

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département d'Electronique et des Télécommunications



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Instrumentation
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIES
Filière : Electronique
Spécialité : Instrumentation
Thème

Détecteur de flamme et de fumée à base d'Arduino UNO

Présenté Par :

- GARGOUA Abdel hakim
- GARGOUA Mohamed Amine

Devant le jury composé de :

Dr. FEROUANI Souheyla	MCA	UAT.B.B	Présidente
Dr. BADIR Houaria	MAA	UAT.B.B	Examinatrice
Pr. AYACHE Choukria	Pr	UAT.B.B	Encadrante

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

Nous remercions le « bon dieu » tout puissant pour nous avoir accordé la foi et la force de pouvoir réaliser ce travail et l'achever à terme.

Un vif remerciement à Professeur AYACHE Choukria notre directeur de mémoire, de nous avoir soutenu et guidé tout long de ce travail. Nous vous remercions de nous avoir accordé votre temps, toute votre confiance et votre aide pertinente.

Nous n'oublierons jamais votre disponibilité et votre réactivité face aux problèmes rencontrés au cœur de ce travail. Soyez assurée de notre profond respect et de notre sincère estime pour votre soutien personnel et vos conseils.

Nous adressons aussi toute notre gratitude et respect envers le présidente de jury Dr FEROUANI Souheyla et l'examinatrice Dr BADIR Houaria qui nous ont honorés en acceptant de juger notre travail.

Nous n'oublierons pas de remercier vivement les enseignants du département qui ont assuré notre formation.

Enfin, nos remerciements s'adressent aussi à nos familles et nos amis.

Il nous est difficile de placer une limite à ces remerciements et de citer chaque personne qui a par ses encouragements, ses conseils, son aide, son intervention.

DÉDICACE

Nous dédions ce travail modeste à tous ceux qui, après Dieu, ont contribué à nous amener jusqu'à ce moment :

À nos chers parents, symboles de générosité, source de force et de prières sincères à chaque étape...

À ceux qui nous ont élevés avec des valeurs solides, inculqué l'amour du savoir et sacrifié tant pour nous.

À mes frères et sœurs, soutien constant et motivation continue.

À nos professeurs, qui ont éclairé notre chemin avec leur savoir et ont toujours été présents pour nous guider.

À nos camarades et amis, compagnons de route et de souvenirs.

À tous ceux qui ont participé, par une parole, un soutien ou une prière, à tracer notre parcours...

Nous vous dédions cette réussite comme un témoignage de notre reconnaissance et de notre fidélité

ملخص

يتناول هذا المشروع تصميم نظام ذكي لكشف اللهب والدخان باستخدام لوحة Arduino UNO يعتمد النظام على حساس اللهب وحساس الدخان MQ لاكتشاف أي خطر محتمل، مع عرض الحالة على شاشة LCD وتنشيط مضخة ماء تلقائيًا للتدخل الفوري.

يهدف هذا المشروع إلى تعزيز السلامة من الحرائق باستخدام تكنولوجيا بسيطة وفعالة، وهو قابل للتطوير والإدماج في أنظمة أمان منزلية أو صناعية أكبر.

كلمات المفتاحية: كشف اللهب ، كشف الدخان ، حساس MQ ، حساس اللهب ، أردوينو أونو ، مضخة ماء أوتوماتيكية ، شاشة LCD ، نظام أمان ذكي ، إنذار الحريق ، تدخل تلقائي ، الوقاية من الحرائق .

Résumé

Ce projet porte sur la conception d'un système intelligent de détection de flamme et de fumée basé sur une carte Arduino UNO. Il utilise un capteur de flamme et un capteur de fumée MQ pour identifier les risques potentiels, affiche les informations sur un écran LCD, et active automatiquement une pompe à eau en cas de danger. L'objectif est de renforcer la sécurité incendie en utilisant une technologie simple, efficace et évolutive, pouvant s'intégrer à des systèmes de sécurité plus complexes.

Mots-clés: *Détection de flamme , Détection de fumée , Capteur MQ , Capteur de flamme Arduino UNO , Pompe à eau automatique , Écran LCD , Système de sécurité intelligent Alarme incendie , Intervention automatique , Prévention des incendies .*

Abstract

This project focuses on the design of an intelligent flame and smoke detection system using an Arduino UNO board. It uses a flame sensor and an MQ smoke sensor to detect potential hazards, displays status information on an LCD screen, and automatically activates a water pump when danger is detected. The goal is to enhance fire safety through a simple, effective, and scalable solution that can be integrated into larger home or industrial safety systems.

Keywords : *Flame detection , Smoke detection , MQ sensor , Flame sensor , Arduino UNO , Automatic water pump , LCD screen , Smart safety system , Fire alarm , Automatic intervention , Fire prevention .*

المخلص

Résumé

Abstract

Introduction générale 1

Chapitre I: Généralités sur les capteurs

I-1 Introduction 2

I-2 Définition d'un capteur 2

I-3 Classement des capteurs 3

I-4 Les capteurs de gaz..... 4

I-4-1 Définition d'un capteur de gaz 4

I-4-2 Différents types de capteurs de gaz 5

I-5 Capteurs électrochimiques..... 6

I-6 Capteurs PID (Photoionisation) 7

I-7 Capteurs de gaz à oxyde métallique (MOX) 7

I-7-1 La série de capteurs MQ..... 8

I-7-2 Capteur de gaz MQ135 9

I-7-3 Capteur de gaz et de fumée MQ2 10

I-8 Capteurs de flamme 11

I-8-1 Définition..... 11

I-8-2 Les types de capteurs de flamme 12

I-8-3 Applications 12

I-8-4 Avantages 12

I-9 Capteurs IR..... 13

I-9-1 Principes de Fonctionnement 13

I-9-2 Applications 14

I-9-3 Avantages..... 14

I-10 Capteurs visibles..... 15

I-10-1 Types de capteurs visibles..... 15

I-10-2 Applications des capteurs visibles..... 16

I-11 Le détecteur de flammes R3 17

I-11-1 Fonctionnement des détecteurs IR3..... 17

I-11-2 Avantages du système IR3..... 18

I-10-2 Applications des détecteurs IR3..... 18

I-12 Conclusion... 19

Chapitre II: Description des différents composants utilisés pour la réalisation du projet

II-1 Introduction	20
II-2 Les composants électroniques utilisés	21
II-3 La carte Arduino	21
II-3-1 Définition de la carte Arduino Uno.....	21
II-3-2 Les caractéristiques de l'Arduino Uno	22
II-3-3 Description des broches d'Arduino Uno	23
II-3-4 Le Microcontrôleur ATmega328P	24
II-4 L'environnement de la programmation (IDE ARDUINO)	25
II-5 Les capteurs	26
II-5-1 Capteur de CO (MQ2).....	26
II-5-2 Structure interne du capteur MQ2.....	27
II-5-3 Principe de fonctionnement du MQ2	28
II-5-4 Description Du module capteur de gaz MQ2	30
II-5-5 Câblage du capteur MQ2 avec Arduino UNO	30
II-6 Capteur de Flamme	31
II-6-1 Principe de fonctionnement d'un capteur de flamme	32
II-7 Afficheur LCD LM016	33
II-7-1 Caractéristique techniques	34
II-7-2 Brochage principale.....	34
II-9 Buzzer	35
II-10 Mini Pompe DC 5V pour arduino	35
II-10-1 Fonctionnement puissant et efficace	36
II-10-2 Facile à installer et à utiliser	36
II-10-3 Spécifications techniques	37
Conclusion.....	37

Chapitre III : simulation et Réalisation pratique de détecteur de flamme et de fumée

III-1 Introduction :	38
III-2 La partie Simulation	39
III-1-1 Présentation du logiciel PROTEUS.....	39
III-2-2 Présentation du module ISIS.....	39
III-2-2 Présentation du module ARES	40
III-3 Simulation virtuelle « Proteus » de notre projet.....	40
III-4 Partie réalisation.....	40
III-5 Conclusion.....	40

Sommaire

Conclusion générale... 50

Références Bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau I.1: Les caractéristiques de MQ2.	10
Tableau II.1: Les composants électroniques utilisés	21
Tableau II.2: Caractéristique de l'Arduino Uno.....	22
Tableau II.3: Les pins d'Arduino Uno.....	23
Tableau II.4:Les spécifications complètes d'un capteur MQ2	27
Tableau II.5: Caractéristiques techniques d'afficheur LCD 16*2	34
Tableau II.6: Role des brochesd'afficheurLCD 16*2	34
Tableau II.7: Spécifications techniques de la pompe à eau	36

Liste des figures

Figure I. 1: Schéma d'un capteur.	2
Figure I. 2: Different types des capteur de gaz	4
Figure I.3: Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz.	5
Figure I.4: Le capteur électrochimiques.	6
Figure I.5: Capteurs PID.	7
Figure I.6 Capteurs oxyde métallique (MOX).....	8
Figure I.7: Capteurs MQ135.	9
Figure I.8: Capteurs MQ2.	11
Figure I.9: Capteurs d'ultraviolets.	13
Figure I.10: Capteur IR.	15
Figure I.11: capteurs visibles	17
Figure I.12: Détecteur de la flamme IR3.....	19
Figure II.1: Schéma bloc de la méthode proposée.....	20
Figure II.2: Arduino Uno.....	22
Figure II.3: Description de la carte Arduino Uno.....	24
Figure II.4: Le microcontrôleur ATMEGA328P.	24
Figure II.5: L'interface de logiciel Arduino IDE.	26
Figure II.6: Capteur du gaz CO (MQ2).	27
Figure II.7: La structure extérieure de MQ2.	28
Figure II.8:Fonctionnement du MQ2.....	29
Figure II.9: Variation de tension de sortie du MQ2.....	29
Figure II.10: Description du module capteur de gaz MQ2.	30
Figure II.11:Câblage du capteur de gaz MQ2 avec Arduino UNO.....	31
Figure II.12: Capteur de flamme.	31
Figure II.13: Détection de Flamme avec Arduino.....	33
Figure II.14: Buzzer (Avertisseur sonore).....	35
Figure II.15: Figure mini pompe d'eau	36
Figure III.1: Schéma général de fonctionnement du prototype.....	38
Figure III.2: L'interface principale contenant les composants du projet	40
Figure III.3: Absence de fuite de gaz et d'incendie	41
Figure III.4: Affichage absence de fuite de gaz et d'incendie.....	41
Figure III.5: Détection d'une fuite de gaz.....	42
Figure III.6: Affichage d'une fuite de gaz.....	42

Liste des figures

Figure III.7: Fuite de gaz accompagnée d'un incendie.....	43
Figure III.8: Affichage d'une fuite de gaz accompagnée d'un incendie	43
Figure III.9: Conception électronique sous FRITZING.....	44
Figure III.10: Capteur de flamme et de fumée réalisé	45
Figure III.11: Absence de fuite de gaz et d'incendie	46
Figure III.12: Détection d'une fuite de gaz.....	47
Figure III.13: Fuite de gaz accompagnée d'un incendie.....	48

Liste des abréviations

CO: Monoxyde de carbone.

IR: Infrarouge.

ISIS: Intelligent Schematic

MQ 2: "Metal Oxide Semiconductor Gas Sensor – Model 2"

PID: détecteur à photo-ionisation

CMOS: Complementary Metal-Oxide-Semiconductor

CCD: Charge Coupled Device

TX: Transmettre.

RX: Recevoir.

UV: Ultraviolet.

ARES: Advanced Routing and Editing Software

Introduction
Générale

Les détecteurs de flamme et de fumée sont des dispositifs de sécurité cruciaux utilisés dans divers environnements pour détecter la présence de flamme ou pendant la combustion.

Le fonctionnement du détecteur de flamme repose souvent sur la détection des rayonnements UV ou IR émis par les flammes. Ces dispositifs sont couramment utilisés dans les industries où des matières inflammables sont présentes, tels que les raffineries de pétrole, les centrales électriques, et les usines chimiques, ainsi que dans les systèmes de sécurité domestiques et commerciaux pour prévenir les incendies.

Les détecteurs de flamme offrent une réaction rapide et précise en cas de départ de feu, ce qui permet de déclencher des systèmes d'alarme incendie et d'initier des mesures d'extinction automatisées. Ils sont souvent intégrés dans des systèmes de sécurité plus vastes pour fournir une surveillance constante et assurer la protection des personnes et des biens.

En résumé, les détecteurs de flamme et de fumée sont des éléments essentiels dans la prévention et la gestion des incendies, offrant une protection efficace contre les dangers liés à la combustion incontrôlée.

Dans ce projet de fin d'études, nous allons créer un prototype de détecteur de flamme et de fumée basé sur une carte Arduino UNO. Il s'articule autour de trois chapitres:

1. Le premier chapitre est dédié aux notions de base sur les différents capteurs de gaz et de flamme ainsi leur principe de fonctionnement.
2. Le deuxième chapitre est consacré à l'étude et à la description des différents composants utilisés pour la réalisation du prototype.
3. Le dernier chapitre est divisé en deux parties: la première partie présente la simulation de notre système sous l'environnement PROTEUS, tandis que la seconde partie est consacrée à la simulation et la réalisation pratique de notre dispositif.

Enfin, une conclusion générale qui synthétise les travaux effectués dans le cadre de ce projet en énonçant les perspectives à développer.

Chapitre I

Généralités sur les capteurs

I.1 Introduction

Le gaz, stocké sous pression, peut être explosif et très inflammable, tandis que les substances libérées par sa combustion sont extrêmement toxiques. La prévention de ces risques est complexe. Parmi les principaux dangers, on trouve les fuites de gaz et les intoxications au monoxyde de carbone, soulignant ainsi l'importance cruciale des capteurs dans notre vie quotidienne.

En conséquence, la détection des espèces potentiellement dangereuses est devenue un axe de recherche majeur. Bien que les risques d'accidents domestiques causés par le gaz naturel existent, ils peuvent être facilement évités en prenant quelques précautions de base.

Dans ce chapitre, nous allons décrire les différents capteurs de gaz disponibles sur le marché, car ces derniers sont au cœur de notre application.

I-2 Définition d'un capteur

Un capteur est un dispositif qui permet de détecter, mesurer et transformer une grandeur physique (comme la température, la pression, la lumière, le mouvement, ou la présence de gaz) en un signal électrique ou numérique, utilisable par un système de traitement de l'information. Les capteurs sont des éléments clés dans divers systèmes automatisés et de contrôle, car ils fournissent les données nécessaires pour surveiller et réguler les processus.

[1]

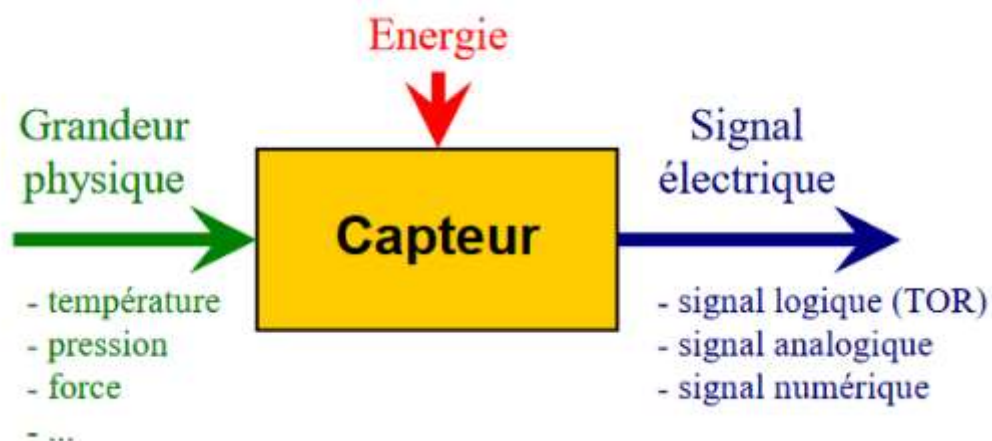


Figure I. 1: Schéma d'un capteur. [2]

Par définition, un capteur est un dispositif ou un module qui détecte des événements ou des changements dans son environnement et envoie l'information à d'autres composants électroniques, souvent à un processeur d'ordinateur.

