

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة ابن خلدون - تيارت
University of Ibn Khaldoun - Tiaret



Graduation Thesis

In partial fulfillment of the requirements for the degree of **Master**

Field : **Electrical Engineering**

Specialization : **Embedded Systems Electronics**

Topic

Conception and realization of a car security system

Prepared by :
HASSOUNE Amira Ghozlane
HAMMOUDA Abdeillah

Defended on : **July 8, 2025**
Before the jury committee :

Mr. NASRI Djilali
Mr. SAFA Ahmed
Mr. MAAMAR Noureddine

Jury President
Examiner
Supervisor

Academic Year : 2024/2025

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة ابن خلدون - تيارت
Université IBN KHALDOUN -TIARET



Mémoire de fin d'étude

En vue d'obtention de diplôme de **Master**

Filière : **Génie Electrique**

Spécialité : **Electronique des Systèmes Embarqués**

Thème

Conception et réalisation des systèmes de sécurité automobile

Préparé par :

HASSOUNE Amira Ghazlane
HAMMOUDA Abdeillah

défendé le : **08 Juillet, 2025**

Devant les membres de jury composée de

Mr. NASRI Djilali
Mr. SAFA Ahmed
Mr. MAAMAR Noureddine

Président du jury
Examineur
Superviseur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Alhamdulillah qui nous a accordé la santé, la patience et la force pour mener à bien ce travail.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur MAAMAR Noureddine, notre encadrant, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et ses encouragements tout au long de ce projet de fin d'études. Ses orientations nous ont permis de progresser dans notre travail avec confiance et rigueur.

Nous remercions également l'ensemble des enseignants et des responsables du département de génie électrique pour les connaissances qu'ils nous ont transmises et pour leur accompagnement tout au long de notre parcours universitaire.

Nos remerciements s'adressent également à nos familles, en particulier à nos parents, pour leur soutien inconditionnel, leurs prières et leur patience, qui ont été pour nous une source de motivation constante.

Nous n'oublions pas de remercier nos camarades de promotion et nos amis pour leur soutien moral, leur aide et les moments de partage, qui ont rendu cette période plus agréable et enrichissante.

Enfin, nous remercions toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, et prions Dieu Tout-Puissant de récompenser chacun pour son aide et son soutien.

Dédicace

À tous ceux qui me sont chers, à ceux à qui je dois mon succès :
À notre « Seigneur, Dieu tout-puissant », merci de m'avoir donné la vie, la foi et d'avoir exaucé mes prières pour y parvenir.
À celle dont les paroles m'accompagnent depuis mon enfance, la première Femme Forte, celle qui a souffert sans jamais nous laisser souffrir, celle qui m'a appris à être forte comme elle, à toujours chercher à atteindre mes objectifs à tout prix, celle qui m'a donné le courage de poursuivre mes rêves même lorsque les obstacles semblaient insurmontables. Mon ange gardien, ton amour, ta présence dans ma vie et le fait d'être ma mère continueront d'éclairer mon chemin.
Celui qui a vu dans chacun de mes petits succès une grande victoire et qui a contribué à faire de moi celle que je suis aujourd'hui. Merci pour ton amour, ta générosité et ta fierté, qui me poussent chaque jour à donner le meilleur de moi-même pour te rendre heureux.
À ma chère sœur Mimi, pour ton soutien constant, ta présence réconfortante et tes encouragements à chaque étape de mon parcours. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir inspirée par ta force et ta persévérance.
À mon frère Rafik Mustapha, pour ta présence rassurante et ta confiance en moi tout au long de ce parcours.
My sheiyla ,merci d'être toujours là, sans rien demander, avec votre présence qui rassure et votre amour qui soutient. Vous êtes ma force, mon courage et ma fierté. Sans vous, je ne serais pas celle que je suis aujourd'hui.
Imene merci d'être toujours là sans hésiter, avec ta force et ton caractère qui m'inspirent chaque jour. Ta présence m'a soutenue dans mes moments de doute, et je t'en serai toujours reconnaissante.
À Tata Rogia, qui m'a accueillie avec une tendresse et une bienveillance infinies, et qui a su être une seconde mère pour moi. Merci pour vos prières, vos sourires et votre générosité de cœur, qui ont allégé mes journées.
À Mahyou, pour ta sincérité, ton soutien, tes conseils et ton humour, qui ont rendu ce chemin plus léger et plus agréable.
À ceux qui nous ont quittés, ma chère cousine Aicha et de mon cher oncle Mersli Ahmed que Dieu leur accorde Sa miséricorde., mais votre amour et vos sourires restent gravés dans mon cœur. Votre souvenir m'accompagne chaque jour et me donne la force d'avancer malgré les épreuves. Ce mémoire vous est dédié, en signe d'amour et de reconnaissance éternels.
À mon binôme Abdellah,
Merci d'être la meilleure version de toi-même ; ta contribution a été essentielle à cette réussite.
À toutes les personnes formidables que je connais,
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux et le fruit de votre soutien infailible.

Amira Ghozlane

Dédicace

À la prunelle de mes yeux Asmaa... tu es la lune qui m'allume ma vie.
À mes chers parent "Mohamed et Dounia " ... grâce à votre soutien , votre prière et
surtout vos efforts que je me suis aujourd'hui là.
Mes chères sœurs « Fadoua , Salima et Ikhllass » vos êtes ma force ... !
À mes proches "Djaoued , Ahmed , Farès , Naceur , Yacine et Ada " ... vous êtes plus
qu'amis vous êtes des vrais frères... merci pour votre présence dans ma vie

Abdeillah

ملخص

يتضمن هذا المشروع في نهاية الدراسات تصميم وإنتاج نظام أمني للمركبة على متنها يكتشف الدخلاء ويحدد موقع المركبة جغرافياً في الوقت الحقيقي وينبه المالك على الفور عبر وحدة GSM/GPS والهدف من النظام هو تعزيز أمن السيارة مع الحفاظ على تكلفته المعقولة من حيث التكلفة واستهلاك الطاقة. ويجمع النظام بين أجهزة استشعار الحركة والصدمات، ووحدة تحكم دقيقة لمعالجة البيانات، ووحدة اتصالات ترسل تنبيهات عن طريق الرسائل النصية القصيرة مع رابط موقع خرائط Google مما يساعد على منع سرقة السيارة وضمان الاسترداد السريع في حالة وقوع حادث.

Résumé

Ce projet de fin d'études consiste en la conception et la réalisation d'un système de sécurité automobile embarqué permettant de détecter les intrusions, de géolocaliser le véhicule en temps réel et de prévenir instantanément le propriétaire via un module **GSM/GPS**. Ce système a pour objectif de renforcer la sécurité des véhicules tout en restant accessible en termes de coût et de consommation énergétique. Le système combine des capteurs de mouvement et de choc, un microcontrôleur pour le traitement des données, et un module de communication permettant l'envoi d'alertes par SMS avec un lien de localisation **Google Maps**, contribuant ainsi à la prévention du vol de véhicules et à leur récupération rapide en cas d'incident.

Mots clés : Sécurité automobile, Système embarqué, GSM, GPS, Détection d'intrusion, Microcontrôleur, Alerte SMS, Localisation en temps réel.

Abstract

This graduation project focuses on the design and implementation of an embedded automotive security system capable of detecting intrusions, providing real-time vehicle geolocation, and instantly notifying the owner through a **GSM/GPS** module. The objective of this system is to enhance vehicle security while maintaining cost-effectiveness and low power consumption. The system integrates motion and shock sensors, a microcontroller for data processing, and a communication module that sends SMS alerts with a **Google Maps** location link, contributing to theft prevention and quick vehicle recovery in case of incidents.

Keywords : Natural Automotive security, Embedded system, GSM, GPS, Intrusion detection, Microcontroller, SMS alert, Real-time localization.

Liste des Acronymes

- **GPS** : Global Positioning System.
- **GSM** : Global System for Mobile Communications.
- **UART** : Universal Asynchronous Receiver Transmitter.
- **USART** : Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter.
- **RF** : Radio Frequency.
- **PCB** : Printed Circuit Board.
- **IDE** : Integrated Development Environment.
- **IoT** : Internet of Things.
- **SMS** : Short Message Service.
- **TX** : Transmit.
- **RX** : Receive.
- **EEPROM** : Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory.
- **NMEA** : National Marine Electronics Association.
- **AT** : Attention Command.
- **LDO** : Low Dropout Regulator.
- **DIP** : Dual In-line Package.
- **ISP** : In-System Programming.
- **CLI** : Command Line Interface.

Table des matières

<i>Introduction Générale</i>	9
<i>Chapitre 01: Généralités Sur Les Systèmes de Sécurité Automobile Centralisé</i>	11
1 Introduction	11
2 Historique du système de centralisation	11
2.1 Naissance du verrouillage centralisé	11
2.2 Des clés traditionnelles pour les débuts de l'automobile	11
3 Définition	12
3.1 Verrouillage central	12
3.2 Système centralisé	13
4 Classification des Systèmes de Centralisation Automobile	13
4.1 Classification selon le Mode de Commande	13
4.1.1 Système de centralisation manuelle	13
4.1.2 Système de centralisation électrique	14
4.1.3 Système de centralisation à distance (télécommande)	14
4.1.4 Système de centralisation intelligente (sans clé / Keyless Entry)	15
4.2 Classification selon la Technologie Employée	16
4.2.1 Systèmes classiques	16
4.2.2 Systèmes sans fil	17
4.3 Classification selon le Niveau de Sécurité	17
4.3.1 Systèmes de centralisation classiques	17
4.3.2 Systèmes de centralisation avancés avec protection antivol	17
4.3.3 Systèmes de centralisation connectés (IoT et Cloud)	18
5 Système de sécurité centralisé pour les voitures : avantages et inconvénients	19
5.1 Les avantages	19
5.2 Les inconvénients	19
6 Conclusion	20
<i>Chapitre 02: Conception des systèmes embarqués de sécurité automobile</i>	21
1 Introduction	21
2 des systèmes embarqués de sécurité automobile	22
2.1 Définition	22
2.2 Rôle des systèmes embarqués dans les véhicules	22

3	Microcontrôleur dans le système embarqué	23
3.1	Définition	23
3.2	Importance dans les systèmes embarqués	23
3.3	les fonctions clés du microcontrôleur dans un système embarqué	23
3.4	PIC16F628A	24
4	Présentation générale du système	25
5	Système de base : centralisation et sécurité	26
5.1	Principe de fonctionnement	27
5.2	Composants utilisées	27
5.3	Avantages	29
5.4	Limites	30
6	Système de commande RF (Radio-fréquence)	30
6.1	Détermination de la fréquence	30
6.2	Principe de fonctionnement de RF module	31
6.2.1	Codage et appairage	31
6.2.2	Sécurité par code tournant (rolling code)	31
6.3	Présentation des modules standards	32
6.3.1	Module Émetteur RF (TX 433 MHz)	32
6.3.2	Module Récepteur RF (RX 433 MHz)	33
6.4	Composants utilisés	33
6.5	Fonctionnement des télécommandes RF	35
6.6	Système de commande de relais par radio-fréquence	36
6.6.1	Présentation générale	37
6.6.2	Fiche technique du système	37
6.6.3	Fonctionnalités principales	38
6.7	Avantages	38
6.8	Limites	38
7	Système intégré d'alarme, détection de choc et anti-démarrage	38
7.1	Système d'alarme	38
7.2	Détection de choc	39
7.3	Principe de fonctionnement	40
7.4	Fiche technique du système	41
7.5	Les composants utilisés	42
7.6	Avantages	42
7.7	Limites	43
8	Système localisation	44
8.1	GPS	44
8.2	GSM	45
8.3	Intégration du GPS et du GSM pour le Suivi et la Sécurisation des Véhicules	46
8.4	Principe de fonctionnement	47
8.5	Caractéristiques techniques	47
8.6	Composants utilisés	48
8.7	Fonctions logicielles	49

8.8	Avantages	50
8.9	Limitations	50
<i>Chapitre 03 : Réalisation et Mise en Œuvre du Système de Sécurité Automobile</i>		52
1	Logiciels et outils utilisés	52
1.1	MPLAB X IDE	52
1.1.1	Caractéristiques principales de MPLAB X IDE	53
1.1.2	Rôle dans le projet	53
1.2	Proteus	53
1.2.1	Caractéristiques principales de Proteus	54
1.2.2	Rôle dans le projet	54
1.3	PICkit 3	55
2	Réalisation matérielle du système	56
2.1	Architecture générale	56
3	Réalisation des circuits imprimés (PCB)	56
4	Expérimentations et Résultats	62
5	Conclusion	64
<i>Conclusion et travaux futurs</i>		73

Table des figures

1	développement des clés[6]	12
2	Système centralisé.[9]	13
3	Les boutons de verrouillage électrique des portes	14
4	fonctionnement de télécommande.[11]	14
5	Exemples de quelques modèles de télécommande.[14]	15
6	Voiture à accès sans clé.[17]	16
7	clé dans la serrure de la portière conducteur.[19]	16
8	Système de verrouillage centralisé via Bluetooth.[20]	17
9	système d'alarme d'anti vol.	18
10	système sécurité par IoT.[21]	18
11	Fonctions d'un véhicule moderne.[25]	22
12	microcontrôleurs dans les systèmes embarqués.[27]	24
13	Microntroleur PIC16F628a.[28]	24
14	Architecture générale du système embarqué de sécurité automobile	26
15	fréquence à 433,92 Mhz.[34]	30
16	module RF émetteur.[35]	32
17	module RF récepteur.[36]	33
18	SW-420 Module capteur de Vibrations et Chocs.[38]	39
19	application de GPS.[39]	44
20	GPS module NEO-6M avec EPROM[40]	45
21	GSM SIM800L.[<empty citation>]	46
22	MPLAB X IDE	52
23	PROTEUS 8 Professionnel	54
24	Programmation du microcontrôleur PIC à l'aide du programmeur PICKIT	55
25	circuit PCB de système de commande RF	56
26	circuit 3D de système de commande RF	57
27	Circuit PCB de système de verrouillage centralisé	58
28	Circuit 3D de système de verrouillage centralisé	59
29	Circuit PCB de système d'alarme avec détecteur de choc	59
30	Circuit 3D de système d'alarme avec détecteur de choc	60
31	circuit PCB du système de localisation	61
32	circuit 3D du système de localisation	62
33	Montage expérimental du système de centralisation des portes sur breadboard.	62
34	Montage expérimental du système de détection de choc et d'alarme sur breadboard.	63
35	resultat obtenu du sys de localisation	64

Liste des tableaux

1	Caractéristique du Microcontrôleur PIC16F84A	27
2	Caractéristiques du Relais V23084C2002A403	28
3	Caractéristiques du Oscillateur à quartz et condensateurs de stabilisation	28
4	Caractéristiques du Transistor BC547	28
5	Caractéristiques du Diode de roue libre 1N4007	29
6	Caractéristiques des Résistances utilisées dans le circuit	29
7	Alimentation B1 - 12V	29
8	Caractéristiques du module RF 433 MHz	32
9	Caractéristiques du module RF - Récepteur 433 MHz	33
10	Boutons poussoirs (x4)	34
11	Encodeur M145026 ou HT12E	34
12	Décodeur M145027 ou HT12D	34
13	Résistances R1, R2 - 10k Ω	34
14	Module RF TX (Émetteur)	34
15	Module RF RX (Récepteur)	35
16	Résistances R4, R5 - 47k Ω	35
17	Condensateurs C1, C2 - 1 μ F	35
18	LEDs D1 à D4	35
19	Fiche technique du système de commande de relais par radiofréquence	37
20	Fiche technique du système d'alarme embarqué avec détection de choc et anti-démarrage	41
21	Composants utilisés dans le système d'alarme embarqué avec détection de choc et anti-démarrage	42

Introduction Générale

Introduction générale

La sécurité des véhicules constitue un défi crucial dans un monde où les vols, les actes de vandalisme et les accès non autorisés sont en constante augmentation. Ce problème est particulièrement marqué dans les zones urbaines, où la densité croissante de véhicules expose les propriétaires à des risques accrus de pertes financières et de dommages matériels.

