

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 8 Mai 1945 Guelma



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Électronique et Télécommunications

MÉMOIRE
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

Présenté par :

ZITOUNI Salah Eddine

Intitulé

**Etude et réalisation des systèmes électroniques pour une
maison intelligente**

Sous la direction de :

Dr. Boulsina Fayçal

Année Universitaire : 2023/2024

Dédicace

À mes parents, mes sœurs et toute ma famille,

Pour votre soutien indéfectible, votre amour et vos sacrifices. Vous avez été ma source de motivation, et je vous en suis éternellement reconnaissant.

À mon encadreur et à mes professeurs,

Pour votre guidance, votre disponibilité et vos conseils précieux. Votre expertise a été un atout majeur pour m'amener là où je suis aujourd'hui et pour la réussite de ce projet.

À mes amis,

Pour votre amitié sincère et vos encouragements constants. Vous avez rendu ce parcours plus agréable et motivant.

Merci à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

Remerciements

On remercie tout d'abord DIEU, le tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet de fin d'études.

À mon encadrant, [Mr Dr. **Boulsina Fayçal**],

Pour votre guidance, votre disponibilité et vos conseils avisés. Votre expertise et votre patience ont été des atouts inestimables dans l'aboutissement de ce projet.

Merci de m'avoir accompagné avec autant de dévouement et de rigueur.

À mes professeurs,

Pour vos enseignements, votre soutien académique et votre bienveillance. Vous avez su éveiller ma curiosité et me pousser à donner le meilleur de moi-même.

Votre contribution a été déterminante dans mon parcours académique et la réalisation de ce travail.

Merci également aux membres du jury, vous avez toute ma gratitude.

Je remercie également tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réussite de ce projet. Que ce soit par des conseils, des critiques constructives ou simplement par leur présence, votre aide a été précieuse.

Enfin, je souhaite exprimer ma reconnaissance à toute personne que je n'aurais pas mentionnée mais qui a contribué, d'une manière ou d'une autre, à la réalisation de ce travail.

Merci à tous

Résumé

Les maisons intelligentes sont des résidences équipées de systèmes avancés qui permettent de contrôler divers aspects de la vie domestique. Le travail présenté dans ce mémoire avait comme objectif l'étude et la réalisation des systèmes électroniques pour ces maisons. Dans ce cadre, trois systèmes ont été étudiés : système de contrôle d'éclairage, système de serrure de porte, et système de détection des fuites de gaz. Pour ce dernier, un prototype a été réalisé. Le détecteur de fuites de gaz proposé utilise un capteur MQ-7 interfacé avec un microcontrôleur ATmega328P. Il vise à améliorer la sécurité en détectant les fuites de gaz et en activant une alarme, tout en envoyant un message et appelant un numéro de téléphone en cas de détection.

Mots-clés : Maison intelligente, Capteur de gaz, MQ-7, ATmega328P.

Abstract

Smart homes are residences equipped with advanced systems that provide control over various aspects of home life. The work presented here has as objective to study and realize electronic systems for these houses. In this context, three systems were studied: lighting control system, door lock system, and gas leak detection system. For the latter, a prototype was produced. The proposed gas leak detector uses an MQ-7 sensor interfaced with an ATmega328P microcontroller. It aims to enhance safety by detecting gas leaks and activating an alarm, while sending a message and calling a phone number in the case of gas detection.

Keywords: Smart home, Gas sensor, MQ-7, ATmega328P.

ملخص

المنزل الذكية هي مساكن مجهزة بأنظمة متقدمة تسمح بالتحكم في مختلف جوانب الحياة المنزلية. يهدف العمل المقدم في هذه المذكرة إلى دراسة وإنشاء أنظمة إلكترونية لهذه المنازل. في هذا السياق تمت دراسة ثلاثة أنظمة: نظام التحكم في الإضاءة، نظام قفل الباب، ونظام الكشف عن تسرب الغاز. بالنسبة لهذا الأخير، تم إنتاج نموذج أولي. يستخدم كاشف تسرب الغاز المقترح مستشعر MQ-7 متصلاً بوحدة تحكم دقيقة ATmega328P ويهدف إلى تعزيز الأمان من خلال الكشف عن تسرب الغاز، وتفعيل إنذار مع إرسال رسالة والاتصال بالهاتف عند الكشف عن التسرب.

الكلمات المفتاحية: المنزل الذكي، مستشعر الغاز، MQ-7، ATmega328P.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Généralités sur les maisons intelligentes	
I.1. INTRODUCTION	2
I.2. MAISONS INTELLIGENTES.....	2
I.2.1. Définition.....	2
I.2.2. Fonctionnalités des maisons intelligentes.....	2
I.2.3. Avantages des maisons intelligentes	3
I.2.4. Inconvénients des maisons intelligentes	4
I.3. PRINCIPALES TECHNOLOGIES UTILISEES POUR LA DOMOTIQUE	
INTELLIGENTE	5
I.3.1. Technologie Z-wave	6
I.3.2. Technologie Zigbee	7
I.3.3. Technologie INSTEON.....	8
I.3.4. Technologie Li-Fi	8
I.3.5. Technologie Wi-Fi.....	9
I.3.6. Technologie Bluetooth.....	10
I.4. CONCLUSION	10
Chapitre II :Eléments électroniques utilisés pendant la réalisation	
II.1. INTRODUCTION	11
II.2. CARTE ARDUINO.....	11
II.2.1. Description de la carte Arduino UNO.....	11
II.2.2. Caractéristiques de l'Arduino Uno	12
II.2.3. Description des broches d'Arduino Uno	12
II.2.4. Bloc d'alimentation	14
II.2.5. MicrocontrôleurATMEGA328P	15
II.2.6. Entrées numériques	18
II.2.7. Entrées analogiques	19
II.2.8. L'environnement de la programmation (IDE ARDUINO)	19
II.3. CAPTEUR DE GAZ.....	20
II.3.1. Principe de fonctionnement d'un capteur de gaz.....	20
II.3.2. Différents types de capteurs de gaz	20
II.3.3. Capteur de gaz MQ-7	22

Sommaire

II.4. AFFICHEUR LCD 16*2 I2C	28
II.4.1. Ecran LCD	28
II.4. 2. Adaptateur I2C pour LCD	29
II .4. 3. Câblage de l'écran LCD.....	30
II.4.4. Câblage du LCD I2C avec Arduino UNO	30
II.5. MODULE GSM SIM900A	31
II.6. DIODE ELECTROLUMINESCENTE (LED)	32
II .7. BUZZER.....	33
II .8. CONCLUSION	33
Chapitre III :Systèmes électroniques pour une maison intelligente	
III .1. INTRODUCTION.....	34
III.2. SIMULATION PAR LE LOGICIEL PROTEUS.....	34
III .3. SYSTEME DE CONTROLE D'ECLAIRAGE	35
III .3.1. Principe de fonctionnement	35
III .3.2. Composants	35
III .3.3. Logique de contrôle.....	36
III .3.4. Simulation	36
III .4. SYSTEME DE SERRURE DE PORTE	37
III .4.1. Principe de fonctionnement	37
III .4.2. Composants	37
III .4.3. Simulation	38
III.5. SYSTEME DE DETECTION DES FUITES DE GAZ	38
III .5.1. Principe de fonctionnement	38
III .5.2. Utilisation du microcontrôleurAtmega328P seul (sans carte Arduino)	39
III.5.3. Simulation.....	40
III.5.4. Réalisation	44
III.6. CONCLUSION.....	48
Conclusion générale	49
Références.....	50

Annexe

Liste des figures

Figure I.1 : Fonctionnalités des maisons intelligentes

Figure I.2 : Principales technologies utilisées pour la domotique intelligente

Figure I.3 : Application de technologie Z-Wave

Figure I.4 : Applications de technologie Zigbee

Figure I.5 : Application de technologie Li-Fi

Figure I.6 : Application de technologie Wi-Fi

Figure I.7 : Application de technologie Bluetooth (Version 5)

Figure II.1 : Arduino UNO

Figure II.2 : Description de la carte Arduino Uno

Figure II.3 : Bloc d'alimentation de la carte Arduino

Figure II.4 : Microcontrôleur ATmega328P

Figure II.5 : Architecture interne générale de l'ATmega328P

Figure II.6 : Broches numériques de la carte Arduino UNO

Figure II.7 : Broches d'entrées Analogiques

Figure II.8 : Structure générale d'IDE Arduino

Figure II.9 : Capteur MQ-7

Figure II.10 : Variation de tension de sortie a) absence du gaz. b) présence du gaz

Figure II.11 : Schéma électrique de module MQ-7

Figure II.12: Potentiomètre du MQ-7 pour le réglage de la sensibilité

Figure II.13: Structure intérieure de MQ-7

Figure II.14: Structure de l'élément de détection

Figure II.15: Structure extérieure de MQ-7

Figure II.16 : Câblage du capteur de gaz MQ-7 avec Arduino UNO

Figure II.17 : Afficheur LCD 16*2

Figure II.18 : Afficheur LCD 16x2 I2C

Figure II.19: Module GSM SIM900A

Figure II.20: Diodes électroluminescentes (Rouge, Jaune, Vert)

Figure II.21: Buzzer piézo-électrique

Figure III.1 : Algorithme du système de contrôle d'éclairage.

Figure III.2 : Simulation du système de contrôle d'éclairage en utilisant le logiciel Proteus.

Liste des figures

- Figure III.3 : Simulation du système de serrure de porte en utilisant le logiciel Fritzing.*
- Figure III. 4 : Schéma général de fonctionnement du système de détection des fuites de gaz.*
- Figure III. 5 : Branchement de Atmega328P sans carte Arduino*
- Figure III. 6 : Connexion du module MQ-7 avec L'Atmega328P en utilisant le logiciel Proteus*
- Figure III.7 : Circuit électrique d'un système d'alarme*
- Figure III. 8 : Transmission des données (Carte GSM)*
- Figure III. 9 : Montage du prototype sous ISIS*
- Figure III. 10 : Réalisation du circuit sur la plaque d'essai*
- Figure III.11: Affichage du message « For Your Safety, Welcome »*
- Figure III.12: Affichage du message « Gas Leakage,Detector Alarm»*
- Figure III. 13 : Résultat obtenu en absence de gaz (Cas normal)*
- Figure III. 14 : Résultat obtenu en présence du gaz (détection de gaz)*
- Figure III. 15 : Résultat obtenu en présence du gaz affichage « Gas Leakage, Call&SMS Sent »*
- Figure III. 16 : Recevoir un appel et un message SMS indiquant qu'il y a une fuite de gaz*

Liste des abréviations

HVAC: (*heating, ventilation and air-conditioning*)

IoT: (*Internet des Objets*)

Li-Fi: (*Light Fidelity*)

Wi-Fi: (*Wireless Fidelity*)

MQ-7: (*M : Module, Q : une lettre de référence, 7 : la génération du capteur*)

Ppm: (*partie par million*)

LCD: (*Liquid Crystal Display*)

IEEE: (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)

UHF: (*ultra-high frequency*)

DSSS: (*Direct-Sequence Spread Spectrum*)

GFSK: (*Gaussian Frequency-Shift Keying*)

OFDM: (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

CRC: (*Contrôle de Redondance Cyclique*)

HR: (*humidité relative*)

IDE: (*Integrated Development Environment*)

UART: (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*)

M2M: (*Machine to Machine*)

GSM: (*Global System for Mobile Communications*)

SMS: (*Short Message Service*)

GPRS: (*General Packet Radio Service*)

HTTP: (*Hypertext Transfer Protocol*)

GPS: (*Global Positioning System*)

SIM: (*Subscriber Identity Module*)

PIR: (*Passive Infrared Sensor*).

LDR: (*Light Dependent Resistor*)

RFID: (*Radio-Frequency Identification*)

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Tableau comparatif des dernières normes Wi-Fi

Tableau II. 1 : Caractéristique de l'Arduino Uno

Tableau II. 2 : Pins d'Arduino Uno.

Tableau II. 3 : Spécifications du capteur MQ-7

Tableau II. 4 : Liste des broches du LCD et leur rôle

Tableau II. 5 : Spécifications du module GSM SIM900A

INTRODUCTION GENERALE

Les avancées technologiques des dernières décennies ont profondément modifié notre mode de vie et notre interaction avec notre environnement. Parmi les changements les plus marquants, on trouve l'émergence des maisons intelligentes. En intégrant l'électronique, les télécommunications et l'informatique, les maisons intelligentes visent à améliorer le confort, la sécurité et l'efficacité énergétique des résidences. Plusieurs systèmes peuvent être intégrés dans une maison intelligente : système de contrôle d'éclairage, système de serrure de porte, système de détection des fuites de gaz... etc. Les détecteurs de gaz occupent une place cruciale. Ces dispositifs sont conçus pour identifier les fuites de gaz potentiellement dangereuses, comme le monoxyde de carbone (CO), le gaz naturel (CH₄) ou le propane, et alerter les occupants en cas de danger imminent.

L'objectif de ce mémoire est l'étude et la réalisation des systèmes électroniques pour une maison intelligente. Il est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre présente des généralités sur les maisons intelligentes.
- Le deuxième chapitre décrit les éléments électroniques utilisés pendant la réalisation.
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude et la réalisation des systèmes électroniques pour une maison intelligente, en particulier le détecteur de fuites de gaz.

Chapitre I : Généralités sur les maisons intelligentes

I.1. INTRODUCTION

Les maisons intelligentes sont des résidences équipées de dispositifs et de systèmes technologiques avancés conçus pour automatiser, surveiller et contrôler divers aspects de la vie domestique. L'objectif principal des maisons intelligentes est d'améliorer le confort, la sécurité, l'efficacité énergétique et la commodité pour les occupants. Ce chapitre présente des généralités sur les maisons intelligentes

I.2. MAISONS INTELLIGENTES

I.2.1. Définition

Une maison intelligente, également connue sous le nom de maison connectée ou maison domotique, est une habitation équipée de dispositifs et de systèmes automatisés qui permettent de contrôler divers aspects de l'environnement domestique. Ces systèmes peuvent inclure des appareils électroménagers, des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, des systèmes d'éclairage, des systèmes de sécurité, et des appareils électroniques, tous connectés à un réseau centralisé [1].

I.2.2. Fonctionnalités des maisons intelligentes

Les maisons intelligentes offrent une large gamme de fonctionnalités qui peuvent améliorer le confort, la sécurité et l'efficacité énergétique (voir Figure I.1). Voici quelques exemples :

- **Contrôle de l'éclairage**

C'est la possibilité d'allumer, éteindre et graisser les lumières à distance à l'aide d'un smartphone ou d'une tablette. Il donne également la création des scènes d'éclairage pour différentes occasions, telles qu'un mode détente ou un mode cinéma.

- **Contrôle de la température**

C'est l'opportunité de régler la température de la maison à distance afin qu'elle soit confortable lorsque la personne rentre chez lui. Il offre également la possibilité de programmer le thermostat pour qu'il s'ajuste automatiquement en fonction de l'emploi du temps ou de la météo.

- **Sécurité et surveillance**

C'est d'installer des serrures intelligentes, des caméras de sécurité et des capteurs de mouvement pour protéger la maison contre les intrusions ou détecteur de fuite gaz pour se protéger de l'étouffement. Le citoyen peut recevoir des notifications sur son smartphone en cas d'activité suspecte et même diffuser des images en direct de sa maison.

- **Appareils électroménagers intelligents**

C'est de contrôler les appareils électroménagers intelligents à distance, tels que le réfrigérateur, le four et le lave-linge. Il donne également la possibilité de les programmer pour qu'ils s'exécutent automatiquement à certaines heures de la journée.

- **Divertissement**

C'est le contrôle du système de divertissement à domicile à distance à l'aide d'un smartphone ou d'une tablette. Il offre également l'occasion de diffuser de la musique et des vidéos sur des appareils intelligents.



Figure I.1 : Fonctionnalités des maisons intelligentes [2].

I.2.3. Avantages des maisons intelligentes

Les maisons intelligentes, grâce à leurs fonctionnalités et technologies intégrées, offrent une multitude d'avantages qui peuvent améliorer le mode de vie quotidien, notamment :

- **Commodité et gain de temps**

L'un des attraits majeurs des maisons intelligentes réside dans la commodité qu'elles procurent. C'est la potentialité de contrôler à distance divers aspects du foyer, depuis un smartphone ou tout autre appareil connecté, même lorsqu'il est loin. Ex (Allumer ou éteindre les

lumières à distance, réguler la température de la maison avant de rentrer, verrouiller ou déverrouiller les portes à distance).

- **Sécurité renforcée pour votre tranquillité d'esprit**

Les maisons intelligentes contribuent à améliorer la sécurité du foyer grâce à divers systèmes et dispositifs connectés : Serrures intelligentes qui se verrouillent et se déverrouillent automatiquement ou à distance, systèmes d'alarme connectés, caméras de surveillance intelligentes intérieures et extérieures.

- **Efficacité énergétique et économies d'argent**

Les maisons intelligentes permettent d'optimiser la consommation d'énergie et de réduire les factures, grâce à des technologies intelligentes qui gèrent efficacement les appareils et systèmes électriques : Thermostats intelligents programmables et adaptables aux habitudes de vie, appareils électroménagers intelligents dotés de fonctionnalités intelligentes pour optimiser leur consommation d'énergie, prises intelligentes permettent de contrôler individuellement la mise sous tension des appareils électroniques.

- **Confort personnalisé et bien-être amélioré**

Les maisons intelligentes permettent de créer un environnement domestique sur mesure qui répond aux besoins et préférences spécifiques, améliorant ainsi le confort et le bien-être de citoyens.

I.2.4. Inconvénients des maisons intelligentes

- **Coût élevé**

L'un des principaux freins à l'adoption des maisons intelligentes est leur coût initial élevé. L'acquisition des appareils, systèmes et installations domotiques peut représenter un investissement important, surtout si la personne souhaite équiper l'ensemble de la maison.

- **Complexité de la configuration et de l'utilisation**

Mettre en place et utiliser une maison intelligente peut s'avérer complexe pour les utilisateurs non familiers avec les technologies. La configuration des appareils, la connexion au réseau Wi-Fi, la création de routines et la gestion des différentes applications peuvent nécessiter des compétences techniques et du temps d'apprentissage.

- **Problèmes de confidentialité et de sécurité des données**

Les maisons intelligentes collectent de nombreuses données sur les habitudes d'utilisation, telles que les horaires de présence, les préférences de température, la consommation d'énergie et

les interactions avec les appareils connectés. Ces données sont stockées sur des serveurs cloud ou localement sur les appareils intelligents, il est crucial de mettre à jour régulièrement les logiciels dans les appareils intelligents et de mettre en place des mesures de sécurité robustes pour protéger le réseau Wi-Fi.

- **Vulnérabilité aux cyberattaques**

Les maisons intelligentes, étant connectées à Internet, sont potentiellement vulnérables aux cyberattaques. Des pirates informatiques pourraient accéder au réseau Wi-Fi, prendre le contrôle des appareils intelligents, voler les données personnelles ou même perturber le fonctionnement de la maison. Il est essentiel de mettre en place des mesures de sécurité adéquates pour protéger la maison intelligente contre les cyberattaques.

- **Obsolescence des technologies**

Les technologies domotiques évoluent rapidement, ce qui signifie que les appareils intelligents peuvent devenir obsolètes après quelques années. Il y a un risque alors de ne plus pouvoir recevoir les mises à jour de sécurité ou de compatibilité, ce qui expose le système à des vulnérabilités. De plus, les nouveaux appareils peuvent offrir des fonctionnalités plus avancées et une meilleure efficacité énergétique, rendant les anciens appareils moins performants.

I.3. PRINCIPALES TECHNOLOGIES UTILISEES POUR LA DOMOTIQUE INTELLIGENTE

La Figure I.2 présente les principales technologies utilisées dans la domotique intelligente. Les buts de ces technologies sont, la reconnaissance vocale et faciale (Pour contrôler les systèmes de la maison sans contact physique) et la commandes à distance (Contrôle des appareils via smartphones ou autres dispositifs connectés).

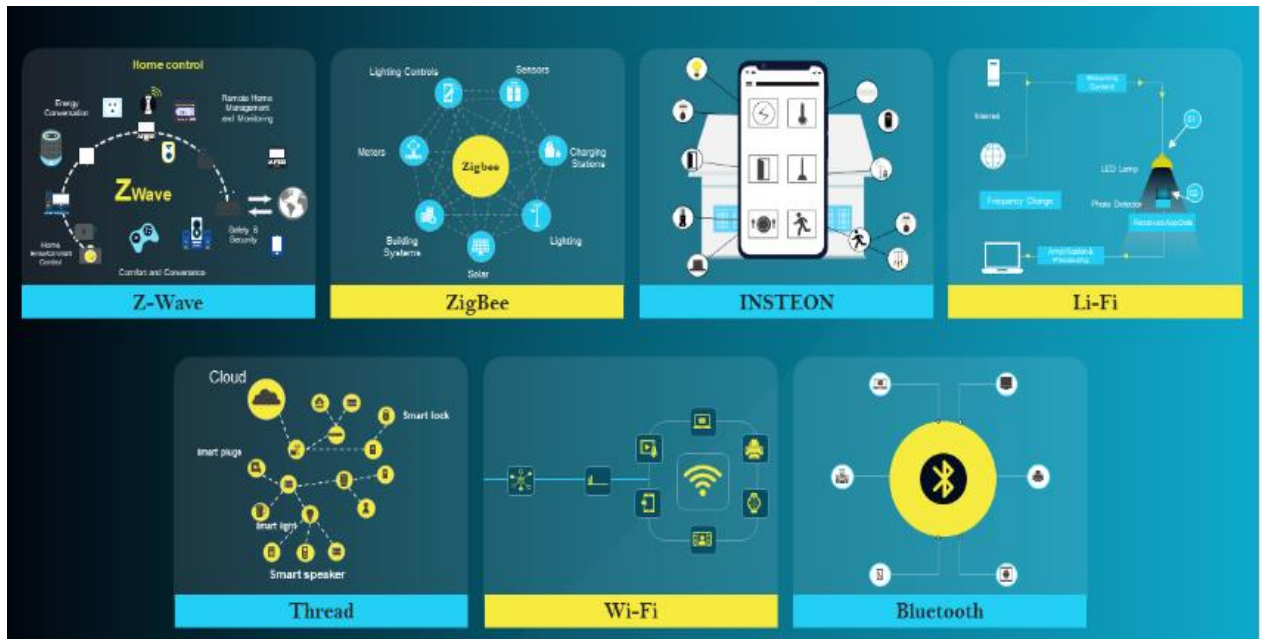


Figure I.2 : Principales technologies utilisées pour la domotique intelligente [3].