Ils sont présents dans des objets de la vie quotidienne, tels que les boutons d'ascenseur sensibles au toucher (capteurs tactiles) et les lampes qui s'allument ou s'éteignent en touchant la base. Ils sont également utilisés dans d'innombrables applications dont la plupart des gens n'ont pas conscience.

Avec les progrès des micromachines et des plateformes de microcontrôleurs faciles à utiliser, les applications des capteurs se sont étendues au-delà des domaines traditionnels de la mesure de la température, de la pression et du débit, par exemple dans les capteurs MARG. [3]

I-3 Classement des capteurs

Les capteurs peuvent être classés en plusieurs catégories en fonction de leur fonction et de la nature des phénomènes qu'ils détectent. Voici un aperçu de quelques-unes des principales catégories de capteurs:

- **Entrée d'énergie:** capteur actif ou capteur passif.
- **Fonction:** capteur collecteur ou capteur actionneur.
- **Type de sortie:** sortie numérique ou sortie analogique.
- **Type de détection des données:** capteur à contact ou sans contact.
- **Type de système:** capteur physique ou capteur de programme.

Les capteurs sont utilisés pour détecter des données présentes dans l'environnement, mais aussi des données de mouvement ou d'interaction. Ils permettent de collecter des informations en fonction de différents principes physiques tels que le courant, l'angle, la distance, le débit, la lumière, la pression, le son, la température, etc. La nature des capteurs peut également être différente, par exemple: capteurs mécaniques, capteurs électriques, capteurs de proximité, capteurs pneumatiques, etc.

I-4 Les capteurs de gaz

I-4-1 Définition d'un capteur de gaz

Les capteurs de gaz (également appelés détecteurs de gaz) sont des dispositifs électroniques qui détectent et identifient différents types de gaz. Ils sont généralement utilisés pour détecter les gaz toxiques ou explosifs et mesurer leur concentration.[4]

Les capteurs de gaz sont employés dans les usines et les installations de fabrication pour identifier les fuites de gaz, et pour détecter la fumée et le monoxyde de carbone dans les maisons. Les capteurs de gaz varient considérablement en termes de taille (portables et fixes), de portée et de capacité de détection. Ils font souvent partie d'un système intégré plus vaste, comme les systèmes de sécurité et de gestion des matières dangereuses, et ils sont normalement reliés à une alarme sonore ou à une interface. Comme les capteurs de gaz interagissent constamment avec l'air et d'autres gaz, ils doivent être étalonnés plus souvent que de nombreux autres types de capteurs.[4]

En fonction des environnements et des fonctions auxquels ils sont destinés, la composition physique et le processus de détection peuvent varier considérablement d'un capteur à l'autre. L'un des capteurs de gaz les plus couramment utilisés pour l'identification des produits toxiques et la détection de la fumée est le capteur de gaz à base d'oxyde métallique. Ce type de capteur utilise une chimiorésistance qui entre en contact et réagit avec les gaz cibles. Les capteurs de gaz à oxyde métallique augmentent leur résistance électrique lorsqu'ils entrent en contact avec des gaz tels que le monoxyde de carbone, l'hydrogène, le méthane et le butane. La plupart des systèmes domestiques de détection de fumée sont des capteurs à oxyde.[4]



Figure I. 2: Différent types des capteurs de gaz.[5]

On peut décrire le capteur de gaz comme un système capable de réagir et de nous informer de la présence d'un gaz, par la transformation d'une ou plusieurs de ses propriétés facilement mesurables, comme la conductivité de surface, l'absorption spectroscopique, etc. Ainsi, une réaction chimique entre un gaz et un composant du capteur peut être surveillée et quantifiée par des méthodes d'analyse spectroscopique ou chromatographique. Le capteur apparaît ainsi comme l'un des maillons composant le système de mesure complet (figure I.3). [6]

Premièrement, le matériau hôte du capteur va recevoir et réagir avec le gaz (figure I.3 (a)). L'information résultant de l'interaction entre les deux sera ensuite détectée et analysée (Figure I.3(b)). La réception et l'analyse de l'information seront finalement effectuées au moyen d'un dispositif de mesure spécifique qui dépend du type de réactions impliquées (Figure I.3(c)).[6]

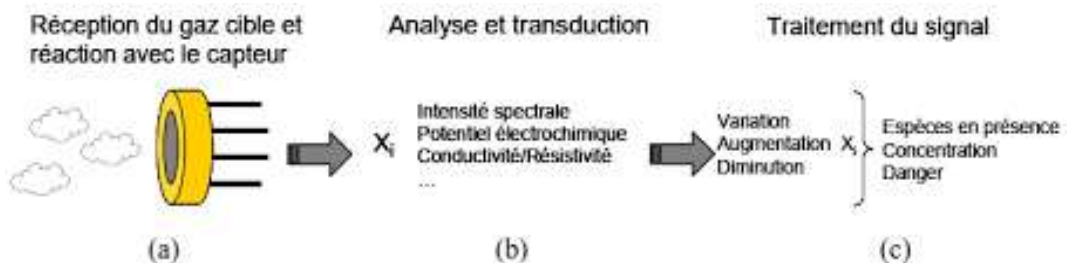


Figure I. 3: Schéma représentatif des différentes parties composant un détecteur de gaz.[6]

I-4-2 Différents types de capteurs de gaz

Il existe plusieurs types de capteurs permettant de mesurer différents paramètres. Les capteurs de gaz sont généralement classés en plusieurs types en fonction du type d'élément de détection avec lequel ils sont construits.[7]

AEP Components est un distributeur officiel d'Am phénol SGX Sensortech, ce qui signifie qu'AEP Components peut vous proposer les types de capteurs de gaz suivants:[7]

- Pellistors MEMS.
- Capteurs de gaz à infrarouge.
- Pellistors catalytiques.
- Capteurs de gaz à conductivité thermique.

- Capteurs de gaz à oxyde métallique.
- Capteurs de gaz électrochimiques.
- Kits d'évaluation.
- Capteurs de qualité de l'air intérieur.

I-5 Capteurs électrochimiques

Le capteur de monoxyde de carbone (CO) ECO-5011 est un capteur électrochimique. Par rapport aux autres capteurs de monoxyde de carbone existants, il utilise un électrolyte plus respectueux de l'environnement et la technologie de conditionnement ne présente aucun risque de fuite.

Le ECO-5011 est largement utilisé dans les détecteurs de CO résidentiels et commerciaux, la surveillance du CO industriel, les parkings, les alarmes incendie, les alarmes gaz domestiques, les alarmes de sécurité automobile, etc.[8]

❖ **Limites et points forts:** Notre capteur de gaz présente les caractéristiques suivantes:

- ✚ Détection de la concentration de dioxyde de carbone jusqu'à 10 000 ppm,
- ✚ Large plage de températures de fonctionnement.
- ✚ Faible interférence de gaz.
- ✚ Durée de vie plus longue, etc.



Figure I. 4: Le capteur électrochimiques.[8]

I-6 Capteurs PID (Photoionisation)

Les capteurs PID sont très utilisés dans l'analyse de gaz car, ils sont peu onéreux et permettent une large détection de composés principalement des COV (Composés Organiques Volatils (mais également d'autres gaz comme l'ammoniac ou le dioxyde d'azote par exemple. Dans ce type de capteurs, une pompe aspire l'atmosphère à contrôler. Le flux d'air est introduit dans une chambre d'ionisation équipée d'une lampe UV et de 2 électrodes placées sous une haute tension différentielle (création d'un champ électrique (E)).[9]

❖ Limites et points fort:

La technique PID est le principe le plus utilisé pour la mesure des COV en raison de sa sensibilité (jusqu'à 1ppb), de sa linéarité et de son temps de réponse très court. Cependant, cette technologie ne peut être utilisée que pour un certain type de gaz. De plus, ce type de capteur nécessite un étalonnage fréquent et une maintenance périodique (vieillesse rapide de certaines lampes).[9]



Figure I. 5: Capteurs PID.[10]

I-7 Capteurs de gaz à oxyde métallique (MOX)

Les capteurs de gaz à oxyde métallique sont essentiellement composés de matériaux semi-conducteurs sur lesquels sont ajoutés d'autres oxydes ou catalyseurs (tels que le platine ou le palladium).

Ils possèdent plusieurs avantages, comme une intégration facile dans un système de détection complet avec des coûts de fabrication et de maintenance réduits. Ils sont aussi sensibles à différents gaz, avec des temps de réponse plutôt courts. [8]



Figure I. 6: Capteurs oxyde métallique (MOX).[11]

I-7-1 La série de capteurs MQ

MQ est une série de capteurs de gaz bon marché. Il existe des capteurs pour de nombreux gaz dont certains sont listés ci-dessous.[12]

MQ-2 - méthane, butane, GPL, fumée

MQ-3 - Alcool, éthanol, fumée

MQ-4 - Méthane, gaz GNC

MQ-5 - Gaz normal, GPL

MQ-6 - GPL, gaz butane

MQ-7 - Monoxyde de carbone

MQ-8 - Hydrogène gazeux

MQ-9 - Monoxyde de carbone, gaz combustible

MQ131 - Ozone

MQ135 - Qualité de l'air (CO, ammoniac, benzène, alcool, fumée)

MQ136 - Gaz sulfureux ("hydrogène")

MQ137 - Ammoniac

MQ138 - Benzène, Toluène, Alcool, Acétone, Propane, Formaldéhyde gazeux, Hydrogène

MQ214 - Méthane, Gaz naturel

I-7-2 Capteur de gaz MQ135

Le capteur de qualité de l'air est également un capteur MQ-135 permettant de détecter les gaz toxiques dans l'air des habitations et des entreprises. La partie capteur de gaz de l'unité de mesure est faite de dioxyde d'étain (SnO_2), il a une conductivité plus faible que le cheveu pur et à cause de la pollution de l'air, la conduction est plus élevée. Le capteur de qualité de l'air détecte l'ammoniac, l'oxyde d'azote, la fumée, le CO_2 et d'autres gaz nocifs. Le capteur de qualité de l'air est équipé d'un petit potentiomètre qui permet de modifier la résistance de charge du circuit du capteur. L'alimentation de 5V est utilisée pour le capteur de qualité de l'air.[13]



Figure I.7: Capteurs MQ135. [14]

Dans ce contexte, nous mentionnons certains de ses avantages:[12]

- Bonne sensibilité aux gaz nocifs sur une grande plage de concentration.
- Haute sensibilité à l'ammoniac, au sulfate, au benzène, etc.
- Durée de vie élevée, faible coût.
- Circuit de commande simple.

Et voici quelques domaines de son utilisation:

- Alarme de la pollution de l'air.
- Alerte de pollution atmosphérique industrielle.
- Détecteur portable de pollution de l'air.

I-7-3 Capteur de gaz et de fumée MQ2

Le détecteur de fumée MQ-2, est un module de qualité de l'air, peut mesurer la concentration minimale d'hydrogène et de gaz hydrocarbures (propane, méthane, butane) dans l'air. Les détecteurs de gaz MQ-2 sont utilisés dans les projets de maison intelligente pour la détection rapide de gaz ou de fumée. Le détecteur fait partie de la famille de capteurs MQ, qui sont peu coûteux, simples à utiliser et à connecter au microcontrôleur Arduino.[12]

Les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-dessous:

Gamme de détection :	300 à 10000ppmm
Gaz caractéristiques :	Isobutane de 1000ppmm
La sensibilité :	R dans l'air / gaz caractéristique ≥ 5
La résistance du corps sensible :	1K Ω à 20K Ω dans 50ppm de toluène.
Temps de réaction :	$\leq 10s$
Temps de recouvrement :	$\leq 30s$
Résistances à la chaleur :	31 $\Omega \pm 3\Omega$
Intensité de chauffage :	$\leq 180mA$
Voltage de chauffage :	5.0V $\pm 0.2V$
Puissance de chauffage :	$\leq 900mW$
Voltage de mesure :	$\leq 24V$

Tableau I.1: Les caractéristiques de MQ2.[12]



Figure I.8: Capteurs MQ2.[13]

I-8 Capteurs de flamme

I-8-1 Définition

Un capteur de flamme, comme son nom l'indique, est utilisé pour détecter et réagir à la présence d'un feu ou d'une flamme. Le capteur de flamme déclenche généralement des alarmes sonores, la désactivation de la ligne de combustible (telle qu'une ligne de gaz naturel ou de propane) et l'activation de divers systèmes d'extinction d'incendie.

Les détecteurs de flamme sont généralement utilisés pour vérifier que les chaudières fonctionnent correctement. Ces capteurs sont également utilisés dans un système d'allumage pour prendre des mesures précises ou pour alerter l'opérateur.

Les capteurs de flamme sont comparativement plus précis et plus rapides que les capteurs de fumée ou de chaleur. [3]

- **Fonction principale:** Détecter la présence de feu ou de flamme.
- **Réactions déclenchées:** Alarmes sonores, désactivation des lignes de combustible (gaz naturel, propane), activation des systèmes d'extinction d'incendie.
- **Applications typiques:** Vérification du bon fonctionnement des chaudières, systèmes d'allumage, alerte des opérateurs.
- **Avantages:** Plus précis et plus rapides que les capteurs de fumée ou de chaleur.

I-8-2 Les types de capteurs de flamme

Capteurs d'ultraviolets:

Les capteurs d'ultraviolets (UV) sont des dispositifs utilisés pour détecter la présence de rayonnement UV. Ces capteurs sont particulièrement utiles dans diverses applications industrielles et scientifiques. Voici quelques points clés concernant les capteurs UV :

Principes de Fonctionnement:

- **Spectre UV:** Le rayonnement ultraviolet est divisé en trois sous-types principaux : UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) et UV-C (100-280 nm). Les capteurs UV sont conçus pour détecter l'un ou plusieurs de ces types de rayonnement.

Détection: Les capteurs UV fonctionnent en convertissant le rayonnement UV en un signal électrique qui peut être mesuré et analysé. [3]

I-8-3 Applications

- **Détection de flamme:** Les capteurs UV sont couramment utilisés dans les détecteurs de flamme pour repérer la présence de flamme ou de combustion, en raison des émissions UV caractéristiques des flammes.
- **Stérilisation:** Les capteurs UV sont utilisés pour surveiller l'intensité des lampes UV dans les équipements de stérilisation et de purification de l'eau et de l'air.
- **Détection de fuites:** Utilisés pour détecter les fuites dans les systèmes de climatisation et de réfrigération, grâce à l'ajout de colorants fluorescents qui brillent sous la lumière UV.
- **Astronomie et recherche spatiale:** Employés dans les télescopes et autres instruments pour observer les étoiles et les galaxies dans le spectre UV.
- **Industrie médicale:** Utilisés pour analyser la composition des substances biologiques et chimiques.