Pour répondre à ces enjeux, les systèmes de sécurité automobile embarqués émergent comme une solution performante pour protéger les véhicules. Ces dispositifs permettent une détection immédiate des tentatives d'intrusion ou de vol, une alerte rapide du propriétaire et un suivi précis du véhicule grâce à des technologies modernes telles que le GPS et le GSM.

Les avancées dans le domaine des systèmes embarqués ont permis de développer des solutions intégrant des fonctionnalités avancées tout en restant économiquement accessibles et écoénergétiques. Ces systèmes jouent un rôle clé dans la réduction des risques de vol et d'intrusion, offrant ainsi une sérénité accrue aux utilisateurs. Dans ce cadre, ce Projet de Fin d'Études se concentre sur la conception et la mise en œuvre d'un système de sécurité automobile embarqué ayant pour objectifs principaux de :

- Détecter en temps réel les tentatives d'intrusion ou les chocs.
- Notifier immédiatement le propriétaire par SMS.
- Empêcher le démarrage du véhicule en cas d'intrusion détectée.
- Assurer une localisation en temps réel du véhicule en cas de vol.

Ce projet ambitionne de proposer une solution fiable, économique et adaptable à différents types de véhicules, contribuant ainsi à renforcer la sécurité automobile tout en réduisant les risques de vol. Il représente également une occasion d'appliquer les connaissances théoriques en électronique et systèmes embarqués, tout en développant des compétences pratiques dans le domaine de la sécurité des véhicules.

Chapitre 01:

Généralités Sur Les Systèmes de Sécurité automobile Centralisé

1 Introduction

Dans un monde où la sécurité est une priorité absolue, les systèmes de surveillance et de contrôle d'accès jouent un rôle important dans la protection des biens et des personnes. Historiquement, ces systèmes fonctionnaient de manière indépendante, chaque dispositif (caméras, capteurs, alarmes) étant autonome et nécessitant une gestion spécifique. Cette approche présente cependant certaines limites, notamment en termes de coordination, d'efficacité et de maintenance.

Pour surmonter ces limites, la centralisation des systèmes de sécurité s'est imposée comme une solution efficace. En intégrant tous les appareils sous une seule unité de contrôle, les systèmes centralisés peuvent faciliter la gestion des alarmes, améliorer la réponse aux événements et permettre une meilleure interopérabilité avec les technologies modernes telles que l'Internet des objets (IoT).

Ce chapitre retrace l'évolution des systèmes de sécurité, présentant leur historique et les différentes définitions associées. Il met également en avant les principes de fonctionnement des solutions centralisées et leur impact sur l'efficacité des équipements de surveillance.

2 Historique du système de centralisation

2.1 Naissance du verrouillage centralisé

Avant l'introduction du verrouillage centralisé, les automobilistes devaient verrouiller manuellement chaque porte de leur véhicule, ce qui pouvait s'avérer fastidieux et augmentait le risque d'oublier de verrouiller les portes. Cette approche manuelle présente des limites en termes de commodité et de sécurité.

Les premiers systèmes de télédéverrouillage sont apparus sur le marché français en 1982 avec la Renault Fuego, et, en option, sur plusieurs modèles de véhicules du constructeur américain American Motors Corporation en 1983, dont la Renault Alliance. Le plip a été largement rendu disponible à partir de 1989 sur les véhicules de General Motors.[1] Le milieu des années 1990 voit l'avènement des systèmes de verrouillage centralisé. Depuis lors, les automobilistes n'ont plus besoin de faire le tour de leur véhicule pour verrouiller les portières une par une.[2]

2.2 Des clés traditionnelles pour les débuts de l'automobile

L'année 1910 marque la naissance de la clé de voiture au sens le plus large, et le début d'une longue histoire de prévention des vols de voitures. Les clés sont alors utilisées pour

verrouiller le circuit électrique pour l'allumage, mais le moteur doit toujours être démarré à la manivelle.[3] une nouvelle évolution arrive avec des clefs proches de celles que l'on connaissait encore il y a quelques années (autour des années 2000) : elles pouvaient fermer la porte à clé, verrouiller le circuit électrique, lancer le démarreur ou encore bloquer le volant une fois retirée... Pour cela, il fallait deux clés. C'est uniquement vers les années 1960 que la clé unique est apparue. Bref, le côté mécanique de la clé de voiture a été la première grande évolution.[4] Dans le milieu des années 1990, la clé de voiture connaît une nouvelle évolution majeure : Le fermeture centralisée a été inventée. Inutile d'ouvrir les portes une à une puisqu'il est possible d'ouvrir, d'un simple bouton (ou dans la serrure du conducteur), toutes les portes de la voiture ainsi que le coffre. Néanmoins, cette innovation est arrivée en deux fois : tout d'abord en insérant la clé dans la portière du conducteur, puis par le sans-fil quelques années après. D'ailleurs, cette technologie (le sans-fil) a été mise à profit de belle manière puisqu'elle permettait d'activer la voiture à distance pour la retrouver sur un parking. De nos jours, cette technologie est encore largement utilisée par de nombreux constructeurs ou sur certains modèles d'entrée de gamme.[5].



FIG. 1 : développement des clés[6]

3 Définition

3.1 Verrouillage central

En automobile, le verrouillage central ou verrouillage centralisé est un dispositif électronique et mécanique permettant de verrouiller ou déverrouiller tous les ouvrants (porte, coffre) d'un véhicule et très généralement à l'aide d'une télécommande. Le verrouillage centralisé est un équipement, pouvant être proposé en option ou de série dans une voiture, qui permet à un automobiliste qui le souhaiterait de verrouiller l'ensemble des portes de

son véhicule grâce à une seule et unique action.[7]

3.2 Système centralisé

La centralisation pour voiture est un système pratique et sécurisé qui permet de verrouiller et déverrouiller toutes les portes de votre véhicule en un seul geste. Fini les tracasseries de vérification de chaque porte avant de partir. Avec la centralisation, vous gagnez en confort et en tranquillité d'esprit [8].



FIG. 2 : Système centralisé.[9]

4 Classification des Systèmes de Centralisation Automobile

Les systèmes de centralisation automobile sont conçus pour faciliter l'accès et la gestion des fonctions du véhicule. Ils peuvent être classés en plusieurs catégories selon leur mode de fonctionnement et leur technologie.

4.1 Classification selon le Mode de Commande

4.1.1 Système de centralisation manuelle

Le système de verrouillage centralisé permet de verrouiller ou déverrouiller simultanément toutes les portes d'un véhicule, le hayon ou le couvercle du coffre. Ceci peut être fait mécaniquement, en verrouillant une des portes d'entrée avec la clé ou en verrouillant les portes de l'intérieur. [10]

4.1.2 Système de centralisation électrique

La commande de verrouillage électrique des portes se trouve sur les panneaux de portes du conducteur et du passager avant.

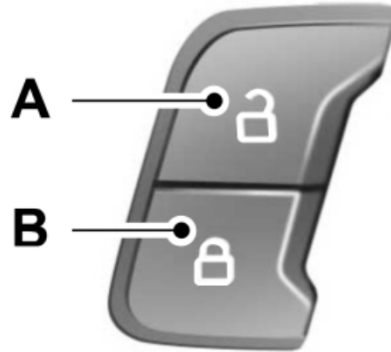


FIG. 3 : Les boutons de verrouillage électrique des portes

- Utilise des actionneurs électriques pour commander les serrures des portes.
- Commande centralisée via un bouton sur le tableau de bord ou la clé.

4.1.3 Système de centralisation à distance (télécommande)

Pour pouvoir verrouiller ou déverrouiller son véhicule depuis l'extérieur, l'automobiliste doit utiliser une télécommande actionnable à distance.

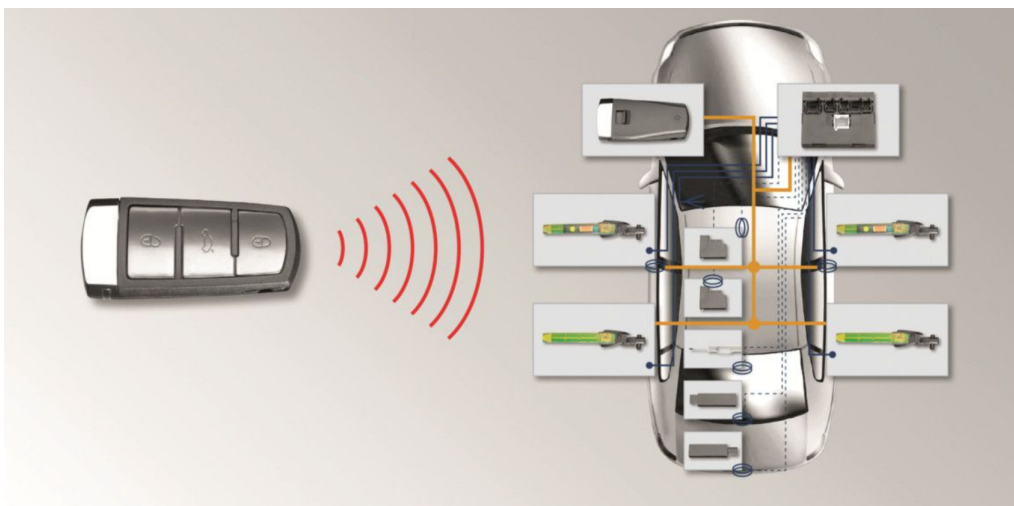


FIG. 4 : fonctionnement de télécommande.[11]

Cette télécommande, généralement composée de deux à trois boutons, est le plus souvent intégrée aux clés du véhicule.[12]

Le bouton d'ouverture du hayon ne fonctionne que lorsque votre véhicule roule à moins de 8 km/h (5 mph).[13]



FIG. 5 : Exemples de quelques modèles de télécommande.[14]

4.1.4 Système de centralisation intelligente (sans clé / Keyless Entry)

Le système Keyless est un dispositif permettant de verrouiller et de déverrouiller automatiquement les portes et de démarrer le moteur du véhicule sans utiliser de clé. La clé traditionnelle est remplacée par une carte. [15]

Lorsque l'utilisateur d'un véhicule s'approche du véhicule avec un capteur ID habilité et qu'il arrive dans la zone de réception des capteurs de proximité, le système est « réveillé ». La liaison radio est établie à l'aide des antennes situées dans les poignées et dans le capteur ID. Il s'ensuit un contrôle de l'habilitation du capteur ID pour ce véhicule, et ce par l'examen de la validité d'un « code » électronique/logique interne. Si le calculateur identifie le capteur ID comme habilité, le verrouillage centralisé est activé et le véhicule ouvert. Selon le codage, fermeture individuelle ou globale, l'ouverture des portes est alors possible. Ce processus, de l'activation des capteurs capacitifs dans la poignée au déverrouillage du véhicule, dure environ 50-60ms.[16] . Certains systèmes avancés utilisent la reconnaissance biométrique (empreinte digitale, reconnaissance faciale). 23



FIG. 6 : Voiture à accès sans clé.[17]

4.2 Classification selon la Technologie Employée

4.2.1 Systèmes classiques

À l'action de la clé dans la serrure de la portière conducteur, un actionneur électrique accouplé à la serrure envoie une impulsion électrique de commande à un boîtier centralisateur ; celui-ci alimente par des relais incorporés les actionneurs de tous les autres ouvrants, qui déverrouillent les serrures.[18]



FIG. 7 : clé dans la serrure de la portière conducteur.[19]

4.2.2 Systèmes sans fil

Ce système fonctionne avec des signaux radiofréquence (RF), infrarouge (IR) ou Bluetooth.

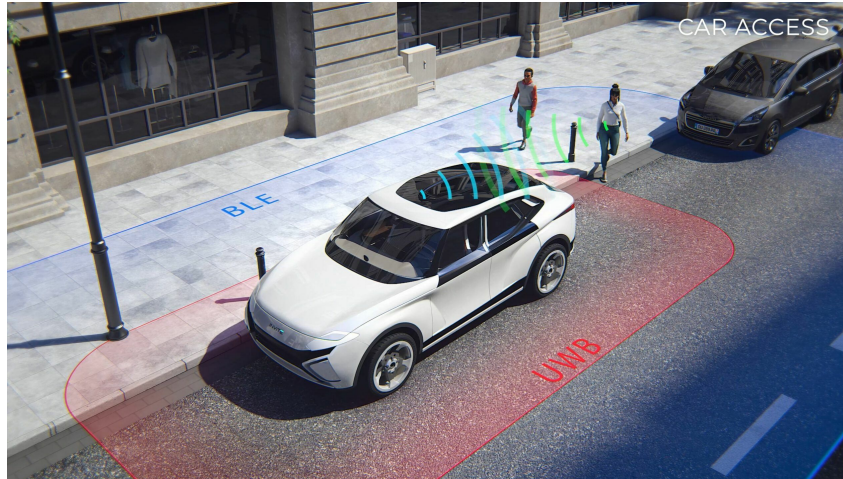


FIG. 8 : Système de verrouillage centralisé via Bluetooth.[20]

4.3 Classification selon le Niveau de Sécurité

4.3.1 Systèmes de centralisation classiques

- Permettent uniquement le verrouillage/déverrouillage des portes.
- Peuvent être facilement vulnérables aux effractions si mal sécurisés.

4.3.2 Systèmes de centralisation avancés avec protection antivol

- Intègrent un système d'alarme qui se déclenche en cas d'ouverture non autorisée.
- Peuvent être couplés avec un antidémarrage électronique empêchant le vol du véhicule sans clé légitime.



FIG. 9 : système d'alarme d'anti vol.

4.3.3 Systèmes de centralisation connectés (IoT et Cloud)

- Gestion du véhicule via smartphone ou assistant vocal : le smartphone est dans la poche ou dans le sac et communique de manière sécurisée avec la voiture. Dès que le smartphone est proche du véhicule, la porte se déverrouille automatiquement et rapidement. Une fois installé dans le véhicule, il suffit d'appuyer sur le bouton de démarrage.

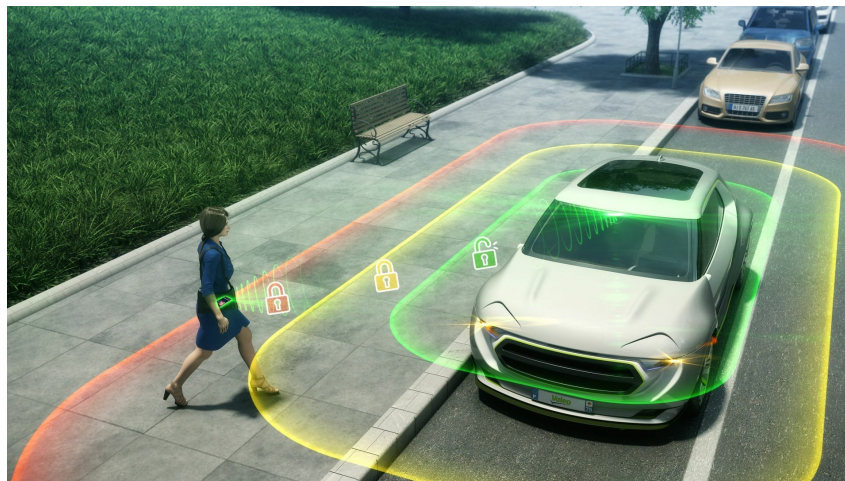


FIG. 10 : système sécurité par IoT.[21]

La solution Phone As A Key de Valeo, qui utilise l'Ultra Wide Band (UWB), le Bluetooth Low Energy et le NFC (Near Field Communication) répond aux spécifications du Car Connectivity Consortium garantissant la sécurité entre la voiture et le smartphone et l'interopérabilité. Le NFC permettra de déverrouiller la porte et

de démarrer le moteur de manière entièrement sécurisée, même lorsque la batterie du smartphone est vide.[21]

- Intègrent des technologies comme la géolocalisation GPS, le contrôle à distance via Internet, et l'historique des ouvertures.