I.3.1. Technologie Z-wave

La technologie Z-Wave est un protocole de communication sans fil utilisé principalement dans le domaine de la domotique (Figure 1.3). Voici un aperçu de ses caractéristiques :

- **Protocole de communication** : Z-Wave utilise une bande de fréquence entre 800 et 900 MHz, ce qui lui confère une portée étendue et une meilleure pénétration à travers les murs, idéale pour les environnements domestiques.
- **Évolution** : La technologie Z-Wave a évolué pour inclure des fonctionnalités telles que le Z-Wave Long Range, qui augmente la portée jusqu'à plusieurs kilomètres et prolonge la durée de vie de la batterie des appareils jusqu'à 10 ans.
- **Sécurité** : Z-Wave renforce la sécurité des maisons en permettant une communication sécurisée entre les différents dispositifs connectés, ce qui en fait une solution populaire pour les systèmes de sécurité domestique.



Figure I.3 : Application de technologie Z-Wave [4].

I.3.2. Technologie Zigbee

Zigbee est un protocole de communication sans fil conçu pour les réseaux (IoT), il permet la communication entre des équipements personnels ou domestiques équipés de petits émetteurs radios à faible consommation d'énergie, il est utilisé pour relier des appareils intelligents tels que des ampoules, des prises et des verrous intelligents à un réseau domestique, offrant ainsi une connectivité sans fil pour la domotique et l'automatisation résidentielle (Figure I.4).



Figure I.4 : Applications de technologie Zigbee [5].

I.3.3. Technologie INSTEON

INSTEON est un système propriétaire de domotique qui offre une gamme de produits pour l'automatisation résidentielle. INSTEON propose des solutions pour contrôler les lumières, les thermostats, les capteurs de fuite, les télécommandes, les détecteurs de mouvement, etc. Il utilise une technologie de maillage unique et brevetée, combinant un protocole sans fil de 900 MHz et un réseau sur ligne électrique, pour assurer une connectivité robuste, Il permet aux utilisateurs de contrôler leurs appareils à distance.

I.3.4. Technologie Li-Fi

Le Li-Fi, ou Light Fidelity, est une technologie de communication sans fil qui utilise la lumière visible pour transmettre des données à haute vitesse. Contrairement au Wi-Fi qui utilise des ondes radio, le Li-Fi transmet des données via des sources de lumière, comme des LED. Cela permet des vitesses de transfert potentiellement plus rapides et une bande passante plus large. Le Li-Fi offre également une sécurité accrue car la lumière ne traverse pas les murs, réduisant ainsi les risques de piratage ou d'interception des données. Cette technologie présente de nombreuses applications potentielles dans divers domaines tels que les réseaux domestiques, les environnements industriels, les hôpitaux et les véhicules (FigureI.5).



Figure I.5 : Application de technologie Li-Fi [6].

I.3.5. Technologie Wi-Fi

Wi-Fi, désigne un ensemble de protocoles de communication sans fil régis par les normes du groupe IEEE 802.11 (Figure I.6). Cette technologie permet la mise en place de réseaux locaux sans fil (WLAN) permettant aux appareils électroniques (ordinateurs, smartphones, tablettes, etc.) de se connecter à Internet et de communiquer entre eux. Le Wi-Fi utilise des fréquences radio pour la transmission des données, offrant ainsi une connectivité sans fil pratique et largement répandue dans les environnements domestiques, professionnels et publics (voir Tableau I.1).

Type	Année	Débit	Portée	Fréquences
Wi-Fi 5	2014, puis 2016	Jusqu'à 7 Gb/s	35 mètres	5 GHz
Wi-Fi 6	2019	Jusqu'à 10,5 Gb/s	70 mètres	2,4 GHz, 5 GHz
Wi-Fi 6 ^E	2021	Jusqu'à 11 Gb/s	70 mètres	2,4 GHz, 5 GHz, 6GHz
Wi-Fi 7	2024	45 Gb/s	70 mètres	2,4 GHz, 5 GHz, (5GHz si Quad-Band), 6GHz

Tableau I.1 : Tableau comparatif des dernières normes Wi-Fi [7].



Figure I.6 : Application de technologie Wi-Fi [7].

I.3.6. Technologie Bluetooth

Bluetooth est une norme de télécommunications permettant l'échange bidirectionnel de données à courte distance en utilisant des ondes radio UHF sur une bande de fréquences allant de 2,402 à 2,480 GHz (Figure I.7). Cette technologie sans fil est largement utilisée pour connecter différents appareils électroniques tels que des smartphones, des écouteurs sans fil, des enceintes, des ordinateurs, des périphériques IoT, et bien plus encore. Elle permet le transfert de données et la communication entre ces appareils sans nécessiter de câbles.



Figure I.7 : Application de technologie Bluetooth (Version 5) [8].

I.4. CONCLUSION

Au cours de ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur les maisons intelligentes. Nous avons mis en évidence les bénéfices de ces maisons et leur impact positif sur l'amélioration de vie humaine.

Chapitre II :

Eléments électroniques utilisés pendant la réalisation

II.1. INTRODUCTION

Les composants électroniques sont conçus pour être intégrés à d'autres dispositifs en vue d'accomplir une ou plusieurs fonctions électroniques. Dans ce chapitre, nous introduisons les divers éléments électroniques utilisés dans la partie réalisation de notre projet, et nous expliquons leur mode de fonctionnement : Capteur de gaz monoxyde de carbone, CH₄ (MQ7), Carte Arduino, Buzzer, Afficheur LCD, Module GSM +Carte SIM, et LEDs.

II.2. CARTE ARDUINO

Il existe plusieurs types de carte Arduino à savoir carte Arduino NANO, carte Arduino MEGA et carte Arduino UNO. Cette dernière est utilisée pour notre projet.

II.2.1. Description de la carte Arduino UNO

La carte Arduino UNO, une carte électronique programmable, est très répandue dans le domaine de la programmation des circuits électroniques. Son développement a été assuré par une équipe incluant Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Guianluca Martino, David Mellis et Nicholas Zambetti. Cette carte est équipée de divers composants, principalement le microcontrôleur AtmelAVR (ATmega328P), accompagné d'autres composants supplémentaires facilitant la programmation et l'interaction avec d'autres circuits. Chaque module intègre au moins un régulateur linéaire 5V et un oscillateur à quartz de 16 MHz [9].



Figure II.1 : Arduino UNO [10].

II.2.2. Caractéristiques de l'Arduino Uno

La carte Arduino Uno est omniprésente dans de nombreux projets. Ceci est dû à ses caractéristiques intéressantes. Les caractéristiques de la carte Arduino Uno sont représentées dans le tableau suivant :

Microcontrôleur	ATmega328P
Tension de fonctionnement	5 V
Tension d'entrée (recommandé)	7 à 12 V
Tension d'entrée (limites)	6 à 20 V
Broches d'E/S numériques	14 (dont 6 fournissent une sortie PWM)
Broches d'entrée analogique	6 (A0-A5)
Courant continu par broche E/S	40 mA
Courant continu pour la broche 3.3V	50 mA
Mémoire Flash	32 KB (0.5 KB utilisés par le boot loader)

Tableau II. 1 : Caractéristique de l'Arduino Uno [10].

II.2.3. Description des broches d'Arduino Uno

La carte Arduino Uno est une carte de développement basée sur le microcontrôleur ATmega328P. Elle se distingue par ses spécifications techniques, qui sont détaillées dans le tableau suivant.

Catégorie de pin	Nom de la pin	Détails
Alimentation	Vin, 3.3V, 5V, GND	<p>Vin : Tension d'entrée de l'Arduino lorsqu'il utilise une source d'alimentation externe.</p> <p>5V : Alimentation régulée utilisée pour alimenter les composants de la carte.</p> <p>3.3V: Alimentation 3.3 V générée par le régulateur de tension embarqué. Le courant maximum consommé est de 50 mA.</p> <p>GND : pin de mise à la terre.</p>
Réinitialisation	Reset	Réinitialiser le microcontrôleur
Analog Pins	A0 à A5	Utilisé pour fournir une entrée analogique.
Entrée/Sortie pins (digital pins)	0 à 13	Utilisé comme pin d'entrée ou de sortie.
Serial	0 (Rx), 1 (Tx)	Utilisé pour recevoir et transmettre des données.
Interruptions externes	2, 3	Pour déclencher une interruption.
PWM	3, 5, 6, 9, 11	Fournit une sortie PWM de 8 bits.
SPI	10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) and 13 (SCK)	Utilisé pour la communication SPI.
LED intégrée	13	Pour allumer la LED intégrée.
TWI	A4 (SDA), A5 (SCA)	Utilisé pour la communication TWI.
AREF	AREF	Pour fournir une tension de référence pour la tension d'entrée.

Tableau II. 2 : Pins d'Arduino Uno [10].

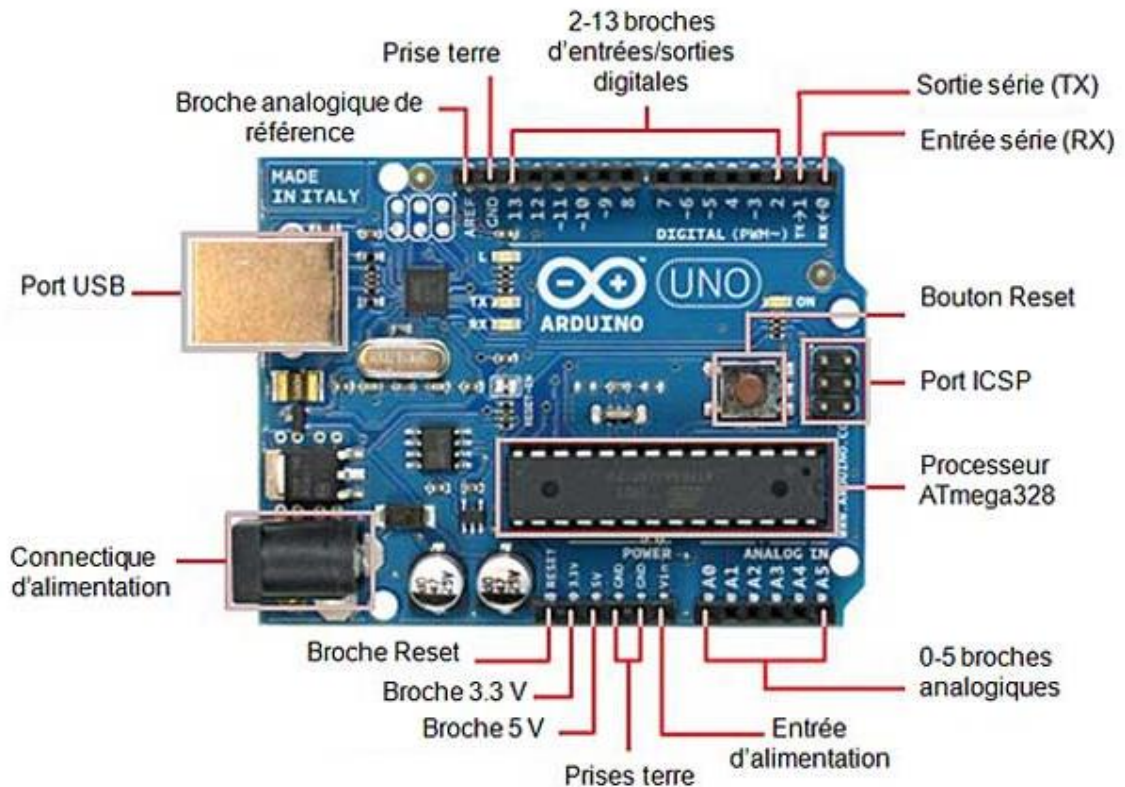


Figure II. 2 : Description de la carte Arduino Uno [11].

II.2.4. Bloc d'alimentation

Pour que la carte Arduino UNO puisse fonctionner, elle requiert une alimentation adéquate. Cela peut se faire de deux manières : soit par une connexion USB à un ordinateur, fournissant une tension de 5 V et un courant maximal de 500 mA, permettant à la fois l'alimentation de la carte et la communication série avec le microcontrôleur ATMEGA328, soit par une alimentation externe offrant une tension continue comprise entre 7 V et 12 V, telle qu'une pile de 9 V. Dans ce dernier cas, un régulateur intégré assure l'abaissement de la tension à 5 V, nécessaire au fonctionnement optimal de la carte (voir Figure II.3). La carte Arduino UNO est conçue pour sélectionner automatiquement la source d'alimentation lors de son utilisation.

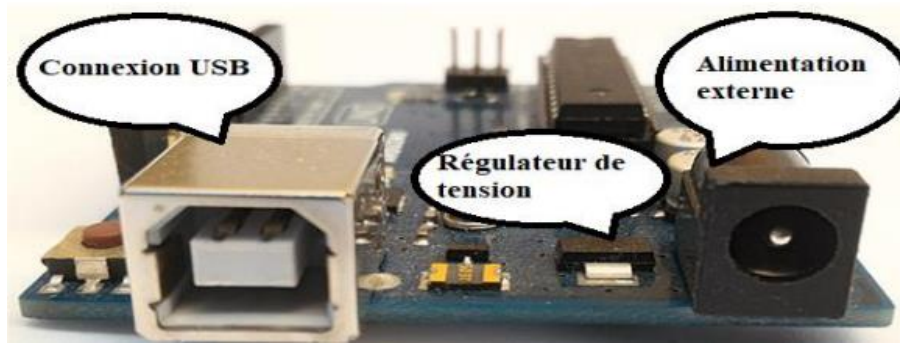


Figure II.3: Bloc d'alimentation de la carte Arduino [10].

II.2.5. Microcontrôleur ATMEGA328P

Le microcontrôleur constitue le noyau vital de la carte Arduino. Sur la carte Arduino UNO, le microcontrôleur est un ATMEGA328, un composant de la famille AVR 8 bits d'ATMEL, programmable en langage C/C++ [10,11]. Cette puce est équipée d'un processeur central capable d'exécuter des programmes stockés dans une mémoire Flash de 32 Ko, d'une mémoire vive (RAM) de 2 Ko pour stocker les données et les variables générées par le programme, ainsi que d'une mémoire EEPROM de 1 Ko pour enregistrer des informations et conserver des données [10]. De plus, l'ATMega328 offre des ressources supplémentaires telles que des broches d'entrées/sorties parallèles et série, des timers pour la génération ou la mesure de signaux avec une précision temporelle élevée, et des convertisseurs analogique/numérique pour le traitement des signaux analogiques, totalisant 23 broches d'E/S au total [10,12]. Ces broches permettent de connecter le microcontrôleur à divers composants électroniques. Le fonctionnement des entrées/sorties du microcontrôleur est déterminé par un programme contenu dans celui-ci [10] (voir Figure II.4).

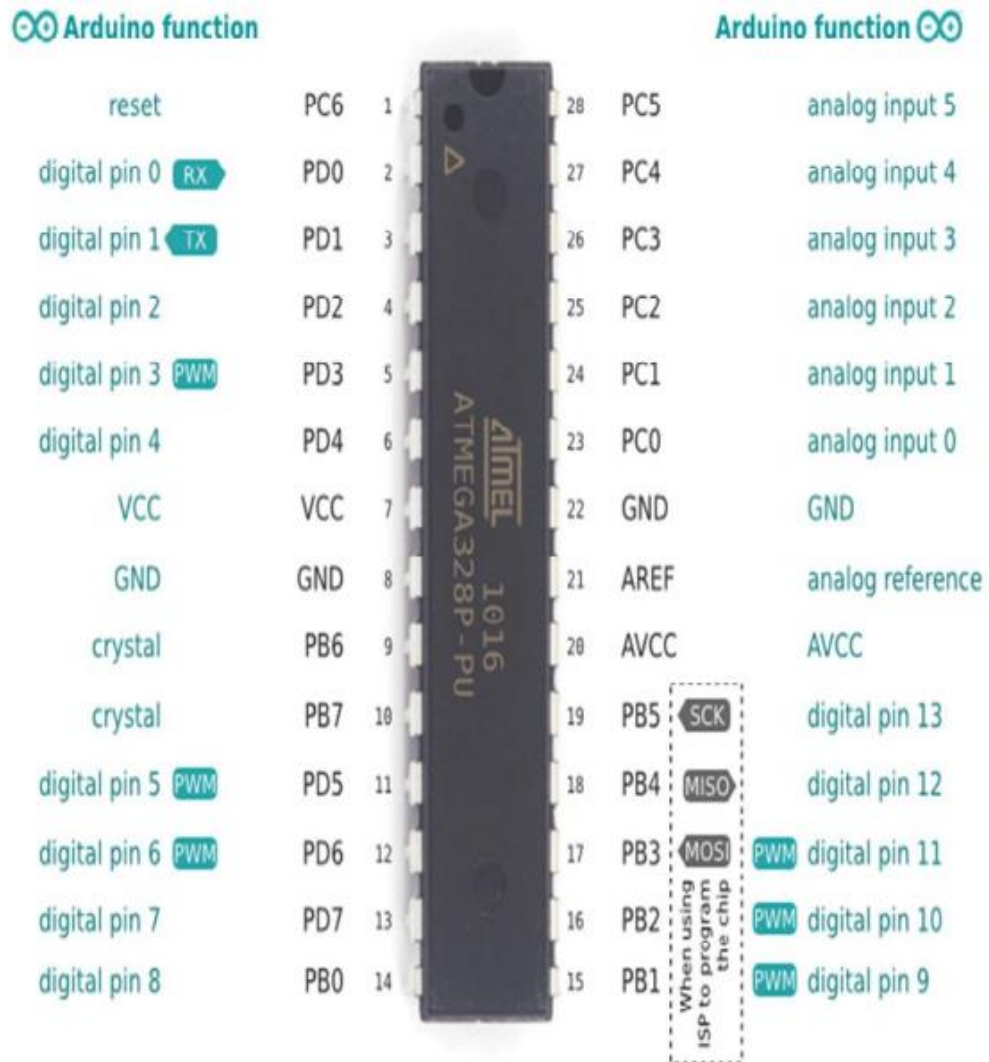


Figure II.4 : Microcontrôleur ATmega328P [10].

Les principales caractéristiques sont (voir Figure II.5) :

- **FLASH** = mémoire programme de 32 ko.
- **SRAM** = données (volatiles) 2 ko.
- **EEPROM** = données (non volatiles) 1ko.
- **Digital I/O (entrée-sorties Tout ou Rien)** = 3 ports Port B, Port C, Port D (soit 23 broches en tout I/O).
- **Tension d'alimentation interne** = 5V.
- **Tension d'alimentation (recommandée)** = 7 à 12V, limites = 6 à 20 V.
- **Courant max par broches E/S** = 40 mA.
- **Courant max sur sortie 3.3 V** = 50 mA.
- **Fréquence horloge** = 16 MHz.

-
- **Dimension** = 68.6mm x 53.3mm.
 - **Timers/Counters** : Timer0 et Timer2 (comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16bits). Chaque timer peut être utilisé pour générer deux signaux PWM. (6 broches OCxA/OCxB).
 - **Plusieurs broches multifonctions** : certaines broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par l'utilisateur.
 - **PWM** = 6 broche OC0A(PD6), OC0B(PD5), OC1A(PB1), OC1(PB3), OC2A(PB3), OC2B(PD3).
 - **Analog to Digital Convertir (résolution 10 bits)** = 6 entrées multiplexes ADC0(PC0) à ADC5 (PC5).
 - **Gestion bus 12C (TWI Two Wire Interface)** = le bus est exploité via les broches SDA (PC5) / SCL(PC4).
 - **Port série (USART)** = émission/réception série via les broches TXD(PD1) /RXD(PD0).
 - **Comparateur analogique** = broches AIN0(PD6) et AIN1(PD7) peuvent déclencher interruption.
 - **Watchdog Timer programmable** = L'ATMega possède un compteur dit de chien de garde programmable pour générer des interruptions à la fin de son comptage et il peut être utilisé comme étant un simple compteur.