I-8-4 Avantages

- **Rapidité et Précision:** Les capteurs UV offrent une détection rapide et précise, ce qui est essentiel dans des applications critiques comme la détection de flamme.

- **Sensibilité:** Capables de détecter des niveaux très faibles de rayonnement UV, ce qui les rend utiles dans des environnements à faible luminosité.
- **Durabilité:** Résistants aux conditions environnementales difficiles, ils sont souvent utilisés dans des applications industrielles robustes.



Figure I.9: Capteurs ultraviolets. [14]

I-9 Capteurs IR

Les capteurs infrarouges (IR) sont des dispositifs utilisés pour détecter le rayonnement infrarouge, qui est une forme de lumière invisible à l'œil humain mais perceptible sous forme de chaleur. Voici une description des capteurs IR, leur fonctionnement, applications et avantages:

I-9-1 Principes de Fonctionnement

Spectre IR: Le rayonnement infrarouge est divisé en trois sous-types principaux: IR proche (750 nm - 1.4 μm), IR moyen (1.4 μm - 3 μm), et IR lointain (3 μm - 1000 μm).

Détection: Les capteurs IR fonctionnent en détectant la chaleur émise par les objets et en convertissant cette énergie en un signal électrique. Les types de capteurs IR sont:

- **Capteurs thermopiles:** Convertissent l'énergie thermique en un signal électrique, utilisés souvent dans les thermomètres IR.
- **Capteurs pyroélectriques:** Détectent les variations rapides de température et sont couramment utilisés dans les détecteurs de mouvement.
- **Photodiodes IR:** Semblables aux photodiodes normales mais sensibles au rayonnement IR.

- **Capteurs à résistance thermique:** Utilisent la variation de la résistance électrique pour mesurer les changements de température.

I-9-2 Applications

- **Détection de mouvement:** Utilisés dans les systèmes de sécurité, les capteurs IR détectent la chaleur corporelle pour repérer la présence de personnes.
- **Imagerie thermique:** Les caméras thermiques utilisent des capteurs IR pour visualiser les variations de température, utiles dans les applications médicales, de maintenance industrielle, et de surveillance.
- **Télécommandes:** Utilisées pour contrôler les appareils électroniques à distance, comme les téléviseurs et les climatiseurs.
- **Détection de flamme:** Certains détecteurs de flamme utilisent des capteurs IR pour repérer les caractéristiques thermiques des flammes.
- **Automatisation industrielle:** Utilisés pour la détection d'objets, la mesure de température, et le contrôle de processus.

I-9-3 Avantages

- **Non-contact:** Les capteurs IR peuvent détecter les objets à distance, sans contact physique.
- **Rapidité de réponse:** Offrent une détection rapide, essentielle dans les systèmes de sécurité et de surveillance.
- **Précision:** Capables de détecter de petites variations de température, ce qui les rend utiles dans des applications sensibles.
- **Durabilité :** Résistants aux environnements difficiles, ils peuvent fonctionner dans des conditions extrêmes de température et de luminosité.

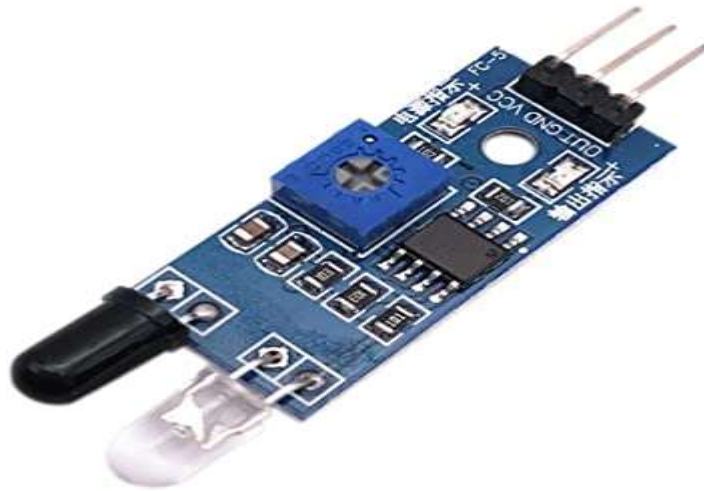


Figure I.10: Capteur IR. [15]

I-10 Capteurs visibles

Les capteurs visibles sont des dispositifs qui détectent la lumière dans le spectre visible, c'est-à-dire la gamme de longueurs d'onde que l'œil humain peut percevoir. Ces capteurs sont utilisés pour capturer des images ou détecter des objets et des événements qui émettent ou réfléchissent de la lumière visible.

I-10-1 Types de capteurs visibles

1. Caméras à capteurs CCD (Charge Coupled Device) :

- ✚ Ces capteurs capturent la lumière visible et la convertissent en signaux numériques. Ils sont utilisés dans les appareils photo numériques, les caméras de surveillance et d'autres systèmes d'imagerie.
- ✚ **Avantages:** Haute qualité d'image, excellente sensibilité à la lumière faible.
- ✚ **Applications:** Photographie, vidéo, surveillance de sécurité.

2. Capteurs CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) :

- ✚ Les capteurs CMOS sont également utilisés pour capturer des images en convertissant la lumière visible en signaux numériques. Ils sont présents dans des appareils comme les smartphones, les caméras de surveillance, et autres.

✚ **Avantages:** Consommation d'énergie plus faible, production à moindre coût, et souvent plus rapides que les CCD.

✚ **Applications:** Téléphones, caméras, systèmes de détection.

3. Capteurs de lumière ambiante :

✚ Ces capteurs mesurent la lumière visible ambiante, souvent utilisés pour ajuster la luminosité des écrans en fonction de l'éclairage environnant.

✚ **Applications:** Smartphones, tablettes, écrans d'ordinateur, ajustement automatique de la luminosité.

4. Photodiodes et phototransistors :

✚ Ce sont des dispositifs semi-conducteurs sensibles à la lumière visible. Ils convertissent la lumière incidente en courant électrique, permettant ainsi de détecter des changements d'intensité lumineuse.

✚ **Applications:** Détection de lumière, télécommande, capteurs dans des systèmes de mesure.

5. Capteurs de couleur :

✚ Ces capteurs détectent la couleur de la lumière en divisant la lumière en trois ou plus bandes spectrales (rouge, vert, bleu). Ils sont utilisés dans des applications où la couleur d'un objet ou d'une scène doit être mesurée précisément.

✚ **Applications:** Imprimantes, caméras de couleur, contrôle qualité dans l'industrie.

I-10-2 Applications des capteurs visibles

- **Imagerie et photographie:** Prendre des photos ou des vidéos à des fins personnelles ou professionnelles.
- **Surveillance et sécurité:** Les caméras de surveillance utilisent des capteurs visibles pour enregistrer des images vidéo en temps réel.

- **Mesure de l'éclairage:** Utilisation dans des systèmes qui ajustent automatiquement la luminosité des écrans en fonction de l'éclairage ambiant (comme dans les téléphones ou les tablettes).
- **Robotique:** Aide les robots à percevoir et naviguer dans un environnement visible en capturant des images de la scène.



Figure I.11: capteurs visibles. [17]

I-11 Le détecteur de flammes IR3

Les détecteurs de flamme IR3 utilisent des capteurs infrarouges pour analyser et identifier des flammes en fonction des schémas de rayonnement dans différentes bandes spectrales. Comme tu l'as mentionné, ces détecteurs sont conçus pour comparer trois bandes de rayonnement différentes afin de distinguer les flammes des autres sources de rayonnement qui peuvent perturber la détection.

I-11-1 Fonctionnement des détecteurs IR3

Les détecteurs IR3 fonctionnent généralement dans trois bandes spectrales principales:

1. **Bande à 4,4 micromètres:** Cette bande est particulièrement importante car elle correspond à l'émission des flammes de type hydrocarbonée, notamment les flammes de combustibles comme le gaz ou le pétrole. À cette longueur d'onde, la radiation des flammes est très marquée, ce qui permet une détection précise.

- 2. Bande supérieure et inférieure à 4,4 micromètres:** Ces autres bandes sont choisies en fonction de leur capacité à détecter d'autres formes de rayonnement, mais aussi pour différencier les flammes des autres sources de rayonnement comme les sources thermiques ou l'éclairage ambiant. En ajustant la détection à ces deux autres bandes, le détecteur peut mieux identifier les flammes réelles et ignorer d'autres sources de chaleur qui pourraient être présentes dans l'environnement.

I-11-2 Avantages du système IR3

- **Séparation efficace des flammes réelles:** Le détecteur peut distinguer les flammes réelles des autres sources de rayonnement thermique (comme des radiateurs, des moteurs en fonctionnement, ou même des lumières très chaudes) qui pourraient autrement fausser les résultats.
- **Réduction des fausses alarmes:** Grâce à la capacité de comparer les différentes bandes spectrales et de calculer les rapports entre elles, les détecteurs IR3 peuvent filtrer efficacement les signaux qui ne sont pas des flammes et réduire ainsi les risques de fausses alarmes.
- **Précision dans la détection de flammes:** Le rapport entre les différentes bandes de rayonnement permet une analyse plus fine, améliorant la précision de la détection tout en réduisant les interférences extérieures.

I-11-3 Applications des détecteurs IR3

- **Industrie:** Utilisés pour la détection des flammes dans des environnements industriels où les risques d'incendie ou de fuites de gaz sont élevés.
- **Sécurité:** Ils sont souvent intégrés dans des systèmes de détection incendie ou dans des dispositifs de surveillance pour garantir la sécurité des installations et des personnes.
- **Automatisation et contrôle:** Les détecteurs de flamme IR3 sont aussi utilisés pour surveiller des processus industriels impliquant des flammes, comme dans des chaudières, des incinérateurs ou des moteurs à combustion.



Figure I.12: Détecteur de la flamme IR3.[17]

I-12 Conclusion

À la fin de ce premier chapitre, nous pouvons affirmer que les capteurs jouent un rôle fondamental dans le développement des systèmes intelligents. Ils permettent de surveiller l'environnement en transformant des grandeurs physiques (comme la lumière, la chaleur, la fumée, etc.) en signaux électriques exploitables. Nous avons présenté les différents types de capteurs, leurs classifications (analogiques, numériques), ainsi que leurs domaines d'application, notamment dans les systèmes de sécurité, la domotique et l'automatisation industrielle. Cette étude générale constitue une base essentielle pour comprendre le choix et l'utilisation des capteurs dans notre projet

Chapitre II

*Description des différents
composants utilisés pour la
réalisation du projet*

II-1 Introduction

Au cours des dernières années, la détection précoce des incendies est devenue une priorité majeure dans les systèmes de sécurité domestiques et industriels. Parmi les éléments essentiels de cette détection, la flamme constitue un indicateur direct et rapide d'un départ de feu. Contrairement aux détecteurs de fumée ou de gaz, les capteurs de flamme permettent d'identifier la présence d'une combustion visible, ce qui permet une réaction immédiate et efficace. Pour cette raison, nous avons intégré dans notre système un capteur de flamme afin d'améliorer la rapidité de détection des incendies.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents composants utilisés dans notre prototype, notamment le capteur de flamme, en expliquant leur principe de fonctionnement. La réalisation du circuit est représentée par le schéma bloc suivant (figure II.1), qui illustre l'interconnexion entre les différents modules du système.

- Capteur de Gaz Co (MQ2)
- Capteur de la flamme
- Carte Arduino
- Buzzer
- Afficheur LCD
- Water sprinkler

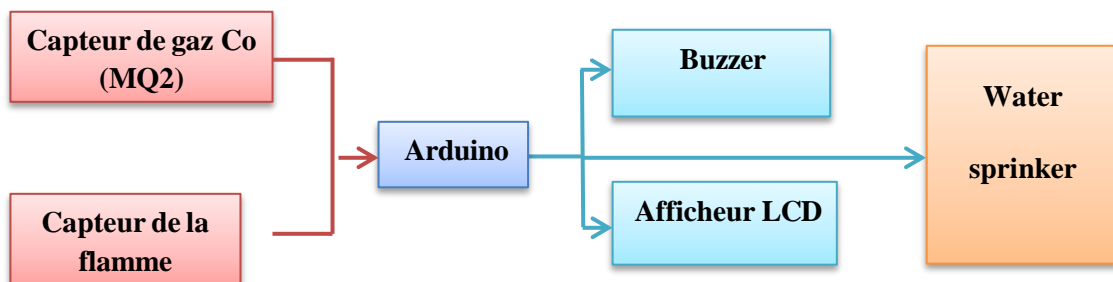


Figure II.1: Schéma bloc de la méthode proposée.

II-2 Les composants électroniques utilisés

Articles	Quantité
Arduino Uno	1
Capteur de Gaz MQ2	1
Capteur de flamme	1
Afficheur LCD 16*4	1
Buzzer	1
Water sprinkler	1

Tableau II.1: Les composants électroniques utilisés.

II-3 La carte Arduino

Il existe plusieurs types de carte Arduino à savoir carte Arduino Méga, carte Arduino Due, carte Arduino LilyPad et carte Arduino UNO. Cette dernière est utilisée pour la réalisation de notre projet.

II-3-1 Définition de la carte Arduino Uno

Elle est basée sur le microcontrôleur ATmega328P et se distingue par sa simplicité d'utilisation, ce qui en fait un outil idéal pour les débutants comme pour les développeurs expérimentés. Elle dispose de 14 broches numériques d'entrée/sortie (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), de 6 entrées analogiques, d'une mémoire flash de 32 Ko, ainsi que d'une mémoire SRAM de 2 Ko. Fonctionnant sous une tension de 5V, elle peut être alimentée via un port USB ou une source externe de 7 à 12V. La carte Arduino Uno est largement utilisée dans la réalisation de prototypes, tels que les systèmes de détection, les projets de domotique, les robots, ou encore les dispositifs connectés, grâce à sa compatibilité avec une large gamme de capteurs et modules, et à la richesse de sa communauté open-source.