5 Système de sécurité centralisé pour les voitures : avantages et inconvénients

5.1 Les avantages

- Permet l'ouverture/fermeture à distance, parfois automatique, évitant l'effort manuel.
- Plus rapide et plus efficace que le verrouillage manuel des portes une par une.
- Réduit l'utilisation des clés et des serrures, augmentant leur durée de vie.
- Compatible avec alarmes, démarrage sans clé et verrouillage automatique en roulant.

5.2 Les inconvénients

- En cas de panne de batterie ou de dysfonctionnement électronique, le système peut devenir inutilisable.
- L'installation, l'entretien et la réparation sont plus chers que pour un système manuel.
- Les voleurs peuvent utiliser des outils de brouillage ou cloner les signaux pour ouvrir le véhicule.
- Une panne du module central peut empêcher l'ouverture ou la fermeture des portes.
- L'humidité, le froid ou la chaleur extrême peuvent affecter le bon fonctionnement du système.
- Le coût de la maintenance, s'il n'est normalement pas élevé, peut vite augmenter en cas de panne.
- Le poids supplémentaire, ajouté à tous les autres systèmes de confort, de sécurité passive et active et de gestion du véhicule alourdit considérablement les véhicules, entraînant consommation et émissions polluantes supplémentaires.

6 Conclusion

Les serrures de sécurité pour voitures sont l'un des plus anciens dispositifs de sécurité utilisés dans les voitures. Ils fonctionnent avec une seule machine, ne nécessitent pas d'énergie électrique et sont extrêmement fiables. Toutefois, en raison de leur inefficacité et de leur manque de sécurité, ils sont progressivement remplacés par des systèmes centraux modernes, électriques et sans fil, installés à bord des véhicules.

Aujourd'hui, bien qu'ils soient encore disponibles dans certains modèles commerciaux ou comme solution de secours, ils sont remplacés par des technologies plus avancées qui intègrent le contrôle à distance, comme le verrouillage manuel, le verrouillage à distance et même des systèmes de connexion intelligents qui offrent une meilleure protection et plus de confort.

Chapitre 02:

Conception des systèmes embarqués de sécurité automobile

1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les concepts et les choix techniques relatifs aux systèmes embarqués de sécurité automobile. L'objectif est d'exposer les solutions existantes dans ce domaine, leurs composants essentiels, ainsi que les limitations rencontrées, afin de justifier les choix adoptés dans le cadre de ce projet.

Les systèmes embarqués de sécurité jouent un rôle fondamental dans la protection des véhicules contre les intrusions, le vol et les accidents. Ils intègrent des technologies telles que les microcontrôleurs, les capteurs, les modules de communication et les actionneurs, permettant une surveillance en temps réel et une intervention automatique sans nécessiter l'interaction directe de l'utilisateur.

Ce chapitre abordera dans un premier temps les systèmes de sécurité automobile existants et leurs principes de fonctionnement. Par la suite, les composants clés de notre système, notamment le microcontrôleur, les capteurs et les modules GSM/GPS, seront détaillés, en expliquant leur rôle, leur choix et leur intégration au sein de notre architecture. Enfin, le schéma électrique global de notre système sera présenté, illustrant l'interconnexion de l'ensemble des composants, et préparant le terrain pour le chapitre suivant, consacré à la réalisation pratique, aux tests et à la validation du système conçu.

2 des systèmes embarqués de sécurité automobile

2.1 Définition

Un système embarqué est un ensemble d'éléments informatiques et électroniques interagissant entre eux de façon autonome et complémentaire. Ces systèmes sont conçus de manière à pouvoir répondre spécifiquement aux besoins de leur environnement respectif. [22] Un système embarqué regroupe à la fois la partie software (logicielle) et la partie hardware (matériaux) étroitement liées afin de produire les résultats escomptés.

2.2 Rôle des systèmes embarqués dans les véhicules

Les systèmes embarqués jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des véhicules modernes, et assurer leur sécurité est devenu impératif dans l'industrie automobile. Les systèmes embarqués, tels que le système de freinage antiblocage (ABS) et les unités de contrôle électronique (ECU), exigent des mesures de sécurité robustes. Les principaux principes sur lesquels repose la sécurité incluent la confidentialité, l'intégrité, la disponibilité, ainsi que l'authentification et l'autorisation. [23] Dans un véhicule on trouve aujourd'hui plus de 100 capteurs, 30 à 80 calculateurs selon le type de véhicule et parfois près d'un million de lignes de codes dans un véhicule de dernière génération (soit autant que dans un avion il ya 15 ans).

Cette évolution s'explique par les demandes exigeantes des consommateurs et l'envie de différenciation des concurrents sur marché de l'automobile. S'ajoute à cela les contraintes économiques et écologiques où l'électronique embarquée répond à ces nouvelles attentes. De nouvelles fonctionnalités impliquent parfois une intégration électronique et informatique par le biais de systèmes embarqués. [24] Voici une représentation des systèmes intégrés d'un véhicule moderne.

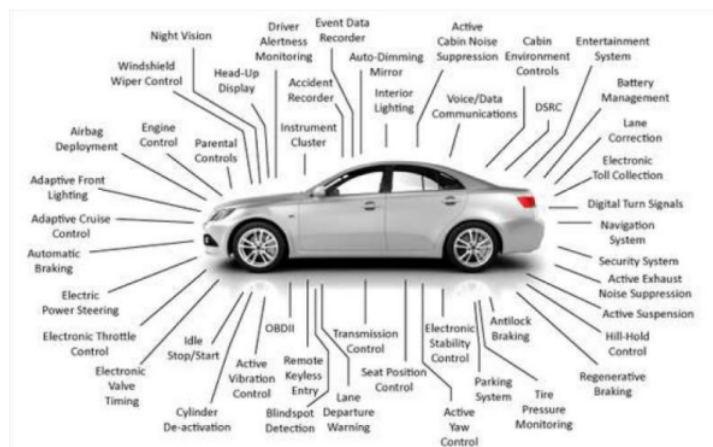


FIG. 11 : Fonctions d'un véhicule moderne.[25]

3 Microcontrôleur dans le système embarqué

Les microcontrôleurs, ou MCU pour faire court, se trouvent dans la plupart des systèmes électroniques embarqués de nos jours. Des machines à laver, aux processeurs audio numériques, en passant par les systèmes de contrôle de vol, et bien plus encore. Les MCU sont des processeurs très flexibles qui peuvent généralement être programmés en C/C++, sont emballés avec de la mémoire non-volatile (FLASH) et volatile (RAM), ainsi qu'un éventail de périphériques et d'E/S. Parfois, ces MCU peuvent également être dotés de capacités sans fil (par exemple, Bluetooth ou WiFi).

3.1 Définition

Un microcontrôleur est un composant essentiel des systèmes embarqués. Il s'agit d'un circuit intégré qui intègre un processeur, de la mémoire (RAM et ROM), et des périphériques d'entrée/sortie, le tout dans une seule puce. Les microcontrôleurs sont utilisés pour contrôler et gérer les fonctions spécifiques d'un appareil embarqué, en traitant les informations des capteurs et en commandant les actionneurs.[26]

3.2 Importance dans les systèmes embarqués

- **Petit et économe** : Les microcontrôleurs sont conçus pour être compacts et consommer peu d'énergie, ce qui les rend idéaux pour les appareils portables et les applications embarquées.
- **Réactivité en temps réel** : Ils peuvent répondre rapidement aux entrées et aux événements, ce qui est crucial pour le contrôle en temps réel dans de nombreux systèmes.
- **Polyvalence** : Ils peuvent être adaptés à une grande variété d'applications, allant des appareils ménagers aux systèmes de contrôle industriel.

3.3 les fonctions clés du microcontrôleur dans un système embarqué

- **Exécution du logiciel embarqué** : Le microcontrôleur exécute les instructions du logiciel embarqué, qui est conçu pour effectuer une tâche spécifique dans le système.
- **Contrôle des actionneurs** : Le microcontrôleur reçoit les signaux des capteurs, les traite et envoie des signaux de commande aux actionneurs pour contrôler le comportement du système.

- **Gestion des périphériques :** Il gère la communication et l'interaction avec les différents périphériques du système, tels que les capteurs, les écrans, les interfaces de communication, etc.
- **Traitement des données :** Le microcontrôleur traite les données collectées par les capteurs pour effectuer les calculs nécessaires et prendre des décisions.
- **Gestion de l'énergie :** Il peut être impliqué dans la gestion de l'alimentation du système, en fonction des besoins et des contraintes énergétiques.

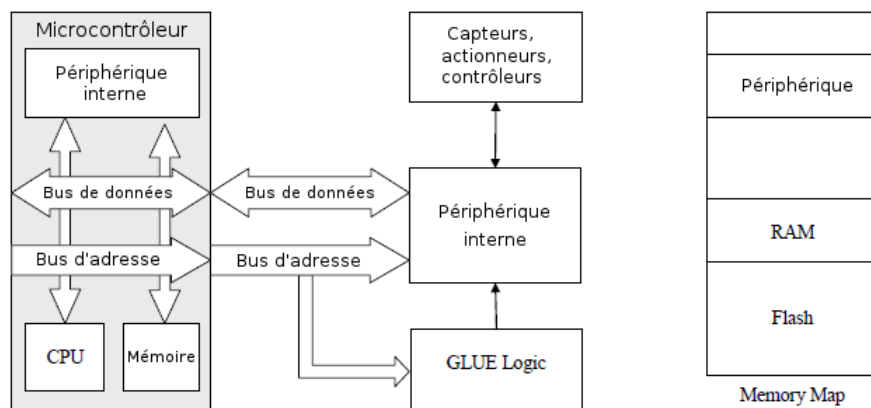


FIG. 12 : microcontrôleurs dans les systèmes embarqués.[27]

3.4 PIC16F628A

Pour la conception de notre système embarqué de sécurité automobile, nous avons opté pour le microcontrôleur **PIC16F628A** de Microchip.



FIG. 13 : Microntroleur PIC16F628a.[28]

Ce microcontrôleur offre plusieurs avantages :

- **Faible coût** et accessibilité, permettant de réaliser un système de sécurité économique.
- **Faible consommation** énergétique adaptée aux systèmes embarqués fonctionnant sur batterie.
- Présence d'un **module UART matériel**, facilitant la communication avec un module GSM pour l'envoi de SMS d'alerte en cas d'intrusion.
- Disponibilité de comparateurs analogiques pouvant être utilisés pour des seuils de détection.
- Facilité de programmation via l'environnement MPLAB X et compatibilité avec les programmeurs PICKit.

Le PIC16F628A fonctionne jusqu'à une fréquence de 20 MHz et dispose de 2 kB de mémoire Flash, ce qui est suffisant pour les fonctionnalités envisagées, telles que la gestion des capteurs de sécurité (détecteur de porte, capteur PIR), le contrôle du relais d'alarme et la communication UART avec le module GSM.

Cependant, il est important de noter que ce microcontrôleur ne dispose pas d'un convertisseur analogique-numérique intégré, ce qui restreint l'utilisation de capteurs analogiques à des configurations de seuils via comparateurs ou à l'utilisation de capteurs à sortie numérique.

En somme, le choix du **PIC16F628A** s'est avéré pertinent pour ce projet, alliant simplicité, efficacité et économie, tout en répondant aux besoins d'un système embarqué de sécurité automobile nécessitant une gestion de capteurs simples et une communication GSM pour la notification des événements d'intrusion.

4 Présentation générale du système

Notre système proposé a pour objectif de reproduire localement une carte de centralisation importée employée dans les véhicules pour des fonctions liées à la sécurité. Notre prototype comprend plusieurs composants associés : un relais de contrôle, une alarme, un module GSM/GPS, un système pour détecter les mouvements et un capteur d'impact. Un microcontrôleur central gère l'ensemble du processus.

Le principe de base consiste à détecter un événement (comme un mouvement, un impact ou l'ouverture d'une porte), ce qui déclenche une alarme, envoie des notifications à distance par SMS et verrouille ou déverrouille automatiquement les portes. Le système offre aussi la possibilité de localiser le véhicule à tout instant grâce à son GPS intégré.

Ci-dessous, une représentation schématique de l'architecture complète est présentée.

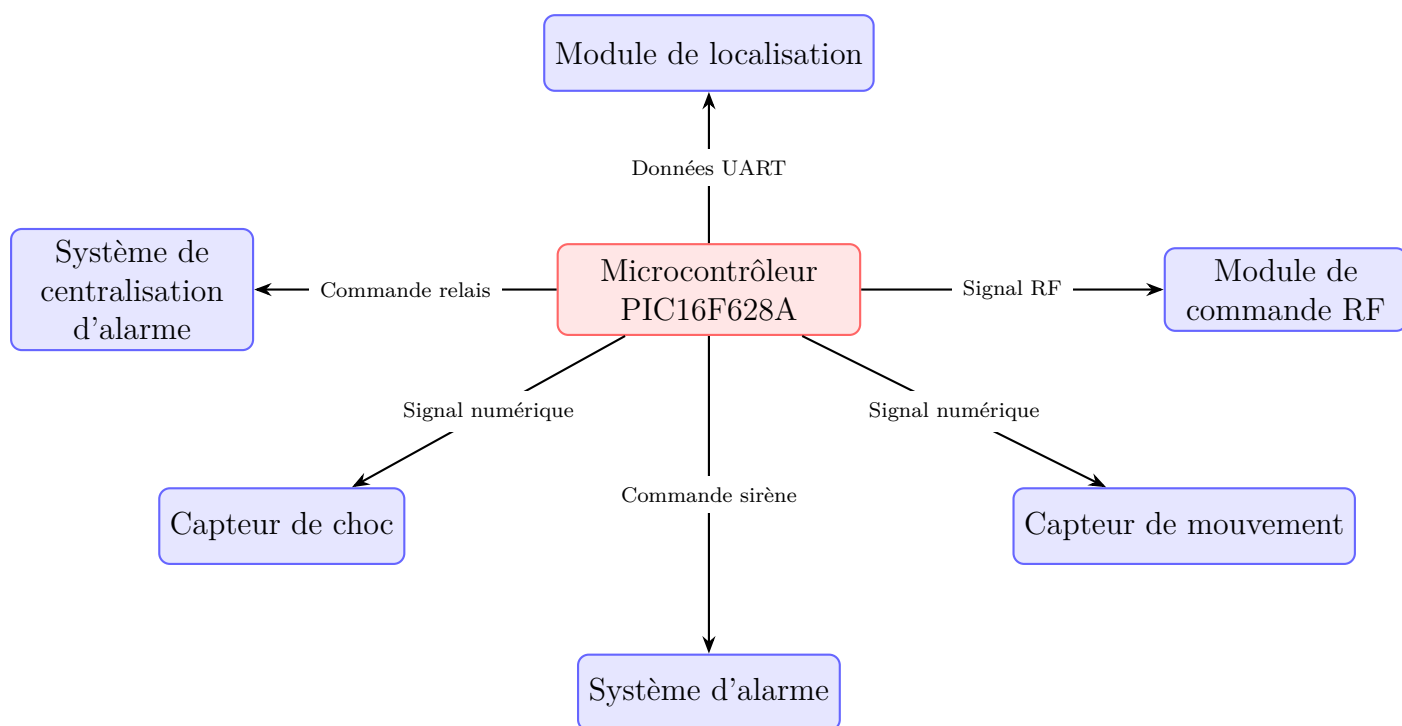


FIG. 14 : Architecture générale du système embarqué de sécurité automobile

5 Système de base : centralisation et sécurité

Le système de verrouillage centralisé de base est l'une des premières étapes dans l'évolution des systèmes de sécurité automobile, visant à améliorer le confort d'utilisation et la sécurisation des accès au véhicule.

