed Aqeel Ahmad. 2016. « Intelligent parking system ». World Journal of Engineering and Technology.
- [4] Parrain, F., S. Mir, B. Charlot, et B. Courtois. 2001. « Capteur infrarouge CMOS à thermopiles comportant des fonctions de self-test ». Nano et micro technologies.
- [5] Bachani, Mamta, Umair Mujtaba Qureshi, et Faisal Karim Shaikh. 2016. « Performance Analysis of Proximity and Light Sensors for Smart Parking ». Procedia Computer Science.
- [6] K. Ueda, I. Horiba, K. Ikeda, H. Onodera, and S. Ozawa, (1991). An algorithm for detecting parking cars by the use of picture processing (1981), IEICE Trans. Information and Systems.vol.J74-D-II. IO, pp.1379-1389.
- [7] SR, Mr Basavaraju. 2015. « Automatic smart parking system using Internet of Things (IOT) ». International Journal of Scientific and Research Publications.
- [8] Huang, Ching-Chun, et Sheng-Jyh Wang. 2010. « A hierarchical bayesian generation framework for vacant parking space detection ». IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology.
- [9] Kadhim, Maher Hassan. 2018. « Arduino Smart Parking Manage System based on Ultrasonic ». International Journal of Engineering & Technology.
processing (1981), IEICE Trans. Information and Systems.vol.J74-D-II. IO, pp.1379-1389.
- [10] Al-Turjman, Fadi, et Arman Malekloo. 2019. « Smart parking in IoT-enabled cities: A survey ». Sustainable Cities and Society.
- [11] Aggarwal, Mala, Simmi Aggarwal, et R. S. Uppal. 2012. « Comparative implementation of automatic car parking system with least distance parking space in wireless sensor networks ». International Journal of Scientific and Research Publications.

-
- [12] Metz, Bibliothecnujeniversitairede. s. d. « M. EtienneColln M. Michel Dpw ». 169.
- [13] U. Sunantachaikul et S. Triamlumlerd J.Chinrungrueng. Stationnement intelligent : une application de réseau de capteurs sans fil optique. Actes du Symposium international sur les applications et les ateliers sur Internet, 2007.
- [14] Nandyal, Suvarna, Sabiya Sultana, et Sadaf Anjum. 2017. « Smart car parking system using arduino uno ». International Journal of Computer Applications.
- [15] Ahad, Abdul, Zishan Raza Khan, et Syed Aqeel Ahmad. 2016. « Intelligent parking system ». World Journal of Engineering and Technology.
- [16] Kianpishah, Amin, Norlia Mustaffa, Pakapan Limtrairut, et Pantea Keikhosrokiani. 2012. « Smart parking system (SPS) architecture using ultrasonic detector ». International Journal of Software Engineering and Its Applications.
- [17] Rodier, Caroline J., Susan A. Shaheen, et Amanda M. Eaken. 2004. « Applying Integrated ITS Technologies to Parking Management Systems: A Transit-Based ».
- [18] Glover, Bill, et Himanshu Bhatt. 2006. RFID Essentials. O'Reilly Media, Inc.
- [19] Al-Turjman, Fadi, et Arman Malekloo. 2019. « Smart parking in IoT-enabled cities: A survey ». Sustainable Cities and Society.
- [20] Trebaljevac, Ivan. 2015. « An SDN based solution for a smart parking ». PROCEEDINGS (ZBORNIK RADOVA).
- [21] Yusnita, Rahayu, Fariza Norbaya, et Norazwinawati Basharuddin. 2012. « Intelligent parking space detection system based on image processing ». International Journal of Innovation, Management and Technology.
- [22] Messai, M. L., et K. Daabaj. 2012. « Gestion d'un parking par un réseau de capteurs sans fils».
- [23] Jean-Pierre Hauet « L'Internet des objets deux technologies clés les réseaux de communication et les protocoles », Deuxième partie, REE N°5/2016.
- [24] B.Rivollet and C.Serre. Les reseaux de capteurs. Technical report, 2013.
- [25] Benlghazi, A., E. Chadli, et D. Moussaid. 2014. « Bluetooth technologie for Industrial Application ». P. 1-5 in 2014 5th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS).
-

[26] K. Ueda, I. Horiba, K. Ikeda, H. Onodera, and S. Ozawa, (1991). An algorithm for detecting parking cars by the use of picture.

[27] Arras, Kai O., Nicola Tomatis, Björn T. Jensen, et Roland Siegwart. 2001. « Multisensor on-the-fly localization: Precision and reliability for applications ». Robotics and Autonomous Systems

WEBOGRAPHIE

[28] <https://escholarship.org/uc/item/5128r10g> : consulté le 20 décembre 2019 à 11h 29mn 51s.