[19]



Figure II.2: Arduino Uno. [20]

II-3-2 Les 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 :

Spécifications techniques	
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.2: Caractéristique de l'Arduino Uno.[21]

II-3-3 Description des broches d'Arduino Uno

La carte Arduino Uno est une carte de développement à la base de Microcontrôleur (ATmega328P). Cette carte se distingue par ses caractéristiques techniques. Ces dernières sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Catégorie de pin	Nom de la pin	Détails
Alimentation	Vin, 3.3V, 5V, GND	Vin: Tension d'entrée de l'Arduino lorsqu'il utilise une source d'alimentation externe. 5V: Alimentation régulée utilisée pour alimenter les composants de la carte. 3.3V: Alimentation 3.3V générée par le régulateur de tension embarqué. Le courant maximum consommé est de 50mA. GND: pin de mise à la terre.
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.3: Les pins d'Arduino Uno. [22]

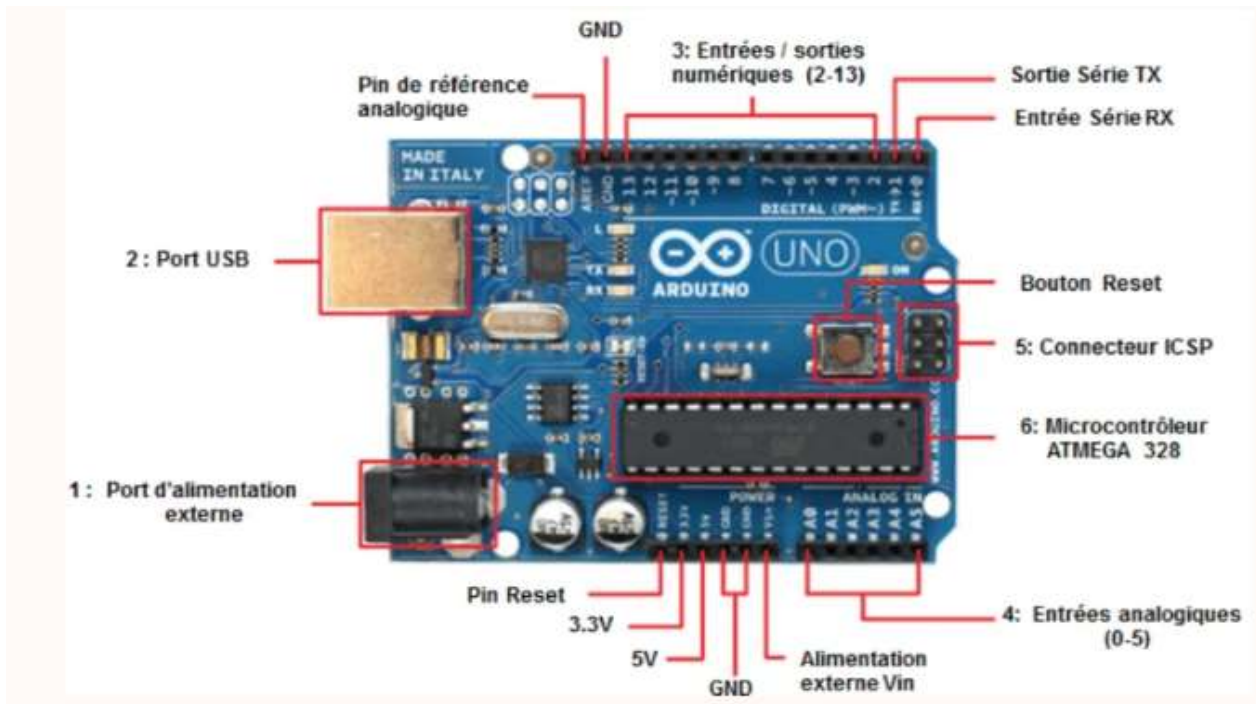


Figure II.3: Description de la carte Arduino Uno. [23]

II-3-4 Le Microcontrôleur ATmega328P :

L'ATmega328P est un microcontrôleur 8 bits de la famille AVR développé par Microchip Technology (anciennement Atmel). Il est largement utilisé dans les systèmes embarqués en raison de sa faible consommation d'énergie, sa simplicité de programmation et sa large compatibilité avec les plateformes comme Arduino.

(PCINT14/RESET)	PC6	Pin1	1	28	Pin28 PCS (ADCS/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD)	PD0	Pin2	2	27	Pin27 PD4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD)	PD1	Pin3	3	26	Pin26 PD3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0)	PD2	Pin4	4	25	Pin25 pc2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1)	PD3	Pin5	5	24	Pin24 PC1 (ADC1/PCINTS)
	PD4	Pin6	6	23	Pin23 PC0 (ADCO/PCINT8)
	Vcc	Pin7	7	22	Pin22 GND
	GND	Pin8	8	21	Pin21 AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1)	PB6	Pin9	9	20	Pin20 AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2)	PB7	Pin10	10	19	Pin19 PBS (SCK/PCINTS)
(PCINT21/OC0B/T1)	PD5	Pin11	11	18	Pin18 PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0)	PD6	Pin12	12	17	Pin17 PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1)	PD7	Pin13	13	16	Pin16 PB2 (SS/OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1)	PB0	Pin14	14	15	Pin15 PB1 (OC1A/PCINT1)

www.eTechnophiles.com

Figure II.4: Le microcontrôleur ATMEGA328P.[24]

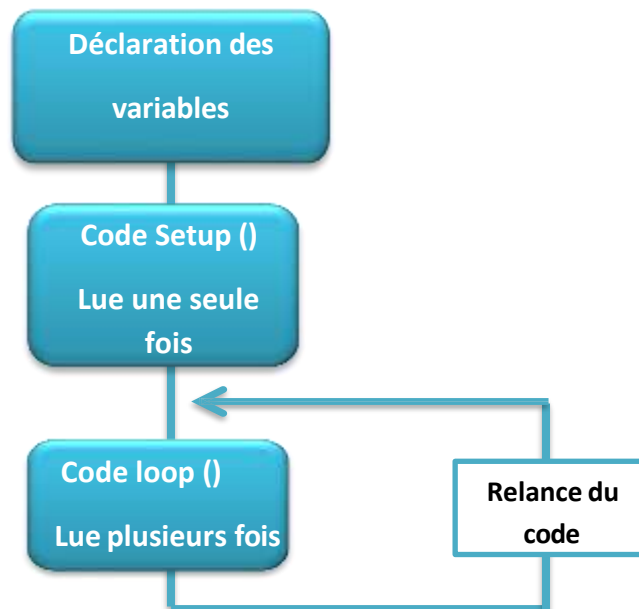
II-4 L'environnement de la programmation (IDE ARDUINO)

L'IDE Arduino (Integrated Development Environment) est un environnement de développement intégré, gratuit et open-source, conçu pour programmer les cartes Arduino. Il permet aux utilisateurs d'écrire, de compiler et de téléverser des programmes sur la carte via un simple câble USB.

L'IDE est basé sur les langages C et C++, et tout programme Arduino suit une structure de base composée de deux fonctions principales :

setup(): appelée une seule fois au démarrage, elle est utilisée pour initialiser les entrées/sorties ou la communication série.

loop(): appelée en boucle continue, elle contient les instructions à exécuter de façon répétée tant que la carte est sous tension.[39]



Fonctionnalités principales de l'IDE Arduino :

- Compatible avec une grande variété de cartes Arduino.
- Interface simple et intuitive adaptée aux débutants comme aux experts.
- Intègre un éditeur de texte avec coloration syntaxique.
- Offre un moniteur série pour afficher les données échangées entre l'ordinateur et la carte.
- Possède un gestionnaire de bibliothèques pour ajouter facilement des fonctionnalités (capteurs, modules, etc.).[39]

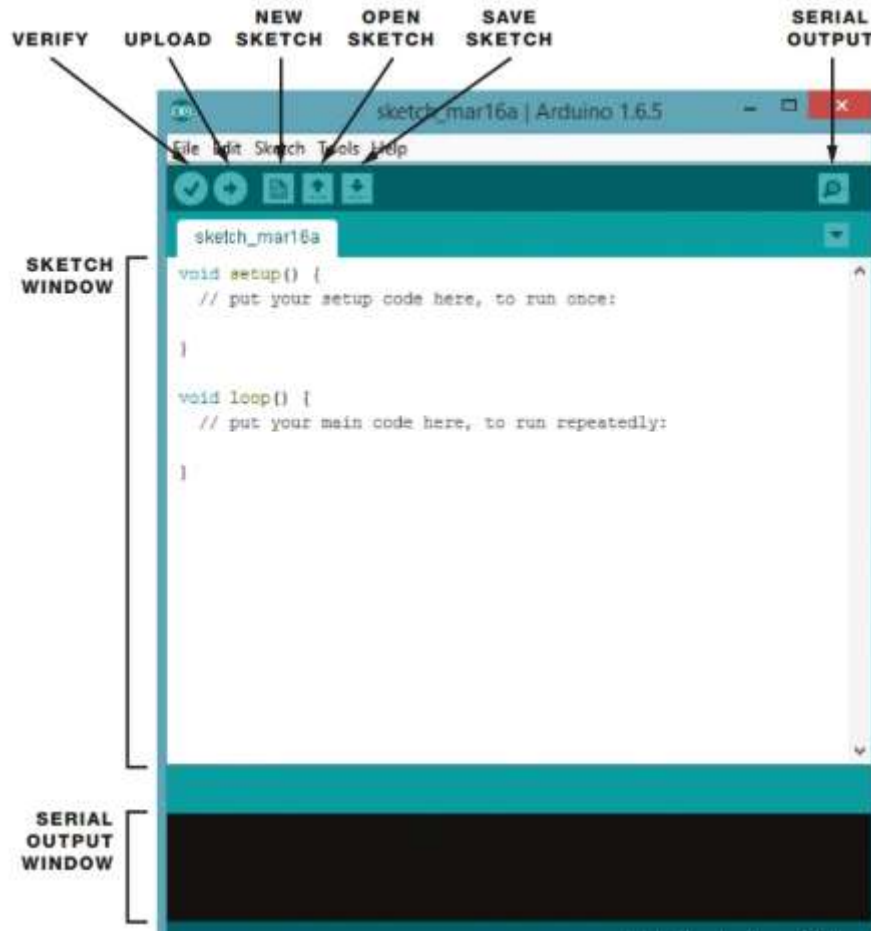


Figure II.5: L'interface de logiciel Arduino IDE. [25]

II-5 Les capteurs

Dans ce projet nous avons utilisé deux capteurs, un pour la détection de la flamme, et le deuxième pour la détection du gaz CO et de la fumée.

II-5-1 Capteur de CO (MQ2)

Le capteur MQ2 est l'un des capteurs de gaz les plus couramment utilisés dans la famille des capteurs MQ. Il fonctionne selon le principe des semi-conducteurs à oxyde métallique (Metal Oxide Semiconductor - MOS). Ce type de capteur est classé parmi les chimiorésistances (chemiresistors), car son mécanisme de détection repose sur la variation de la résistance électrique de l'élément sensible, induite par des réactions chimiques à la surface du matériau semi-conducteur lors de l'exposition aux gaz cibles.[26]



Figure II.6:Capteur du gaz CO (MQ2).[27]

Dans un capteur MQ2 les concentrations de gaz sont mesurées en utilisant un diviseur de tension. Il fonctionne sur une tension de 5V DC, et il détecte des gaz dans une gamme de concentration de 200 à 10000ppm (partie par million) tel que le Méthane, le Butane et le Monoxyde de carbone.

Le tableau ci-dessous (Tableau II.4) montre les spécifications complètes d'un capteur MQ2.

Tension de fonctionnement	5V
Résistance de charge	20 KΩ
Résistance au chauffant	33Ω \pm 5%.
Consommation de chauffage	Moins de 800mw
Résistance de détection	10 KΩ - 60 KΩ
Portée de la concentration	200 - 10000ppm
Temps de préchauffage	Plus de 24 heures

Tableau II.4:Les spécifications complètes d'un capteur MQ2.[28]

II-5-2 Structure interne du capteur MQ2

Sensible de SnO₂, ainsi que des électrodes de mesure formées par quatre fils de platine connectés à cette couche. Un fil chauffant en alliage nickel-chrome sert de résistance de

chauffage interne, tandis qu'un double maillage en acier inoxydable (réseau anti-explosion) entoure le capteur pour filtrer et éviter les risques d'inflammation. L'ensemble est fixé sur une base en bakélite avec une bague de maintien en cuivre.[28]



Figure II.7: La structure extérieure de MQ2. [28]

II-5-3 Principe de fonctionnement du MQ2

Le film de SnO₂, l'oxygène de l'air s'adsorbe sur sa surface et capture des électrons du film, créant une couche déplétée en électrons et une haute résistance
instructables.com

. Quand des gaz réducteurs (par exemple du gaz inflammable) sont présents, ils réagissent avec l'oxygène adsorbé et libèrent des électrons vers le SnO₂. Cela abaisse la barrière potentielle à la surface et réduit fortement la résistance du capteur
instructables.com

. Plus la concentration en gaz est élevée, plus la résistance diminue et plus la tension de sortie analogique (broche AO) augmente proportionnellement. [28]

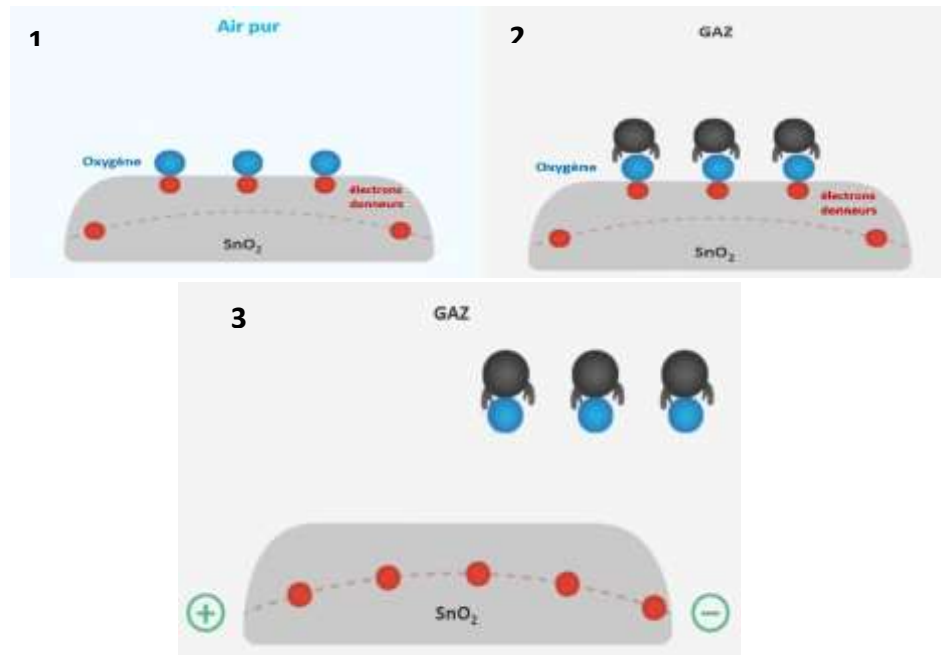


Figure II.8:Fonctionnement du MQ2.[10]

L'oxygène est adsorbé sur la surface du matériau de détection lorsqu'il est chauffé dans l'air à haute température. Les électrons donneurs de l'oxyde d'étain sont alors attirés par cet oxygène, empêchant ainsi le passage du courant.

En présence de gaz réducteurs, ces atomes d'oxygène réagissent avec les gaz réducteurs, diminuant ainsi la densité de surface de l'oxygène adsorbé. Le courant peut maintenant circuler dans le capteur, qui a généré des valeurs de tension analogiques.