Ce système est basé sur des relais, qui jouent un rôle essentiel dans le verrouillage centralisé et la gestion de la sécurité du véhicule. Le relais de verrouillage centralisé permet de gérer le système de fermeture et d'ouverture des portes du véhicule. Il reçoit un signal provenant de la clé ou du boîtier de télécommande et actionne les moteurs de verrouillage des portes. Ce dispositif assure la synchronisation des portes pour qu'elles se verrouillent et se déverrouillent simultanément.[29] Il est généralement composé d'un électro-aimant et d'un ensemble de contacts, permettant ainsi à un signal de faible puissance de contrôler un circuit de puissance tout en assurant une isolation galvanique entre les deux parties.[30] Historiquement développés pour la télégraphie longue distance, les relais ont joué un rôle essentiel dans le fonctionnement des centraux téléphoniques et des premiers ordinateurs. Aujourd'hui, le type le plus couramment utilisé est le relais électromécanique (EMR), qui fonctionne grâce à un mécanisme de commutation actionné par un électro-aimant.[31]

Dans le cadre de la sécurité automobile, les relais sont utilisés pour activer ou désactiver

des circuits de puissance tels que le verrouillage centralisé des portières ou l'alimentation du système d'alarme.[32] Chaque relais est commandé par le microcontrôleur via une interface de commande appropriée, généralement constituée d'un transistor de puissance ou d'un circuit intégré de type ULN2003, permettant de piloter efficacement le relais tout en protégeant le microcontrôleur.[33]

5.1 Principe de fonctionnement

Ce système permet de verrouiller et de déverrouiller simultanément toutes les portières d'un véhicule à partir d'un seul point de commande, généralement un bouton installé à l'intérieur du véhicule ou via le verrouillage de la porte conducteur.

Lorsque l'utilisateur appuie sur le bouton de verrouillage ou ferme la porte conducteur :

- Un signal électrique est transmis aux actionneurs installés dans chaque portière.
- Ces actionneurs actionnent mécaniquement les serrures des portières pour les fermer simultanément.

Inversement, lorsque l'utilisateur souhaite déverrouiller le véhicule, l'action inverse est réalisée :

- Les actionneurs reçoivent le signal de déverrouillage.
- Les serrures des portières sont libérées simultanément.

5.2 Composants utilisées

1. Microcontroller (PIC16F628A - U1)

Caractéristique	Détails
Référence	PIC16F84A
Description	Microcontrôleur 8 bits de Microchip utilisé pour la commande des relais et la gestion des signaux dans le système de sécurité embarqué.
Caractéristiques techniques	1K mots de mémoire programme (EEPROM), 68 octets de RAM, fréquence d'horloge jusqu'à 20 MHz.
Rôle	Contrôle du système de verrouillage centralisé, de l'alarme et du traitement des signaux de sécurité.

TAB. 1 : Caractéristique du Microcontrôleur PIC16F84A

2. Module 4 relais 12v

Caractéristique	Détails
Référence	V23084C2002A403
Description	Relais électromécanique 12V utilisé pour les systèmes de verrouillage centralisé et l'activation des alarmes.
Caractéristiques techniques	Courant de commande : 30 mA, tension de contact jusqu'à 250V AC ou 30V DC.
Rôle	Permet d'activer ou désactiver des circuits de puissance selon les commandes reçues du microcontrôleur.

TAB. 2 : Caractéristiques du Relais V23084C2002A403

3. Oscillateur à quartz (X1) et condensateurs (C1, C2 - 22pF)

Caractéristique	Détails
Référence	Oscillateur à quartz (X1) et condensateurs (C1, C2 - 22pF)
Description	Composants assurant la génération et la stabilisation de l'horloge pour le microcontrôleur.
Rôle	L'oscillateur à quartz fournit un signal d'horloge stable pour synchroniser les opérations du microcontrôleur, tandis que les condensateurs de 22pF stabilisent l'oscillation et assurent un démarrage fiable du circuit d'horloge.

TAB. 3 : Caractéristiques du Oscillateur à quartz et condensateurs de stabilisation

4. Transistors (BC547 - Q1 to Q4)

Caractéristique	Détails
Référence	BC547
Description	Transistor NPN faible puissance utilisé pour le pilotage des relais dans le circuit de commande.
Caractéristiques techniques	Tension max : 45V, courant max : 100 mA, gain élevé en courant.
Rôle	Sert d'interface entre le microcontrôleur et le relais, permettant l'amplification du signal de commande.

TAB. 4 : Caractéristiques du Transistor BC547

Diodes (1N4007 D1-D4)

Caractéristique	Détails
Référence	1N4007
Description	Diode de redressement utilisée comme diode de roue libre pour protéger le circuit lors de la commutation des relais.
Caractéristiques techniques	Tension inverse max : 1000V, courant nominal : 1A.
Rôle	Évite les surtensions induites lors de la coupure des relais en bloquant les pics de tension, protégeant ainsi les transistors et le microcontrôleur.

TAB. 5 : Caractéristiques du Diode de roue libre 1N4007

Résistances R1(10k), R2-R5(1k)

Caractéristique	Détails
Référence	R1 (10k), R2-R5 (1k)
Description	Résistances de pull-up et de limitation de courant dans le circuit de commande.
Rôle	- R1 (10k) : Résistance pull-up sur la broche MCLR pour assurer un démarrage correct du microcontrôleur. - R2-R5 (1k) : Limitent le courant dans les bases des transistors, protégeant les sorties du microcontrôleur et assurant un courant de base suffisant pour saturer les transistors sans surcharger le microcontrôleur.

TAB. 6 : Caractéristiques des Résistances utilisées dans le circuit

- Alimentation (B1 - 12V)

Caractéristique	Détails
Référence	B1 - 12V
Description	Source d'alimentation principale du système.
Rôle	Alimente les bobines de relais et autres composants du système. Un régulateur 5V (non représenté dans le schéma) est utilisé pour abaisser la tension afin d'alimenter le microcontrôleur en toute sécurité.

TAB. 7 : Alimentation B1 - 12V

5.3 Avantages

- Confort d'utilisation : l'utilisateur n'a plus besoin de verrouiller ou de déverrouiller chaque portière manuellement.
- Gain de temps lors de l'accès ou de la sécurisation du véhicule.
- Amélioration de la sécurité en fermant toutes les portes en un seul geste, réduisant les risques d'oubli.

5.4 Limites

- Il nécessite une action manuelle depuis l'intérieur ou la porte conducteur.
- Il ne permet pas de contrôle à distance ou d'alerte en cas d'intrusion.
- Il ne bloque pas le démarrage en cas de vol.

6 Système de commande RF (Radio-fréquence)

Un module RF est communément appelé un module de "fréquence radio". il s'agit d'un petit dispositif électronique utilisé pour transmettre et recevoir des signaux radio entre deux dispositifs. Un module RF est généralement utilisé avec une paire d'encodeur/décodeur. L'encodeur est utilisé pour l'encodage de données parallèles pour la transmission, tandis que la réception est décodée par un décodeur.[34]

6.1 Détermination de la fréquence

Quelques requêtes sur les moteurs de recherche révèlent rapidement que le fabricant utilise des fréquences de 315 Mhz ou 433,92 Mhz selon la région du monde à laquelle le véhicule est destiné.

Une écoute avec le HackRF One et le logiciel GQRX sur ces deux fréquences précise rapidement que notre clé utilise la bande 433,92 Mhz, comme le montre le pic observé sur le spectre lors de la pression du bouton d'ouverture.

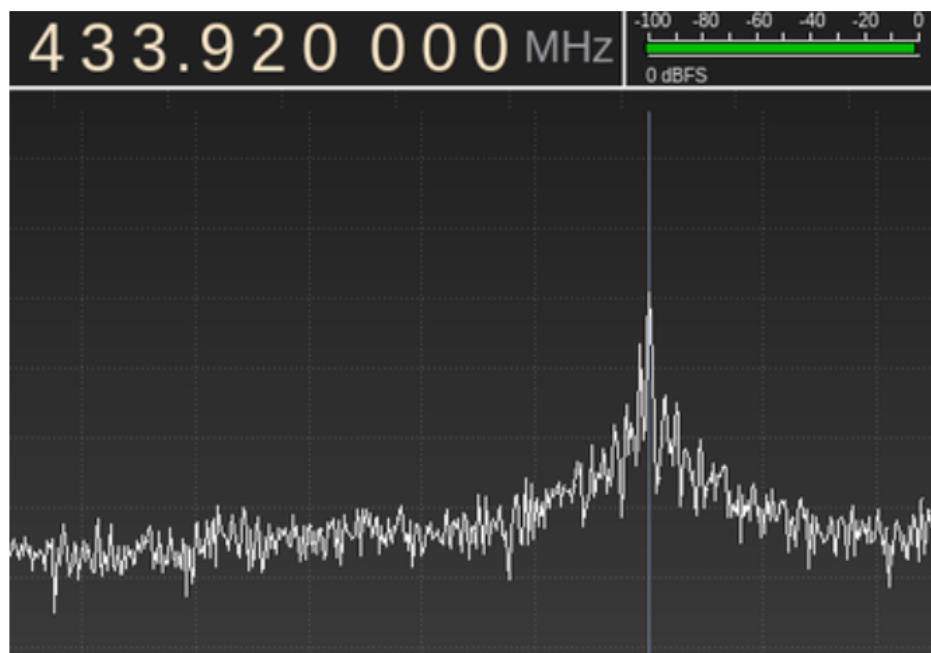


FIG. 15 : fréquence à 433,92 Mhz.[34]

6.2 Principe de fonctionnement de RF module

Les modules de radiofréquence sont le plus grand facilitateur de communication sans fil, car ils ne nécessitent pas de visibilité directe. Ceci est en comparaison avec son alternative ordinaire, l'infrarouge, qui fonctionne globalement en mode visibilité directe. Il s'étend entre une gamme de 3 kHz et 3 300 GHz, la bande inférieure étant utilisée dans des programmes impliquant des sous-marins et des stations de radio, tandis que le spectre supérieur est utilisé dans des applications telles que le GPS, le sans fil, le Bluetooth et la diffusion télévisée. Un module RF est généralement utilisé avec un couple d'encodeurs/décodeurs. Le codeur est utilisé pour coder des statistiques parallèles à transmettre même lorsque la réception est décodée au moyen d'un décodeur.[11]

6.2.1 Codage et appairage

Même si plusieurs télécommandes peuvent partager une fréquence commune (ex. 433 MHz), chaque émetteur transmet un code unique qui permet au récepteur de distinguer les signaux autorisés des autres.

Chaque télécommande RF est associée à un identifiant unique ou utilise un algorithme de génération dynamique de code (rolling code).

Lors de l'appairage :

- Le récepteur est placé en mode apprentissage ("learning mode").
- Lors de la réception d'un signal RF pendant cette phase, le récepteur enregistre le code de l'émetteur.
- Par la suite, seules les télécommandes ayant été appairées pourront contrôler le véhicule.

Ainsi, deux télécommandes de même fréquence mais de codes différents ne pourront pas interférer entre elles.

6.2.2 Sécurité par code tournant (rolling code)

Afin de prévenir les attaques par capture-rejeu (replay attacks), les systèmes modernes utilisent le rolling code :

- À chaque appui sur la télécommande, un nouveau code est généré basé sur un algorithme de cryptographie légère.
- Le récepteur anticipe les futurs codes attendus et accepte seulement les séquences valides.
- Enregistrement du code unique de la télécommande dans la mémoire EEPROM du récepteur.

Cela garantit qu'un code intercepté par un tiers ne sera plus valable ultérieurement.

Pour ajouter un contrôle d'accès à distance au système d'alarme, nous avons intégré un module de télécommande RF (433 MHz) permettant l'activation et la désactivation de l'alarme sans contact direct, renforçant ainsi la sécurité et la praticité d'utilisation.

6.3 Présentation des modules standards

6.3.1 Module Émetteur RF (TX 433 MHz)

Le module TX 433 MHz est un dispositif électronique conçu pour transmettre des données sous forme de signaux radio à une fréquence de 433,92 MHz, qui fait partie de la bande ISM (Industrial, Scientific, and Medical).



FIG. 16 : module RF émetteur.[35]

Il permet d'envoyer des informations numériques codées vers un récepteur distant sans nécessiter de connexion filaire.

Caractéristiques principales :

Caractéristique	Valeur
Tension d'alimentation	Typiquement 3 V à 12 V
Fréquence de fonctionnement	433,92 MHz
Type de modulation	ASK (Amplitude Shift Keying) ou OOK (On-Off Keying)
Débit de données	1 à 10 kbps
Portée	Jusqu'à 100 mètres en champ libre

TAB. 8 : Caractéristiques du module RF 433 MHz

6.3.2 Module Récepteur RF (RX 433 MHz)

Le module RX 433 MHz est utilisé pour capter et démoduler les signaux transmis par l'émetteur à 433,92 MHz.

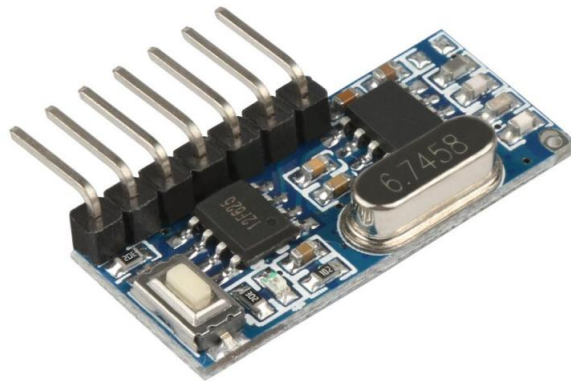


FIG. 17 : module RF récepteur.[36]

Il restitue les données numériques d'origine pour qu'elles puissent être traitées par un microcontrôleur ou un circuit logique.

Caractéristiques principales :

Caractéristique	Valeur
Tension d'alimentation	Généralement 5 V
Fréquence de réception	433,92 MHz
Type de démodulation	ASK (Amplitude Shift Keying) ou OOK (On-Off Keying)
Sensibilité typique	-105 dBm à -110 dBm
Portée	Similaire à l'émetteur, dépend des conditions environnementales

TAB. 9 : Caractéristiques du module RF - Récepteur 433 MHz

6.4 Composants utilisés

1. Boutons poussoirs (x4, à gauche du schéma)

Élément	Description
Rôle	Chaque bouton permet d'envoyer un signal spécifique au microcontrôleur.
Pourquoi 10kΩ	Ils sont généralement accompagnés d'une résistance pulldown de 10 kΩ pour assurer un état bas lorsqu'ils ne sont pas pressés.

TAB. 10 : Boutons poussoirs (x4)

2. Encodeur (M145026 ou HT12E)

Élément	Description
Rôle	Convertir plusieurs entrées parallèles en une seule sortie série pour la transmission via le module RF.
Pourquoi ce composant	Permet la simplification de la transmission des données via RF en transformant les données parallèles en série.

TAB. 11 : Encodeur M145026 ou HT12E

3. Décodeur (M145027 ou HT12D)

Élément	Description
Rôle	Décode le signal reçu du module RF RX et active les sorties correspondantes.
Pourquoi ce composant	Reconvertit le signal série en parallèle pour piloter les actions souhaitées dans le système.