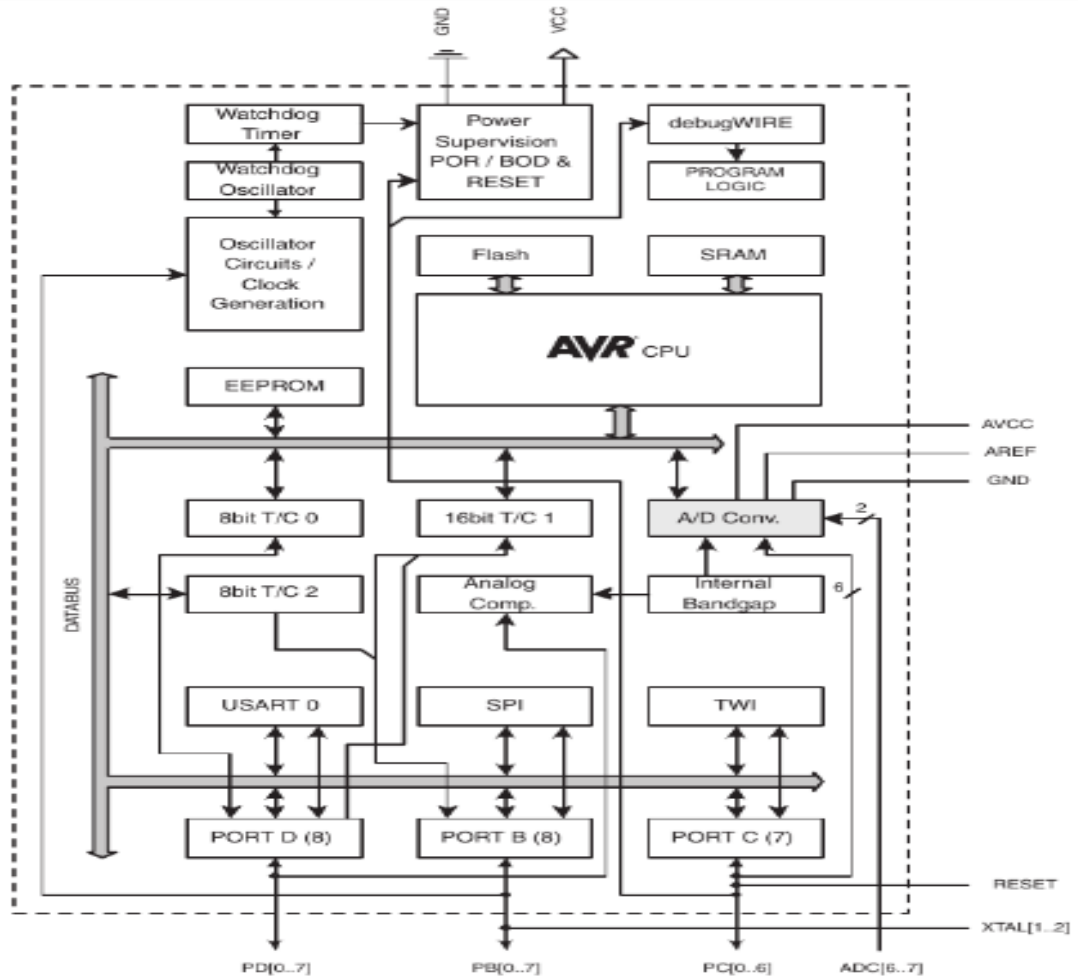


Figure II.5 : Architecture interne générale de l'ATmega 328P [13].

II.2.6. Entrées numériques

Les broches d'entrées et de sorties numériques (D0 à D13) peuvent être configurées par programmation soit comme des entrées ou bien comme des sorties [10] (voir Figure II.6).



Figure II.6 : Broches numériques de la carte Arduino UNO [10].

Les broches d'entrées/sorties numériques de l'Arduino UNO peuvent être dans deux états distincts : HAUT ou BAS. Lorsqu'une broche est activée, elle présente une tension de 5 V, tandis que lorsqu'elle est désactivée, la tension chute à 0V. De plus, certaines de ces broches peuvent être configurées en sortie PWM [10].

Chaque broche numérique peut supporter jusqu'à 40 mA de courant maximal et possède une résistance interne variant entre 20 et 50 K Ω . Enfin, les broches TX et RX sont respectivement la ligne de transmission série et la ligne de réception série des données. Elles sont dédiées à la communication avec d'autres modules tels que les modules WiFi, Bluetooth, etc. [10].

II.2.7. Entrées analogiques

Contrairement aux broches d'entrées/sorties numériques qui se limitent à deux états, HAUT et BAS, Les entrées analogiques (A0 à A5) peuvent mesurer une tension entre 0V et 5V avec une résolution de 10 bits, soit 1024 niveaux allant de 0 à 1023 [10] (voir Figure II.7).



Figure II.7 : Broches d'entrées Analogiques.

Chaque broche analogique donne accès à un circuit d'entrée caractérisé par une résistance interne élevée, ce qui limite le courant traversant ces entrées [10]. Par défaut, ces entrées sont configurées en mode analogique, mais il est également possible de les utiliser en tant que broches numériques.

II.2.8. L'environnement de la programmation (IDE ARDUINO)

L'IDE Arduino, ou environnement de développement intégré, est une application multiplateforme écrite en Java pour (Windows, MacOS et Linux). Principalement utilisé pour programmer des cartes Arduino, il prend également en charge les cartes de développement d'autres fabricants. L'IDE Arduino supporte les langages C et C++, avec des conventions de codage spéciales. Il offre une bibliothèque logicielle riche en procédures d'entrée/sortie communes (voir Figure II.8).

Le code Arduino se compose de deux fonctions de base : `setup ()` pour l'initialisation et `Loop ()` pour le programme principal, compilées et liées à une fonction `main ()` pour créer un programme exécutable cyclique. L'IDE utilise AVRDUDE pour convertir le code en fichier hexadécimal, chargé dans la carte via un programme de chargement intégré au micro logiciel de la carte [14].

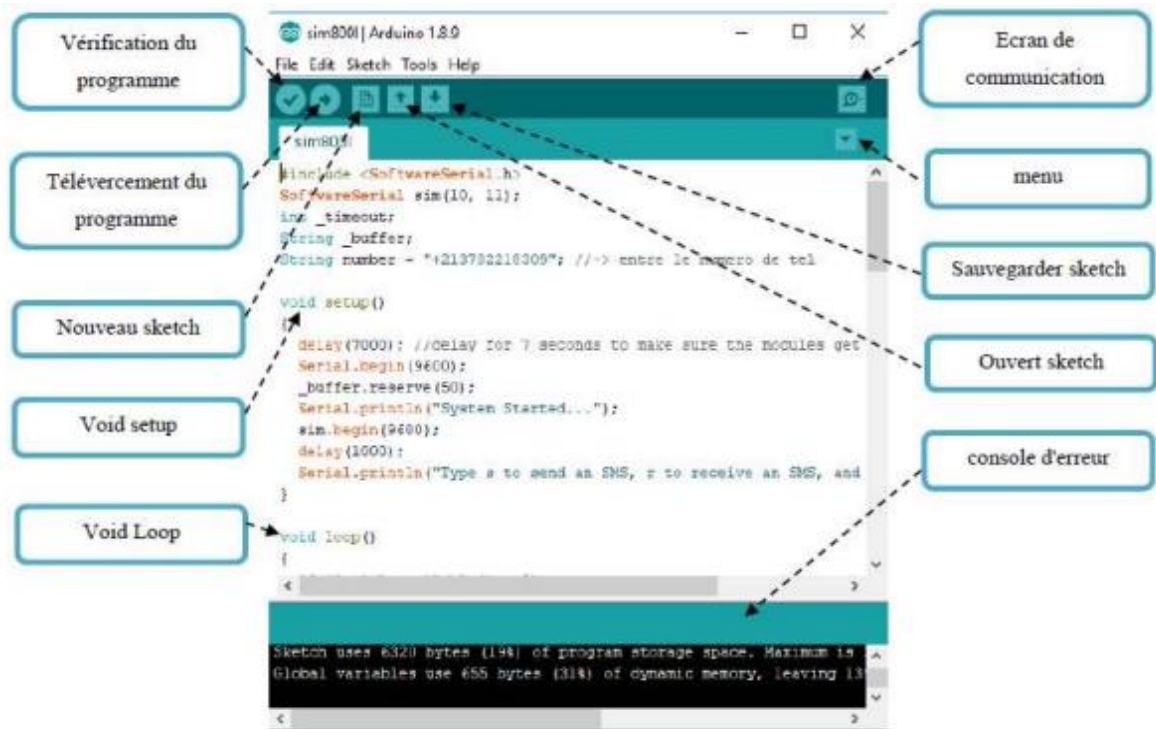


Figure II.8 : Structure générale d'IDE Arduino [14].

II.3. CAPTEUR DE GAZ

II.3.1. Principe de fonctionnement d'un capteur de gaz

Un capteur de gaz est un dispositif utilisé pour détecter la présence de gaz dans une zone donnée. Son fonctionnement repose sur la conversion d'une interaction chimique ou physique avec le gaz en un signal électrique qui peut être mesuré.

II.3.2. Différents types de capteurs de gaz

Il y'a plusieurs types de capteurs de gaz. Nous allons explorer ici les principes de base de fonctionnement de ces capteurs, en mettant l'accent sur les types les plus couramment utilisés.

II.3.2.1. Capteurs électrochimiques

Ces capteurs mesurent la concentration de gaz en utilisant une réaction électrochimique produisant un courant électrique.

Principe de fonctionnement :

- **Réaction électrochimique :** Le gaz cible diffuse à travers une membrane et réagit à l'électrode à l'intérieur du capteur, produisant une réaction chimique.
- **Production de courant :** Cette réaction génère un courant électrique proportionnel à la concentration du gaz.
- **Circuit de mesure :** Le courant produit est mesuré et converti en un signal électrique.

II.3.2.2. Capteurs infrarouges (NDIR - Non-Dispersive InfraRed)

Ces capteurs détectent les gaz en mesurant l'absorption de lumière infrarouge à des longueurs d'onde spécifiques.

Principe de fonctionnement :

- **Source infrarouge :** Une source de lumière infrarouge émet un faisceau à travers une chambre de mesure contenant le gaz cible.
- **Absorption de lumière :** Les molécules de gaz absorbent la lumière infrarouge à des longueurs d'onde spécifiques.
- **Détection :** Un détecteur mesure l'intensité de la lumière après absorption. La quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du gaz.
- **Conversion du signal :** Le signal optique est converti en un signal électrique correspondant à la concentration du gaz.

II.3.2.3. Capteurs catalytiques

Ces capteurs sont utilisés pour détecter les gaz combustibles.

Principe de fonctionnement :

- **Oxydation catalytique :** Le gaz cible est oxydé sur la surface d'un élément chauffé recouvert d'un catalyseur (comme le platine).
- **Changement de température :** La réaction exothermique produit une augmentation de la température, modifiant la résistance électrique de l'élément chauffé (fil ou pastille de platine).

- **Mesure de la résistance** : La variation de résistance est mesurée et convertie en un signal électrique proportionnel à la concentration du gaz.

II.3.2.4. Capteurs à semi-conducteurs (MOS - Metal Oxide Semiconductor)

Ces capteurs utilisent un matériau semi-conducteur, généralement de l'oxyde d'étain (SnO_2), dont la conductivité change en présence de certains gaz.

Principe de fonctionnement :

- **Adsorption des gaz** : Lorsque le gaz cible entre en contact avec le matériau semi-conducteur, il est adsorbé à la surface.
- **Modification de la conductivité** : L'adsorption des molécules de gaz modifie la résistance électrique du semi-conducteur. Par exemple, les gaz réducteurs comme le monoxyde de carbone (CO) réduisent la résistance, tandis que les gaz oxydants comme le dioxyde d'azote (NO_2) augmentent la résistance.
- **Mesure de la résistance** : Cette variation de résistance est mesurée et convertie en un signal électrique proportionnel à la concentration du gaz.

Le capteur de gaz MQ-7, utilisé dans notre projet, appartient à cette dernière famille (des capteurs à semi-conducteurs (MOS), les sections suivantes présentent sa définition et ces caractéristiques.

II.3.3. Capteur de gaz MQ-7

II.3.3.1. Définition et spécifications

Le capteur de gaz MQ-7 est un composant électronique utilisé pour détecter la présence de gaz inflammables dans l'air, notamment le monoxyde de carbone (CO) et le gaz naturel. Le MQ-7 est sensible aux concentrations de gaz de monoxyde de carbone allant de 20 à 2000 ppm. Il peut être sensible à d'autres gaz inflammables en plus du monoxyde de carbone, mais il est principalement conçu pour détecter le CO [15].

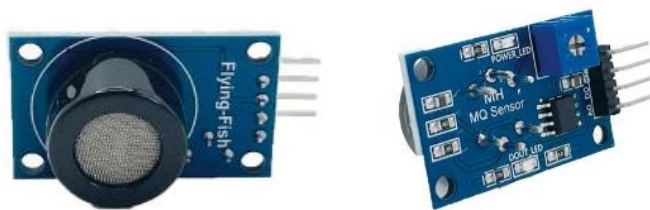


Figure II.9 : Capteur MQ-7 [15].

Le tableau ci-dessous représente les spécifications du capteur MQ-7.

Spécification	Valeur	Unité
Gaz cible principal	Monoxyde de carbone (CO)	-
Autres gaz détectables	Méthane (CH ₄), hydrogène, alcool(éthanol), etc.	-
Plage de détection	20 à 2000	Ppm
Temps de réponse	< 2	S
Sensibilité	Haute pour le CO, faible pour H ₂ , CH ₄ , GPL, et C ₂ H ₅ OH	-
Tension de fonctionnement	5	V
Consommation de courant	150	mA
Température de fonctionnement	-20° à 50°	°C
Humidité de fonctionnement	5 à 95	% HR
Résistance de chauffage	31 ± 3	Ω
Temps de préchauffage	Environ 60 secondes	S
Dimensions	Environ 32 x 22 x 27 (peut varier légèrement)	Mm

Tableau II. 3 : Spécifications du capteur MQ-7 [16].

II.3.3.2. Principe de détection du MQ-7

Le principe de détection du capteur de gaz MQ-7 repose sur la variation de résistance électrique causée par l'interaction des gaz combustibles avec son élément sensible, généralement composé de dioxyde d'étain (SnO₂). Lorsque le MQ-7 est exposé à des gaz combustibles tels que le monoxyde de carbone (CO) ou le gaz de méthane (CH₄), le SnO₂ réagit chimiquement avec ces gaz, provoquant une modification de sa conductivité électrique. Cette variation de conductivité entraîne une modification de la résistance électrique de l'élément sensible. En mesurant cette variation de résistance, le MQ-7 peut détecter la présence et la concentration des gaz combustibles dans son environnement. Ainsi, une diminution de la résistance électrique correspond à une augmentation de la concentration de gaz combustibles, et vice versa. Ce principe de détection est largement utilisé dans les applications de détection de fuites de gaz, de sécurité domestique et

industrielle, ainsi que dans les systèmes de contrôle environnemental [16].

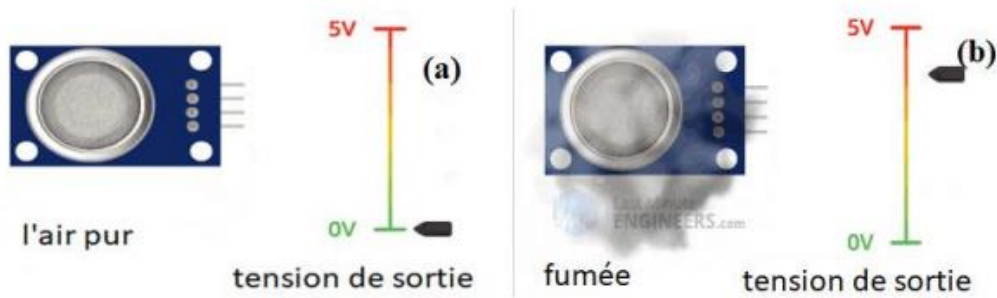


Figure II.10 : Variation de tension de sortie a) absence du gaz. b) présence du gaz [17].

- **Schéma électrique du MQ-7**

Voilà le schéma électrique du MQ-7.

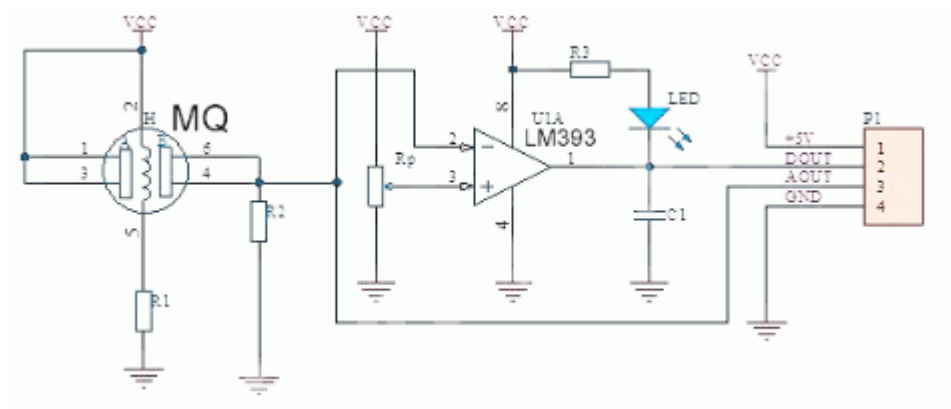


Figure II.11: Schéma électrique de module MQ-7 [17].

- **Augmentation de la sensibilité**

Pour augmenter la sensibilité du MQ-7 il suffit de tourner la vis dans le sens des aiguilles de la montre.

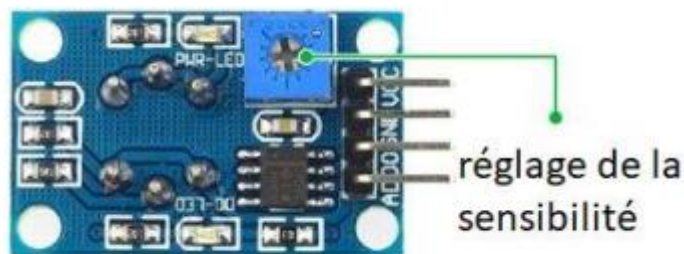


Figure II.12 : Potentiomètre du MQ-7 pour le réglage de la sensibilité [17].

II.3.3.3. Structure interne du MQ-7

Le capteur de gaz MQ-7 est construit avec les composants suivants :

- **Élément de détection** : Le cœur du capteur MQ-7 est un élément de détection sensible au monoxyde de carbone (CO). Ce composant est basé sur un matériau semi-conducteur à oxyde métallique, principalement de l'oxyde d'étain (SnO_2).
- **Résistance de Chauffage** : Intègre un élément chauffant pour maintenir le matériau semi-conducteur à une température stable, essentielle pour garantir la réactivité du capteur.
- **Électrodes** : Le matériau semi-conducteur est placé entre deux électrodes. Lorsque le gaz cible interagit avec le matériau, il provoque une variation de résistance mesurable entre les électrodes.
- **Circuit électronique** : Convertit la variation de résistance en une lecture de concentration de gaz de monoxyde de carbone. Ce circuit peut également amplifier le signal et le traiter pour une lecture précise.

La disposition en forme d'étoile du capteur implique un élément de détection connecté à six pattes de raccordement (désignées H, A et B) via des fils en platine [17].

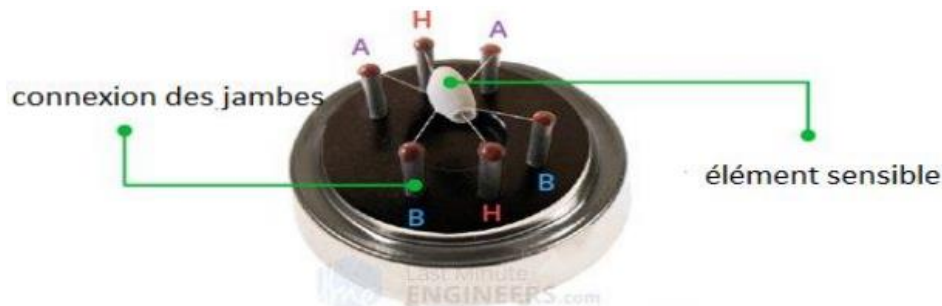


Figure II.13: Structure intérieure de MQ-7 [17].

Parmi ces pattes, les deux premières (H) ont pour fonction de chauffer l'élément de détection, tandis que les pattes A et B sont chargées de transmettre les signaux de sortie. L'élément de détection tubulaire est constitué d'une bobine en nickel-chrome, d'un substrat céramique à base d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et d'un revêtement de dioxyde d'étain (SnO_2). Ce dernier, sensible aux gaz combustibles, joue un rôle primordial dans la fonctionnalité du capteur. Quant au substrat céramique, il vise à optimiser le processus de chauffage et à maintenir l'élément sensible à une température constante et appropriée en permanence [17].

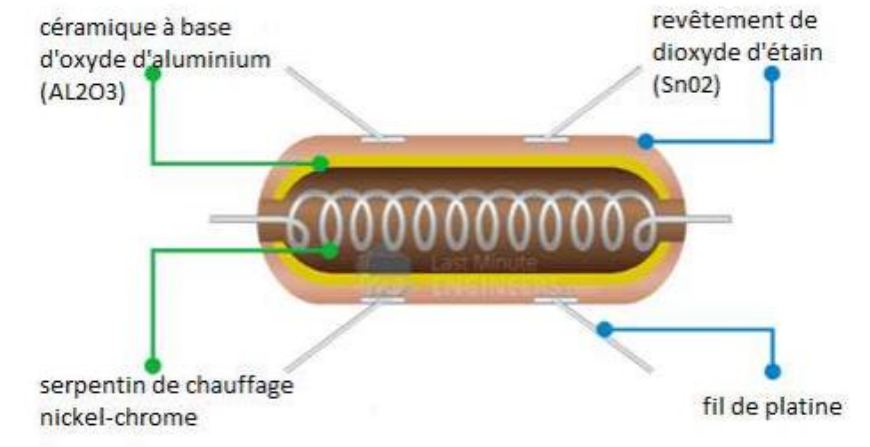


Figure II.14: Structure de l'élément de détection [17].

En synthèse, le système de chauffage est constitué de la bobine nickel-chrome et de la céramique à base d'oxyde d'aluminium (Al₂O₃), tandis que le système de détection est formé par les fils de platine et le revêtement de dioxyde d'étain (SnO₂) [17].

II.3.3.4. Structure externe du MQ-7

- **Élément de détection** : À travers le boîtier, un élément de détection est visible, généralement constitué d'un matériau céramique ou métallique sensible aux gaz. Cet élément réagit chimiquement avec les gaz cibles, provoquant une variation de conductivité électrique.
- **Connexions électriques** : Sur le boîtier, il y a des broches ou des connecteurs électriques pour permettre la connexion du capteur à un circuit électronique. Ces connexions fournissent l'alimentation électrique au capteur et permettent la transmission des signaux de sortie.
- **Évent de ventilation** : Certains capteurs MQ-7 peuvent comporter des événements de ventilation sur leur boîtier pour assurer une circulation d'air adéquate autour de l'élément de détection, permettant ainsi une réponse rapide et précise aux changements de concentration de gaz [17].