<https://www.sciencedirect.com/search/advanced?q=smart%20parking%20system> : consulté le 20 décembre 2019 à 11h 47mn 20s.

[29] <https://www.companeo.com/portiques-de-securite/guide/technologie-rfid> : consulté le 18 avril 2020 à 14h 24mn 20s.

[30] <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module> : consulté le 06 janvier 2020 à 07h 56mn 15s.

[31] <https://www.ornikar.com> : consulté le 28 mars 2020 à 06h 12mn 01s.

[32] <https://parksmart.gbci.org/what-smart-parking> : consulté le 29 mars 2020 à 15h 43 mn 47s.

[33] <https://www.commentcamarche.net/contents/108-bluetooth-comment-ca-marche> : consulté le 06 avril 2020 à 20h 55mn 28s.

[34] <https://www.signals.fr/panneau-signalisation-led-piles-1.html> : consulté le 14 avril 2020 à 22h 12mn 34s.

[35] <https://onvaessayer.org/appinventor/config/introduction.php> : consulté le 18 avril 2020 à 15h 52mn 31s.

[36] <https://www.google.com/search?q=systeme+RFID+active&client> consulté le 13 juillet 2020 à 21h 26mn 10s.

ANNEXES :

PROGRAMME ARDUINO

```
* -----  
*      MFRC522   Arduino   Arduino   Arduino   Arduino   Arduino  
*      Reader/PCD Uno/101   Mega      Nano v3   Leonardo/Micro Pro Micro  
* Signal   Pin     Pin     Pin     Pin     Pin     Pin
```

```
* -----  
* RST/Reset RST      9      5      D9      RESET/ICSP-5 RST  
* SPI SS    SDA(SS) 10     53     D10     10      10  
* SPI MOSI  MOSI     11 / ICSP-4 51     D11     ICSP-4   16  
* SPI MISO  MISO     12 / ICSP-1 50     D12     ICSP-1   14  
* SPI SCK   SCK      13 / ICSP-3 52     D13     ICSP-3   15*/
```

```
#include <Wire.h> // Library for I2C communication
```

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library for LCD
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <MFRC522.h>
```

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servo;
```

```
// Connect to LCD via I2C, default address 0x27 (A0-A2 not jumpered)
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27, 16, 2);
```

```
const int trigPin = 2;
```

```
const int echoPin = 3;
```

```
const int trigPin2 = 7;
```

```
const int echoPin2 = 6;
```

```
int servoPos ;
```

```
long duration;
```

```
int distance;
int V1, V2;
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
MFRC522::MIFARE_Key key
int UID[5];
String content = "";
boolean rfid_ID =true;
const int IR1_PIN= 8; const int IR2_PIN= 9;
const int IR3_PIN= 10; const int IR4_PIN= 11;
const byte IR1_LED1= 30;const byte IR2_LED1= 31;
const byte IR3_LED1= 32;const byte IR4_LED1= 33;
const byte LED_J= 39;const byte LED_V= 40;
const byte LED_R= 38;
const byte IR1_LED2= 26;const byte IR2_LED2= 27;
const byte IR3_LED2= 28;const byte IR4_LED2= 28;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  lcd.backlight();
  lcd.begin();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("PFE:ETEME CRHISTEL");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" -SMART PARKING-");
  delay(1500);
  pinMode(IR1_PIN,INPUT);
  pinMode(IR2_PIN,INPUT);
  pinMode(IR3_PIN,INPUT);
```

```
pinMode(IR4_PIN,INPUT);
pinMode(IR1_LED1,OUTPUT);
pinMode(IR2_LED1,OUTPUT);
pinMode(IR3_LED1,OUTPUT);
pinMode(IR4_LED1,OUTPUT);
pinMode(IR1_LED2,OUTPUT);
pinMode(IR2_LED2,OUTPUT);
pinMode(IR3_LED2,OUTPUT);
pinMode(IR4_LED2,OUTPUT);
pinMode(LED_R,OUTPUT);
pinMode(LED_J,OUTPUT);
pinMode(LED_V,OUTPUT);
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
pinMode(trigPin2, OUTPUT);
pinMode(echoPin2, INPUT);
sms1();
digitalWrite(LED_R,HIGH);
digitalWrite(LED_J,LOW);
digitalWrite(LED_V,LOW);
delay(200);
}
void loop() {
  if ( ! mfr522.PICC_IsNewCardPresent())
  {
    return;
  }
}
```