TAB. 12 : Décodeur M145027 ou HT12D

4. Résistances

Élément	Description
Rôle	Stabilisent l'encodeur en pull-up/pull-down pour éviter les flottements de tension.
Pourquoi 10kΩ	Valeur standard couramment utilisée pour les circuits de pull-up et pull-down.

TAB. 13 : Résistances R1, R2 - 10kΩ

5. Module RF TX (Émetteur)

Élément	Description
Rôle	Transmet le signal radiofréquence à distance.
Pourquoi ce module	Permet la communication sans fil entre l'émetteur et le récepteur.

TAB. 14 : Module RF TX (Émetteur)

6. Module RF RX (Récepteur)

Élément	Description
Rôle	Capte le signal transmis par le module RF TX et le transmet au décodeur.
Pourquoi ce module	Indispensable pour recevoir le signal émis à distance dans le système.

TAB. 15 : Module RF RX (Récepteur)

7. Résistances (R4, R5 - 47k)

Élément	Description
Rôle	Déterminent la fréquence d'oscillation interne du décodeur.
Pourquoi 47k Ω	Valeur recommandée dans la documentation du HT12D/HT12E pour un fonctionnement optimal.

TAB. 16 : Résistances R4, R5 - 47k Ω

8. Condensateurs (C1, C2 - 1 F)

Élément	Description
Rôle	Filtrage de l'alimentation pour éviter les perturbations électriques.
Pourquoi 1 μ F	Valeur courante pour stabiliser l'alimentation des modules.

TAB. 17 : Condensateurs C1, C2 - 1 μ F

9. LEDs (D1 à D4)

Élément	Description
Rôle	Indiquent quelle sortie est activée, reflétant quel bouton a été pressé côté émetteur.
Pourquoi des LEDs	Permettent une visualisation immédiate de l'état des sorties lors du fonctionnement.

TAB. 18 : LEDs D1 à D4

6.5 Fonctionnement des télécommandes RF

Une télécommande RF contient typiquement :

- un encodeur (HT12E) qui convertit l'état des boutons en code série,

- un émetteur RF (433 MHz) qui transmet ce code.

Lorsque l'utilisateur appuie sur un bouton :

1. Le bouton change l'état d'une entrée parallèle de l'encodeur.
2. L'encodeur génère une trame codée unique à chaque télécommande (adresse + données).
3. Cette trame est transmise par ondes radio via le module TX.
4. Du côté récepteur, le module RX capte le signal.
5. Le décodeur (HT12D) vérifie si l'adresse reçue correspond à celle programmée.
6. Si c'est le cas, il active une ou plusieurs sorties, déclenchant une action (ex : ouverture porte, activation relais...).

Ce codage empêche les interférences entre télécommandes de voitures différentes.

Les systèmes avancés utilisent parfois un rolling code (code tournant) pour éviter les attaques de type "replay" (copie d'un code transmis).

6.6 Système de commande de relais par radio-fréquence

Dans les systèmes embarqués modernes, la commande sans fil joue un rôle crucial dans diverses applications, telles que la domotique, la commande industrielle et la commutation à distance. Une approche courante de la commande sans fil consiste à utiliser des modules de radiofréquence (RF) pour transmettre des signaux à un récepteur, qui active ou désactive alors des relais.

Un circuit de pilotage de relais sert d'interface entre le circuit de commande à faible puissance (par exemple, un microcontrôleur) et les charges à forte puissance telles que les moteurs, les lampes et les appareils électroménagers. Le module RF envoie des signaux numériques au microcontrôleur, qui traite les signaux et active les relais appropriés par l'intermédiaire de transistors.

6.6.1 Présentation générale

Le système de commande par radiofréquence (RF) constitue un élément clé du système de sécurité automobile embarqué, permettant un contrôle à distance de fonctions comme l'activation/désactivation de l'alarme, le verrouillage centralisé ou l'anti-démarrage. En utilisant une télécommande RF couplée à un module récepteur intégré au véhicule, ce système améliore le confort de l'utilisateur tout en renforçant la sécurité, sans nécessiter de contact physique avec le véhicule.

6.6.2 Fiche technique du système

Caractéristique	Description
Nom du système	Système de commande de relais par radiofréquence (RF)
Objectif	Contrôle à distance de relais pour activer/désactiver l'alarme ou l'anti-démarrage
Fréquence de fonctionnement	433 MHz (ou 315 MHz selon le module utilisé)
Portée	15 à 30 mètres en espace libre
Tension d'alimentation	5V DC
Consommation	Très faible en veille, < 10 mA en émission
Module émetteur	Télécommande RF portable
Module récepteur	Module RF (RXB6, RXB12) connecté au microcontrôleur
Microcontrôleur utilisé	PIC18F4520 (ou équivalent)
Relais	Relais 5V DC capable de commuter des charges 12V
Mode de communication	Sans fil, transmission unidirectionnelle
Type de codage	Code fixe ou rolling code selon le niveau de sécurité requis
Applications	Commande d'alarme, verrouillage centralisé, fonction anti-démarrage
Outils de simulation	Proteus pour simulation du schéma
Environnement de développement	MPLAB X IDE pour le développement du code embarqué

TAB. 19 : Fiche technique du système de commande de relais par radiofréquence

6.6.3 Fonctionnalités principales

- Activation/désactivation à distance de l'alarme du véhicule.
- Commande à distance du verrouillage centralisé.
- Activation ou coupure du relais anti-démarrage selon la présence du propriétaire.
- Intégration dans les systèmes domotiques mobiles pour le contrôle du véhicule.

6.7 Avantages

- Contrôle à distance sécurisé et pratique.
- Facilité d'intégration dans le système embarqué existant.
- Faible consommation énergétique.
- Amélioration du confort d'utilisation et de la sécurité.

6.8 Limites

- Portée limitée par la puissance de l'émetteur (typiquement 15-30 mètres).
- Risque d'interférences dans un environnement bruyant en RF.
- Vulnérabilité si le système utilise un code fixe non sécurisé.

7 Système intégré d'alarme, détection de choc et anti-démarrage

Avec l'augmentation des tentatives de vol et d'effraction sur les véhicules, les systèmes d'alarme automobile se sont imposés comme une solution essentielle pour dissuader les intrusions et protéger le véhicule. Ces systèmes utilisent des capteurs pour détecter les tentatives d'accès non autorisé et déclenchent automatiquement une alerte sonore et/ou visuelle afin d'avertir l'entourage et de faire fuir l'intrus.

7.1 Système d'alarme

Définition Un système d'alarme automobile est un dispositif électronique embarqué destiné à détecter toute tentative d'intrusion ou de choc sur le véhicule et à déclencher automatiquement un signal sonore et/ou lumineux pour avertir le propriétaire et son entourage. Ces systèmes peuvent être autonomes ou intégrés à d'autres fonctionnalités comme le verrouillage centralisé, l'anti-démarrage ou les modules de localisation GPS/GSM pour offrir une protection complète au véhicule.

7.2 Détection de choc

Définition Un capteur de choc est un dispositif permettant de détecter des vibrations ou des impacts exercés sur un véhicule, transformant ces perturbations en un signal électrique numérique interprétable par un microcontrôleur pour déclencher une alarme ou enregistrer un événement, renforçant ainsi la sécurité contre les tentatives d'effraction.[37]

SW-420 Module capteur de Vibrations et Chocs Définition module SW-420 est un capteur de vibrations et de chocs permettant de détecter des vibrations mécaniques ou des impacts sur une surface ou un objet. Il est basé sur un interrupteur vibrant interne qui se ferme momentanément lorsqu'une vibration ou un choc est détecté, générant ainsi un signal numérique exploitable par un microcontrôleur pour déclencher une alarme, enregistrer un événement ou activer un dispositif de sécurité.

Le module comprend :

- un capteur mécanique vibrant (SW-420),
- un comparateur LM393 qui transforme le signal analogique en une sortie numérique stable,
- un potentiomètre permettant d'ajuster la sensibilité de détection selon les besoins de l'application.

Grâce à sa faible consommation et sa simplicité d'utilisation, le module SW-420 est largement utilisé dans les systèmes de sécurité automobile pour détecter des tentatives d'intrusion ou des chocs anormaux lorsque le véhicule est stationné



FIG. 18 : SW-420 Module capteur de Vibrations et Chocs.[38]

7.3 Principe de fonctionnement

1. **Veille et surveillance** Le microcontrôleur surveille en continu l'état des capteurs (capteur de choc, capteur de mouvement, contacteur de porte).
2. **Détection de choc ou intrusion** Si une vibration, un choc ou une ouverture de porte est détecté, le capteur envoie un signal au microcontrôleur.
3. **Activation de l'alarme** Le microcontrôleur active la sirène et/ou les feux clignotants pour alerter l'entourage.
4. **Activation de l'anti-démarrage** En même temps, le système coupe le circuit du démarreur via un relais, empêchant le démarrage du véhicule.
5. **Temporisation** L'alarme reste active pendant une durée définie (ex : 30 secondes) ou jusqu'à désactivation manuelle.
6. **Réinitialisation** Après la temporisation, le système coupe l'alarme et réactive le démarreur, revenant en mode veille.

7.4 Fiche technique du système

Caractéristique	Description
Nom du système	Système d'alarme pour véhicule avec détection de choc et anti-démarrage
Objectif	Détection d'intrusion, de chocs et alerte sonore/visuelle instantanée avec blocage de démarrage
Type de capteur de choc	Capteur de choc à sortie numérique avec réglage de sensibilité (potentiomètre)
Tension d'alimentation	12V DC (véhicule), régulation 5V ou 3.3V pour les circuits logiques
Consommation	Très faible en veille, augmente lors du déclenchement de l'alarme
Signal de sortie des capteurs	Numérique : LOW (repos), HIGH (détection)
Délai de réponse	10 ms pour la détection de choc
Dimensions module de choc	Environ 30 mm x 14 mm
Plage de détection	Détection de vibrations, chocs modérés à forts sur le véhicule
Microcontrôleur utilisé	PIC16F628A pour le traitement des signaux et la gestion de l'alarme
Dispositifs d'alerte	Sirène 12V ou buzzer piézoélectrique, LED indicatrice, feux clignotants
Relais	Relais 5V DC pour activer la sirène ou bloquer le démarreur (anti-démarrage)
Mode de déclenchement	Détection de choc, vibrations ou ouverture de porte
Durée de l'alarme	Programmable (ex : 10 à 30 secondes ou jusqu'à désactivation)
Mode de réinitialisation	Automatique après alarme ou manuelle via télécommande RF
Applications	Protection contre le vol, le vandalisme et les intrusions dans les véhicules

TAB. 20 : Fiche technique du système d'alarme embarqué avec détection de choc et anti-démarrage

7.5 Les composants utilisés

Composant	Description et rôle
Microcontrôleur	PIC16F628A : traitement des signaux des capteurs, commande des relais, gestion de la temporisation et de l'alarme
Capteur de choc	SW-420 ou KY-002 : détecte les vibrations et chocs ; basé sur tube vibrant mécanique avec comparateur LM393 et potentiomètre de réglage
Contacteurs de porte	Interrupteurs de détection d'ouverture de portes ou coffre
Relais	Relais 5V DC : activation de la sirène, clignotants ou blocage du démarreur (anti-démarrage)
Sirène	Sirène 12V DC (90-120 dB) pour alerte sonore en cas d'intrusion ou choc
Buzzer piézoélectrique	Alerte sonore discrète ou indicateur d'état
LED indicatrices	Indication visuelle de l'état de veille, déclenchement ou alerte
Transistor de commande	(ex : 2N2222 ou TIP120) pour piloter le relais depuis le microcontrôleur
Résistances	Limitation de courant pour LEDs, polarisation des transistors
Condensateurs	Filtrage de l'alimentation, déparasitage des signaux
Alimentation	Batterie 12V du véhicule, régulation en 5V pour le microcontrôleur et capteurs
Module RF (optionnel)	Télécommande RF pour activation/désactivation manuelle de l'alarme
Logiciels utilisés	MPLAB X IDE pour développement en C, Proteus pour simulation du système

TAB. 21 : Composants utilisés dans le système d'alarme embarqué avec détection de choc et anti-démarrage

7.6 Avantages

- Sécurise le véhicule contre le vol.
- Dissuasion efficace par alarme sonore.
- Faible consommation en veille.

- Simple et économique à réaliser.
- Activation automatique ou manuelle.
- Extensible avec d'autres capteurs.

7.7 Limites

- Portée limitée de l'alerte au périmètre sonore.
- Risque de fausses alertes en cas de choc accidentel.

8 Système localisation

8.1 GPS

Définition Le GPS (Global Positioning System) est un système de navigation par satellite permettant de déterminer la position géographique précise d'un objet ou d'un utilisateur en tout point du globe. Il fonctionne grâce à un réseau de satellites émettant en permanence des signaux horodatés, que le module GPS reçoit et traite pour calculer :

- la latitude,
- la longitude,
- l'altitude,
- l'heure exacte.



FIG. 19 : application de GPS.[39]

Module GPS NEO-6M Le module GPS NEO-6M est un récepteur GPS compact et performant, largement utilisé dans les projets d'électronique embarquée et de robotique. Il permet de déterminer la position géographique, la vitesse et l'altitude grâce à la réception des signaux des satellites GPS. Ce module est souvent choisi pour sa facilité d'utilisation, sa compatibilité avec diverses plateformes (Arduino, ESP32, etc.)



FIG. 20 : GPS module NEO-6M avec EPROM[40]

Dans les systèmes de sécurité automobile embarqués, le GPS est utilisé pour le suivi en temps réel des véhicules en cas de vol ou pour la gestion de flotte, en offrant des informations fiables sur leur position.[41]

8.2 GSM

Définition Le GSM (Global System for Mobile Communications) est une norme de communication mobile utilisée pour la transmission de la voix et des données via les réseaux cellulaires. Il permet :

- Envoyer et recevoir des SMS (Short Message Service),
- Passer des appels téléphoniques,
- Transmettre des données via GPRS.

Module GSM SIM 800L Le module GSM SIM 800L est un mini module qui fournit des données 2G GSM et GPRS. Il est de petite taille et consomme peu d'énergie. Deux fois la taille d'une pièce de monnaie et le courant de travail en mode veille est de 1 mA. Il utilise une interface de communication série, supporte les commandes AT avancées 3GPP TS 27.007, 27.005 et SIMCOM. Il prend également en charge la technologie A-GPS, qui aide à maintenir la position interne du réseau cellulaire. Compatible avec Arduino Uno, Arduino Mini, Raspberry Pi. Une mini antenne GSM est incluse, mais une alimentation externe est nécessaire.[42]

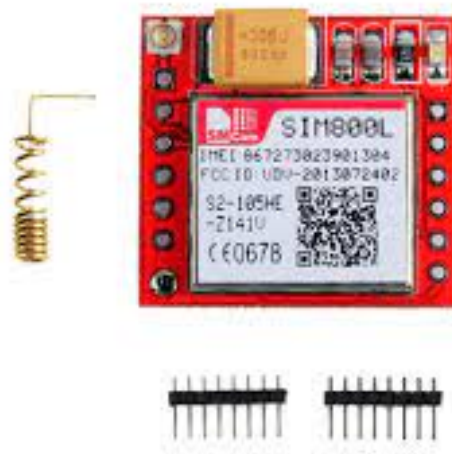


FIG. 21 : GSM SIM800L.[<empty citation>]

Dans un système de localisation embarqué, le module GSM est couplé au module GPS pour transmettre par SMS la position géographique du véhicule au propriétaire ou à un centre de surveillance, permettant le suivi et le contrôle à distance en cas de vol ou d'alerte de sécurité.[43]

La localisation et le suivi en temps réel des véhicules constituent un élément fondamental dans le renforcement de la sécurité automobile embarquée. Face à l'augmentation des vols de véhicules et des risques d'intrusion, il est devenu indispensable de mettre en place des solutions permettant de localiser un véhicule à tout moment afin de faciliter sa récupération et d'assurer la sécurité du propriétaire.