Ces valeurs de tension sont mesurées pour connaître la concentration de gaz. Les valeurs de tension sont plus élevées lorsque la concentration de gaz est élevée.[28]

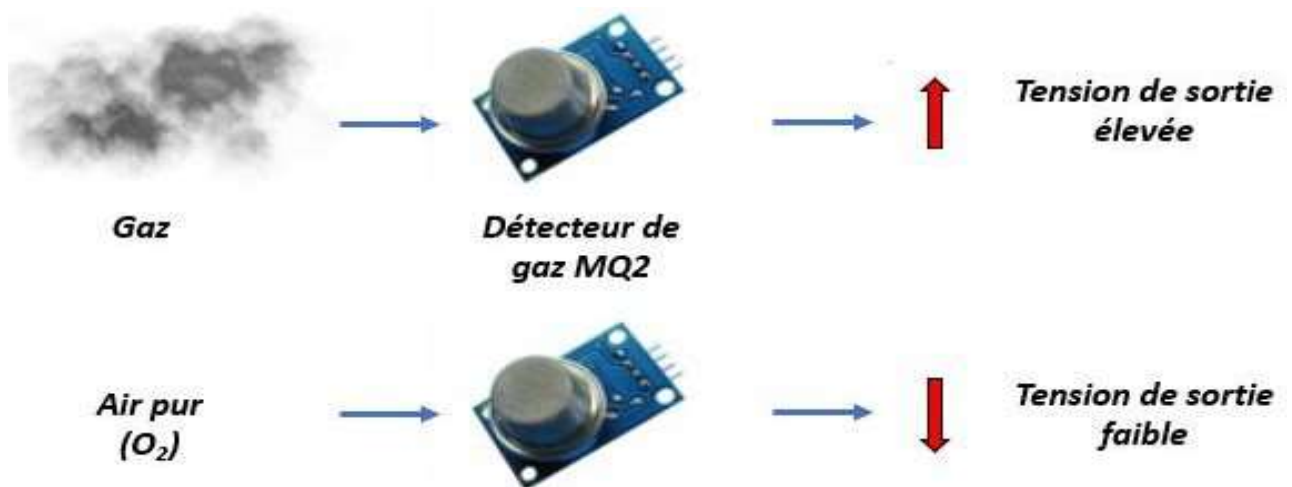


Figure II.9: Variation de tension de sortie du MQ2. [28]

II-5-4 Description Du module capteur de gaz MQ2

Le capteur de gaz MQ2 contient 4 entrées/sorties:

- **VCC:** fournit l'alimentation au comparateur de capteurs et doit être connecté au 5V de l'Arduino.
- **GND:** est la broche de masse et doit être connectée à la broche GND de l'Arduino.
- **D0:** est la broche de sortie numérique, qui montre la représentation numérique du gaz détecté.
- **A0:** est la broche de sortie analogique à partir de laquelle nous pouvons détecter le type de gaz en analysant les valeurs analogiques.

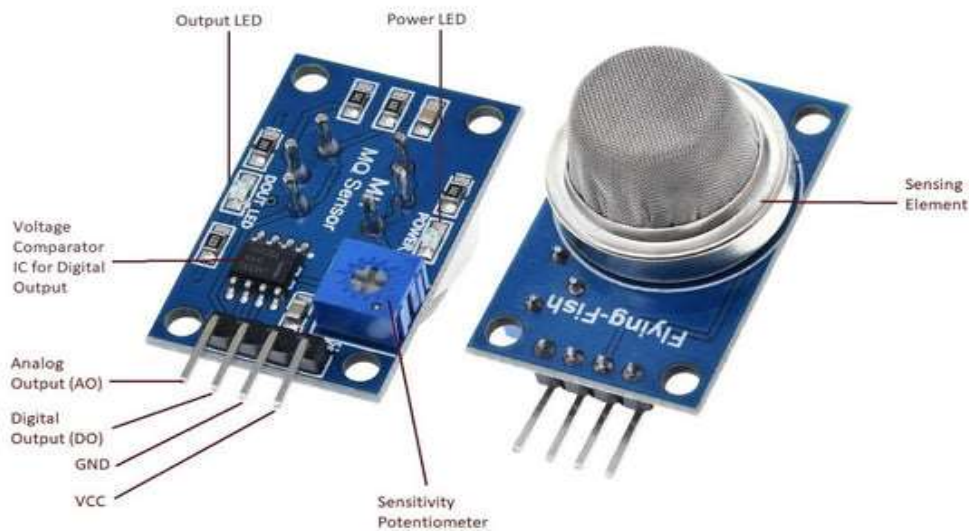


Figure II. 10 : Description du module capteur de gaz MQ2. [29]

II -5-5 Câblage du capteur MQ2 avec Arduino UNO

pour brancher le capteur MQ2 sur une carte Arduino Uno, on connecte VCC sur le +5V de l'Arduino et GND sur la masse (GND) . La broche analogique AO du capteur se relie à une entrée analogique de l'Arduino (par exemple A0). Si l'on souhaite utiliser la sortie numérique, le fil D0 du module peut être connecté à une entrée digitale de l'Arduino. Ainsi, la carte peut lire la tension analogique du capteur ou surveiller le signal numérique de détection du gaz.

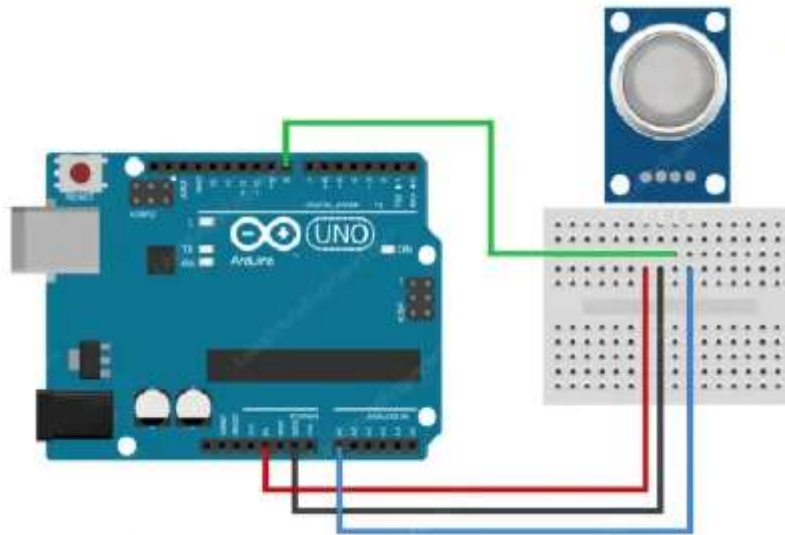


Figure II.11: Câblage du capteur de gaz MQ2 avec Arduino UNO. [28]

II.6 Capteur de Flamme

Le capteur de flamme peut être utilisé pour détecter une source d'incendie ou d'autres sources lumineuses de longueur d'onde comprises entre 760 nm et 1100 nm. Il est basé sur le capteur YG1006 qui est un phototransistor au silicium NPN à haute vitesse et très sensible. En raison de son époxy noir, le capteur est sensible au rayonnement infrarouge. Dans le jeu de robot de lutte contre l'incendie, le capteur joue un rôle très important, il peut être utilisé comme un robot yeux pour trouver la source d'incendie. [30]



Figure II.12: Capteur de flamme. [31]

Les caractéristiques capteurs de flamme:

- **VCC:** Entrée de tension positive : 5v pour analogique 3.3v pour numérique.
- **A0:** Sortie analogique
- **D0:** Sortie numérique
- **Terre:** sol
- **Température de service:** -40 °C à +85 °C

- **Humidité de service:** 30 à 90 % HR
- **Dimensions:** 42 x 16 x 15 mm
- **Sortie analogique (A0):** Signal de tension de sortie en temps réel sur la résistance thermique.
- **Sortie numérique (D0):** Lorsque la température atteint un certain seuil, le seuil de signal de sortie haut et bas réglable via un potentiomètre.

II-6-1 Principe de fonctionnement d'un capteur de flamme

Un capteur de flamme détecte la présence d'une flamme en captant une ou plusieurs des propriétés suivantes:

1. Détection des UV (ultraviolets)

Certaines flammes émettent un rayonnement UV (dans la plage de 180 à 250 nm). Les capteurs UV détectent ces rayonnements invisibles à l'œil nu. Utilisé dans les chaudières industrielles et systèmes de sécurité.

2. Détection des IR (infrarouges)

Les flammes émettent aussi un rayonnement IR (dans la plage de 700 nm à 1 100 nm ou plus). Les capteurs infrarouges captent ces émissions, souvent en analysant les variations périodiques (flickering) typiques des flammes.

3. Capteurs photodiodes (ex. YG1006, IR Receiver)

Ces composants détectent l'intensité lumineuse émise par la flamme dans le spectre visible ou proche IR. Ils réagissent rapidement aux changements lumineux provoqués par la flamme.

Le fonctionnement de base (exemple Arduino avec YG1006) :

1. La flamme est présente.
2. Le capteur détecte la lumière dans une certaine plage (souvent 760–1100 nm pour l'IR).
3. Le signal est converti en tension.
4. Cette tension est lue par un microcontrôleur (ex. Arduino).
5. Si le signal dépasse un seuil prédéfini, une alarme peut être déclenchée.

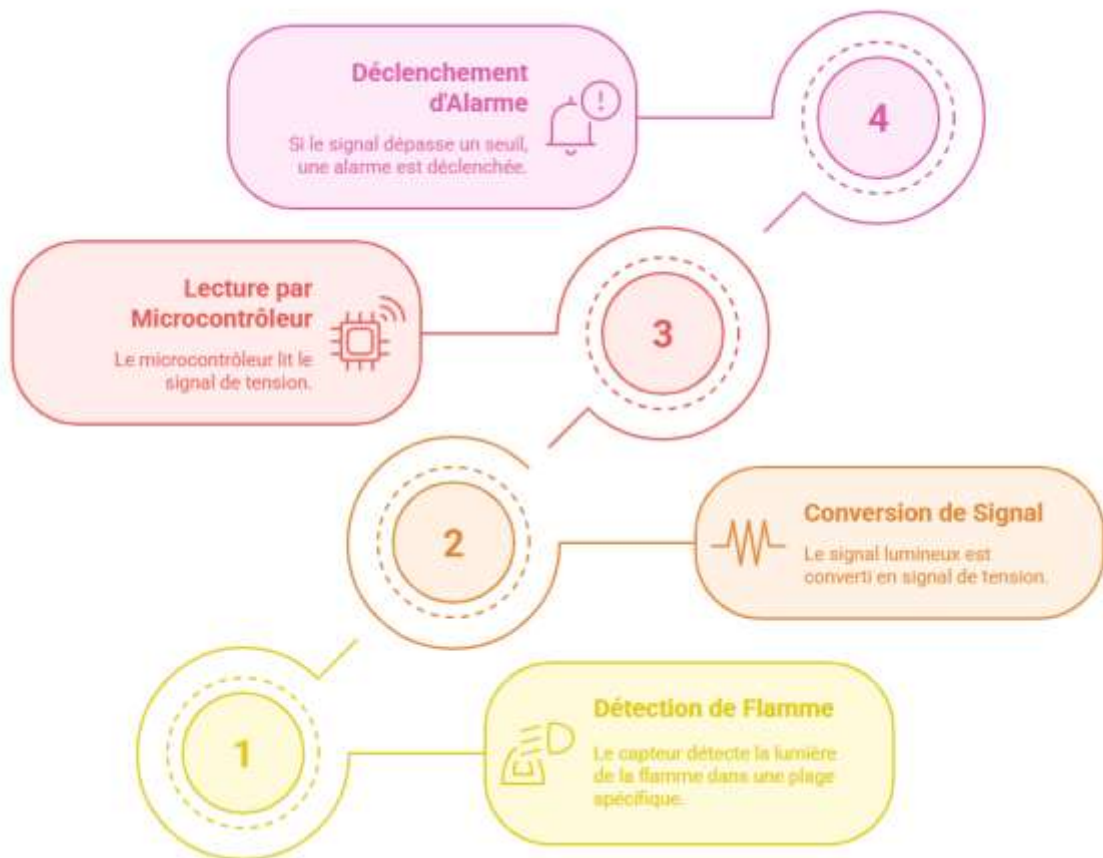


Figure II.13: Détection de Flamme avec Arduino.

II-7 Afficheur LCD LM016

L'écran LCD LM016L est un afficheur alphanumérique à cristaux liquides (LCD - *Liquid Crystal Display*), couramment utilisé dans les projets électroniques tels que les cartes Arduino, les microcontrôleurs, ou les systèmes embarqués. Il est aussi connu sous le nom de LCD 16x2, car il permet d'afficher 16 caractères sur 2 lignes. [32]

II-7-1 Caractéristiques techniques

Propriété	Détail
Format d'affichage	16 colonnes × 2 lignes (16x2)
Type d'affichage	Alphanumérique (affiche lettres et chiffres)
Contrôleur intégré	HD44780 ou compatible
Mode de communication	Parallèle (4 bits ou 8 bits)
Tension de fonctionnement	5 V (typique)
Rétroéclairage	Oui (généralement à LED)
Consommation	Faible
Interface	16 broches (pins)

Tableau II.5: Caractéristiques techniques d'afficheur LCD 16*2. [33]

II-7-2 Brochage principale

Broche	Nom	Fonction
1	VSS	Masse (GND)
2	VDD	Alimentation (+5V)
3	V0	Contrôle du contraste (souvent via un potentiomètre)
4	RS	Sélection commande/donnée
5	RW	Lecture ou écriture
6	E	Signal d'activation (Enable)
7-14	D0 à D7	Lignes de données
15	LED+	Alimentation rétroéclairage +
16	LED-	Alimentation rétroéclairage -

Tableau II.6: Rôle des broches d'afficheur LCD 16*2. [34]

II-9 Buzzer

Un **buzzer** est un dispositif électronique qui produit un son continu lorsqu'il est alimenté. Il est souvent utilisé dans les systèmes de signalisation pour indiquer un état ou une condition particulière, comme une alarme ou une notification. Les **buzzers** peuvent être activés de différentes manières, par exemple en utilisant un signal électrique ou en appuyant sur un bouton. Ils peuvent être contrôlés de manière précise en utilisant un microcontrôleur, ce qui permet de les intégrer dans une variété de projets électroniques, tels que les alarmes, les jouets et les appareils de mesure.

Le **Buzzer** est un composant électromagnétique qui transforme l'énergie électrique en vibration, donc en son.



Figure II.14 : Buzzer (Avertisseur sonore). [17]

II-10 Mini Pompe DC 5V pour arduino

Mini Pompe DC 5V pour Arduino est une petite pompe submersible qui peut être alimentée directement par la sortie 5V de la carte Arduino. Elle est principalement utilisée dans les projets électroniques pour pomper de petites quantités d'eau ou de liquide avec un débit maximal de 120L/H. La pompe est compacte, facile à installer et à utiliser, et elle convient parfaitement aux projets nécessitant un faible débit d'eau. [18]



Figure II. 15: Pompe d'eau. [37]

II-10-1 Fonctionnement puissant et efficace

La pompe à eau 5V 120L/H pour Arduino est équipée d'un moteur puissant capable de délivrer un débit maximal de 120L/H. Malgré sa petite taille, cette pompe à eau est capable de délivrer un débit d'eau fort et constant. Avec sa conception sans balais, le moteur est extrêmement efficace et peut fonctionner avec une consommation d'énergie minimale. [18]

II-10-2 Facile à installer et à utiliser

L'installation et l'utilisation de Mini Pompe DC 5V sont extrêmement simples. La pompe est configurée pour être alimentée par la sortie 5V de l'Arduino, éliminant ainsi la nécessité d'une source d'alimentation externe.

Il suffit de connecter la pompe à l'Arduino et elle est prête à être utilisée. La conception compacte de la pompe la rend facile à installer dans des petits espaces et des coins étroits. [36]

II-10-3 Spécifications techniques

La pompe à eau 5V 120L/H pour Arduino a les spécifications techniques suivantes:

Propriété	Détail
Tension	5V DC
Courant	100-200mA
Puissance	0,4-1,5W
Hauteur maximale	110cm
Débit d'eau	80-120L/H
Niveau de bruit	<40dB
Taille	41mm x 24mm x 33mm
Poids	28g

Tableau II.7: Spécifications techniques de la pompe à eau. [36]

II-10 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons étudié les principaux composants électroniques utilisés dans notre projet. Nous avons détaillé le fonctionnement des capteurs de flamme et de fumée, qui permettent de détecter rapidement les signes d'un début d'incendie. Une pompe à eau a été intégrée afin d'assurer une réponse automatique en cas de détection de flamme. Un écran LCD est utilisé pour afficher des messages d'alerte, tandis qu'un buzzer permet de générer une alarme sonore. L'ensemble du système est contrôlé par une carte Arduino UNO, qui assure la lecture des capteurs, le traitement des données, et l'activation des sorties. Ce montage représente une solution simple, efficace et accessible pour la détection et la prévention des incendies.