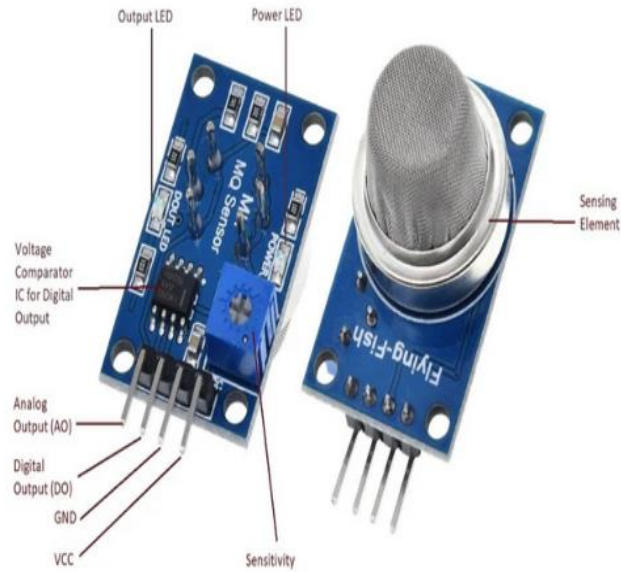


Figure II.15: Structure extérieure de MQ-7 [17].

II.3.3.5. Description du module capteur de gaz MQ-7

Le capteur de gaz MQ-7 possède quatre broches :

- **VCC** : Cette broche alimente le comparateur du capteur et doit être connectée au 5 V de l'Arduino.
- **GND** : Il s'agit de la broche de masse, qui doit être connectée à la broche GND de l'Arduino.
- **D0** : Cette broche est la sortie numérique, fournissant une représentation numérique du gaz détecté.
- **A0** : Cette broche est la sortie analogique, permettant de détecter le type de gaz en analysant les valeurs analogiques fournies.

II.3.3.6. Câblage du MQ-7 avec Arduino UNO

Pour connecter le module MQ-7 à une carte Arduino, on commence par relier les broches VCC et GND du MQ-7 aux broches 5V et GND de l'Arduino. Ensuite, on connecte la sortie analogique du MQ-7 (A0) à une entrée analogique de l'Arduino. Alternativement, on peut connecter la sortie numérique du MQ-7 (D0) à une entrée numérique de la carte Arduino UNO.

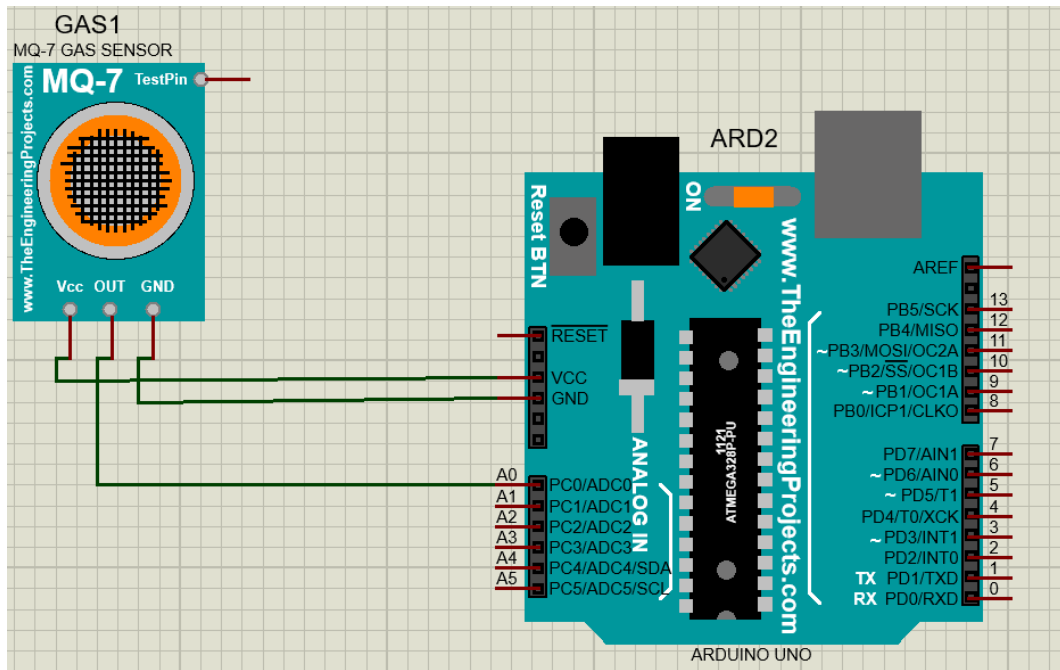


Figure II. 16 : Câblage du capteur de gaz MQ7 avec Arduino UNO.

II.4. AFFICHEUR LCD 16*2 I2C

II.4.1. Ecran LCD

Un afficheur LCD, ou écran à cristaux liquides, est un dispositif d'affichage plat et fin utilisé pour afficher des informations telles que du texte, des images ou des graphiques. Il se compose d'une fine couche de cristal liquide située entre deux électrodes sur des substrats de verre, avec deux polariseurs de chaque côté. Son rôle est de fournir une interface visuelle entre un système ou un projet et l'utilisateur en affichant des informations de manière lisible et claire [18].

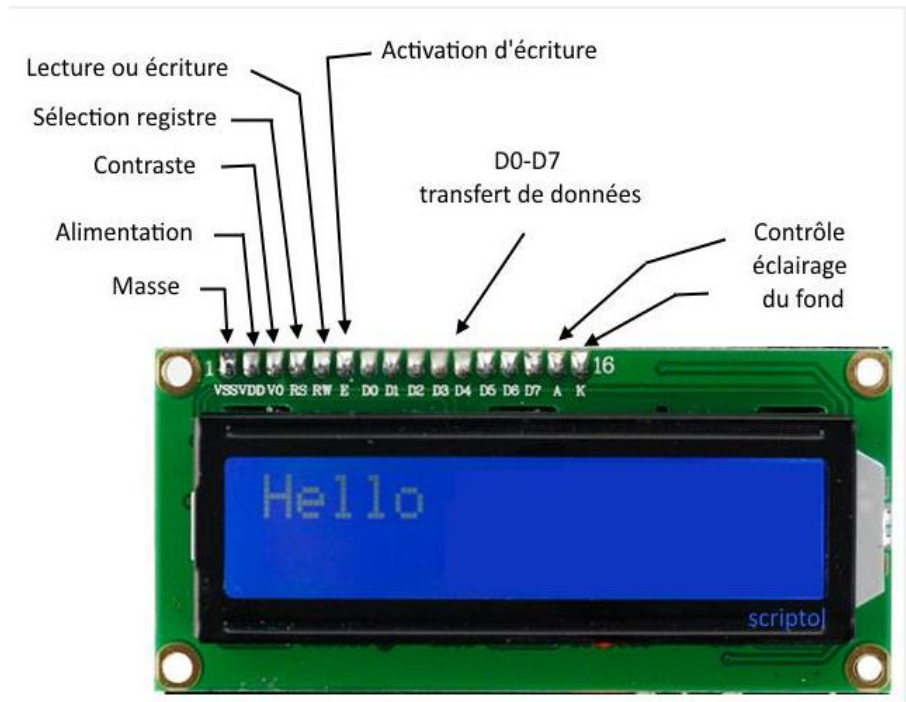


Figure II .17 : Afficheur LCD 16*2 [18].

II.4. 2. Adaptateur I2C pour LCD

Le cœur de l'adaptateur est une puce d'extension d'E/S 8 bits, la PCF8574. Cette puce convertit les données I2C de l'Arduino en données parallèles nécessaires pour l'écran LCD. Le bus I2C permet de connecter facilement divers circuits d'un téléviseur moderne à un microprocesseur. Il facilite la communication entre différents composants électroniques en utilisant seulement trois fils : un signal de données (SDA), un signal d'horloge (SCL), et une masse (GND) [19].

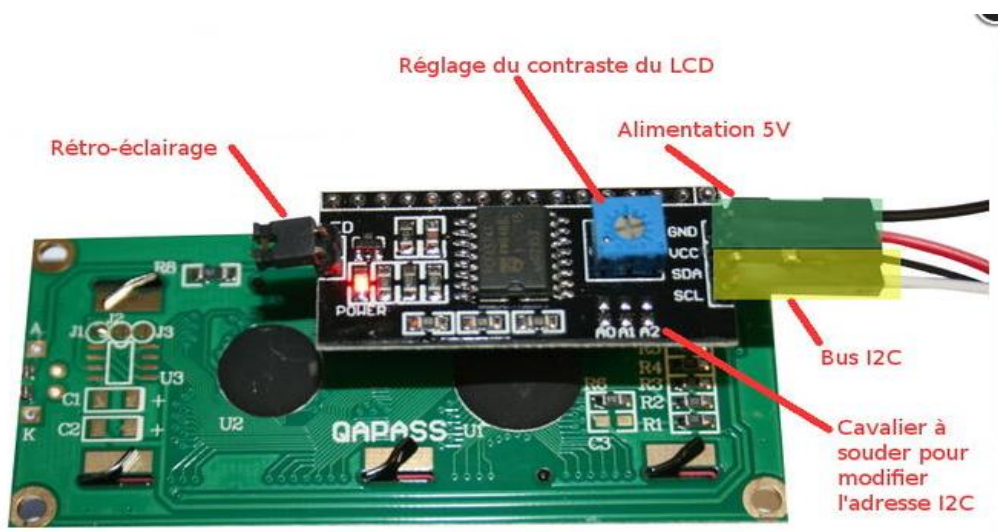


Figure II .18 : Afficheur LCD 16x2 I2C [19].

II.4.3. Câblage de l'écran LCD

Le tableau ci-dessous donne le rôle de chaque broche.

Broche	Libellé	Acronyme	Rôle
1	Vss	Voltage Source	Relié à la masse (Gnd).
2	Vdd	Voltage Drain	Relié à une alimentation de 5 volts.
3	Vo	Voltage Contrast	Ajuster le contraste, par un potentiomètre ou par programme.
4	RS	Register Select	Sélection du registre à utiliser pour recevoir les codes (haut = donnée, bas = instruction).
5	RW	Read Write	Sélection du mode lecture ou écriture (haut = lecture, bas = écriture).
6	E	Enable	Autorise l'écriture sur les registres de l'écran
7-10	D0 à D3	Data 0 à 3	Envoi en parallèle de 4 bits supplémentaire pour un mot de 8 bits
11-14	D4 à D7	Data 4 à 7	Transfert de données pour 4 bits en parallèle.
15	A	Anode pour le fond	Anode du rétroéclairage (+5V)
16	K	Cathode pour le fond	Cathode du rétroéclairage (masse)

Tableau II. 4 : Liste des broches du LCD et leur rôle [18].

II.4.4. Câblage du LCD I2C avec Arduino UNO

La connectivité d'un LCD I2C est considérablement simplifiée par rapport à un LCD standard, nécessitant seulement 4 broches au lieu de 12. Ainsi, on peut connecter la broche VIN à la sortie 5 V de l'Arduino, la broche GND à la masse, et les broches SDA et SCL à la sortie BUS I2C de l'Arduino, qui sont respectivement les broches analogiques A4 et A5.

II.5. MODULE GSM SIM900A

Le module GSM SIM900A est un module de communication GSM développé par SIMCom. Il permet à un appareil de se connecter à un réseau mobile pour envoyer et recevoir des SMS, passer des appels vocaux et échanger des données via GPRS. Ce module est couramment utilisé dans les projets d'Internet des objets (IoT), les systèmes embarqués et les applications de télécommunication [20].

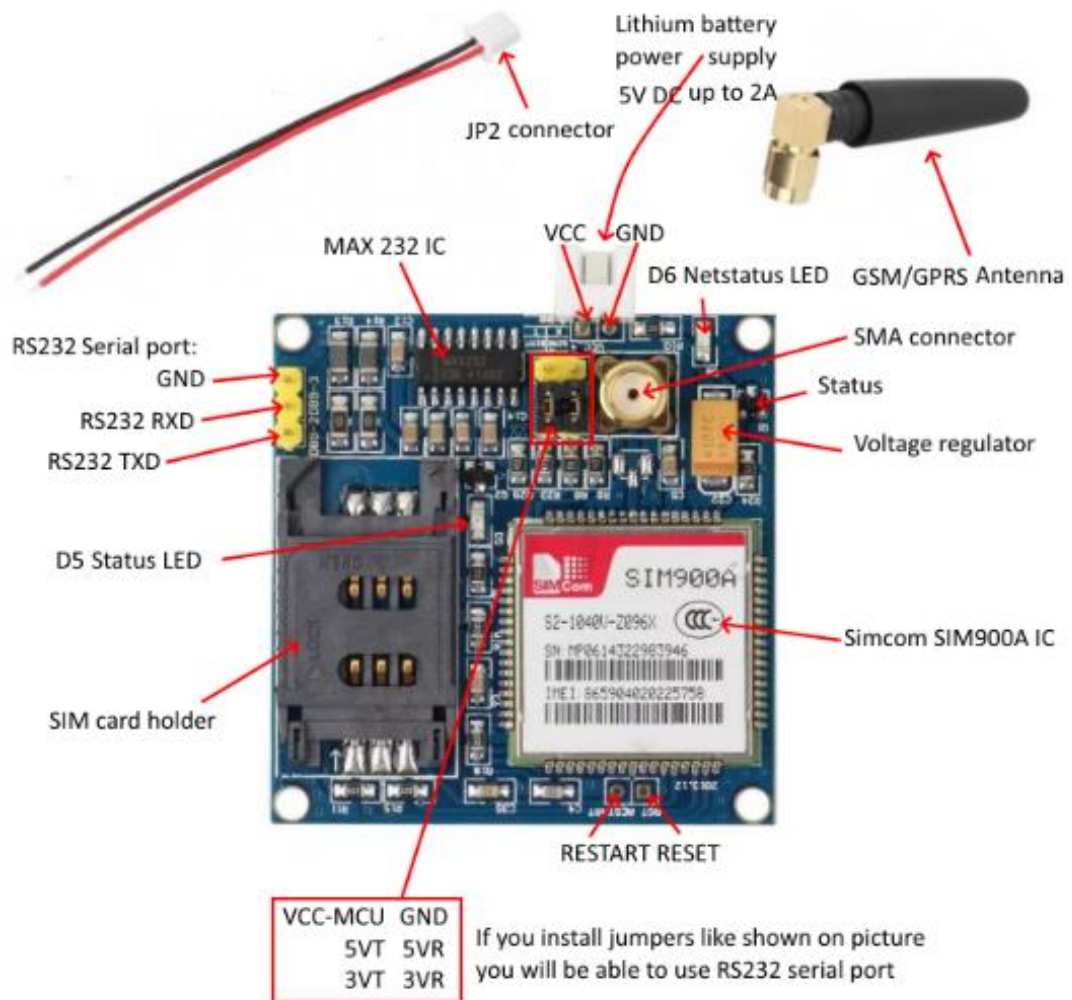


Figure II.19: Module GSM SIM900A [20].

Le tableau ci-dessous représente les spécifications du module GSM SIM900A.

Spécifications	Description
Tension de fonctionnement	Typiquement alimenté en 5V
Courant de veille	1.5mA
Courant en communication	En fonctionnement (mode GSM) : 200mA Pic de transmission (mode GPRS) : 2A
Bande de fréquence	Dual-Band 900/ 1800 MHz
Interface de communication	UART, SPI, I2C
Protocoles de communication	GSM, GPRS
Connectivité GPRS	GPRS multi-slot classe 10 (par défaut), GPRS multi-slot classe 8 (option)
Taille	24 mm x 24 mm x 3 mm
Antenne	Peut nécessiter une antenne externe pour une réception optimale

Tableau II. 5 : Spécifications du module GSM SIM900A [21].

II.6. DIODE ELECTROLUMINESCENTE (LED)

Une diode électroluminescente (LED) est une source lumineuse à semi-conducteur qui émet de la lumière lorsqu'un courant électrique la traverse. Il fonctionne de la même manière qu'une diode ordinaire, permettant au courant de circuler dans un sens (polarisation directe) et le bloquant dans le sens opposé (polarisation inverse). Les LED sont largement utilisées dans diverses applications, notamment l'éclairage, les écrans, et sont couramment utilisés dans l'électronique, l'éclairage automobile, la signalisation et l'éclairage général.



Figure II.20: Diodes électroluminescentes (Rouge, Jaune, Vert) [22].

II .7. BUZZER

Un buzzer est un dispositif audio qui génère un son lorsqu'il est activé. Il existe deux types principaux de buzzers : les buzzers électromécaniques et les buzzers piézo-électriques. Les buzzers électromécaniques sont généralement présentés dans de petits boîtiers rectangulaires ou cylindriques, avec des connexions électriques rigides ou souples pour une fixation directe sur un circuit imprimé. Ils fonctionnent sous une tension continue allant de 3 V à 28 V. En revanche, les buzzers piézo-électriques sont composés d'un diaphragme piézoélectrique, d'une cavité avec un orifice et de bornes électriques. Pour leur fonctionnement, ils nécessitent une tension alternative comprise entre 3 V et 30 V, avec une fréquence variant de 2 kHz à 10 kHz. Les buzzers piézo-électriques sont couramment utilisés pour émettre des bips, des tonalités et des alertes [23].



Figure II.21 : Buzzer piézo-électrique [23].

II .8. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'ensemble des composants électroniques utilisés dans la partie réalisation de notre projet. Les éléments clés incluent le module MQ7 et la carte Arduino UNO (Microcontrôleur ATmega328P). Le module MQ7 est chargé de détecter les gaz, tandis que la carte Arduino UNO est responsable de la gestion et du contrôle des divers périphériques tels que l'afficheur LCD, Module GSM SIM900A, ...

Chapitre III :
Systèmes électroniques pour
une maison intelligente

III .1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons étudier trois systèmes qu'on peut intégrer dans une maison intelligente : système de contrôle d'éclairage, système de serrure de porte, et système de détection des fuites de gaz. Pour ce dernier, la simulation du système est effectuée. L'étape de simulation est poursuivie par la réalisation du prototype.

III.2. SIMULATION PAR LE LOGICIEL PROTEUS

La simulation joue un rôle crucial dans le développement technologique en nous permettant d'étudier et de modéliser divers systèmes. Elle aide les industriels à diminuer les coûts et les dépenses liés aux essais expérimentaux. Plusieurs logiciels de simulation sont disponibles, comme MultiSim et PDN Analyzer...etc. Toutefois, le logiciel de simulation le plus couramment utilisé est "PROTEUS". Dans ce qui suit nous donnons *un aperçu sur ce logiciel*.

- **Logiciel PROTEUS**

Proteus est une suite logicielle de conception électronique développée par la société Labcenter Electronics. Elle est principalement utilisée pour la création de schémas électroniques, la simulation de circuits et la conception de circuits imprimés (PCB). Proteus est un outil précieux pour les ingénieurs électroniciens, les techniciens et les étudiants en électronique, car il permet de concevoir et de tester des circuits virtuellement avant de les construire physiquement. Cela permet de gagner du temps et de l'argent en évitant les erreurs de conception. En général, ce logiciel se compose de deux modules : ISIS et ARES [24].

- **Module ISIS (Intelligent Schematic Input System)**

Le logiciel ISIS de Proteus est principalement reconnue pour l'édition de schémas électriques. Il permet également de simuler ces schémas, ce qui aide à identifier les erreurs dès la phase de conception. En outre, les circuits électriques conçus avec ce logiciel peuvent être utilisés dans des documentations, car ISIS offre un contrôle étendu sur l'aspect graphique des circuits [24].

- **Module ARES**

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut être facilement importé dans ARES pour créer le PCB de la carte électronique. Bien que l'édition d'un circuit imprimé soit plus efficace lorsqu'elle est réalisée manuellement, ce logiciel permet de placer les composants et de réaliser le routage de manière automatique [24]. De plus, les outils algorithmiques intégrés dans ce système permettent d'optimiser la création du circuit grâce à une visualisation 3D de la carte électronique.

III .3. SYSTEME DE CONTROLE D'ECLAIRAGE

III .3.1. Principe de fonctionnement

Notre objectif principal avec cette solution est d'allumer ou d'éteindre automatiquement les lampes en fonction de la présence de personnes, en l'absence de lumière naturelle, au lieu de les laisser allumer toute la journée. Pour cela, nous utilisons un module qui s'active automatiquement lors du passage d'une personne. Nous aurons donc besoin de LED de 220V, commandées par des relais. Ces relais sont alimentés par les 5 V de l'Arduino et leurs contacts normalement ouverts sont connectés au 220 V. Selon les états des détecteurs de mouvement HC-SR501 et des capteurs de lumière (LDR) dans chaque zone, les lampes correspondantes s'allumeront pendant 5 secondes et s'éteindront s'il n'y a pas de nouvelle détection [25].

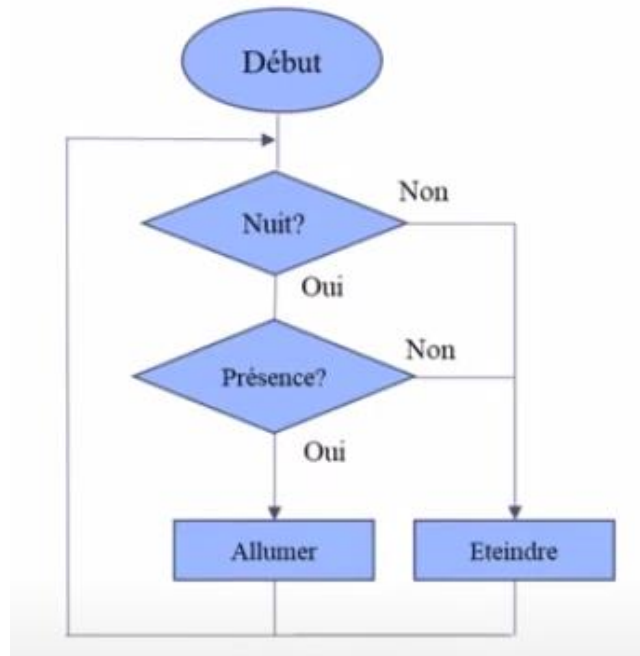


Figure III .1 : Algorithme du système de contrôle d'éclairage.