Le système de localisation embarqué repose sur l'intégration de deux technologies principales :

- le GPS (Global Positioning System), qui permet d'obtenir les coordonnées géographiques exactes du véhicule grâce à un réseau de satellites,
- le GSM (Global System for Mobile Communications), qui assure la transmission des données de localisation sous forme de messages SMS au propriétaire ou au centre de surveillance.

8.3 Intégration du GPS et du GSM pour le Suivi et la Sécurisation des Véhicules

L'intégration des modules GPS et GSM dans les systèmes de sécurité automobile représente une avancée majeure, permettant d'assurer la localisation en temps réel du véhicule et l'envoi d'alertes instantanées au propriétaire en cas de tentative de vol ou d'intrusion.

Ces systèmes apportent une couche de sécurité active et intelligente tout en améliorant le confort de l'utilisateur.

Un système GPS/GSM embarqué pour la sécurité automobile est un dispositif utilisant :

- Un module GPS pour déterminer avec précision la position géographique du véhicule.
- Un module GSM pour communiquer cette position au propriétaire via SMS ou appels, permettant une surveillance à distance.

Ces systèmes sont souvent associés à des capteurs de choc ou d'intrusion et à un système d'anti-démarrage afin de protéger le véhicule de manière complète.

8.4 Principe de fonctionnement

Le système fonctionne en mode veille, surveillant les signaux provenant des capteurs (par exemple, capteur de mouvement ou de choc) ou des commandes RF. Lorsqu'une intrusion est détectée ou sur demande explicite du propriétaire (via SMS ou commande sécurisée), le microcontrôleur effectue les étapes suivantes :

1. **Requête GPS** : Le microcontrôleur interroge le module GPS (NEO-6M) pour obtenir les coordonnées géographiques (latitude et longitude).
2. **Traitement des données** : Les coordonnées sont extraites des trames NMEA (GPRMC ou GPGGA) et converties en un format décimal.
3. **Formatage du lien** : Les coordonnées sont intégrées dans un lien Google Maps (par exemple, <https://maps.google.com/?q=36.754087,10.243463>).
4. **Envoi SMS** : Le module GSM (SIM800L) envoie le lien au numéro prédéfini du owner via des commandes AT.
5. **Actions supplémentaires** : Simultanément, un relais peut activer l'antidémarrage (coupure du circuit de démarrage) et une sirène peut être déclenchée pour alerter les environs.

Ce système permet une réponse rapide à une tentative de vol, tout en offrant au propriétaire un moyen de localiser son véhicule à tout moment.

8.5 Caractéristiques techniques

Les modules GPS et GSM présentent les caractéristiques suivantes :

Caractéristique	Valeur typique
Module GPS – NEO-6M	
Tension d'alimentation	3,3 V à 5 V DC
Interface de communication	UART (9600 bauds)
Temps d'acquisition	1 à 30 secondes selon les conditions
Précision de localisation	Environ 2,5 mètres (CEP)
Protocole utilisé	NMEA (phrases GPRMC, GPGLA)
Dimensions du module	36 mm × 24 mm
Module GSM – SIM800L	
Tension d'alimentation	3,7 V à 4,2 V DC
Interface de communication	UART (9600 à 115200 bauds)
Bande de fréquence	2G : 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz
Fonctionnalités principales	Envoi et réception de SMS, appels, données GPRS
Dimensions du module	25 mm × 23 mm

8.6 Composants utilisés

Les principaux composants du système GSM/GPS sont listés ci-dessous :

Composant	Description	Rôle
Microcontrôleur (PIC18F25K22+ PIC16F628a)	Cœur du système embarqué	Contrôle les modules, traite les données GPS, envoie des commandes GSM
Module GPS (NEO-6M)	Récepteur satellite GPS	Fournit les coordonnées de localisation en temps réel au microcontrôleur
Module GSM (SIM800L)	Module de communication GSM	Envoie des SMS contenant la position du véhicule au propriétaire
Relais 12 V	Commutateur électronique	Coupe l'alimentation du démarreur pour bloquer le démarrage du véhicule
Sirène d'alarme	Buzzer de puissance 12 V	Émet un signal sonore fort en cas d'alerte ou d'intrusion détectée
Antenne GPS	Accessoire passif externe	Améliore la réception des signaux satellites pour une localisation précise
Antenne GSM	Accessoire passif externe	Optimise la réception du signal GSM pour la communication mobile
LED de statut	Diode électroluminescente 5 mm	Indique l'état du système (veille, alarme, envoi de message)
Alimentation 12 V	Batterie de voiture ou régulateur dédié	Fournit l'énergie au système via conversion 12 V en 5 V
Condensateurs de filtrage	100 μ F, 470 μ F	Atténuent les variations de tension et stabilisent l'alimentation
Régulateur de tension (AMS1117 3.3V)	Régulateur linéaire de tension	Abaisse la tension pour alimenter correctement les modules GPS et GSM

8.7 Fonctions logicielles

Les principales fonctions logicielles incluent :

- **Initialisation** : Configuration des interfaces UART pour la communication avec les modules GPS et GSM.

- **Lecture des trames GPS** : Extraction des données NMEA (latitude, longitude) à partir des trames GPRMC ou GPGLA.
- **Conversion des coordonnées** : Transformation des coordonnées GPS en format décimal pour le lien Google Maps.
- **Formatage du lien** : Création dynamique d'un lien Google Maps avec `sprintf` en C.
- **Envoi SMS** : Utilisation de commandes AT (ex. `AT+CMGS`) pour transmettre le lien via le module GSM.
- **Contrôle du relais** : Activation de l'antidémarrage via une broche GPIO.
- **Détection d'intrusion** : Surveillance des signaux des capteurs ou des commandes RF pour déclencher les alertes.

8.8 Avantages

- Localisation en temps réel du véhicule.
- Notification rapide au propriétaire via SMS.
- Intégration avec l'antidémarrage pour empêcher le vol.
- Compatible avec d'autres modules (alarme, RF).
- Faible coût des modules NEO-6M et SIM800L.

8.9 Limitations

- Dépendance à la couverture réseau GSM pour les alertes.
- Le module GPS peut être inefficace dans des zones à faible réception satellite (ex. tunnels, zones urbaines denses).
- Consommation énergétique accrue avec l'utilisation simultanée des modules GSM/GPS.
- Nécessite une carte SIM active avec un forfait SMS/données.

Chapitre 03:

Réalisation et Mise en Œuvre du Système de Sécurité Automobile

Réalisation et Mise en Œuvre du Système de Sécurité Automobile

Introduction

À la suite de l'étude des solutions de sécurité automobile existantes, ce chapitre expose en détail la mise en œuvre pratique de notre système embarqué. Il vise à décrire la conception matérielle et logicielle, les choix technologiques adoptés, les schémas d'architecture, ainsi que les modules développés pour répondre aux exigences de détection des intrusions, de notification immédiate et de géolocalisation en temps réel.

1 Logiciels et outils utilisés

Dans le cadre du développement de notre système de sécurité automobile embarqué, nous avons choisi deux environnements logiciels clés : MPLAB X IDE et Proteus. Leur synergie a permis de concevoir, simuler et valider le fonctionnement du système avant son implémentation physique.

1.1 MPLAB X IDE

MPLAB X IDE est un environnement de développement intégré développé par Microchip permettant la programmation et le débogage des microcontrôleurs de la famille PIC, notamment le PIC18F4520 utilisé dans notre projet.



FIG. 22 : MPLAB X IDE

1.1.1 Caractéristiques principales de MPLAB X IDE

- Écriture et gestion de projets en langage C à l'aide du compilateur XC8.
- Interface ergonomique permettant de gérer facilement les configurations des registres et des périphériques du microcontrôleur.
- Possibilité d'effectuer des débogages pas à pas et de visualiser les registres internes du PIC.
- Intégration avec le programmeur PICkit pour le transfert du code vers le microcontrôleur.
- Gestion des configurations d'horloge, des interruptions, des modules UART, et des entrées/sorties de manière structurée.

1.1.2 Rôle dans le projet

MPLAB X IDE a été utilisé pour développer le programme embarqué assurant :

- La lecture des capteurs de choc et des capteurs d'ouverture de porte.
- La gestion de l'activation du buzzer et du relais en cas de détection d'intrusion.
- La communication via le module GSM SIM800 pour l'envoi automatique d'un SMS d'alerte au propriétaire.
- La configuration des interruptions pour optimiser la réactivité du système tout en réduisant la consommation énergétique.

Le choix de cet environnement a été motivé par sa stabilité, sa compatibilité avec le microcontrôleur PIC choisi et ses fonctionnalités avancées de débogage facilitant la correction des erreurs logiques durant le développement.

1.2 Proteus

Proteus est un logiciel de simulation et de conception de circuits électroniques développé par Labcenter Electronics, permettant de concevoir et de tester virtuellement des systèmes embarqués avant leur mise en œuvre physique.

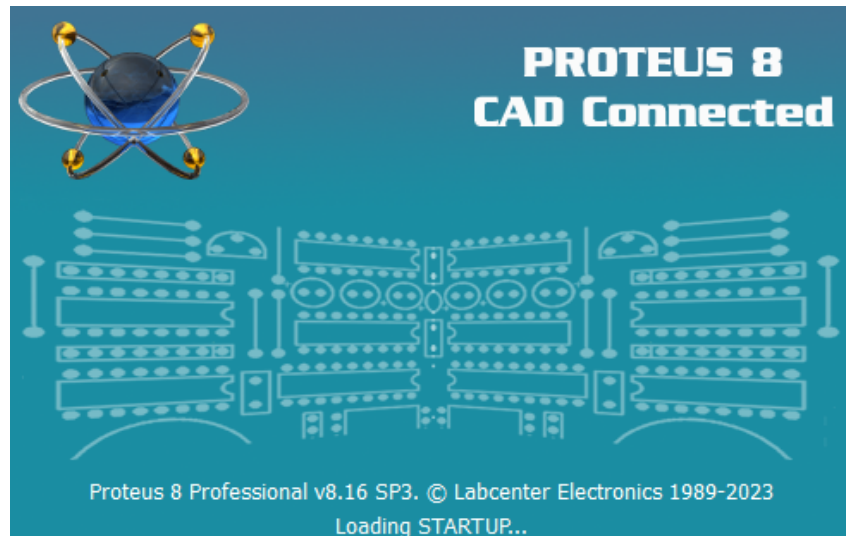


FIG. 23 : PROTEUS 8 Professionnel

1.2.1 Caractéristiques principales de Proteus

- Création de schémas électroniques détaillés incluant microcontrôleurs, capteurs, modules GSM, relais et autres composants nécessaires au projet.
- Simulation du fonctionnement dynamique des circuits avec visualisation des signaux sur les broches.
- Utilisation d'un terminal virtuel pour observer la communication UART entre le PIC et le module GSM.
- Validation du comportement des capteurs et des modules en interaction avec le microcontrôleur avant la phase de prototypage physique.
- Débogage des erreurs de connexion et vérification des valeurs des signaux sans risque d'endommager les composants réels.

1.2.2 Rôle dans le projet

Proteus a été utilisé pour :

- Concevoir le schéma complet du système embarqué de sécurité automobile.
- Simuler les signaux de déclenchement des capteurs et l'activation des dispositifs d'alarme.
- Vérifier la communication série entre le PIC18F4520 et le module GSM.
- Tester les conditions d'intrusion simulées et valider la logique d'activation du relais et de l'envoi de SMS d'alerte.
- Optimiser les connexions matérielles afin de minimiser les erreurs lors du montage sur breadboard ou sur PCB.

Le recours à Proteus a permis de gagner du temps en détectant et en corrigeant les erreurs de câblage et de logique avant le prototypage réel, garantissant ainsi la fiabilité

1.3 PICKit 3

Le PICKit 3 est un outil de programmation et de débogage conçu par Microchip pour les microcontrôleurs de la famille PIC. Il permet de transférer le programme compilé depuis l'environnement **MPLAB X IDE** directement vers le microcontrôleur **PIC16F628A** via une interface ICSP (In-Circuit Serial Programming).



FIG. 24 : Programmation du microcontrôleur PIC à l'aide du programmeur PICKIT

Les principales fonctionnalités utilisées dans ce projet sont :

- **Programmation** : Charger le fichier **.hex** généré par le compilateur dans la mémoire flash du microcontrôleur.
- **Débogage en temps réel** : Surveiller l'exécution du programme directement sur le microcontrôleur, permettant d'identifier et de corriger les erreurs de fonctionnement.
- **Facilité d'utilisation** : Connexion simple via USB avec l'ordinateur et des broches spécifiques (Vpp, Vdd, GND, PGD, PGC) reliées directement aux broches du microcontrôleur sur le circuit.

L'utilisation du PICKit 3 a permis de valider rapidement les différentes étapes du développement logiciel sur le matériel physique tout en garantissant la cohérence entre la simulation et la réalité.

2 Réalisation matérielle du système

2.1 Architecture générale

Le système embarqué conçu est basé sur un microcontrôleur PIC16F628A, chargé de traiter les signaux provenant :

1. Du capteur de choc (SW-420),
 2. Du module GPS NEO-6M pour la localisation,
 3. Du module GSM SIM800L pour l'envoi d'alertes par SMS,
 4. D'un module RF 433 MHz permettant l'armement et le désarmement à distance,
- D'un module relais 12V pour activer la sirène et contrôler l'anti-démarrage.

Ces éléments sont alimentés par la batterie du véhicule (12V), stabilisée par un régulateur de tension 5V pour le microcontrôleur et les modules.

3 Réalisation des circuits imprimés (PCB)

Système de commande RF

Module émetteur-récepteur 433 MHz pour activer/désactiver le système à distance.

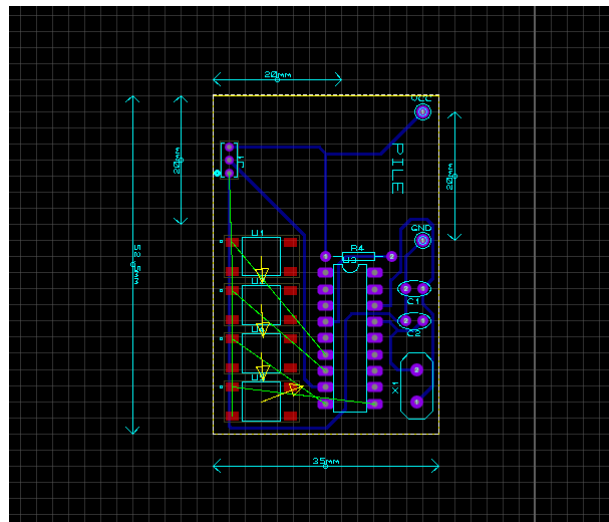


FIG. 25 : circuit PCB de système de commande RF

Explication du circuit

Le circuit de commande RF utilise un **module émetteur-récepteur 433 MHz** permettant d'activer ou de désactiver le système de sécurité à distance. Lorsqu'un utilisateur

appuie sur la télécommande, le module récepteur capte le signal RF et envoie un signal numérique au microcontrôleur, qui décode la commande reçue et exécute l'action souhaitée (verrouillage/déverrouillage, activation/désactivation de l'alarme).

Le circuit comprend :

- Un module récepteur RF avec antenne.
- Un circuit d'alimentation stabilisée pour le module RF.
- Une interface directe avec le microcontrôleur via une entrée numérique.