Chapitre III

*Simulation et Réalisation pratique
de détecteur de flamme
et de fumée*

III-1 Introduction

Dans ce chapitre, une étude pratique détaillée du capteur CO et de la fumée que nous Avons réalisée est décrite. Cette étude pratique est menée par un ensemble de test sur différents Blocs constituant la chaine de mesure. Ces différents étapes sont divisés en deux parties:

- ✚ La première partie concerne la détection de gaz.
- ✚ La deuxième partie est utilisée comme un avertissement.

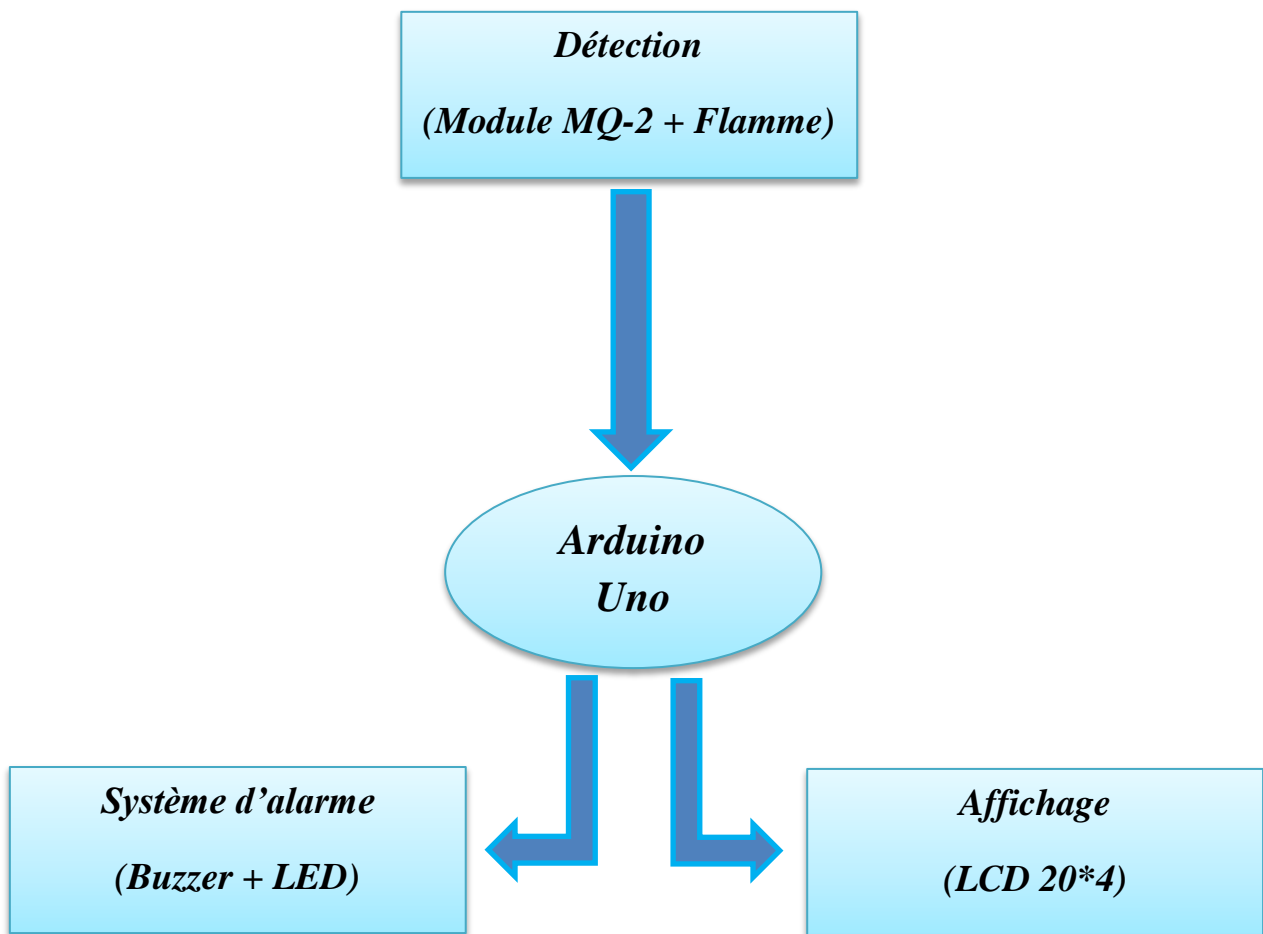


Figure III.1: Schéma général de fonctionnement du prototype.

Ainsi, avant de passer à l'étape de la réalisation, il faut commencer par la simulation de notre prototype :

III-2 La partie Simulation

La simulation constitue un outil essentiel dans le domaine du développement technologique, car elle permet d'étudier et d'analyser le comportement de différents systèmes sans avoir à les réaliser physiquement. Cela permet aux industries de réduire les coûts liés aux essais réels, tout en économisant du temps et des efforts.

Il existe plusieurs logiciels de simulation comme Multisim, PDN Analyzer, etc., mais le logiciel Proteus reste l'un des plus utilisés grâce à sa facilité d'utilisation et son efficacité dans la conception et le test de circuits électroniques. Cela en fait un outil digne d'intérêt et de présentation.

III-2-1 Présentation du logiciel Proteus:

Proteus est l'un des logiciels les plus utilisés dans le domaine de l'électronique. Développé par la société Labcenter Electronics, il offre un environnement complet pour la conception et la simulation de circuits électroniques.

La suite se compose principalement de deux modules : ISIS, destiné à la création et à la simulation de schémas électroniques, et ARES, utilisé pour la conception de circuits imprimés (PCB).

Grâce à sa simplicité d'utilisation et à ses fonctionnalités avancées, Proteus connaît une large popularité, notamment dans le milieu éducatif. De nombreux lycées et universités l'intègrent dans leurs programmes de formation, d'autant plus qu'une version traduite en arabe est également disponible pour faciliter son accessibilité.[38]

III-2-2 Présentation du module ISIS

Le module ISIS du logiciel PROTEUS est principalement utilisé pour la conception de schémas électriques et leur simulation. Il permet ainsi de vérifier le bon fonctionnement des circuits et de détecter d'éventuelles erreurs dès la phase de conception, ce qui constitue un gain de temps considérable avant le passage à la réalisation pratique.

En plus de ses capacités de simulation, ISIS offre une interface graphique conviviale permettant de personnaliser et de présenter les circuits de manière professionnelle. Cela en fait un outil précieux non seulement pour les phases de conception, mais également pour la

rédaction de documents techniques et de rapports de projets, grâce au contrôle précis des aspects visuels des schémas réalisés[38]

III-2-3 Présentation du module ARES

Le logiciel ARES est un outil d'édition et de routage qui complète parfaitement ISIS. Un schéma électrique réalisé sur ISIS peut alors être importé facilement sur ARES pour réaliser le PCB (Printed circuit board) 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 automatiquement les composants et de réaliser le routage automatiquement.[38]

III-3 Simulation virtuelle « Proteus » de notre projet

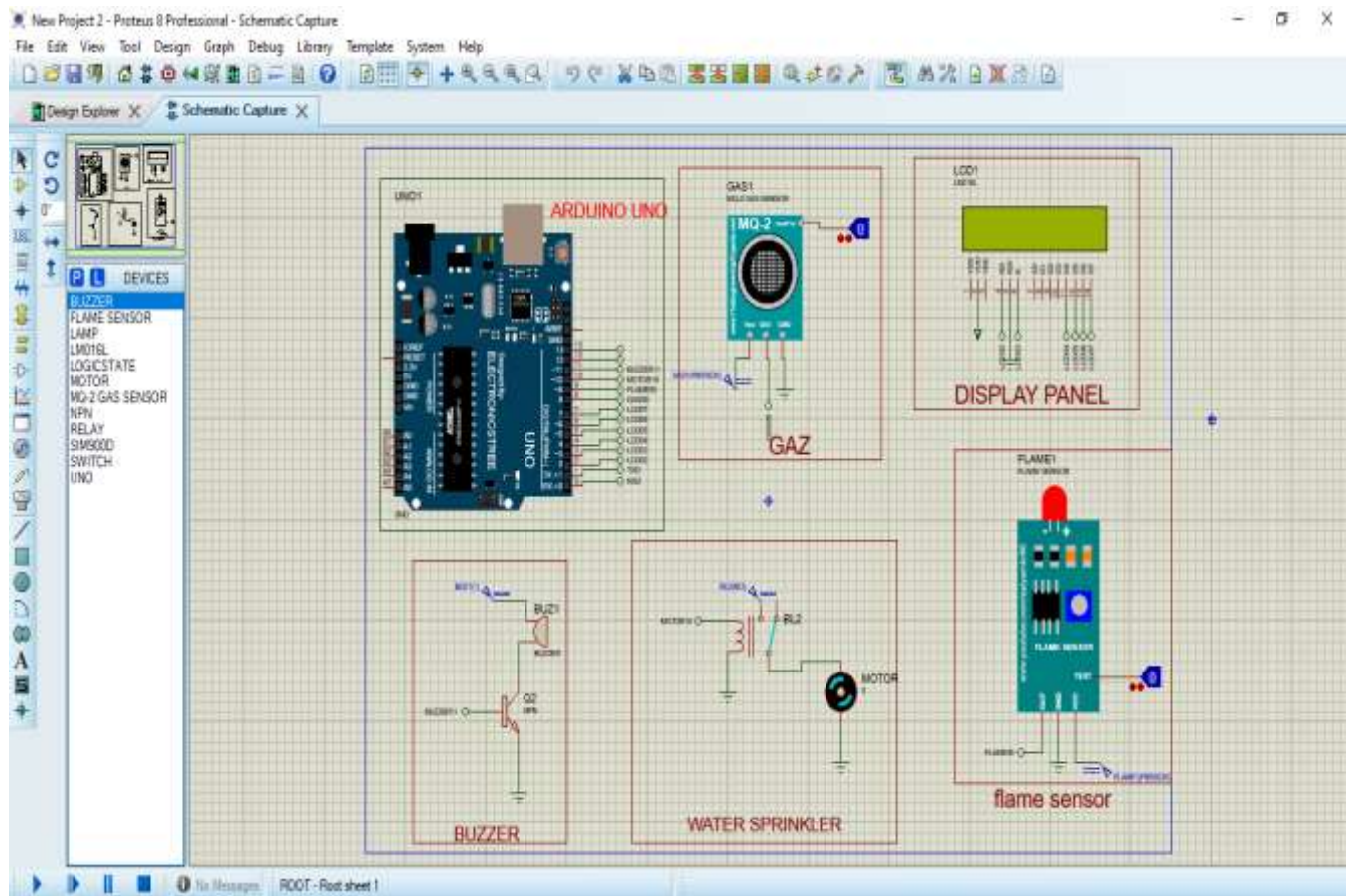


Figure III.2: L'interface principale contenant les composants du projet.

Nous avons divisé la recherche en trois cas principaux:

Premier cas: Absence de fuite de gaz et d'incendie

Dans cette situation normale, aucun danger n'est détecté par les capteurs. L'interface principale affiche alors un message rassurant indiquant que tout est en ordre: « **Status : Normal – No danger** ».

Cela signifie que le système est en veille et fonctionne correctement sans alerte.

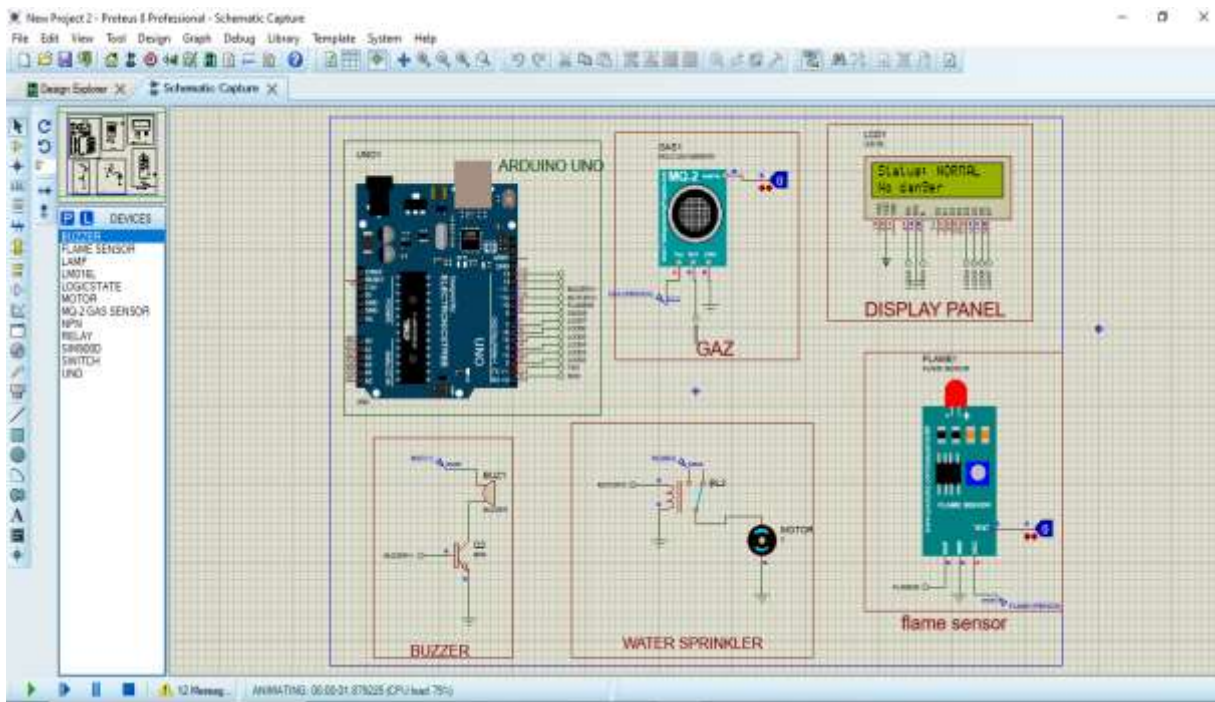


Figure III.3: Absence de fuite de gaz et d'incendie.

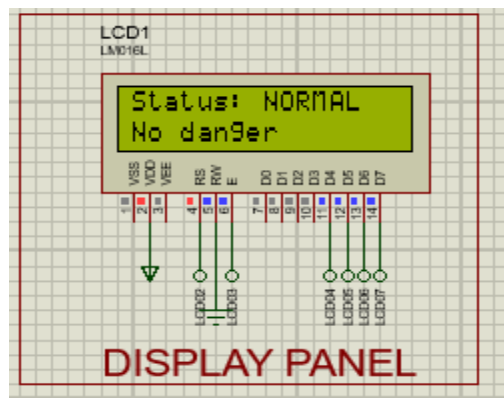


Figure III.4: Affichage absence de fuite de gaz et d'incendie.

Deuxième cas: Détection d'une fuite de gaz

Lorsqu'une fuite de gaz est détectée par le capteur approprié, une alarme sonore est immédiatement déclenchée afin d'alerter les personnes présentes. En parallèle, un message d'alerte s'affiche sur l'écran LCD pour signaler la situation:« **Gas detected –Check the area**».

Ce message invite à vérifier la zone concernée et à prendre les mesures de sécurité nécessaires.