III .3.2. Composants

- **Carte Arduino UNO** : Le cœur du système qui contrôle les autres composants.
- **Capteur de lumière (LDR)** : Utilisé pour détecter l'intensité lumineuse ambiante. La résistance du LDR varie en fonction de la lumière reçue, ce qui permet à l'Arduino de mesurer la luminosité.
- **Capteur de présence (PIR)** : Détecte la présence de personnes dans la pièce.

- **Relais (RL1)** : Un relais est utilisé pour contrôler des charges électriques à haute tension (comme une lampe 220V) avec de faibles signaux de commande provenant de l'Arduino.
- **Lampe (L1)** : La charge électrique qui sera contrôlée par le relais [25].

III .3.3. Logique de contrôle

L'Arduino lit la valeur analogique du LDR pour déterminer le niveau de lumière ambiante. L'Arduino surveille l'état du capteur de présence pour détecter une personne dans la pièce. Si la luminosité ambiante est inférieure à un seuil défini et que le capteur de présence détecte une personne, l'Arduino active le relais pour allumer la lampe. Si l'un des deux critères n'est pas rempli, le relais est désactivé, éteignant ainsi la lampe.

III .3.4. Simulation

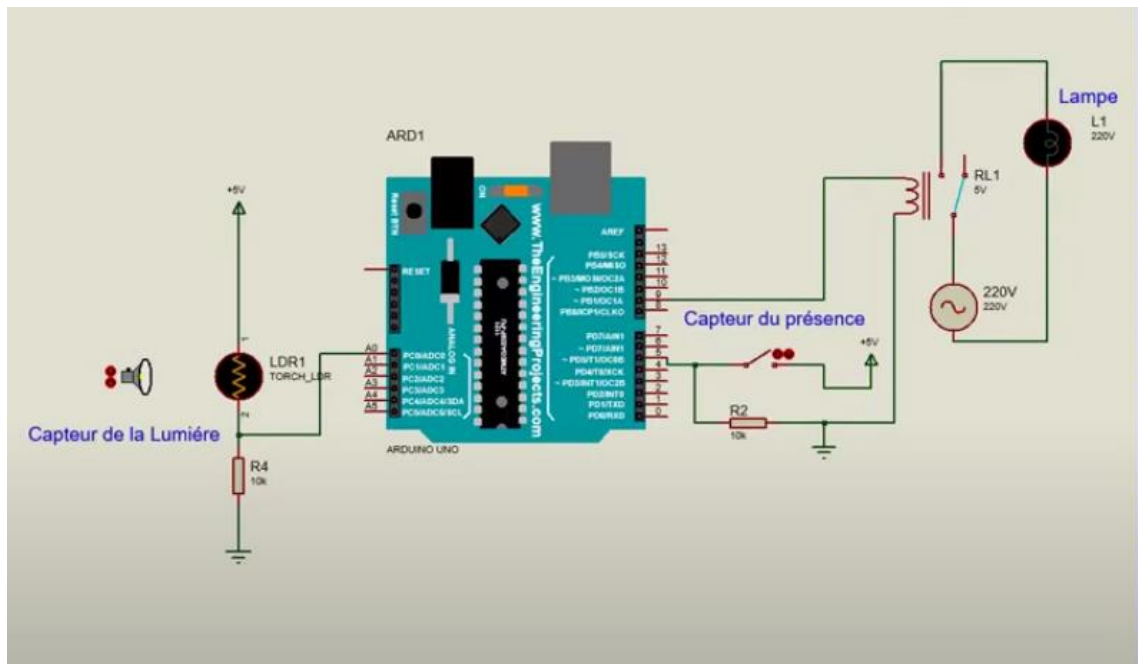


Figure III .2 : Simulation du système de contrôle d'éclairage en utilisant le logiciel Proteus [25].

Ce schéma permet de réaliser un système d'éclairage automatique basé sur la détection de luminosité et de présence, optimisant ainsi la consommation d'énergie et le confort dans la maison.

III .4. SYSTEME DE SERRURE DE PORTE

III .4.1. Principe de fonctionnement

Un système de serrure de porte basé sur RFID et Arduino utilise la technologie RFID pour identifier les utilisateurs autorisés. Lorsqu'un utilisateur présente sa carte ou son porte-clés RFID au lecteur connecté à l'Arduino, celui-ci lit l'identifiant unique transmis par le tag RFID. L'Arduino compare cet identifiant à une liste d'identifiants autorisés enregistrés dans son code. Si l'identifiant correspond à l'un des identifiants autorisés, l'Arduino déclenche le déverrouillage de la serrure, contrôlée par un servomoteur ou un solénoïde, permettant ainsi à l'utilisateur d'ouvrir la porte [26].

III .4.2. Composants

- **Arduino Uno** : La carte microcontrôleur qui contrôle l'ensemble du circuit.
- **Lecteur RFID** : Lit l'identifiant unique des étiquettes ou des cartes RFID.
- **Relais 12 V** : Agit comme un interrupteur pour contrôler le circuit haute tension de la serrure électrique.
- **Serrure électrique** : Le mécanisme de verrouillage de la porte.
- **LED** : Fournit un retour visuel à l'utilisateur (par exemple, indiquant si l'étiquette RFID a été lue avec succès).
- **Résistances** : Limitent le flux de courant et protègent les composants.
- **Diode** : Protège le circuit des pointes de tension.
- **Bouton-poussoir** : Permet le déverrouillage manuel de la porte (en option).
- **Alimentation** : Alimente l'Arduino et d'autres composants.

III .4.3. Simulation

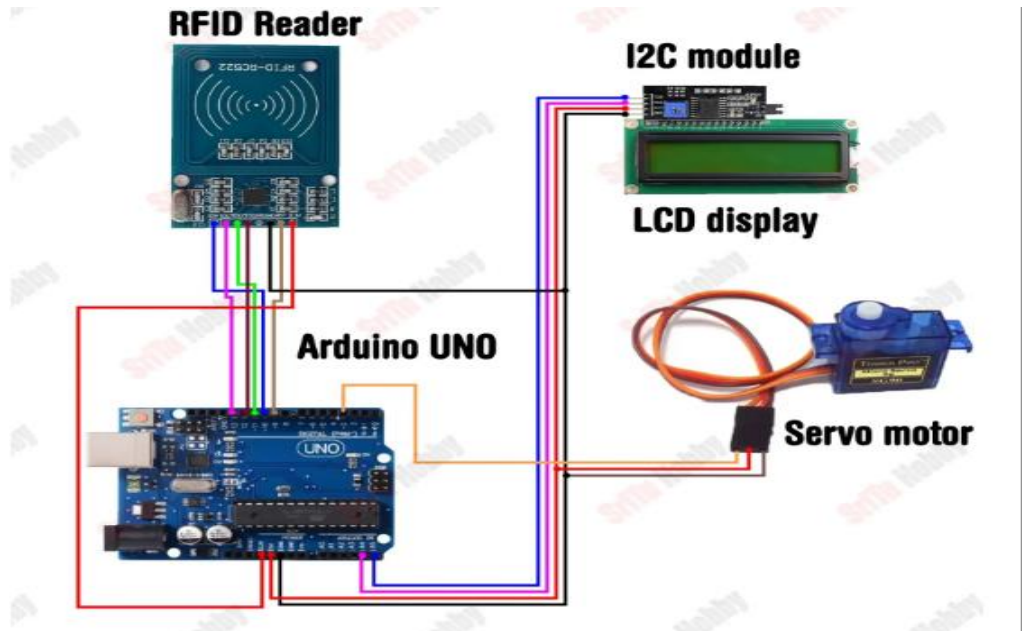


Figure III .3 : Simulation du système de serrure de porte en utilisant le logiciel Fritzing [26].

III.5. SYSTEME DE DETECTION DES FUITES DE GAZ

III .5.1. Principe de fonctionnement

Le système de détection des fuites de gaz proposé ici permet de se protéger contre les dangers du gaz (méthane et monoxyde de carbone). Le capteur MQ-7 est utilisé pour la détection des fuites de gaz. La concentration de gaz est surveillée via un module GSM et une alarme est déclenchée en cas de fuite. La concentration de gaz est affichée en parties par million (ppm) sur un écran LCD. Ce système permet de surveiller le niveau de gaz à distance via un mobile. Il peut envoyer des SMS ou des messages d'alerte à l'utilisateur et déclenche une alarme (buzzer) lorsque le niveau de gaz dépasse un certain seuil.

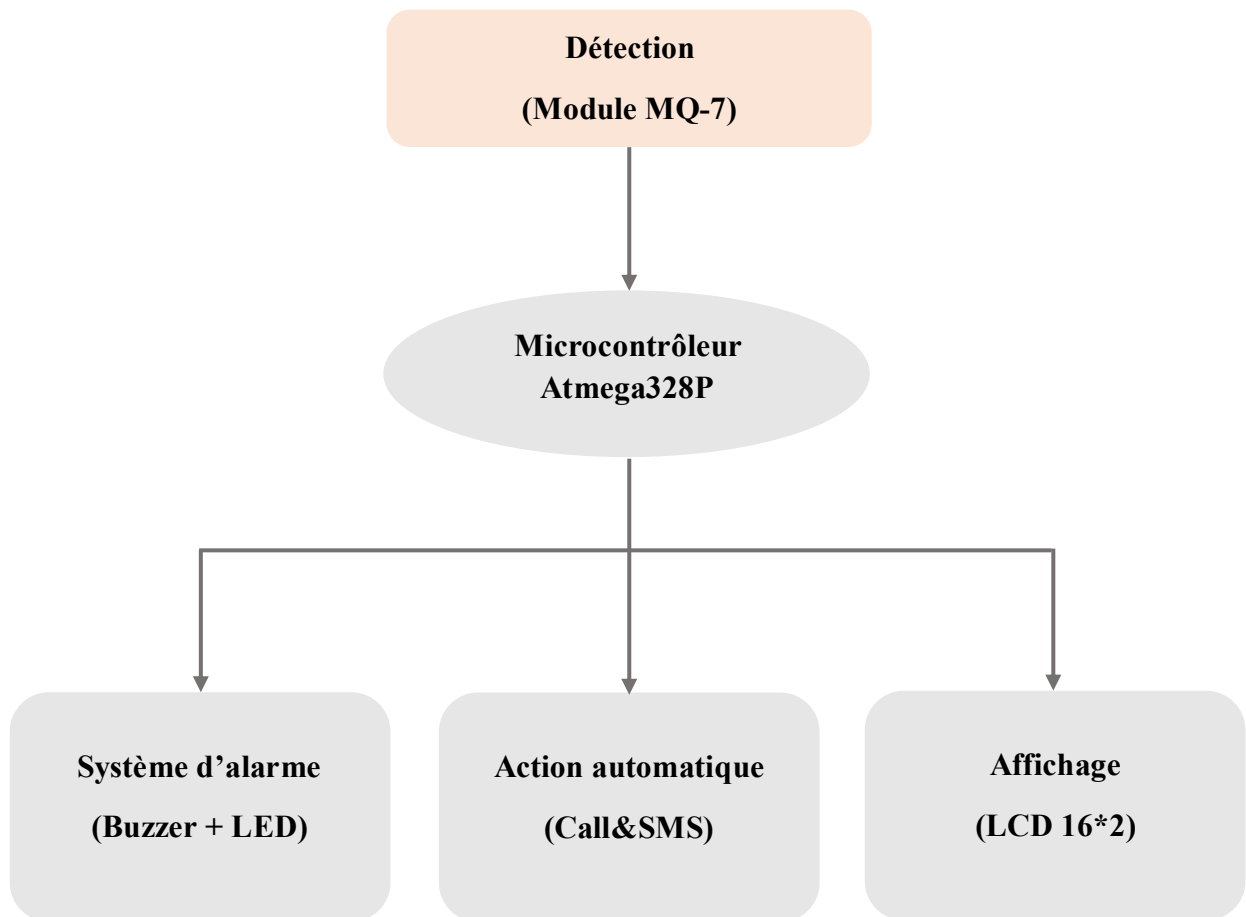


Figure III. 4 : Schéma général de fonctionnement du système de détection des fuites de gaz.

III .5.2. Utilisation du microcontrôleur Atmega328P seul (sans carte Arduino)

- **Matériel nécessaire**

- Microcontrôleur Atmega328P.
- Une source d'alimentation appropriée (3.3 V ou 5 V).
- Oscillateur à quartz (16 MHz recommandé pour la compatibilité Arduino).
- 02 Condensateurs (22 pF pour l'oscillateur).
- Résistances de pull-up (10 k Ω pour le bouton de réinitialisation).

- **Schéma de connexion**

- **Alimentation**

VCC (broches 7 et 20) : 5 V

GND (broches 8 et 22) : Terre

– Oscillateur

On connecte le quartz 16 MHz entre les broches 9 (XTAL1) et 10 (XTAL2).

On place des condensateurs de 22 pF entre chaque broche du quartz et la terre.

– Bouton de réinitialisation

On connecte une résistance de 10kΩ entre la broche 1 (RESET) et VCC.

On connecte un bouton entre la broche 1 (RESET) et la terre pour permettre une réinitialisation manuelle.

Le branchement de ce circuit est représenté dans la figure III. 5.

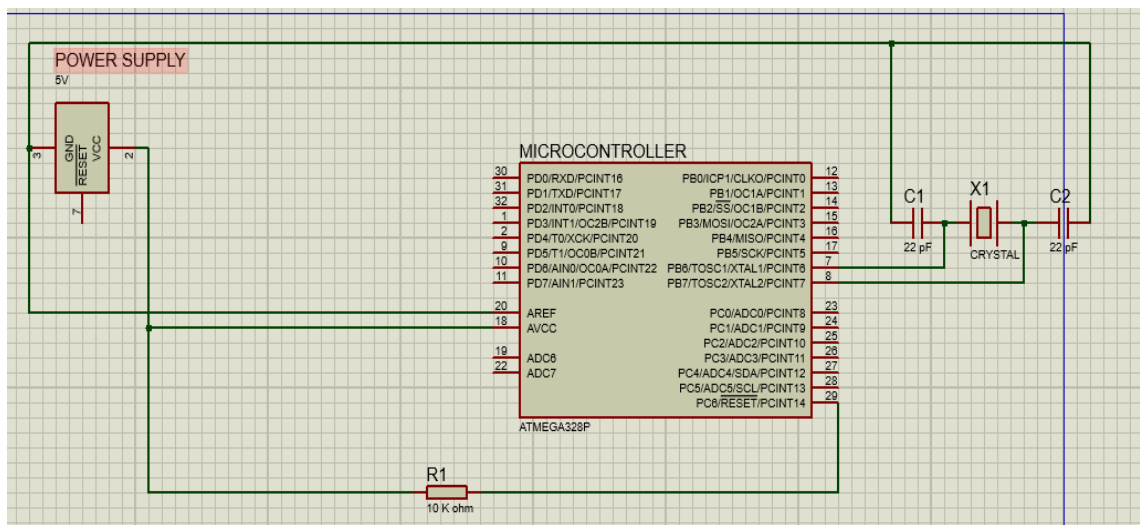


Figure III. 5 : Branchement de Atmega328P sans carte Arduino.

III.5.3. Simulation

Avant d'entamer l'étape de réalisation, il est indispensable de débiter par la simulation de notre prototype. Notre objectif est de concevoir un détecteur de gaz (CO et CH₄) en utilisant la technologie GSM. Pour mieux appréhender le fonctionnement de notre système, nous avons subdivisé le circuit global en trois blocs distincts :

- Détection de la présence de gaz.
- Système d'alarme.
- Transmission des informations.

Ces trois composantes sont interconnectées à un afficheur LCD 16x2 afin d'afficher les données concernant la détection du gaz CO et CH₄.

- **Bloc de détection**

Dans notre prototype, nous utilisons principalement le capteur MQ-7 pour la détection. Ce capteur actif (qui nécessite une alimentation électrique pour fonctionner) est connecté directement sans utilisation d'Arduino au microcontrôleur atmega328P via une sortie analogique (A0). Lorsqu'il entre en contact avec le gaz, la résistance entre ses électrodes métalliques change proportionnellement à la concentration de ce gaz. Le signal analogique de sortie du capteur varie entre 0 V et 5 V en fonction de la variation de la concentration de gaz dans l'air.

La connexion de ce module avec l'Atmega328P se fait de la manière suivante :

- VCC de MQ-7 reliée à la source d'alimentation de 5 V.
- GND de MQ-7 reliée au GND de source d'alimentation.
- Sortie analogique (A0 pins) de la MQ-7 liée à l'entrée analogique de l'Atmega328P (PC0) pin 23.

Le branchement de ce module à l'Atmega328P en utilisant le logiciel de simulation ISIS est illustré sur la figure III. 6.

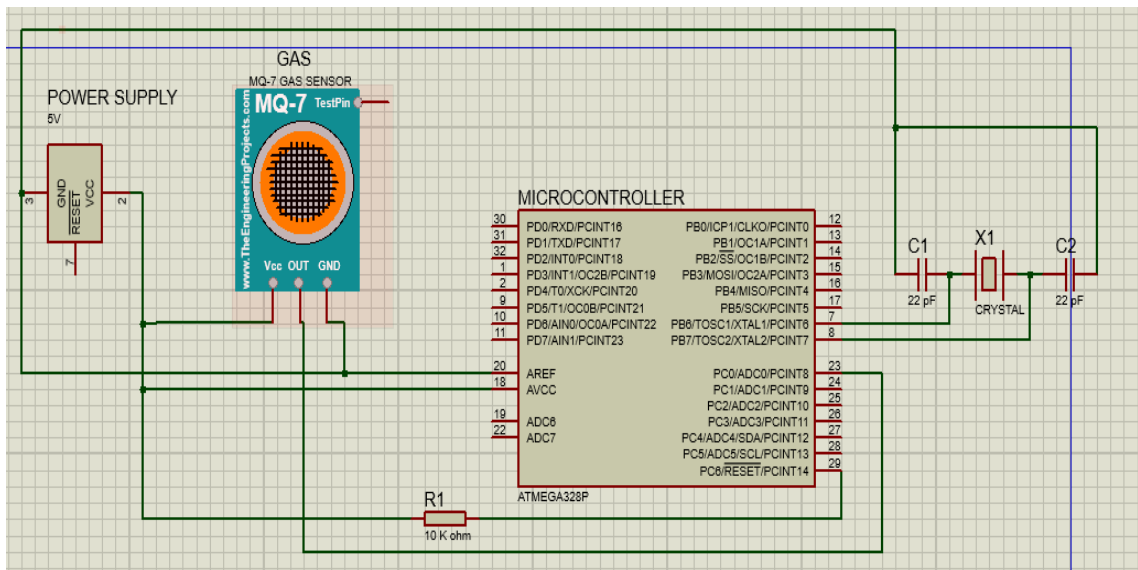


Figure III. 6 : Connexion du module MQ-7 avec L'Atmega328P en utilisant le logiciel Proteus.

- **Système d'alarme**

Le système d'alarme comprend un buzzer et deux LED de signalisation (une verte et une rouge). Ces éléments sont connectés à l'Atmega328P de la manière suivante :

- Buzzer et LED rouge : l'électrode positive est connectée à la broche numérique 06 du microcontrôleur, tandis que l'électrode négative est reliée à la masse (GND).

- LED verte : l'électrode positive est connectée à la broche numérique 07 du microcontrôleur, tandis que l'électrode négative est reliée à la masse (GND).

Le contrôle de ces éléments (activation ou désactivation) est assuré par un programme téléchargé sur le microcontrôleur Atmega328P. En l'absence de gaz (situation normale), la LED verte est allumée, tandis que la LED rouge est éteinte et le buzzer est inactif. En cas de fuite de gaz, la LED rouge s'allume et le buzzer se déclenche. Par conséquent, la LED verte s'éteint.

La simulation du système d'alarme est représentée sur la figure III. 7.

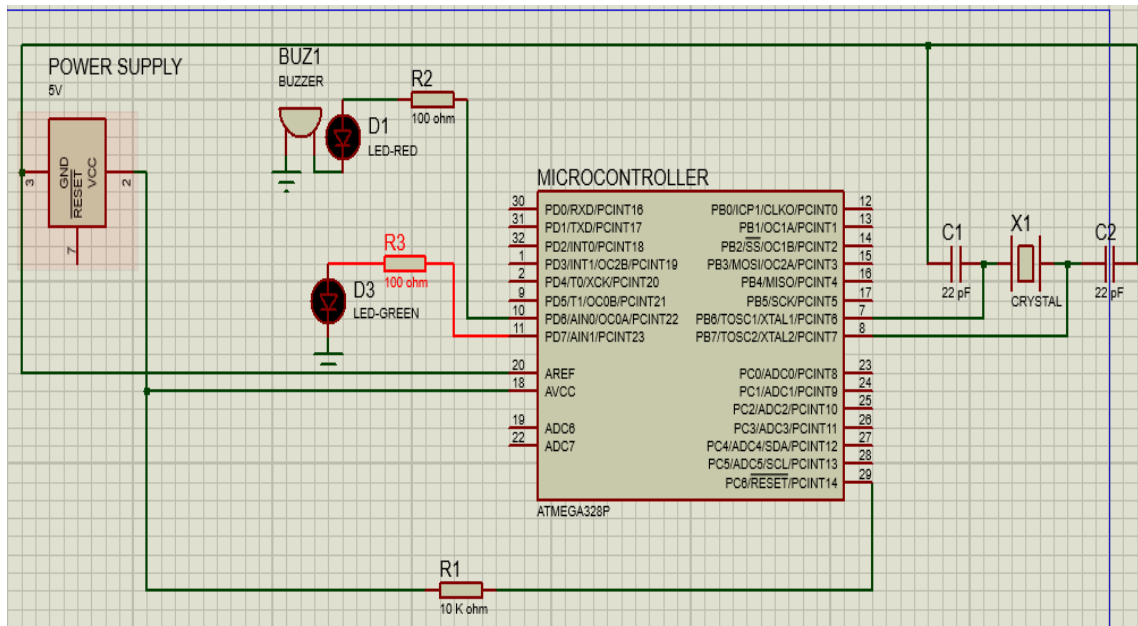


Figure III.7 : Circuit électrique d'un système d'alarme.