Ce système permet une commande pratique et sécurisée du système de sécurité sans contact physique direct.

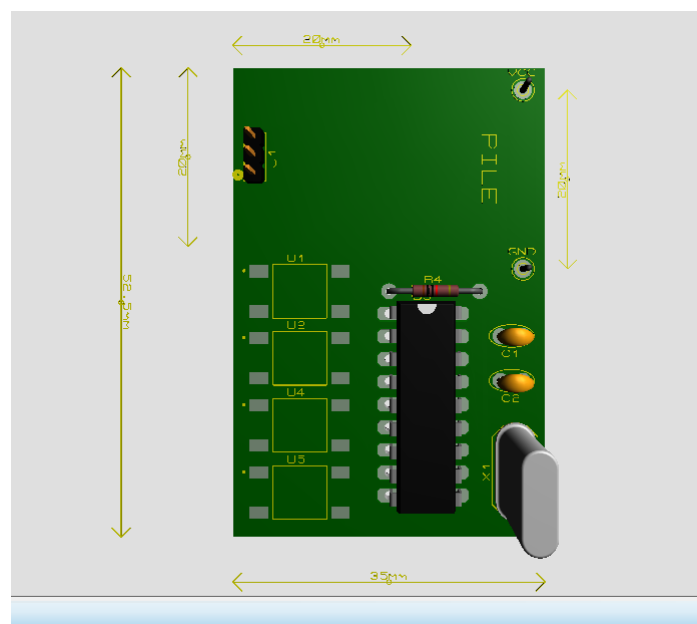


FIG. 26 : circuit 3D de système de commande RF

1. Système de verrouillage centralisé

Utilisation de relais commandés par le microcontrôleur pour activer ou désactiver le verrouillage des portes simultanément.

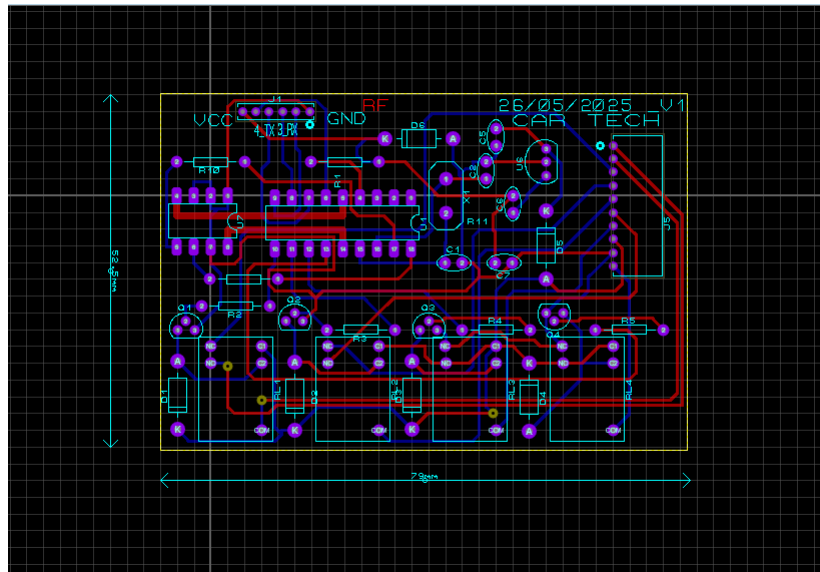


FIG. 27 : Circuit PCB de système de verrouillage centralisé

Explication du circuit

Le circuit du système de verrouillage centralisé intègre des **relais commandés par le microcontrôleur PIC16F628A**, permettant d'activer ou désactiver simultanément le verrouillage des portes. Lorsqu'une commande de verrouillage ou de déverrouillage est reçue (via le module RF ou par activation manuelle), le microcontrôleur active le relais correspondant, fermant ou ouvrant le circuit alimentant les actionneurs des portières.

Le circuit comprend :

- Des bornes de connexion vers les actionneurs de portières.
- Un transistor de commande protégeant le microcontrôleur.
- Une diode de roue libre pour protéger contre les surtensions générées par le relais.
- Des LED de signalisation de l'état du verrouillage.

Ce système assure une commande centralisée fiable et sécurisée du verrouillage des portières.

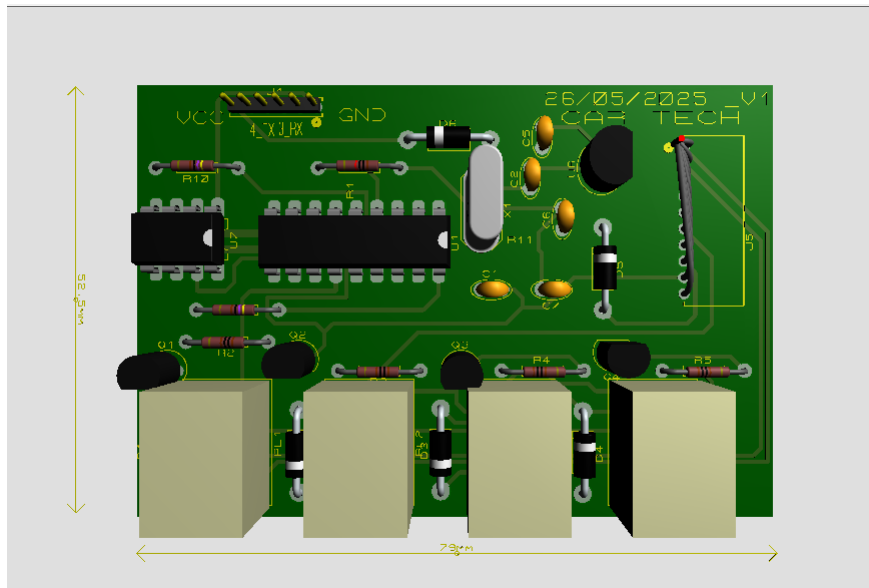


FIG. 28 : Circuit 3D de système de verrouillage centralisé

2. Système d'alarme avec choc et anti-démarrage

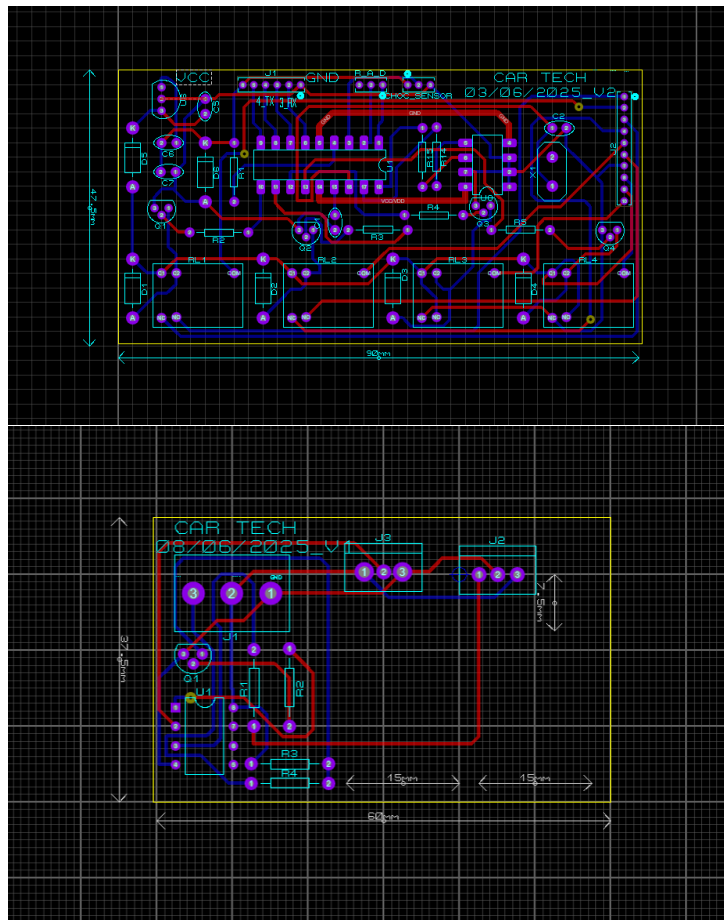


FIG. 29 : Circuit PCB de système d'alarme avec détecteur de choc

Explication du circuit

Ce circuit intègre un **capteur de choc** qui détecte toute vibration suspecte, un relais pour la **sirène d'alarme** et un relais d'**anti-démarrage** pour couper le circuit de démarrage du véhicule.

Lorsqu'une vibration est détectée :

- (a) Le capteur de choc envoie un signal au microcontrôleur.
- (b) Le microcontrôleur active le relais de la sirène pour alerter visuellement et auditivement.
- (c) Simultanément, le relais d'anti-démarrage coupe le circuit de démarrage pour empêcher le démarrage sans autorisation.

Le circuit comporte :

- Une entrée pour le capteur de choc.
- Deux relais protégés par des diodes de roue libre.
- Des transistors de commande pour les relais.
- Des LED d'indication d'état.

Ce système renforce la sécurité en combinant détection, alerte et blocage moteur en cas d'intrusion.

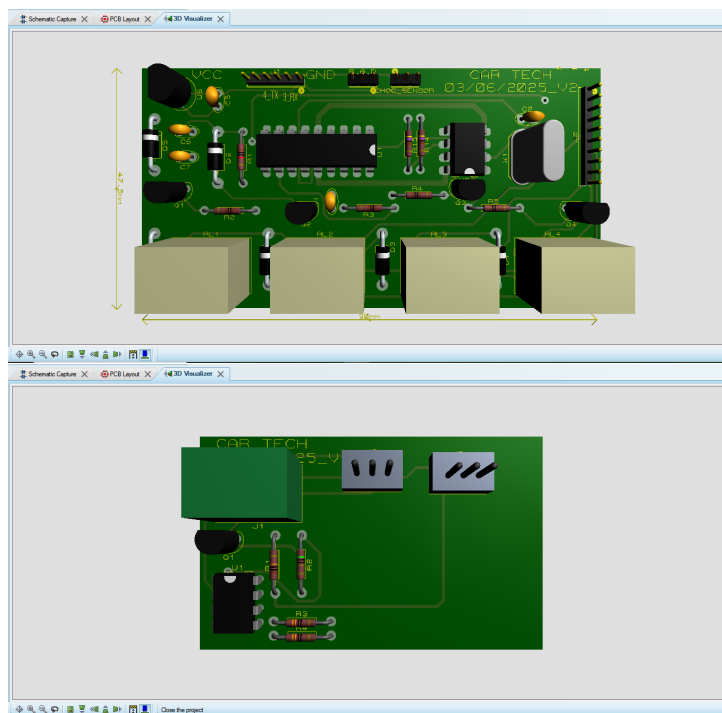


FIG. 30 : Circuit 3D de système d'alarme avec détecteur de choc

Le capteur de choc détecte toute vibration suspecte.

En cas de détection, le microcontrôleur active le relais de la sirène pour alerter visuellement et auditivement.

Le relais d'anti-démarrage coupe le circuit de démarrage du véhicule, empêchant son démarrage sans autorisation.

3. Système de localisation :

Le module GPS fournit les coordonnées, tandis que le module GSM envoie automatiquement un SMS contenant le lien de localisation au propriétaire en cas d'intrusion détectée.

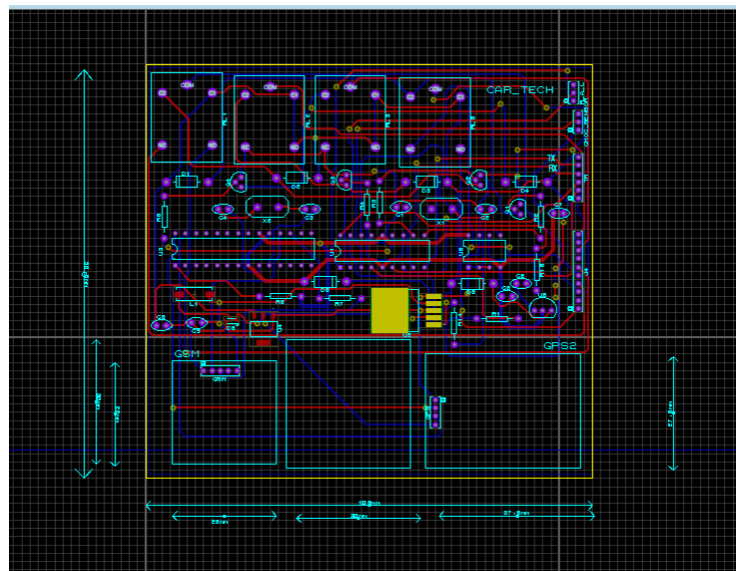


FIG. 31 : circuit PCB du système de localisation

Explication du circuit

Le système de localisation intègre un **module GPS** pour obtenir les coordonnées du véhicule et un **module GSM** pour envoyer automatiquement ces informations au propriétaire en cas d'intrusion.

Fonctionnement :

- En cas d'intrusion, le microcontrôleur récupère les coordonnées GPS.
- Il formate un SMS contenant un lien de localisation Google Maps.
- Il utilise le module GSM pour envoyer le SMS au propriétaire.

Le circuit comprend :

- Une alimentation stabilisée pour les modules GSM et GPS.
- Une interface UART entre le microcontrôleur et le module GSM.

- Une gestion des données GPS via le module GSM ou UART direct.

Ce système permet de localiser le véhicule en temps réel, renforçant ainsi la sécurité en cas de vol ou de tentative d'intrusion.

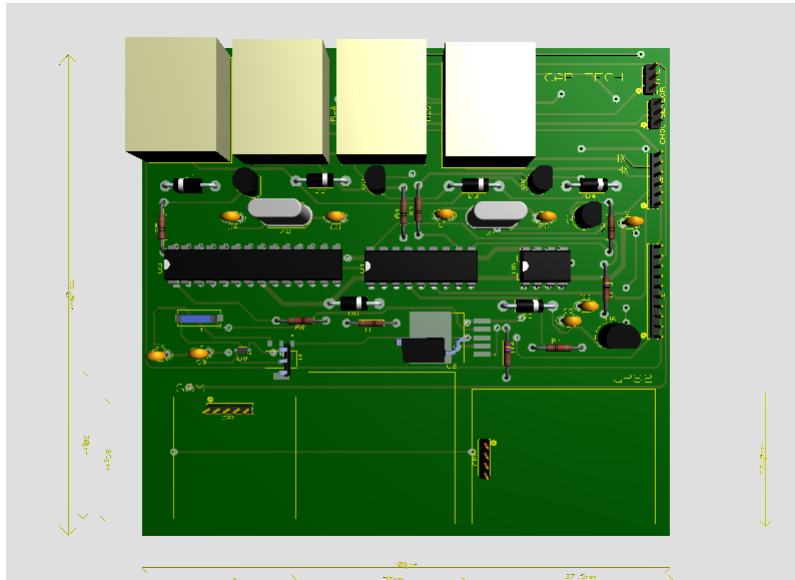
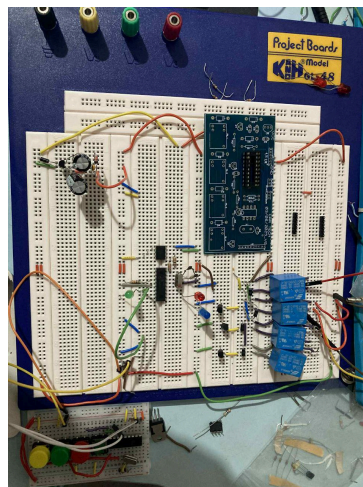


FIG. 32 : circuit 3D du système de localisation

4 Expérimentations et Résultats

Système de centralisation des portes

Cette figure illustre le montage expérimental du système de centralisation automatique des portes, intégrant un microcontrôleur PIC16F628a, des relais de puissance et des LED indicatrices pour simuler les actionneurs de verrouillage des portes.



télécommande RF ou manuellement, avec indication visuelle par LED, simulant le verrouillage simultané des portes d'un véhicule.