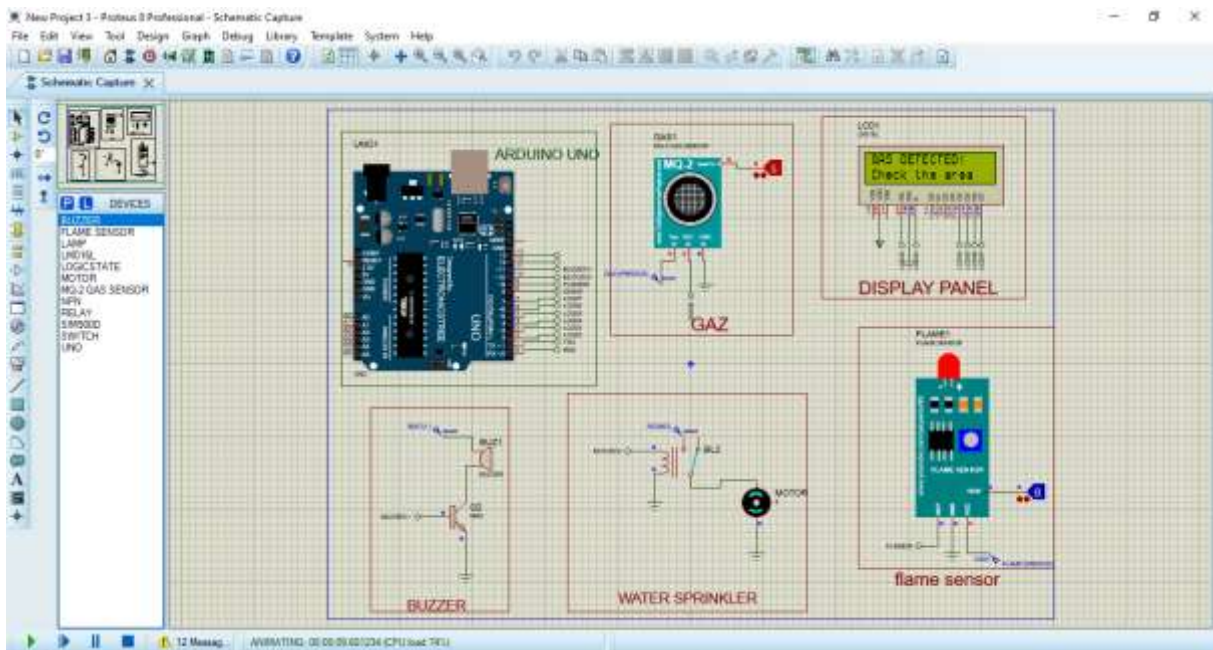


Figure III.5: Détection d'une fuite de gaz.

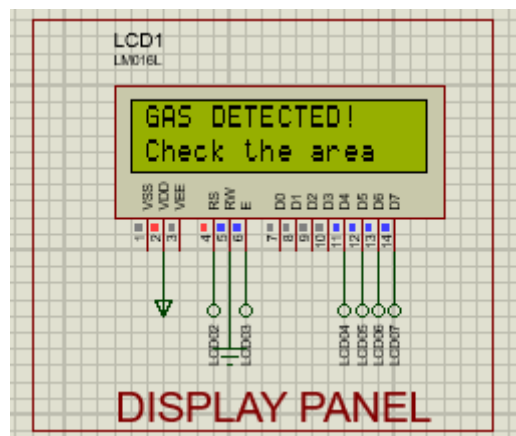


Figure III.6: Affichage d'une fuite de gaz.

Troisième cas: Fuite de gaz accompagnée d'un incendie

Il s'agit de la situation la plus critique. En cas de détection simultanée d'une fuite de gaz et de la présence de flammes, le système réagit de manière automatique :

- Une alarme retentit immédiatement.
- La pompe à eau est activée pour tenter d'éteindre l'incendie.
- L'écran affiche un message d'alerte clair: « **Fire Alert** ».

Ce mécanisme vise à minimiser les risques et à assurer une intervention rapide et automatique face à un danger potentiel.

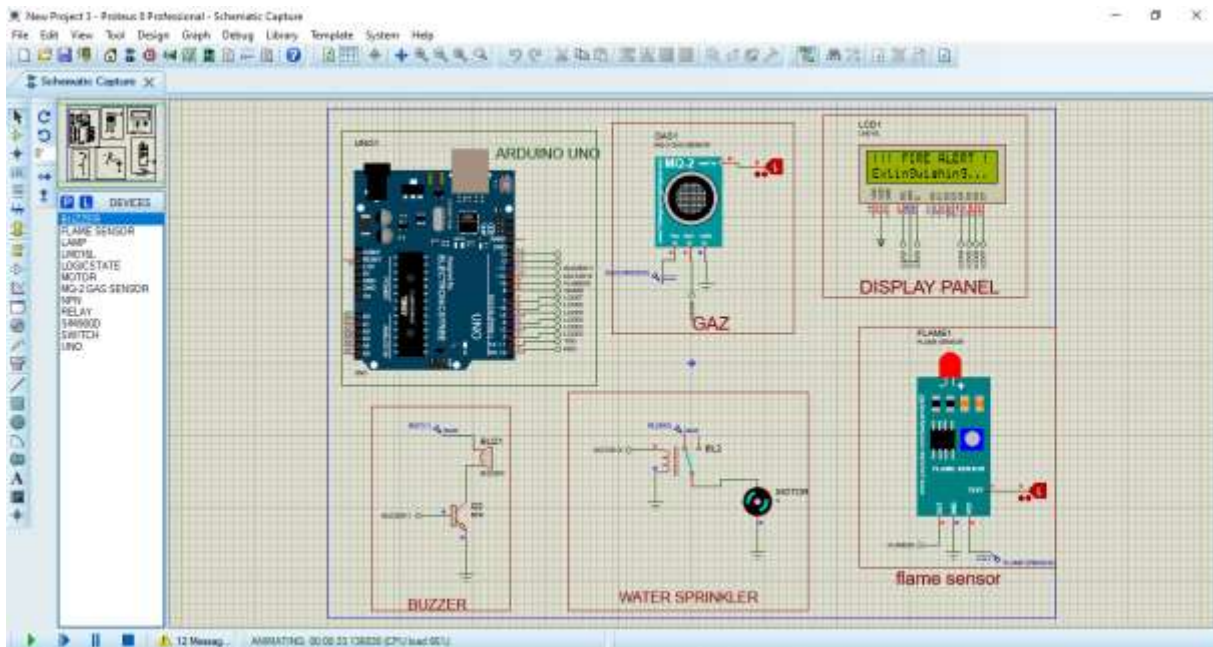


Figure III.7: Fuite de gaz accompagnée d'un incendie.

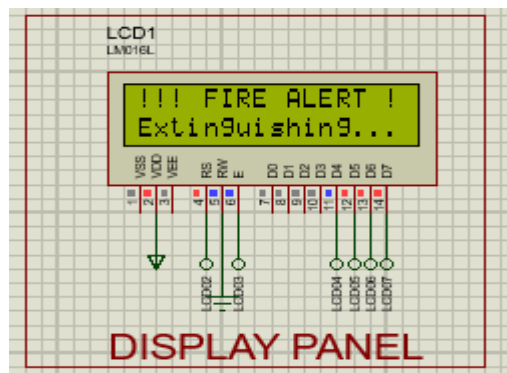


Figure III.8: Affichage d'une fuite de gaz accompagnée d'un incendie.

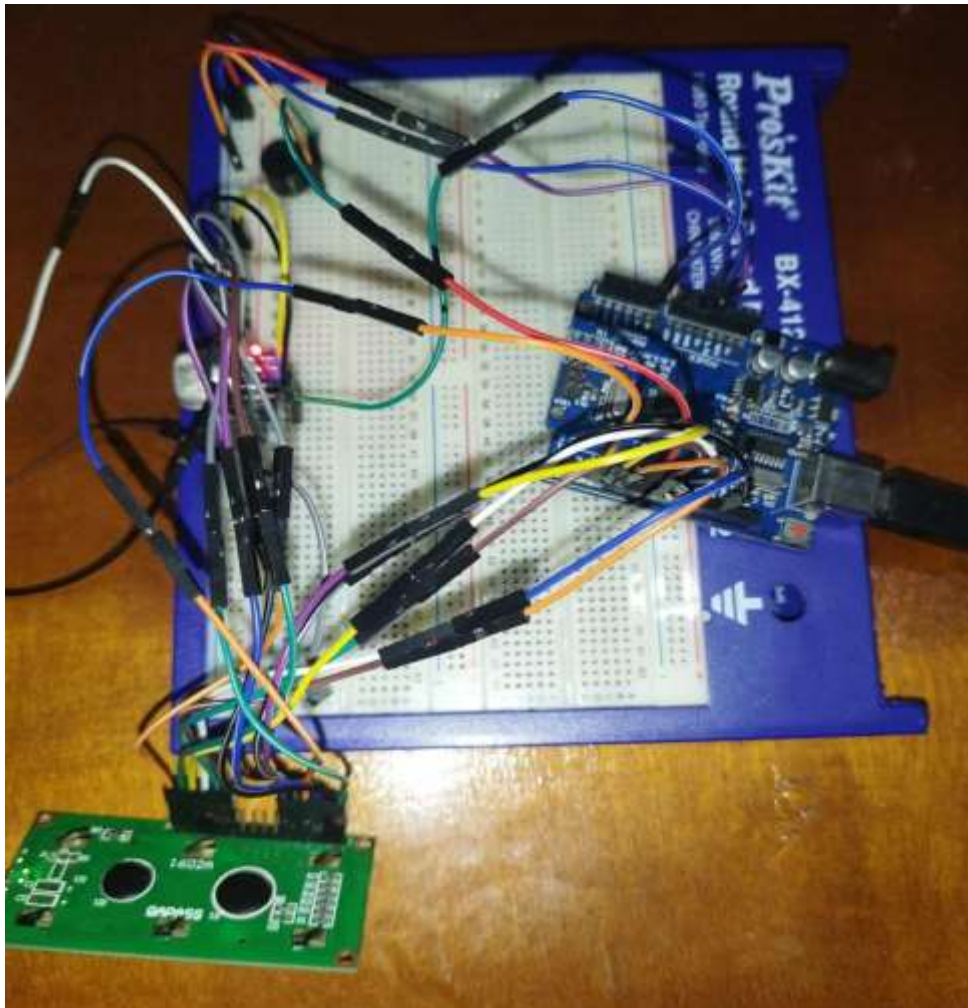


Figure III.10: Capteur de flamme et de fumée réalisé.

Premier cas: Absence de fuite de gaz et d'incendie

L'interface principale affiche un message qui indique que le fonctionnement est normale c-a-d aucun danger n'est détecté par les capteurs: « État : Normal – Aucun danger ».

Cela signifie que le système est en mode veille et fonctionne normalement sans déclencher d'alerte.

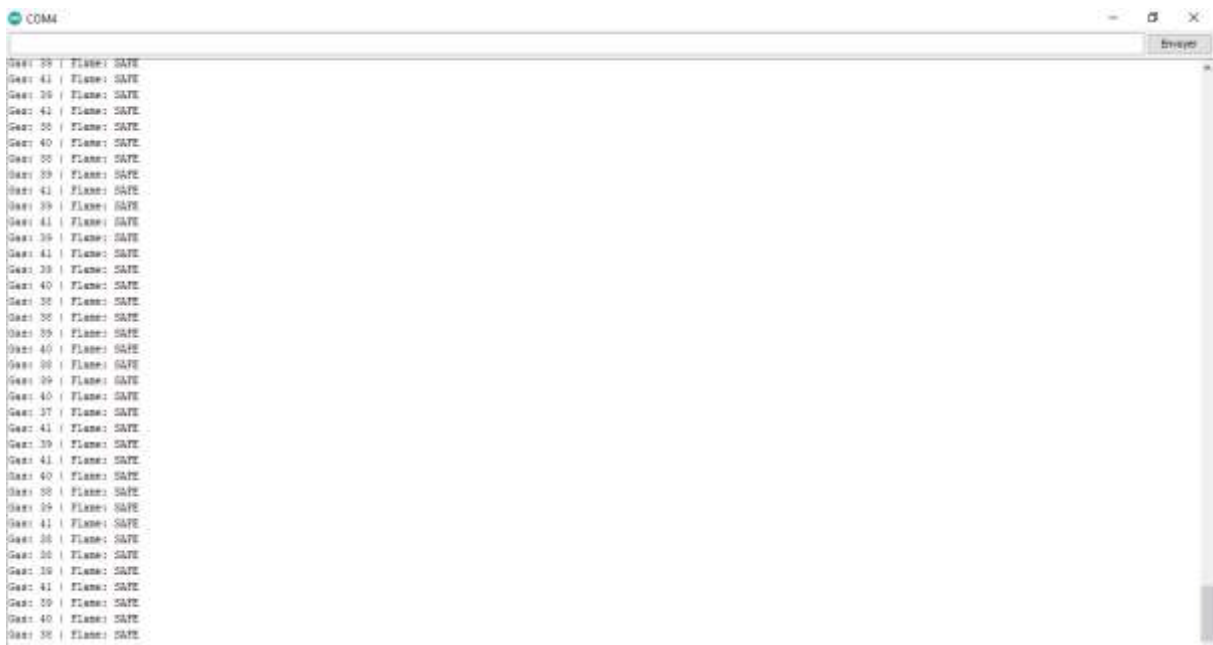


Figure III.11: Absence de fuite de gaz et d'incendie.

Deuxième cas: Détection d'une fuite de gaz

S'il ya une fuite de gaz détectée par le capteur dédié, l'alarme sonore va se déclenché immédiatement pour alerter les personnes sur place. En même temps, un message d'alerte s'affiche sur l'écran LCD indiquant « Gaz détecté – Vérifiez la zone ».

Ce message incite à inspecter la zone concernée et à appliquer les mesures de sécurité appropriées.