- **Transmission de données**

L'élément principal de ce circuit est la carte GSM (SIM900A), qui est utilisée pour passer des appels et envoyer des SMS. Ce module est connecté à l'Atmega328P via les broches RX et TX, lesquelles sont utilisées pour la réception et la transmission des données entre le microcontrôleur et la carte GSM. Ce module est connecté à l'Atmega328P de la manière suivante :

- VCC et GND de la carte GSM reliés à une alimentation externe (5 V, 2A).
- GND de la carte GSM connecté au GND de l'Atmega328P.
- Broche 5VT (Tx) de la carte GSM connectée à la broche numérique 10 du microcontrôleur.
- Broche 5VR (Rx) de la carte GSM connectée à la broche numérique 11 du microcontrôleur.

La simulation du bloc transmission des données est représentée sur la figure III. 8.

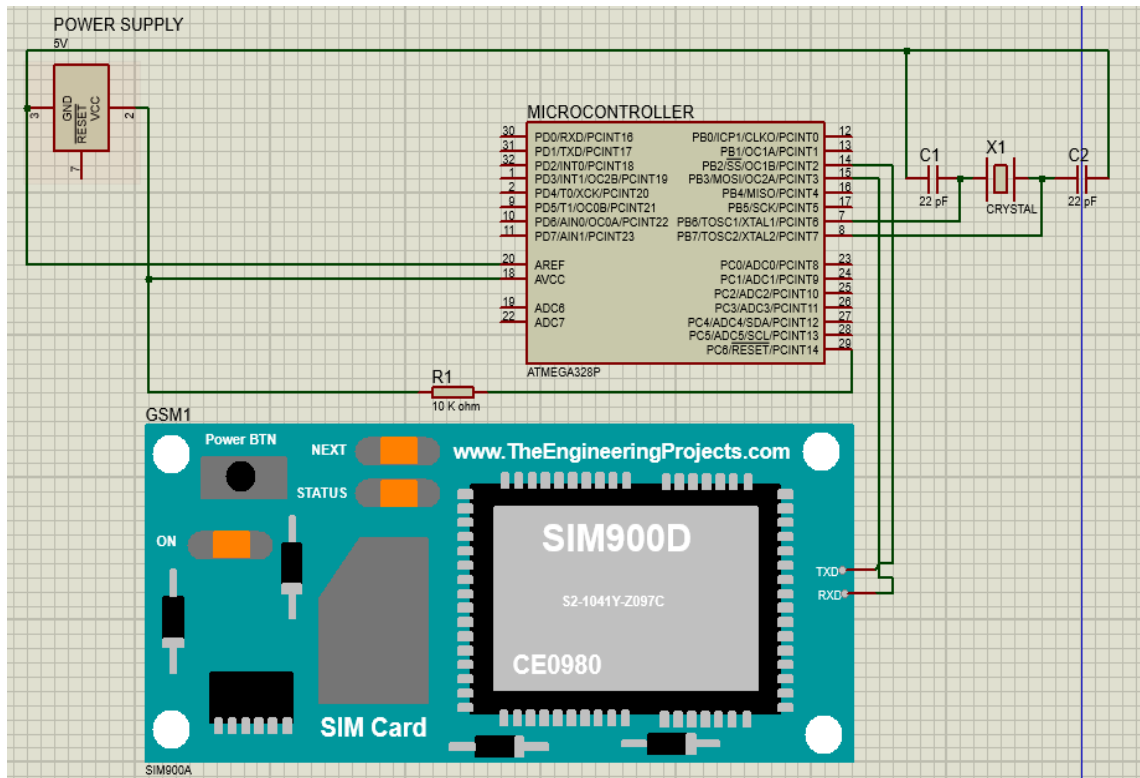


Figure III. 8 : Transmission des données (Carte GSM).

- **Circuit global**

La figure ci-dessous illustre le montage final du système de détection des fuites de gaz proposé dans notre projet. Il est composé d'un microcontrôleur (Atmega328P) et de ses composants, conçus pour fonctionner sans l'Arduino et autres modules :

- Carte GSM.
- Capteur MQ-7.
- LEDs.
- Buzzer.
- Écran LCD I2C pour l'affichage.

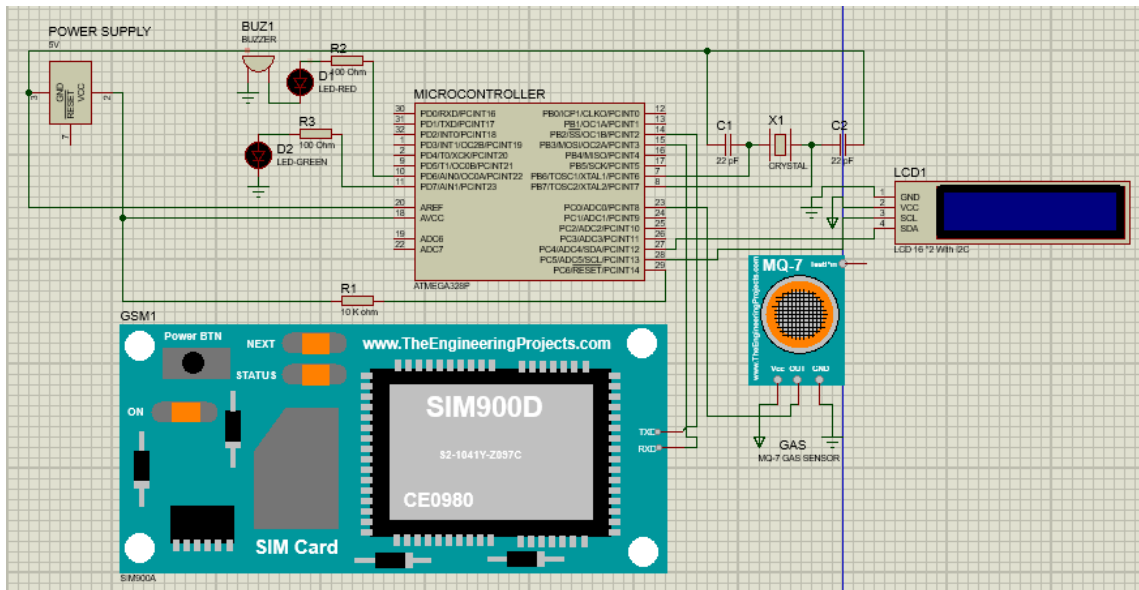


Figure III. 9 : Montage du prototype sous ISIS.

III.5.4. Réalisation

Au départ, nous avons réalisé le système de détection des fuites de gaz proposé sur une plaque d'essai, comme illustré sur la figure III.10.

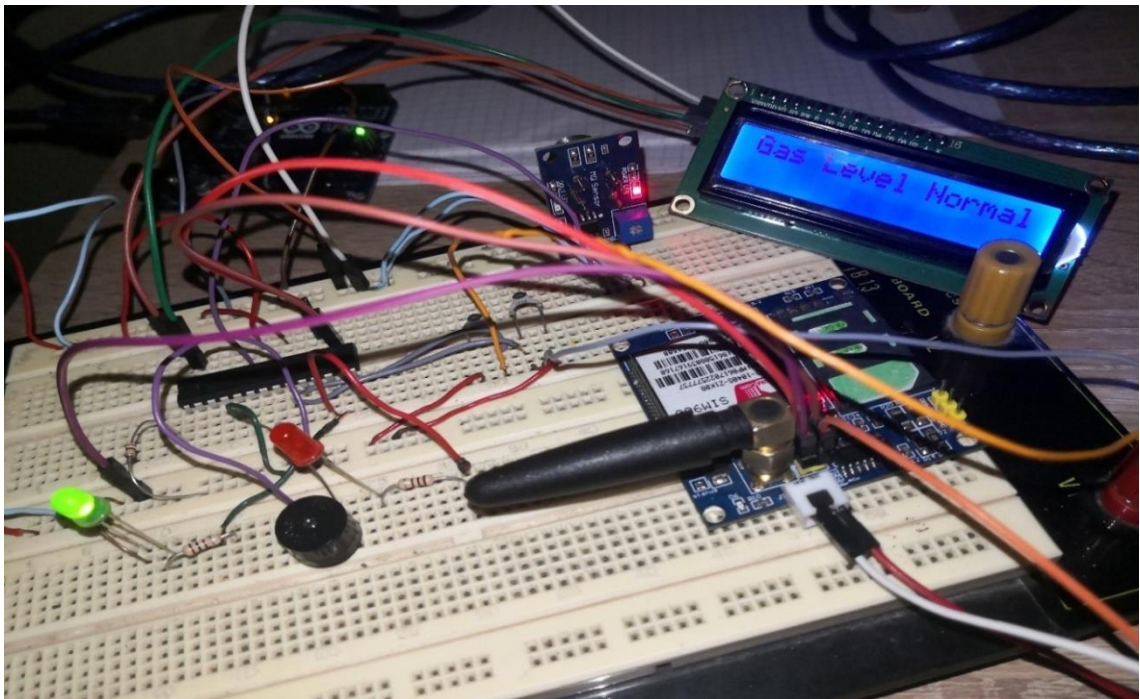


Figure III. 10 : Réalisation du circuit sur la plaque d'essai.

Lors de la mise en marche du système, l'écran LCD affiche le message "For your safety, Welcome" (voir figure III.11).



Figure III.11: Affichage du message « For Your Safety, Welcome ».

Après un certain temps (5 secondes). L'écran LCD affiche « Gas Leakage, Detector Alarm» comme mot guide (voir figure III.12).



Figure III.12: Affichage du message « Gas Leakage, Detector Alarm ».

Après 5 secondes. L'écran LCD affiche « Gas Scan is ON » sur la première ligne et la valeur du gaz sur la deuxième ligne « Gas level : 6 ». Par ailleurs, La LED verte est allumée, la LED rouge est éteinte et le buzzer est inactif.

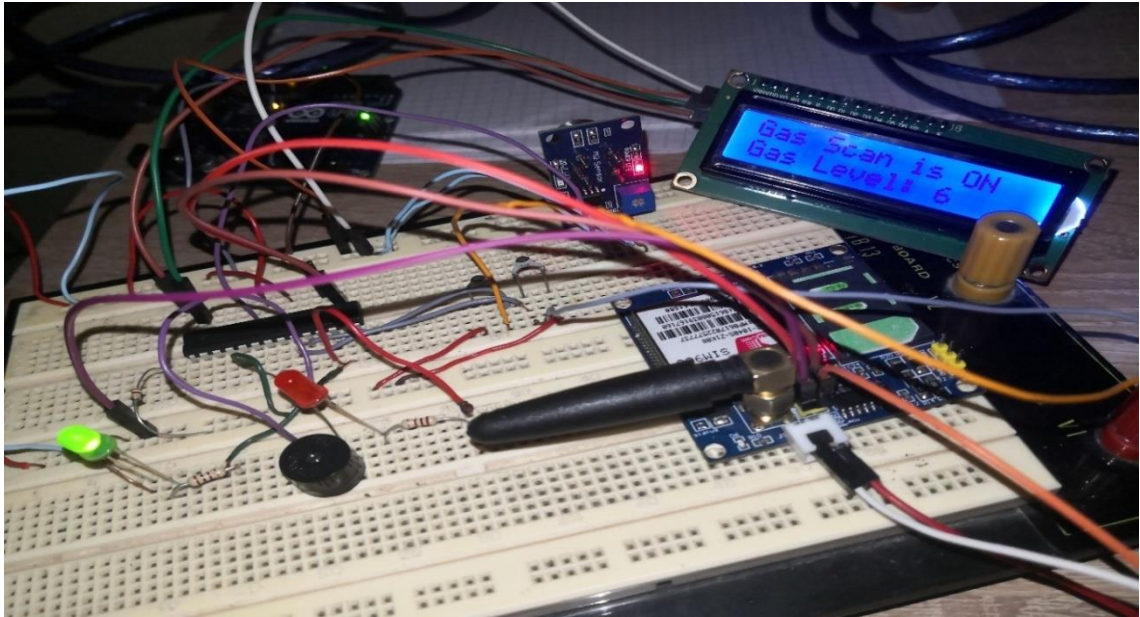


Figure III. 13 : Résultat obtenu en absence de gaz (Cas normal).

Si la concentration de gaz dépasse un certain seuil (fixé ici à 200 ppm), le capteur détecte la présence de gaz CH₄. La sortie analogique du module MQ-7 envoie alors un signal électrique à l'entrée analogique du microcontrôleur Atmega328P. Ce dernier déclenche le système d'alarme : la LED rouge s'allume, la LED verte s'éteint et le buzzer émet un signal sonore. Ensuite, le microcontrôleur envoie un signal numérique à l'écran LCD, qui convertit ce signal et affiche la valeur de la concentration de gaz sur la 2^{ème} ligne (Figure III. 14), ainsi que le message « Gas Leakage, Call&SMS Sent » (Figure III. 15). En même temps, le module GSM (carte SIM900A) transmet des données par SMS. Pour cela, il est nécessaire d'ajouter le numéro de téléphone personnel dans le programme, en utilisant le microcontrôleur (Atmega328P) et la carte SIM900A. Lorsqu'une fuite de gaz est détectée, l'ATmega328P envoie un signal par la broche TX à la carte GSM, qui le reçoit par la broche RX. Nous recevons alors un appel de la carte SIM900A et après quelques secondes, un message « Attention il y a une fuite de gaz » est envoyé (Figure III. 16).

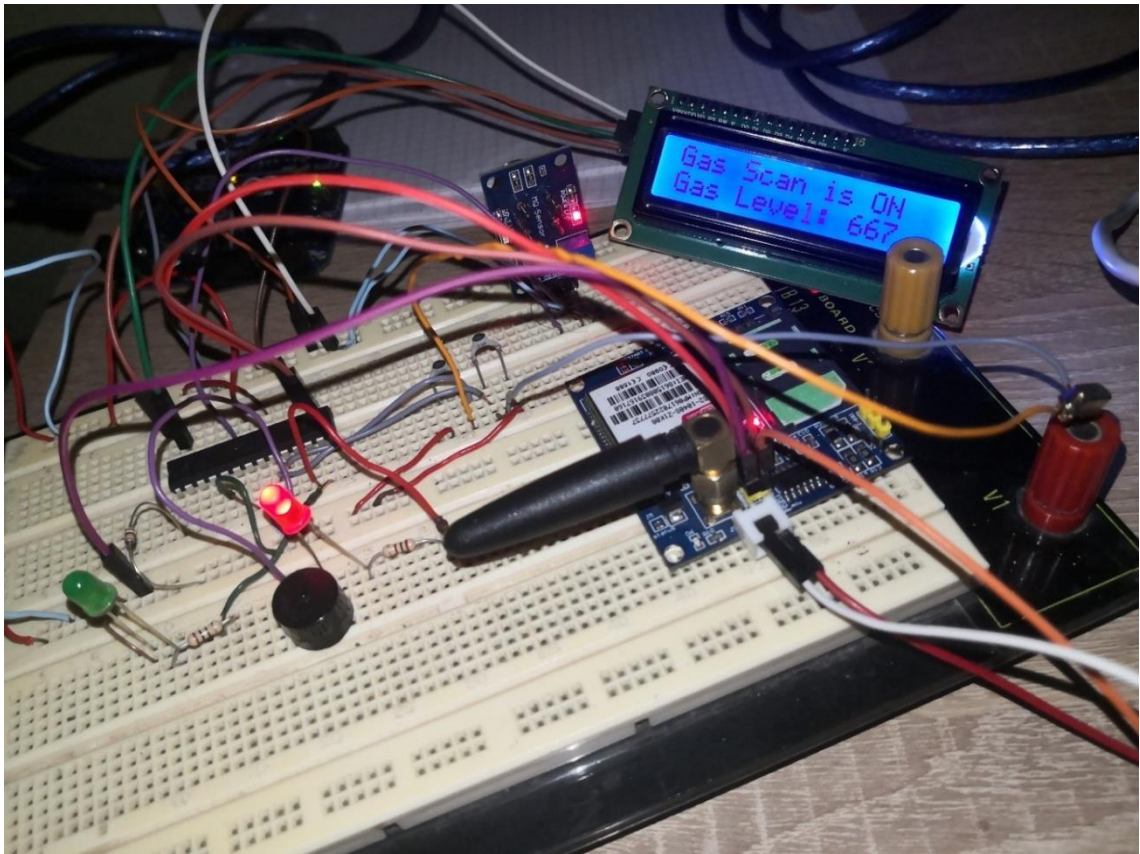


Figure III. 14 : Résultat obtenu en présence du gaz (détection de gaz).

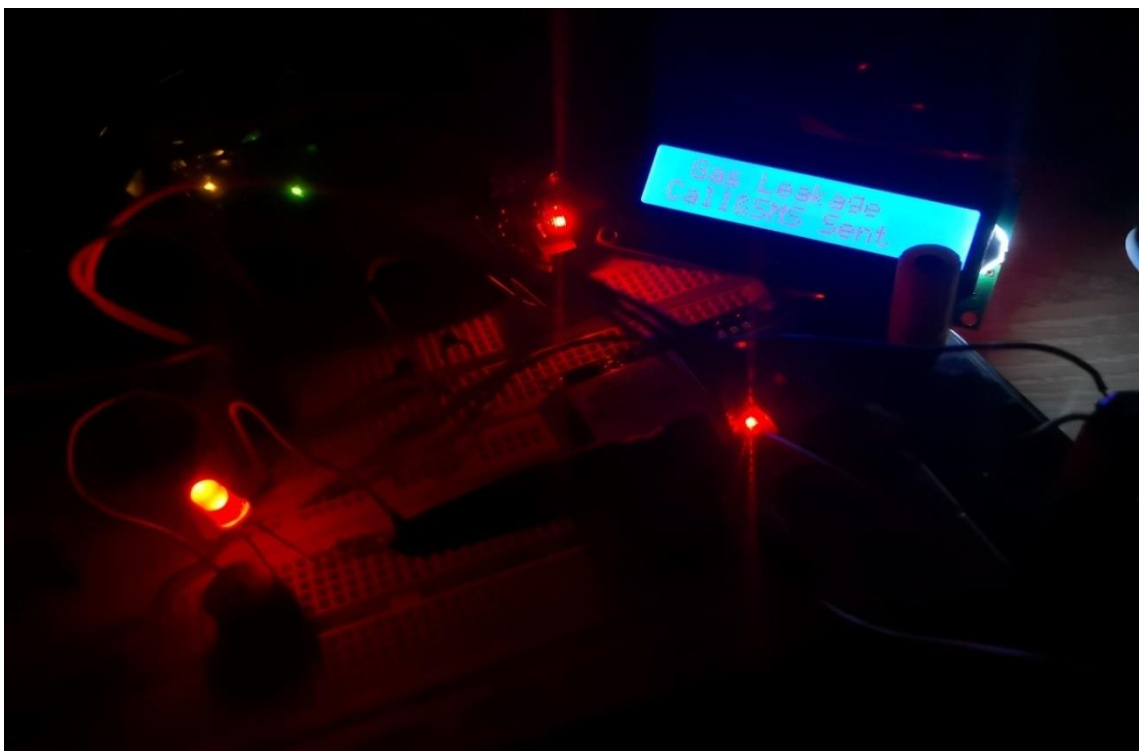


Figure III. 15 : Résultat obtenu en présence du gaz affichage « Gas Leakage, Call&SMS Sent »

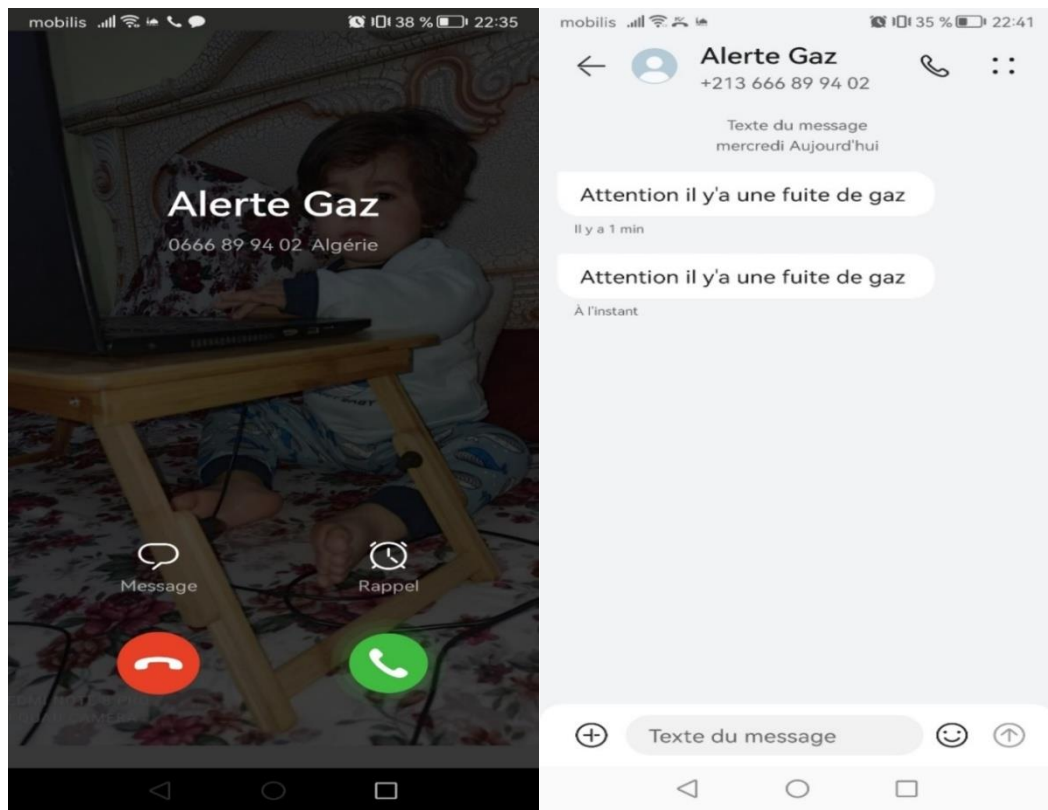


Figure III. 16 : Recevoir un appel et un message SMS indiquant qu'il y a une fuite de gaz.