Ce montage a permis de tester le fonctionnement correct des relais, la commande des sorties via le microcontrôleur et le respect des délais de verrouillage configurés dans le code.

Système de détection de choc et d'alarme

Cette figure présente le montage sur breadboard du système de détection de choc et d'alarme, utilisant un capteur de choc (SW-420) connecté au microcontrôleur (PIC16F628a) via un comparateur LM393, permettant la détection des vibrations ou chocs sur le véhicule.

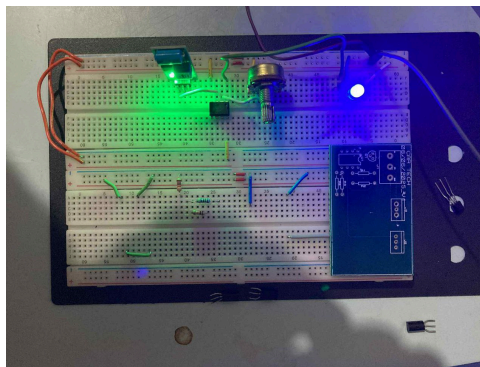


FIG. 34 : Montage expérimental du système de détection de choc et d'alarme sur breadboard.

Lorsqu'un choc est détecté, le microcontrôleur active un relais commandant la sirène et les LED d'alerte, permettant de simuler la réaction du système en cas de tentative d'intrusion ou de vandalisme. Ce montage a permis de vérifier le fonctionnement de la fonction d'alarme sonore, visuelle et le blocage de démarrage (anti-démarrage) lors d'une détection effective de choc.

système de localisation GPS/GSM

Le module GPS transmet les coordonnées géographiques au microcontrôleur, qui les récupère via l'interface UART. Ensuite, le microcontrôleur envoie ces coordonnées sous forme de lien Google Maps au propriétaire via le module GSM SIM800L, confirmant l'envoi par le message **Localisation envoyée**.

Le terminal virtuel affiche :

- La commande AT pour l'envoi du SMS contenant le lien de localisation.
- Le lien généré : <https://maps.google.com/?q=30.14...,09749...>
- La disponibilité du système pour recevoir les commandes SMS **LOCK** ou **UNLOCK**.

Dans cette simulation, l'envoi de la commande invalide **lock** a été détecté, montrant que le système est capable de gérer des commandes reçues par SMS et de notifier l'utilisateur en cas de commande incorrecte. Cette expérimentation valide le fonctionnement du système de localisation en temps réel pour le suivi et la sécurisation du véhicule.

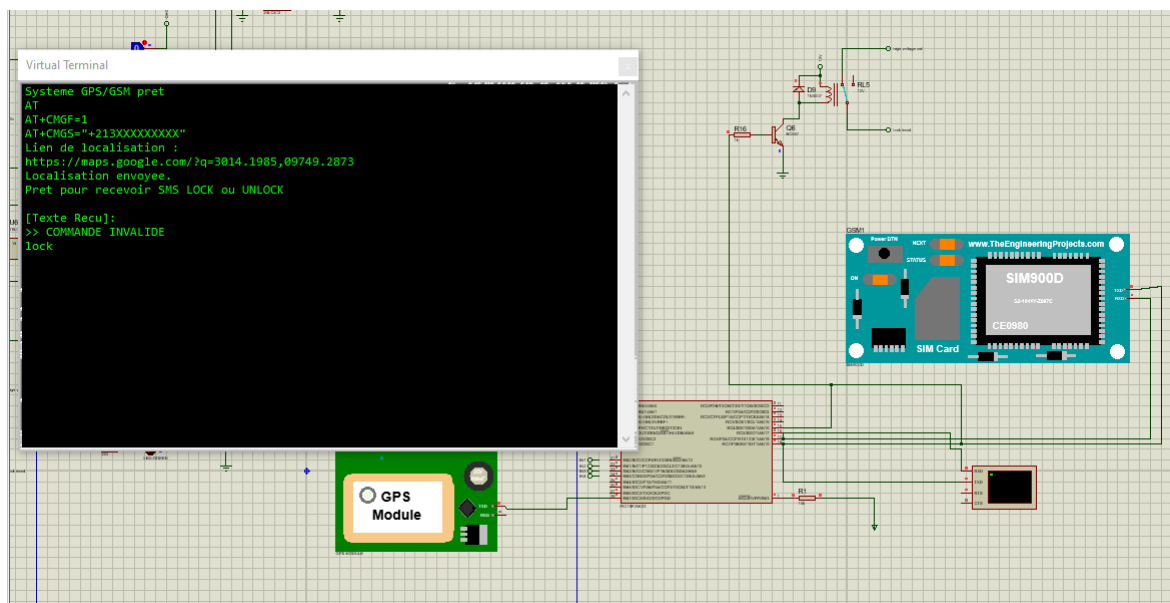


FIG. 35 : resultat obtenu du sys de localisation

5 Conclusion

Ce chapitre a exposé en détail la conception matérielle et logicielle du système de sécurité automobile embarqué développé dans ce projet. Nous avons tout d'abord décrit l'architecture matérielle globale, qui intègre un système de verrouillage centralisé, un module de commande par radiofréquence, un système d'alarme avec détection de choc et fonction antidémarrage, ainsi qu'un module GSM/GPS permettant la géolocalisation en temps réel et l'envoi d'alertes au propriétaire.

Ensuite, la conception logicielle a permis de mettre en œuvre les fonctionnalités essentielles, telles que la gestion des capteurs, le contrôle des relais, la communication série avec les modules GSM et GPS, ainsi que l'organisation des tâches pour assurer une détection rapide et une réaction immédiate face à une tentative d'intrusion ou de vol.

Cette phase de conception a marqué une transition réussie de la théorie à la pratique, en aboutissant à un prototype fonctionnel capable de sécuriser un véhicule de manière fiable et économique. Ce système propose une solution performante pour détecter les tentatives d'intrusion, alerter immédiatement le propriétaire et empêcher le démarrage du véhicule en cas de vol.

Le chapitre suivant abordera les résultats expérimentaux, les tests effectués sur le système conçu, ainsi que les limites identifiées, afin d'évaluer ses performances et de proposer des pistes d'amélioration pour les travaux futurs.

Conclusion et travaux futurs

Conclusion Générale

Ce mémoire présente la conception et la mise en œuvre de systèmes embarqués pour la sécurité automobile, visant à protéger les véhicules contre le vol et les intrusions tout en améliorant la sécurité des usagers.

Une analyse préalable des solutions existantes a révélé leurs limites, notamment en termes de fiabilité, de coût et de complexité d'entretien. Cela a conduit à privilégier des systèmes embarqués, offrant des fonctionnalités avancées, une faible consommation énergétique et une conception compacte adaptée aux contraintes automobiles. Plusieurs modules de sécurité ont été développés :

- Un système de verrouillage centralisé automatique,
- Une alarme anti-intrusion équipée de capteurs de mouvement et de choc,
- Une commande à distance par radiofréquence (RF),
- Un module de géolocalisation GPS associé à un module GSM pour transmettre en temps réel la position du véhicule en cas de vol.

Ces modules sont contrôlés par un microcontrôleur PIC16F628A, sélectionné pour sa compatibilité avec les applications embarquées, sa programmabilité et sa faible consommation. La programmation a permis de gérer le déclenchement automatique de l'alarme, le verrouillage des portes, la détection d'intrusions et l'envoi d'alertes SMS avec les coordonnées GPS.

Les simulations sous Proteus et la conception des circuits imprimés (PCB) ont validé le bon fonctionnement des modules, avec des performances satisfaisantes en termes de réactivité, de précision des capteurs et de fiabilité des communications.

Cependant, des contraintes ont été identifiées, notamment la sensibilité des capteurs dans des environnements perturbés et la portée limitée de la communication RF en milieu urbain dense. Ces limites ouvrent des perspectives d'amélioration, telles que l'intégration de l'IoT pour une gestion à distance via des applications mobiles, l'utilisation de réseaux LPWAN pour une meilleure couverture, ou l'ajout d'intelligence artificielle pour détecter les comportements anormaux.

En conclusion, ce projet démontre la viabilité et l'efficacité des systèmes embarqués pour la sécurité automobile, en proposant des solutions modulables, évolutives et adaptées aux contraintes économiques et techniques, contribuant ainsi à la lutte contre le vol et à la sécurité des véhicules.

Références

- [1] BB. URL : %7Bhttps://fr.wikipedia.org/wiki/Plip?utm_source%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.
- [2] *Bosch retrace l'histoire de la clé de voiture.* URL : %7Bhttps://www.bosch.fr/actualites-et-stories/2019/perfectly-keyless-histoire-cle%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.
- [3] *https ://www.bosch.fr/actualites-et-stories/2019/perfectly-keyless-histoire-cle/ Accessed 13 May 2025.*
- [4] BB. URL : %7B//https://blog.auto-selection.com/invention-de-la-fermeture-centralisee%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.
- [5] BB. URL : %7B//https://blog.auto-selection.com/invention-de-la-fermeture-centralisee%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.
- [6] *Histoire et évolution des clés Porsche.* URL : https://www.4legend.com/2018/evolution-des-cles-porsche-a-travers-le-temps-de-la-porsche-356-a-la-porsche-911-type-991/#google_vignette.
- [7] BB. URL : %7Bhttps://www.fr.ford.ch/support/instructions/cles-et-serrures/serrures-de-portes-et-alarmes/comment-fonctionnent-les-systemes-de-verrouillage-%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.
- [8] BB. *https ://www.cdiscount.com/auto/r-centralisation+voiture.html*_{h_iis}*Accessed13May2025..*
- [9] *sys d'alarme de voiture.* URL : https://fra.grandado.com/products/systeme-d-39-alarme-de-voiture-dispositif-antivol-interrupteur-a-distance-lb-100d?variant=UHJvZHVjdFZhcmllhbnQ6NDMwNDQOMTM4.
- [10] BB. URL : https://www.fr.ford.ch/support/instructions/cles-et-serrures/serrures-de-portes-et-alarmes/comment-fonctionnent-les-systemes-de-verrouillage-central%20Accessed%2013%20May%202025..
- [11] Electronics TUTORIALS. *RF Communication and Transmission.* Consulté en juin 2025. 2023. URL : https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_7.html.
- [12] BB. URL : %7Bhttps://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/demarreur/verrouillage-centralise?srsId=AfmB0oo0_yoB5b84ddFTVmgxqq7A0S-UG61gkXsTfYe3-8Y1F_NgGHoh%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.
- [13] BB. URL : %7Bhttps://www.fordservicecontent.com/Ford_Content/vdirsnet/OwnerManual/Home/Content?variantid=4643&languageCode=fr&countryCode=CAN&UId=G1734673&ProcUId=G1739882&userMarket=CAN&div=l&vFilteringEnabled=False&buildtype=web%20Accessed%2013%20May%202025.%7D.

- [14] *Clé auto perte et double*. URL : https://www.leboncoin.fr/ad/equipement_auto/2995342760.
- [15] BB. URL : <https://www.geotab.com/fr/solutions-gestion-flotte/keyless/%20Accessed%2013%20May%202025.%7D>.
- [16] BB. URL : <https://www.hella.com/techworld/fr/Technique/Electricite-et-electronique/Keyless-Go-3195/%20Accessed%2013%20May%202025.%7D>.
- [17] *carte clé d'une voiture*. URL : https://www.liberte-algerie.com/auto/carte-mains-libres-20-ans-de-liberte-371090#google_vignette.
- [18] BB. URL : <https://achat-voiture.pagesjaunes.fr/astuce/voir/720959/fermeture-centralisee-des-portes#:~:text=%C3%80%20l'action%20de%20la,ouvrants%20qui%20d%C3%A9verrouillent%20les%20serrures.%20Accessed%2013%20May%202025.%7D>.
- [19] *portière de voiture*. URL : <https://autogazette.de/tag/autotuer>.
- [20] *technologie de la clé automobile*. URL : <https://www.valeo.com/fr/solutions-daces/>.
- [21] BB. URL : <https://www.valeo.com/fr/phone-as-a-key/#:~:text=Avec%20Valeo%20Phone%20As%20A,se%20d%C3%A9verrouille%20automatiquement%20et%20rapidement.%20Accessed%2013%20May%202025.%7D%20%7D>.
- [22] Amin BENKHELIFA. "Les systèmes embarqués dans l'automobile". Mémoire de Master. Mém. de mast. Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE), 2018.
- [23] Les systèmes embarqués dans les VÉHICULES. URL : <https://vigineo.fr/2025/06/13/comment-assurer-la-securite-des-systemes-embarques-dans-les-vehicules/>.
- [24] FECIH LILIA. "Système d'ouverture sécurisée des portes d'un véhicule". Mémoire de Master. Mém. de mast. UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA-, 2021.
- [25] *système embarqués dans l'automobile*. URL : https://fr.freepik.com/vecteurs-premium/infographie-service-voiture_47916808.htm.
- [26] Michael J. PONT. *Embedded C*. Introduction aux microcontrôleurs et systèmes embarqués. Addison-Wesley, 2001, p. 3-5.
- [27] *microcontrôleur dans les sys embarqués*. URL : <https://embarque.developpez.com/cours-tutoriels/programmation/systeme-embarque/introduction-microcontrôleur/>.
- [28] *PIC16F628a*. URL : https://www.microchip.com/en-us/product/pic16f1459?utm_source=MicroSolutions&utm_medium&utm_term&utm_content&utm_campaign=PIC16F1459.

- [29] Relais de VERROUILLAGE CENTRALISÉ SEIM. URL : https://www.seim.fr/fr/produit/pieces_techniques/relais_verrouillage_centralise.
- [30] Robert H. BISHOP. *The Mechatronics Handbook*. CRC Press, 2002.
- [31] J.D. RYDER. *Electronic Fundamentals and Applications*. Prentice Hall, 1976.
- [32] BOSCH. *Automotive Handbook*. 10th. Wiley, 2018.
- [33] W. RIBBENS. *Understanding Automotive Electronics*. 7th. Butterworth-Heinemann, 2017.
- [34] Electronics HUB. *RF Module – Working and Applications*. Consulté en mai 2025. 2015. URL : <https://www.electronicshub.org/rf-module-working-and-applications/>.
- [35] *modules RF emetteur*. URL : <https://boutique.semageek.com/fr/334-modules-emetteur-et-recepteur-rf-433-mhz-3007143183154.html>.
- [36] *modules RF recepteur*. URL : <https://boutique.semageek.com/fr/334-modules-emetteur-et-recepteur-rf-433-mhz-3007143183154.html>.
- [37] Keyes KY-002 Vibration Sensor Module DATASHEET. URL : <https://components101.com/sensors/ky-002-vibration-switch-module>.
- [38] *module-capteur-de-vibration-sw-420*. URL : <https://www.micro-planet.ma/produit/module-capteur-de-vibration-sw-420/>.
- [39] *image de tephone avec GPS*. URL : <https://www.itechgps.com/roi-stats/>.
- [40] *image de tephone avec GPS*. URL : <https://www.flyrobo.in/ublox-neo-6m-gps-module-with-eprom?srsltid=AfmB0oqq92LfvRBPepHqpK6z5klfJmDqdrMwCVrUN5UMVc0xHSZ-UTIt>.
- [41] Robert Bosch GMBH. *Automotive Handbook*. 9th. Stuttgart, Germany : Wiley, 2014.
- [42] *module gsm rouge sim800l*. URL : <https://youpilab.com/components/product/module-gsm-rouge-sim800l>.
- [43] Martin SAUTER. *From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G : An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband*. Wiley, 2014.