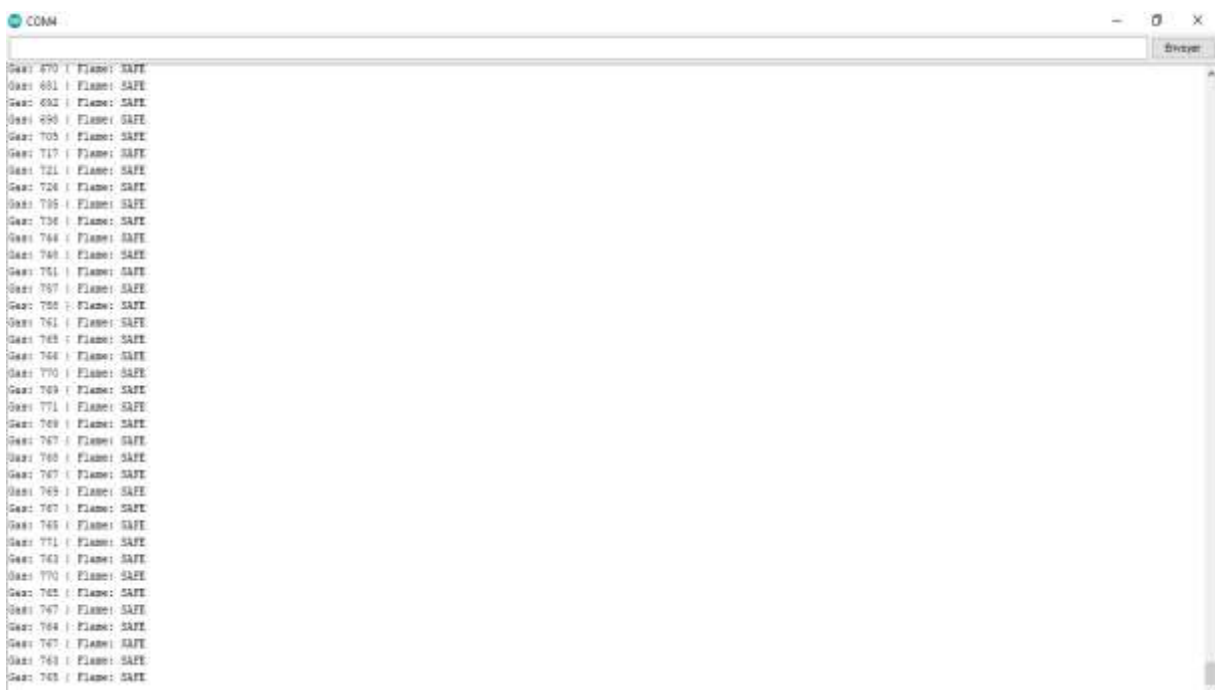
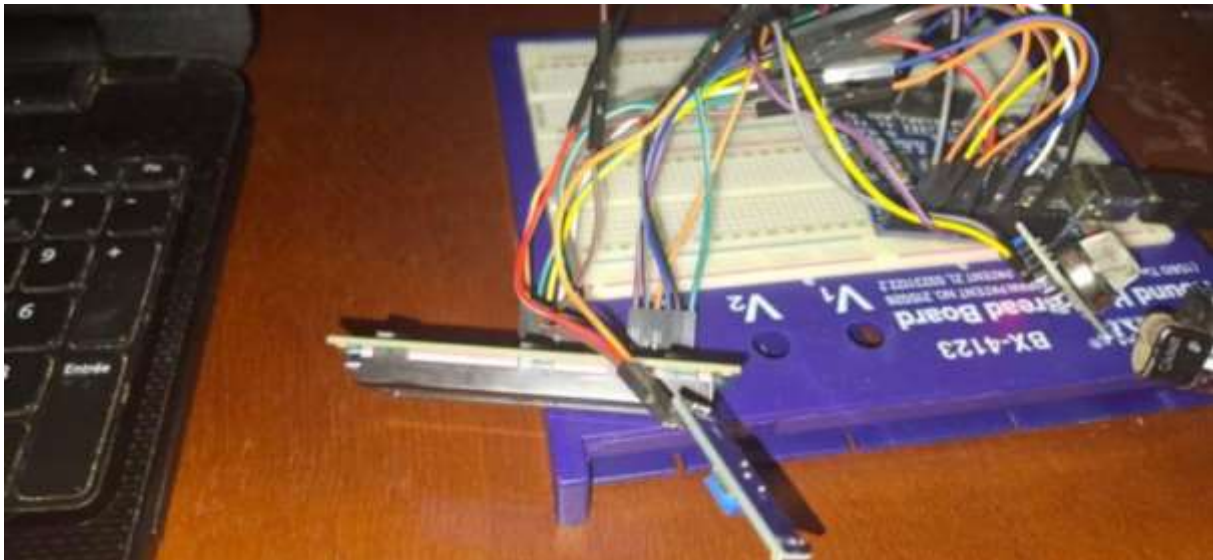


Figure III.12: Détection d'une fuite de gaz

Troisième cas: **Fuite de gaz accompagnée d'un incendie**

. S'il ya une fuite de gaz acompagné de flammes détectées simultanément, le système réagit automatiquement de la manière suivante :

- Une alarme sonore est immédiatement déclenchée pour alerter les personnes présentes..
- Un message d'alerte clair s'affiche sur l'écran : « Alerte : Incendie ».

Il s'agit de l'une des situations les plus dangereuses que le système peut rencontrer.

Ce dispositif vise à réduire les risques au maximum et à garantir une intervention rapide et efficace en cas d'urgence.

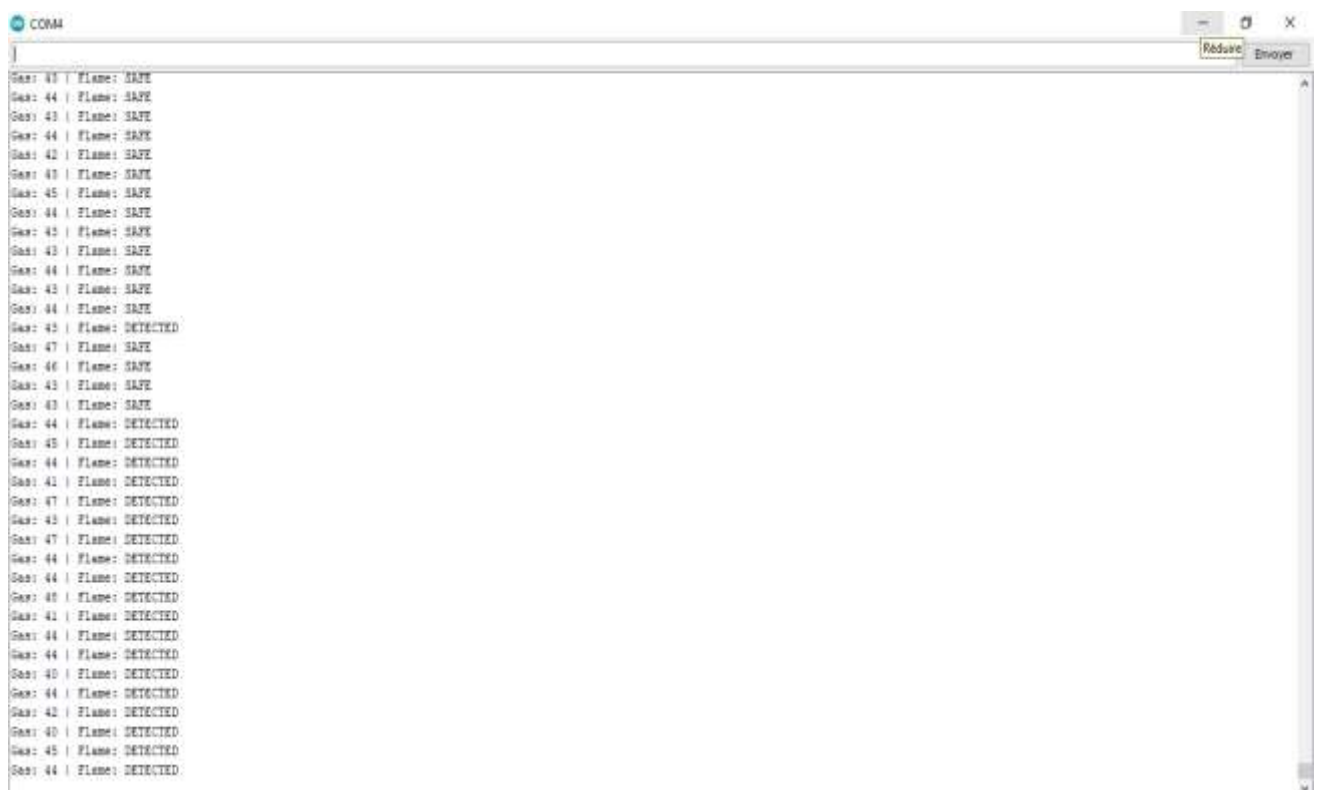


Figure III.13: Fuite de gaz accompagnée d'un incendie.

III-5 Conclusion

Ce chapitre a abordé la partie pratique de notre projet de détection de flamme et de fumée basé sur la carte Arduino UNO. Les composants électroniques essentiels ont été mis en place, notamment le capteur de flamme, le capteur de fumée, l'écran LCD et le buzzer. Le programme embarqué permet de lire les données des capteurs et de réagir automatiquement en cas de détection de danger, en déclenchant une alarme sonore et en affichant un message d'alerte. Cette réalisation montre l'efficacité d'un système simple, économique et facile à implémenter pour la détection précoce d'incendie. Des améliorations peuvent être envisagées, comme l'ajout d'un module GSM pour l'envoi d'alertes à distance.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le projet de détecteur de flamme et de fumée basé sur la carte Arduino UNO représente un système de sécurité intelligent visant à assurer une détection précoce des incendies et une réaction rapide. Grâce à l'utilisation d'un capteur de flamme, d'un capteur de fumée MQ, ainsi que d'un écran LCD permettant d'afficher l'état du système en temps réel, l'utilisateur peut surveiller facilement la situation.

Une caractéristique essentielle de ce système est l'intégration d'une pompe à eau qui se déclenche automatiquement en cas de détection de feu ou de fumée, assurant ainsi une réponse active immédiate pour limiter la propagation du feu, en complément de l'alarme sonore (buzzer).

Ce projet constitue une excellente application pratique liant l'électronique, la programmation et l'automatisation, tout en offrant une base solide pour des améliorations futures, comme l'ajout de la connectivité sans fil (Wi-Fi, Bluetooth) ou l'intégration à des systèmes domotiques.

En résumé, ce projet démontre comment des technologies simples et accessibles comme Arduino peuvent être utilisées pour renforcer la sécurité des personnes et des biens, avec efficacité et à faible coût.

Références
Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] T. Karvinen, K. Karvinen, et V. Valtokari, Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi: Tutoriels et projets. Dunod, 2014. [En ligne]. Disponible sur: <https://books.google.dz/books?id=gbGwBAAAQBAJ>
- [2] <https://maferme.ma/capteur-pour-serre-intelligente/>
- [3] « A History of Control Engineering 1930-1955 - Bennett | PDF | Electric Motor | Electric Generator », Scribd. <https://www.scribd.com/document/490573330/A-History-of-Control-Engineering-1930-1955-Bennett-pdf> (consulté le 24 mars 2022).
- [4] G. Asch et B. Poussery, Les capteurs en instrumentation industrielle, 8e éd. Malakoff: Dunod, 2017.
- [5] « Les capteurs ». l'Introduction.html (consulté le 24 mars 2022). <http://www.mytopschool.net/mysti2d/activites/polynesie2/ETT/C044/32/Capteurs1/index.htm>
- [6] C. C. César, « Élaboration et caractérisation de capteurs de gaz à base de nanofils de ZnO », p. 213.
- [7] T. & Co, « Gas Sensors », AEP. <https://www.aepint.nl/components/products/gas-sensors/> (consulté le 24 mars 2022).
- [8] « Electrochemical CO Sensor- Cubic Sensor ». https://en.gassensor.com.cn/IndustryGasSensor/info_itemid_1273.html?gclid=Cj (consulté le 1 mai 2022).
- [9] « Les microcapteurs », AtmoSud, 2 juillet 2018. <https://www.atmosud.org/actualite/les-microcapteurs> (consulté le 1 mai 2022).
- [10] « Capteurs PID ». https://www.draeger.com/fr_be/Products/PID-sensors (consulté le 6 mai 2022).
- [11] <https://www.cofriset.fr/pyxx1213a>
- [12] MACFOS, « MQ Series Gas Sensor | Robu.in », Robu.in | Indian Online Store | RC Hobby | Robotics, 15 août 2020. <https://robu.in/mq-series-gas-sensor/> (consulté le 1 mai 2022).

Références Bibliographiques

[13] « 43.73DA 31% de réduction|Capteur de détection de gaz, série MQ, MQ135, MQ2, MQ3, MQ5, MQ7, MQ 135, MQ 2, MQ 3, MQ 5, MQ 7 | AliExpress », <https://fr.aliexpress.com/item/32968712172.html> (consulté le 11 mai 2022).

[14]<https://www.orbit-dz.com/product/mq135-module-capteur-de-benzene-amoniaque-sulfure-et-fumee/>

[12] « [GUIDE] Arduino Utiliser capteur de gaz MQ-2 », Arduino France, 5 janvier 2022. <https://arduino-france.site/mq2-arduino/> (consulté le 1 mai 2022).

[13] « Comment utiliser un capteur de gaz / fumée MQ-2 avec Arduino - », 10 février 2022. <https://idehack.com/comment-utiliser-un-capteur-de-gaz-fumee-mq-2-avec-arduino/> consulté le 2 mai 2022).

[14] <https://guatemaladigital.com/Waveshare-UV-Sensor-%28B%29-Ultraviolet-Sensor-Module-DC3.3-5V-UV-and-Ambient-Light-Intensity-Detection-Directly-Output-UV-Index-Value-via-I2C/Product/22799597>

[15] S. Chakraborti, « Capteur de flamme | Principe | 4 types importants | Application », 18 novembre 2020. <https://fr.lambdageeks.com/flame-sensor/> (consulté le 2 mai 2022).

[16] « Capteur de proximité Infrarouge - FC 51 - Arduino », Mataucarre, 24 mai 2017. <https://www.mataucarre.fr/index.php/2017/05/24/capteur-de-proximite-infra-rouge-fc-51-arduino/> (consulté le 2 mai 2022).

[17] « La photodiode ». <http://for-ge.blogspot.com/2015/04/la-photodiode.html> (consulté le 7 mai 2022).

[18] <https://www.usinenouvelle.com/expo/x3301-detecteur-de-flammes-infra-rouge-p339502330.html> Ainaud P, Lévy C. Chapitre 7 : Choc du brûlé Les brûlures, 2010, p : 53 – 65.

[19] <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

[20] <https://www.distrelec.ch/fr/arduino-uno-wifi-rev2-arduino-abx00021/p/30117100>

[21] <https://arduino-france.site/description-arduino-uno/>

[22] <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno>

Références Bibliographiques

- [23] <https://gomycode.com/dz/fr/la-boite-a-outils-larduino-uno/>
- [24] <https://netsonic.fi/en/atmega328p-low-power-8-bit-atmel-microcontroller-datasheet-and-pinout/>
- [25] <https://sh3ll.cloud/xf2/threads/2654/>
- [26] <https://fr.scribd.com/document/508857037/Comment-Fonctionne-Le-Capteur-de-Gaz>
- [27] <https://www.moussasoft.com/produit/mq-2-capteur-de-gaz-iso-butane-propane/>
- [28] <https://fr.scribd.com/document/508857037/Comment-Fonctionne-Le-Capteur-de-Gaz>
- [29] <https://quartzcomponents.com/products/mq-2-gas-sensor-module>
- [30] <https://youpilab.com/components/product/capteur-de-flamme>
- [31] <https://www.orbit-dz.com/product/produit-1409/>
- [32] <https://docs.arduino.cc/libraries/liquidcrystal/>
- [33] <https://www.moussasoft.com/produit/afficheur-lcd-16x2/#:~:text=Afficheur%20LCD%2016%C3%972&text=Cet%20afficheur%2C%20de%20dimensions%2080mm,une%20adaptabilit%C3%A9%20%C3%A0%20divers%20projets.>
- [34] <https://www.moussasoft.com/afficheur-lcd-arduino/#10-branchement->
- [35] <https://tuni-smart-innovation.com/products/buzzer-actif>
- [36] <https://www.moussasoft.com/produit/mini-pompe-dc-5v-pour-arduino/>
- [37] <https://www.amazon.fr/SODIAL-Ultra-silencieux-Brushless-submersible-Ascenseur/dp/B016U4NIIA>
- [38] https://elearning-facsci.univ-annaba.dz/pluginfile.php/45807/mod_resource/content/0/Annexe3_Etude%20logiciel%20de%20simulation%20Proteus.pdf
- [39] _____ « _____ Massimo Banzi (cofondateur d'Arduino) », Maker Media, <https://www.arduino.cc/en/software/>