III.6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons étudié trois systèmes électroniques qu'on peut intégrer dans une maison intelligente : système de contrôle d'éclairage, système de serrure de porte, et système de détection des fuites de gaz. Pour ce dernier système, une simulation avec le logiciel PROTEUS est effectuée. Nous avons ensuite procédé à la fabrication des trois modules principaux : le module de détection, le module d'activation de l'alarme, et le module de transmission des informations par SMS. Enfin, nous avons présenté et analysé les mesures effectuées aux différents points de test du circuit afin de confirmer le bon fonctionnement de notre dispositif.

CONCLUSION GENERALE

Les maisons intelligentes sont des résidences dotées de systèmes automatisés avancés qui permettent de contrôler divers aspects de la vie domestique. L'objectif principal de ces maisons est d'améliorer le confort, la sécurité, l'efficacité énergétique et la commodité des résidences.

Le travail de ce mémoire est dédié à l'étude et la réalisation des systèmes électroniques pour une maison intelligente. Trois systèmes qu'on peut intégrer dans une maison intelligente, ont été étudiés ici : système de contrôle d'éclairage, système de serrure de porte, et système de détection des fuites de gaz. Pour ce dernier, un prototype a été réalisé. Le détecteur de fuites de gaz proposé utilise un capteur MQ-7 interfacé avec un microcontrôleur ATmega328P. Il est capable de détecter les fuites de gaz et, en cas de fuite, d'envoyer un message et d'appeler un numéro de téléphone.

Comme perspectives à cette étude, il serait utile :

- d'ajouter un module GPS au détecteur des fuites de gaz pour contacter directement les services de protection civile.
- de réaliser d'autres systèmes électroniques pour des maisons intelligentes.

Références

- [1] <https://www.cableson.com/maison-intelligente/> .Consulté le 02 févr. 2024.
- [2] <https://fr.freepik.com/vecteurs/maison-intelligente> .Consulté le 02 févr. 2024.
- [3] <https://www.slideteam.net/blog/5-meilleurs-modeles-de-maison-intelligente-avec-exemples-et-echantillons?lang=French> . Consulté le 05 févr. 2024.
- [4] <https://www.giga-concept.fr/technologies/protocole-z-wave/> . Consulté le 05 févr. 2024.
- [5] <https://www.pearl.fr/compatibilite/zigbee?page=2> . Consulté le 05 févr. 2024.
- [6] <https://www.oledcomm.net/fr/blog/lifi-les-applications-dune-technologie-en-plein-essor/>
Consulté le 05 févr. 2024.
- [7] <https://www.ariase.com/box/dossiers/wi-fi> . Consulté 07 févr. 2024.
- [8] <https://www.tech2tech.fr/comment-verifier-la-version-de-votre-bluetooth-sur-windows/>
Consulté le 07 févr. 2024.
- [9] ZERROUKI Mohamed Amine, NESNAS Riadh « *Conception et réalisation d'un système de commande d'une habitation* ». Faculté de génie électrique et informatique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2018/2019.
- [10] « Arduino Uno », Components101. <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno> .Consulté le 24 mar 2024.
- [11] <https://ledisrupteurdimensionnel.com/cartes-arduino-officielles-et-non-officielles/> . Consulté le 01 avr 2024.
- [12] GUENFOUD Lamia, MOUZARINE Cylia « *Conception et réalisation d'un système du contrôle à distance de la qualité de l'air* ». Faculté de Génie Electrique et d'Informatique Département d'électronique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2017/2018.
- [13] <https://www-lisic.univ-littoral.fr/~hebert/microcontrolleur/atmel/> . Consulté le 07 avr 2024.
- [14] CHAMI Ahmed Chaouki, MOUSSAOUI Mohammed Ali, NID Mohammed Bachir. « *Réalisation d'un système d'alarme intelligent à base d'un smart phone contre l'intoxication due au gaz CO dans la maison* ». Faculté de Technologie. Université Echahid Hamma Lakhdar d'ElOued. 2018/2019.
- [15] <https://youpilab.com/components/product/capteur-de-gaz-mq7> . Consulté le 03 mai 2024.
- [16] <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1648922/HANWEI/MQ7.html> . Consulté le 06 mai 2024.

Références

- [17] BENYOUNES Ayad, TARI Oussama « *Simulation et réalisation d'un circuit détecteur de gaz interface la carte Arduino* ». Faculté de Technologie. Département de Génie Electrique et Electronique. Université Aboubakr Belkaid-Tlemcen. 2019/2020.
- [18] <https://www.scriptol.fr/montages/salut-le-monde.php>. Consulté le 22 mai 2024.
- [19] <http://emery.claude.free.fr/raspberry-lcd-i2c.html>. Consulté le 25 mai 2024.
- [20] <https://quartzcomponents.com/products/sim900-gsm>. Consulté le 02 juin 2024.
- [21] <https://www.utmel.com/components/sim900a-gsm-module-how-to-use-sim900a?id=2114>
Consulté le 02 juin 2024.
- [22] <https://www.amazon.fr/sourcing-map-Ronde-Emitting-Diodes/dp/B01F0TCXSW> . Consulté le 02 juin 2024.
- [23] <https://www.adafruit.com/product/160>. Consulté le 02 juin 2024.
- [24] <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php> .Consulté le 07 juin 2024.
- [25] MENDOUR Hamza « *Projet de réalisation d'un système d'Eclairage automatique à base du LDR et la carte Arduino UNO* ». <https://www.youtube.com/watch?v=91jfXlONmII> . Consulté le 07 juin 2024.
- [26] https://srituhobby.com/how-to-make-a-rfid-door-lock-with-arduino/#google_vignette
Consulté le 07 juin 2024.

Annexes

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Soumission du projet	
1.INTRODUCTION.....	2
2. PROBLEME GENERAL.....	2
3. IDEE DE PROJET (SOLUTION PROPOSEE)	2
4.VALEURS PROPOSEES.....	2
5.EQUIPE DE TRAVAIL.....	3
6.OBJECTIFS DU PROJET.....	3
7.DELAI DE REALISATION DU PROJET.....	4
8.CONCLUSION.....	4
Chapitre II : Aspects innovants	
1.INTRODUCTION.....	5
2.ASPECTS INNOVANTS DU PROJET.....	5
3.DOMAINES D'INNOVATION.....	5
4.CONCLUSION.....	6
Chapitre III : Analyse stratégique du marché	
1.INTRODUCTION.....	7
2.OFFRE SECTEUR DE MARCHE.....	7
3.MESURE DE L'INTENSITE DE LA CONCURRENCE.....	7
4.STRATEGIE MARKETING.....	9
5.CONCLUSION.....	10
Chapitre IV : La main d'œuvre et les principaux partenaires	
1.INTRODUCTION.....	11
2. LA MAIN D'ŒUVRE.....	11
3. LES PRINCIPAUX PARTENAIRES.....	12
4.CONCLUSION.....	12
Chapitre V : Planification financière	
1.INTRODUCTION.....	13
2.COÛTS ET BESOINS DU PROJET.....	13
3.LES COÛTS FINANCIERS DU PROJET.....	14
4.CONCLUSION.....	15

Chapitre VI : Modèle préliminaire expérimental

1.INTRODUCTION.....	16
2.ARCHITECTURE GENERALE DE NOTRE PROTOTYPE.....	16
3.CIRCUIT GLOBAL POUR LE PROJET PROPOSE.....	17
4.PROTOTYPE.....	17
5.BUSINESS MODEL CANVAS (BMC).....	19
6.CONCLUSION.....	19
CONCLUSION GENERALE.....	20

Liste des figures

Figure VI. 1 : Schéma général de fonctionnement du prototype.

Figure VI. 2 : Montage du prototype

Figure VI. 3 : Résultat obtenu en absence de gaz (Cas normal)

Figure VI. 4 : Résultat obtenu en présence du gaz (détection de gaz)

Figure VI. 5 : Recevoir un appel et un message SMS indiquant qu'il y a une fuite de gaz

Liste des tableaux

Tableau V.1 : Coûts et fardeaux.

INTRODUCTION GENERALE

Les micro-entreprises jouent un rôle fondamental dans l'économie mondiale, en particulier dans les économies émergentes et en développement. Elles sont souvent à l'avant-garde de l'innovation, de la création d'emplois et de la croissance économique locale, se retrouvant dans divers secteurs comme l'artisanat, les services, la vente au détail et les technologies de l'information.

Ces petites structures économiques sont essentielles non seulement pour leur apport direct à l'économie, mais aussi pour leur capacité à stimuler l'entrepreneuriat et à diversifier les économies locales. Elles valorisent les ressources locales, répondent aux besoins spécifiques des communautés et favorisent une culture de l'auto-emploi et de l'indépendance économique.

Cependant, les micro-entreprises rencontrent plusieurs défis, notamment en matière d'accès au financement, de compétences en gestion et de conformité aux réglementations. Malgré ces obstacles, elles continuent de prospérer grâce à leur flexibilité, leur capacité d'adaptation et leur proximité avec les clients. Dans les parties suivantes, nous allons examiner les différents aspects de notre projet qui concerne la réalisation des systèmes électroniques pour les maisons intelligentes en général, et les détecteurs de fuites de gaz en particulier, ainsi que leur impact économique et social. Nous allons explorer également les stratégies pour soutenir la croissance et le développement durable.

Chapitre I

Soumission du projet

1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous avons discuté des dangers auxquels les personnes sont confrontées et de la solution que ce projet apportera.

2. PROBLEME GENERAL

Les fuites de gaz est un problème critique et potentiellement mortel. Ces fuites peuvent entraîner des explosions dévastatrices lorsqu'une accumulation de gaz entre en contact avec une source d'ignition. Les incendies qui en résultent causent des dommages significatifs aux biens et mettent en péril la vie des occupants. De plus, l'inhalation de gaz toxiques, comme le monoxyde de carbone, peut provoquer des intoxications graves, allant de maux de tête et nausées à la perte de conscience, voire à la mort. Les conséquences d'une fuite de gaz non détectée peuvent être désastreuses, non seulement en termes de pertes de vies humaines, mais aussi en termes de dommages matériels considérables et de perturbations sociales. C'est pourquoi l'intégration d'un système de détection de gaz dans une maison intelligente est primordial.

3. IDEE DE PROJET (SOLUTION PROPOSEE)

La solution proposée par notre projet est un détecteur de gaz intégré avec un module GSM. Ce système est conçu pour surveiller en continu les niveaux de gaz dans l'environnement et détecter toute fuite potentielle dès son apparition. Lorsqu'une fuite de gaz est détectée, le module GSM envoie immédiatement des alertes par appel et SMS aux utilisateurs, permettant ainsi une intervention rapide. Cette réponse rapide est cruciale pour prévenir les accidents graves, limiter les dommages et protéger la santé des personnes. Le dispositif offre une couche de sécurité supplémentaire, garantissant que même en l'absence des personnes, les fuites de gaz peuvent être signalées et traitées de manière efficace.

Le projet sera mis en œuvre dans la wilaya de Guelma. Quant à la distribution du produit se fera dans toutes les maisons et dans toutes les institutions en général.

4. VALEURS PROPOSEES

Les valeurs fondamentales de ce projet incluent :

- **Sécurité** : Garantir la sécurité des individus et des biens en détectant rapidement les fuites de gaz potentiellement dangereuses.

-
- **Fiabilité** : Offrir un système de détection robuste et précis qui fonctionne en continu pour assurer une tranquillité d'esprit maximale.
 - **Tranquillité d'esprit des utilisateurs** : Assurer une surveillance continue et des alertes rapides et fiables via un système intégré avec module GSM.
 - **Facilité d'installation et d'utilisation** : Permettre une compréhension aisée de son fonctionnement par tous les groupes d'âge.

Ces valeurs centrales du projet visent à améliorer la sécurité et le bien-être des utilisateurs tout en répondant efficacement aux défis posés par les fuites de gaz.

5. EQUIPE DE TRAVAIL

ZITOUNI SALAH EDDINE

BOULSINA FAYÇAL

6. OBJECTIFS DU PROJET

- **Détection Précoce des Fuites de Gaz** : Vous bénéficierez d'un détecteur de gaz intégré avec un module GSM, capable d'identifier rapidement les fuites de gaz potentiellement dangereuses.
- **Amélioration de la Sécurité** : Nous visons à réduire les risques d'explosions, d'incendies et d'intoxications en vous offrant une surveillance continue et des alertes rapides en cas de fuite de gaz.
- **Notification Immédiate** : En cas de fuite de gaz, un système de notification par appel et SMS vous informera immédiatement, ainsi que les services d'urgence, pour permettre une intervention rapide.
- **Accessibilité et Facilité d'Utilisation** : Notre dispositif est conçu pour être facile à installer et à utiliser, compréhensible par tous les groupes d'âge, garantissant ainsi une adoption large dans vos maisons et institutions.
- **Surveillance Continue** : Vous bénéficierez d'une protection constante grâce à un fonctionnement ininterrompu, même en votre absence.
- **Durabilité et Économie** : Nous vous proposons une solution durable et économique, qui minimise l'impact environnemental et prévient les coûts élevés associés aux incidents de fuite de gaz.

- **Conformité aux Normes de Sécurité** : Notre produit respecte les normes industrielles et réglementaires en matière de sécurité.
- **Large Distribution** : Nous nous engageons à distribuer notre produit dans toutes les maisons et institutions de la wilaya de Guelma, avec l'objectif d'étendre cette disponibilité à d'autres régions à l'avenir.

7. DELAI DE REALISATION DE PROJET

Le temps dont nous avons besoin pour réaliser ce projet est estimé à 12 mois, car il nécessite une étape de planification, une étape de conception et de fabrication, une étape de distribution et une étape de suivi et d'évaluation.

8. CONCLUSION

Dans cette partie, nous avons discuté les dangers liés aux fuites de gaz, et l'utilisation d'un dispositif de détection de fuite de gaz comme solution. Nous avons également présenté les objectifs de ce projet.

Chapitre II

Aspects innovants

1. INTRODUCTION

Les aspects innovants sont essentiels pour toute entreprise ou projet cherchant à se distinguer et à faire progresser les standards en place. Ce chapitre abordera les caractéristiques innovantes de notre projet.

2. ASPECTS INNOVANTS DU PROJET

Le projet de création d'un détecteur de gaz intègre plusieurs aspects innovants :

- **Intégration du Module GSM** : L'utilisation d'un module GSM permet d'envoyer des alertes immédiates par appel et SMS en cas de détection de fuite de gaz. Cette fonctionnalité permet une notification rapide aux utilisateurs et aux services d'urgence, assurant ainsi une intervention rapide.
- **Accessibilité Universelle** : Conception d'un système facile à installer et à utiliser, adapté à tous les groupes d'âge et niveaux de compétence technologique. Cette accessibilité garantit une adoption large et effective.
- **Technologie de Capteurs Avancés** : Utilisation de capteurs de haute précision capables de détecter une large gamme de gaz, y compris le gaz naturel, le butane, le propane et le monoxyde de carbone, assurant une protection complète contre divers types de fuites de gaz.
- **Adaptabilité aux Environnements Variés** : Le dispositif est conçu pour être utilisé dans divers environnements, que ce soit des maisons, des institutions ou des installations industrielles, offrant une flexibilité et une portée d'application étendue.

3. DOMAINES D'INNOVATION

- **Technologie de Détection**

Capteurs Haute Précision : Utilisation de capteurs avancés capables de détecter une large gamme de gaz, y compris le gaz naturel, le butane, le propane et le monoxyde de carbone, assurant une détection précise et rapide.

- **Communication et Notification**

Module GSM Intégré : Envoi d'alertes immédiates par appel et SMS, permettant une communication rapide et fiable en cas de détection de fuite de gaz.

- **Surveillance et Sécurité**

Surveillance Continue : Fonctionnement en temps réel pour assurer une détection précoce et continue des fuites de gaz.

Fiabilité et Autonomie : Système conçu pour fonctionner de manière autonome avec une maintenance minimale, offrant une protection constante et fiable.

Ces domaines d'innovation positionnent ce projet comme une solution de pointe pour la détection des fuites de gaz, apportant des améliorations significatives en termes de sécurité, fiabilité, accessibilité et durabilité.

4. CONCLUSION

Dans cette section, nous avons exploré les aspects et les domaines innovants de ce projet. Dans la section suivante, nous aborderons l'étude de marché.

Chapitre III

Analyse stratégique du marché

1. INTRODUCTION

Le marché des maisons intelligentes a connu une croissance exceptionnelle ces dernières années. Parmi les systèmes qu'on peut intégrer dans une maison intelligente, le détecteur de fuite de gaz. Dans ce chapitre, nous proposons une analyse stratégique de ce marché.

2. OFFRE SECTEUR DE MARCHÉ

Le projet de détecteur de gaz avec module GSM se positionne sur plusieurs segments de marché :

Résidentiel :

- **Maisons Individuelles et Résidences Collectives :** Installation de détecteurs de gaz pour assurer la sécurité des occupants en détectant rapidement les fuites de gaz.

Institutions Publiques et Privées :

- **Établissements Éducatifs :** Protection des écoles, collèges et universités contre les risques de fuites de gaz.
- **Hôpitaux et Cliniques :** Sécurisation des patients, visiteurs et personnel médical contre les dangers potentiels des fuites de gaz.

Entreprises et Commerces :

- **Restaurants et Hôtels :** Sécurisation des cuisines et des espaces de service.

Installations Industrielles :

- **Usines et Entrepôts :** Réduction des risques d'explosions et d'incidents en sécurisant les lieux de stockage et d'utilisation de gaz dangereux.
- **Ateliers et Laboratoires :** Protection des lieux où des gaz sont couramment utilisés dans les processus de production et de recherche.

Secteur Agricole :

- **Serres et Installations Agricoles :** Protection des cultures et du personnel contre les fuites de gaz, notamment dans les serres.

3. MESURE DE L'INTENSITE DE LA CONCURRENCE

L'intensité de la concurrence pour le projet de détecteur de gaz avec module GSM en Algérie peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la disponibilité d'autres solutions de détection de gaz.

- **Concurrence Directe :**

Actuellement, le marché algérien dispose de solutions de détection de gaz traditionnelles. Ces systèmes incluent des détecteurs de gaz standards sans modules de communication avancés comme le GSM. Les entreprises locales et quelques distributeurs de marques internationales proposent ces dispositifs. Ainsi, le projet pourrait faire face à une concurrence directe de ces solutions établies.

- **Concurrence Indirecte :**

Systèmes de Sécurité Intégrés : Certaines entreprises offrent des systèmes de sécurité domestiques et industriels intégrés qui incluent des détecteurs de gaz parmi d'autres fonctionnalités (alarme incendie, surveillance vidéo, etc.). Bien que ces solutions ne soient pas uniquement dédiées à la détection de gaz, elles représentent une alternative pour les consommateurs recherchant une solution complète de sécurité.

- **Niveau d'Adoption et Innovation :**

Technologie de Pointe : Si l'adoption de technologies avancées telles que les détecteurs de gaz avec module GSM est encore limitée en Algérie, le projet pourrait bénéficier d'un avantage concurrentiel en tant que solution innovante et technologiquement avancée. Cette innovation peut attirer les consommateurs soucieux de la sécurité et à la recherche de solutions modernes.

- **Opportunités de Marché :**

Absence de Concurrence Directe Avancée : En Algérie, il y a peu de concurrence dans le domaine spécifique des détecteurs de gaz intégrant des modules GSM. Cette absence de concurrence directe pour des solutions technologiquement avancées peut offrir une opportunité unique pour pénétrer le marché et établir une position dominante.

En résumé, bien que le marché algérien dispose de quelques solutions de détection de gaz traditionnelles, l'introduction de détecteurs de gaz avec module GSM représente une innovation qui peut bénéficier d'un avantage concurrentiel significatif en raison de la faible adoption actuelle de cette technologie avancée. L'absence de concurrence directe dans ce segment technologique en Algérie offre une opportunité unique pour le projet de se positionner comme un leader sur le marché.

4. STRATEGIE MARKETING

Dans notre stratégie marketing, nous insistons sur les points suivants :

- **Analyse du marché :**

Étude de marché : réalisation des études de marché pour comprendre les besoins des consommateurs, les tendances du marché et la concurrence.

Segmentation du marché : identifier les segments de marché prometteurs (résidentiel, industriel, institutions publiques, etc.).

- **Positionnement du produit :**

Positionnement unique : mettre en valeur les avantages uniques d'un détecteur de gaz GSM par rapport aux solutions traditionnelles (technologie avancée, notification instantanée, sécurité accrue).

Marque : Développement d'une image de marque forte, fiable, synonyme de sécurité et d'innovation.

- **Stratégie de prix :**

Prix compétitifs : fixer des prix compétitifs tout en assurant une marge bénéficiaire adéquate.

- **Répartition :**

Canaux de distribution : Utiliser une gamme de canaux de distribution (distributeurs locaux, vente directe, e-commerce).

Partenariats : établissement des partenariats avec des sociétés de sécurité et des détaillants pour étendre la distribution.

- **Promotions :**

Publicité : utilisation de campagnes publicitaires ciblées à la télévision, à la radio, sur les réseaux sociaux et dans les journaux.

Marketing numérique : exploitation du marketing numérique (médias sociaux) pour atteindre un public plus large et créer de l'engagement.

Événements et salons professionnels : participation à des salons professionnels et à des événements de sécurité pour présenter le produit en direct.

- **Service après-vente :**

Support client : établissement d'un service client réactif et efficace pour répondre aux questions et résoudre les problèmes.

- **Sensibilisation :**

Campagnes de sensibilisation : Mener des campagnes de sensibilisation sur les dangers des fuites de gaz et l'importance d'une détection précoce.

En mettant en œuvre cette stratégie marketing, nous serons en mesure de maximiser la visibilité, l'adoption et l'impact de notre détecteur de gaz GSM sur le marché algérien, tout en établissant une solide réputation de marque innovante et fiable.

5. CONCLUSION

Ce chapitre souligne les opportunités et les défis du marché, ainsi que les stratégies de commercialisation de ce projet. Dans le chapitre suivant, nous détaillerons la main d'œuvre et les principaux partenaires.

Chapitre IV

La main d'œuvre et les
principaux partenaires

1. INTRODUCTION

Dans cette partie, nous examinerons la main-d'œuvre et les partenaires clés, qui jouent un rôle crucial dans ce projet.

2. LA MAIN D'ŒUVRE

Pour notre projet de création et de déploiement de détecteurs de gaz avec module GSM, la main-d'œuvre requise peut varier en fonction des différentes phases du projet. Voici une estimation des principales catégories de main-d'œuvre nécessaires :

Ingénieurs en électronique : Responsables du développement du détecteur de gaz et de l'intégration du module GSM.

Ingénieurs en informatique : Développement des logiciels pour le fonctionnement du détecteur.

Techniciens de production : Assemblage des composants électroniques et mécaniques pour la fabrication des détecteurs de gaz.

Opérateurs de machines : Supervision des équipements automatisés utilisés dans la production en série.

Contrôle qualité : Inspection des produits finis pour assurer la conformité aux normes et spécifications.

Personnel de distribution : Chargé de la livraison des produits aux clients et aux points de vente.

Spécialistes en support client : Assistance après-vente, gestion des réclamations et formation des utilisateurs.

Personnel administratif : Gestion des ressources humaines, finances, comptabilité et aspects administratifs généraux du projet.

Gestion de projet : Chefs de projet responsables de la planification, du suivi et de la coordination des différentes équipes.

Chaque catégorie de main-d'œuvre joue un rôle crucial dans le succès du projet, en assurant non seulement la conception et la production efficaces des détecteurs de gaz, mais aussi leur commercialisation, distribution et support continu aux clients. L'organisation et la coordination entre ces équipes sont essentielles pour atteindre les objectifs du projet dans les délais impartis et avec les standards de qualité requis.

3. LES PRINCIPAUX PARTENAIRES

Pour le projet de détecteur de gaz avec module GSM, les principaux partenaires peuvent inclure :

Fournisseurs de Composants Électroniques : Entreprises fournissant les composants électroniques nécessaires pour les détecteurs de gaz, tels que les capteurs de gaz, les afficheurs LCD, et les modules GSM.

Partenaires Technologiques : Fournisseurs de technologies complémentaires comme des plateformes de gestion de données, des solutions IoT (Internet des Objets) pour la connectivité des dispositifs, ou des logiciels de gestion des alertes et des notifications.

Distributeurs et Revendeurs : Réseaux de distribution locaux ou régionaux qui facilitent la commercialisation et la vente des détecteurs de gaz auprès des consommateurs finaux, des entreprises et des institutions.

Clients et utilisateurs finaux : Les personnes et Institutions publiques et privées

Chaque partenaire joue un rôle crucial dans le succès du projet, que ce soit pour la fourniture de composants essentiels, la distribution efficace des produits, le soutien technologique.

La sélection et la gestion de partenariats stratégiques contribueront à renforcer la position du projet sur le marché et à assurer sa pérennité.

4. CONCLUSION

La main-d'œuvre et les partenaires jouent un rôle central dans la réussite du projet de détecteur de gaz avec module GSM. En mobilisant une main-d'œuvre qualifiée et diversifiée, comprenant des ingénieurs en R&D, des techniciens de production, des spécialistes du marketing et du support client, le projet est bien positionné pour répondre aux exigences technologiques et commerciales du marché. Les principaux partenaires, tels que les fournisseurs de composants électroniques, les fabricants, les distributeurs et les partenaires technologiques, apportent des expertises complémentaires indispensables à la fabrication, à la distribution et au support des détecteurs de gaz. En collaborant étroitement avec ces acteurs, le projet peut bénéficier d'une chaîne d'approvisionnement efficace, d'une expertise technologique avancée et d'un réseau de distribution étendu, renforçant ainsi sa capacité à atteindre ses objectifs de marché et à offrir des solutions innovantes et sécuritaires aux utilisateurs finaux.

Chapitre V

Planification financière

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de ce chapitre, nous aborderons l'aspect financier de notre projet.

2. COÛTS ET BESOINS DU PROJET

Pour estimer les coûts et les besoins de notre projet, détecteur de gaz utilisant un module GSM, Voici quelques coûts et besoins généraux à considérer :

Coûts de développement initiaux

- **Conception, Recherche et Développement** : Budget pour la conception du détecteur de gaz, y compris la recherche sur les capteurs de gaz, les circuits électroniques et les technologies de communication.
- **Prototypage** : coûts de fabrication de prototypes et de tests de validation.

Coûts de production

- **Matériaux et composants** : coûts estimés pour l'achat de capteurs de gaz, de circuits imprimés, de modules GSM et d'autres composants électroniques.
- **Assemblage et fabrication** : coûts associés à l'assemblage global des détecteurs de gaz, y compris la main-d'œuvre et l'équipement de production.
- **Tests et contrôle qualité** : budget pour des tests approfondis afin de garantir la fiabilité et la sécurité des détecteurs de gaz.

Frais de marketing et de distribution

- **Marketing et ventes** : budget pour les campagnes marketing, les promotions, le matériel publicitaire et les salaires des équipes commerciales et marketing.
- **Distribution** : les coûts logistiques liés à la livraison des produits aux clients, y compris les frais d'expédition, les taxes et éventuellement les droits de douane.

Les coûts d'exploitation

- **Support client** : Budget pour le support technique, les mises à jour logicielles.
- **Frais généraux** : Frais administratifs, frais de bureau, assurances et autres dépenses indirectes nécessaires au fonctionnement quotidien de l'entreprise.

Investissements en équipements et infrastructures

- **Équipement de production** : Coûts d'achat ou de location d'équipement de production spécialisé.
- **Systèmes informatiques et logiciels** : investissements requis pour les systèmes informatiques, les logiciels de gestion et les outils de développement.

La détermination du montant total nécessaire pour couvrir tous les coûts constitue un fonds de roulement initial pour assurer le lancement et la croissance initiale du projet. En évaluant ces aspects en détail, vous serez en mesure d'élaborer un plan financier solide pour votre projet de détecteur de gaz avec module GSM, en tenant compte des dépenses prévues et en vous assurant que toutes les ressources nécessaires sont disponibles pour atteindre vos objectifs commerciaux et technologiques.

3. LES COÛTS FINANCIERS DU PROJET

Coûts et besoins du projet		Qté	Prix unitaire (DA)	Le prix (DA)
Composants électronique	-Capteur de gaz -Microcontrôleur(Atmega328P) -Module GSM -Afficheur LCD - Plaques des cuivres -Autres composants (pile rechargeable, résistance, buzzer, les LED)	x1	2500,00	2500,00
Machines nécessaires	-Machines pour la fabrication des circuits imprimé comme (protomat S63) - Machines de soudage - Machines pour les Boîtiers -Machines de Placement des Composants (Pick and Place) - Ordinateur	x1	7000000,00	7000000,00
Lieu de travail		//	//	//

Tableau V.1 : Coûts et fardeaux.

4. CONCLUSION

Dans cette section de notre travail, nous avons présenté les données financières, incluant les coûts et les besoins du projet, afin de mieux analyser le marché pour ce projet.

Chapitre VI
Modèle préliminaire
expérimental

1. INTRODUCTION

Dans le présent chapitre nous aborderons le modèle préliminaire expérimental avec le prototype de notre projet.

2. ARCHITECTURE GENERALE DE NOTRE PROTOTYPE

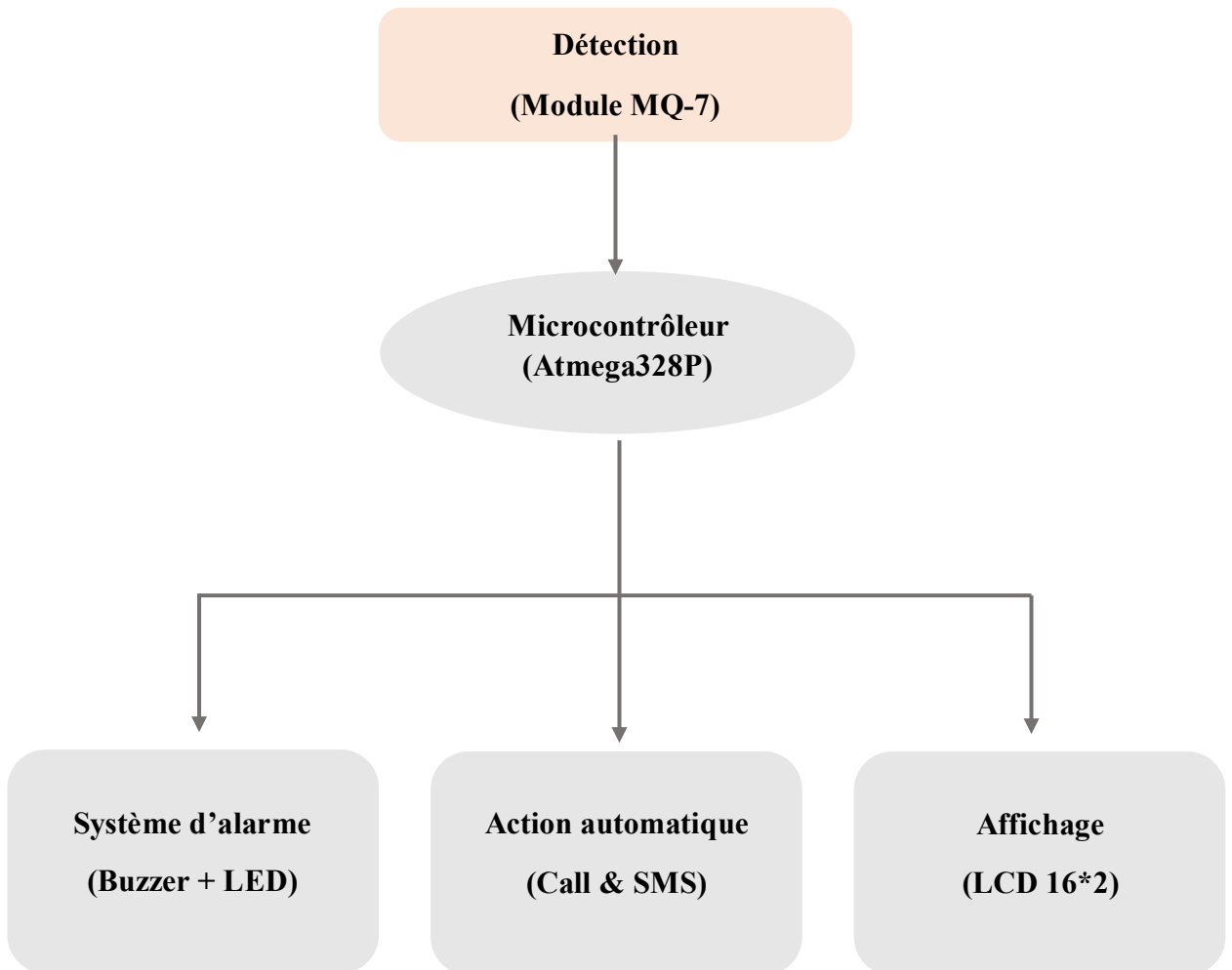


Figure VI. 1 : Schéma général de fonctionnement du système de détection des fuites de gaz.

3. CIRCUIT GLOBAL POUR LE PROJET PROPOSE

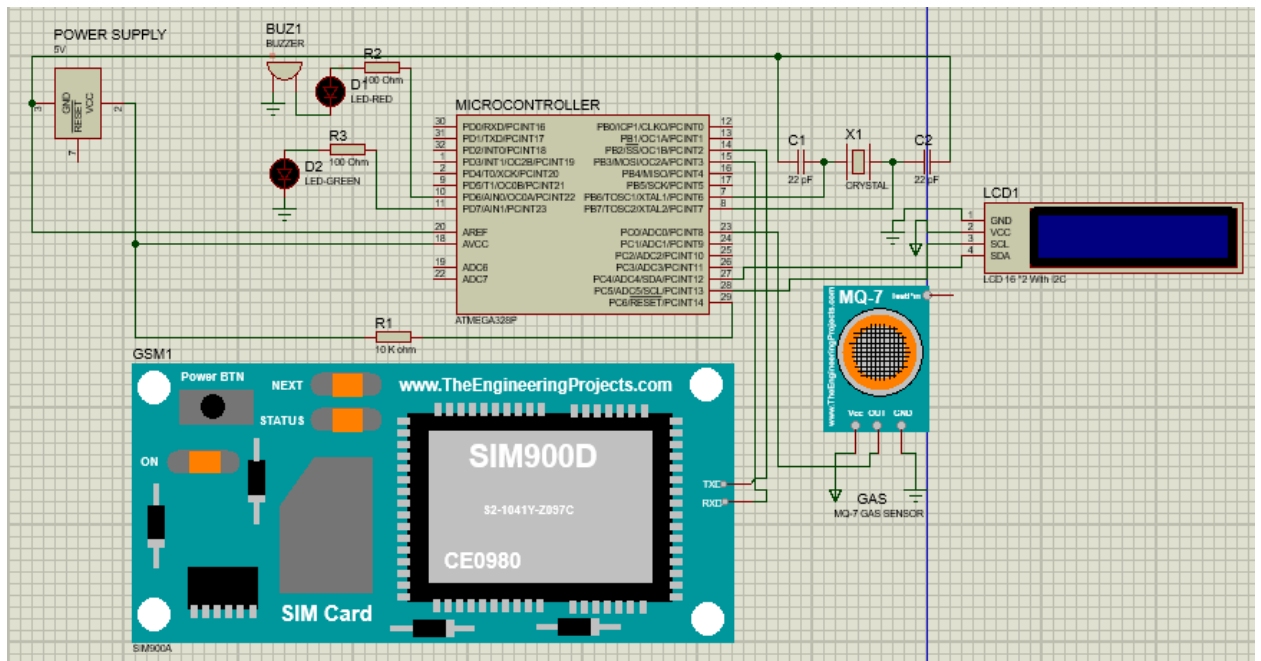


Figure VI. 2 : Montage du prototype sous ISIS.

4. PROTOTYPE

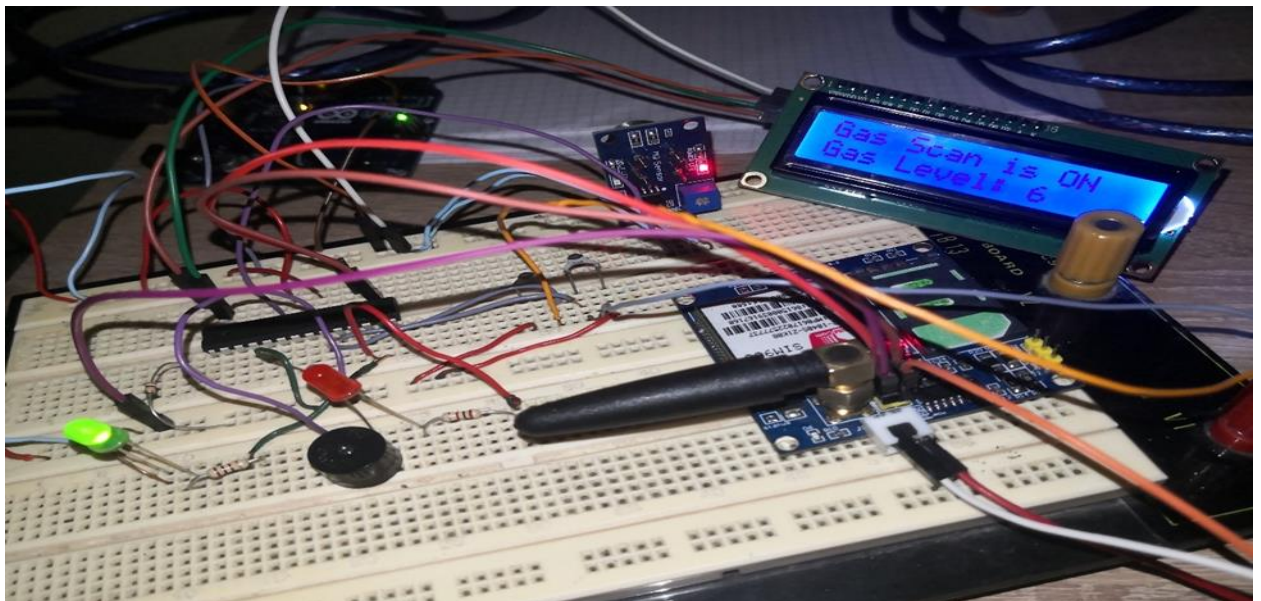


Figure VI. 3 : Résultat obtenu en absence de gaz (Cas normal).

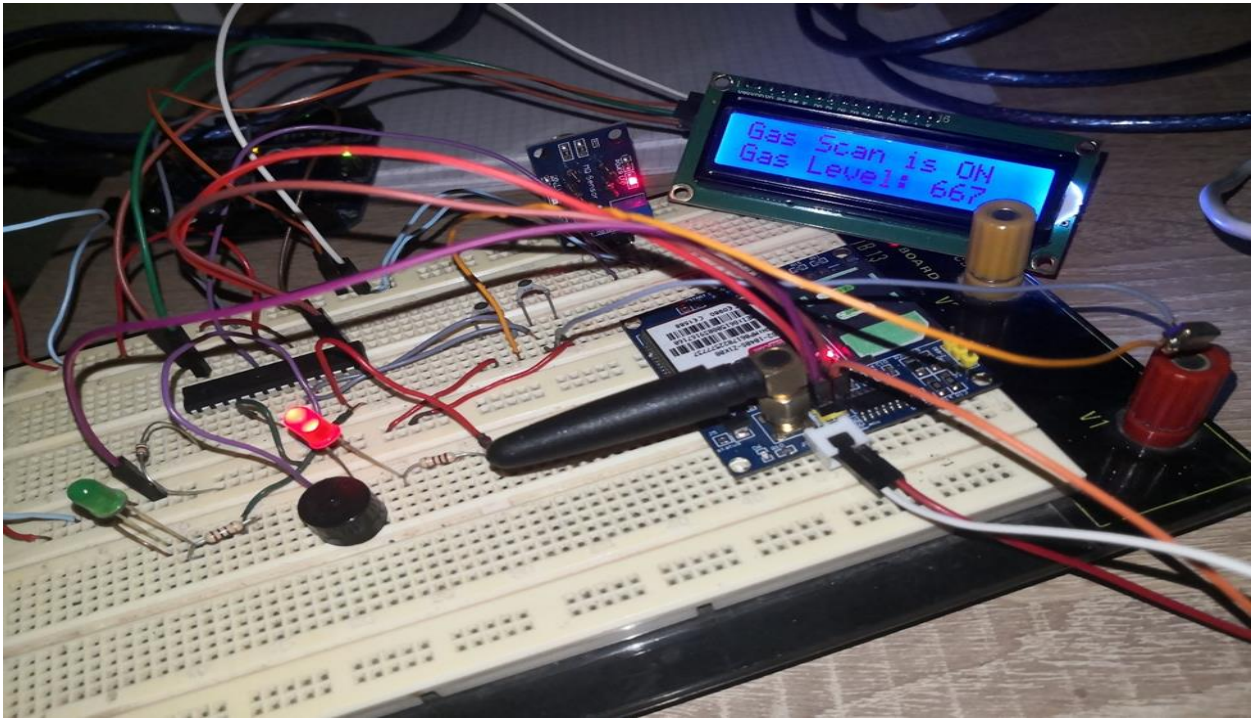


Figure VI. 4 : Résultat obtenu en présence du gaz (détection de gaz).



Figure VI. 5 : Recevoir un appel et un message SMS indiquant qu'il y a une fuite de gaz.

5. BUSINESS MODEL CANVAS (BMC)

Partenaires clés - Les fournisseurs de matières premières - Les sociétés de livraison	Activités Clés - La production - La programmation - La conception des circuits	Propositions de valeur - La confiance - la sécurité - le confort - La facilité de compréhension du fonctionnement	Relation Client - La garantie - Le service après-vente	Clients - Les Propriétaires des maisons - Toutes les institutions (publiques et privées) - Tous les commerces (les restaurants) et les hôtels
Ressources clés - Les ingénieurs et les techniciens - Les composants électroniques - Les ordinateurs - Les programmeurs		Canaux - Les boutiques électroniques - Les réseaux sociaux - Les sites web		
Coûts - Le budget des matières premières, des appareils et des équipements (Les ordinateurs, les programmes,...) : 7000000,00 DA - Les salaires des travailleurs (Les ingénieurs et les techniciens...)		Revenus - La production - La vente		

6. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons abordé les aspects pratiques de notre projet : le prototype, le modèle préliminaire et le BMC (Business Model Canvas).

CONCLUSION GENERALE

En conclusion, les micro-entreprises représentent une composante essentielle et dynamique de l'économie mondiale. Leur capacité à générer de l'emploi, à stimuler l'innovation et à favoriser le développement économique local est indéniable. Ces petites structures sont souvent le reflet de la diversité et de la résilience des économies, offrant des solutions personnalisées et adaptées aux besoins spécifiques des communautés locales.

Malgré les défis significatifs qu'elles rencontrent, notamment en matière de financement, de gestion et de réglementation, les micro-entreprises démontrent une remarquable capacité d'adaptation et d'innovation. Leur flexibilité et leur proximité avec les clients leur permettent de réagir rapidement aux changements du marché et de saisir les opportunités émergentes.

Pour soutenir et maximiser le potentiel des micro-entreprises, il est crucial de mettre en place des politiques favorables, des programmes de formation en gestion et un accès accru aux ressources financières. L'amélioration des infrastructures et des réseaux de soutien, ainsi que la simplification des procédures administratives, peuvent également jouer un rôle déterminant dans leur succès.

En fin de compte, la prospérité des micro-entreprises contribue non seulement à la croissance économique, mais aussi à la cohésion sociale et au bien-être des communautés. En reconnaissant et en valorisant leur rôle, nous pouvons créer un environnement plus inclusif et durable, propice à l'épanouissement des entrepreneurs et à l'innovation continue.