

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة

التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد -

تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : **Génie industrielle**

Par : **Sadaoui Yahia & Hemiri Salah Eddine**

### Sujet

**Etude et conception d'un détecteur de la fumée et du gaz**

Soutenu en 2022 :

<b>Mr BENNEKROUF Mohammed</b>	MCA	Université de Tlemcen	Président
<b>Mme BAAKEK Yettou-Nour elhouda</b>	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
<b>Mr LARIBI Imane</b>	MCB	Université de Tlemcen	Examineur 1
<b>Mr SARI Mohammed</b>	Vacataire	Université de Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire : 2021 /2022

## **REMERCIEMENTS**

En premier lieu, Nous voudrions remercier Dieu qui nous a donné la volonté et la santé de mettre fin à cet acte humble.

Nous voulons tout d'abord exprimer toute nos gratitude et manifester nos très sincère reconnaissance à Mme **BAAKEK Yettou Nour Elhouda**, de nous avoir proposé ce sujet de mémoire et de l'attention qu'elle a porté à notre travail. Combien il nous a aidés et combien de temps il nous a donné pour accomplir et atteindre les objectifs souhaités. On lui est très reconnaissants.

Nous remercions chaleureusement Mr **BENNEKROUF Mohammed**. Pour nous donner l'honneur de présider le jury et d'accepter cette discussion mémorandum de graduation veuillez trouver le témoignage de notre profonde gratitude dans ce travail.

Nous remercions aussi, Mme **LARIBI Imane**, et Mr **SARI Mohammed** Merci d'avoir accepté d'être membre de ce jury et d'avoir pris le temps d'examiner notre travail. Veuillez trouver dans cet ouvrage le témoignage de notre profonde gratitude.

## **DÉDICACE**

*Je dédie ce mémoire à . . .*

*À mon père*

*Merci pour votre soutien continu et vos encouragements, qui me donnent de la force. Le pouvoir de persévérer et de prospérer dans la vie*

*À ma mère*

*Je vous remercie pour tout le travail que vous avez fait pour nous faire grandir. Tout le travail que vous avez fait pour nous faire grandir.*

*Mes tantes et grand-père*

*Merci beaucoup de m' avoir aidé et de m' avoir apporté une aide matérielle et morale.*

*À mes sœurs*

*Merci pour être toujours là m' écouter Je vous souhaite tous le bonheur et la réussite*

*À mon binôme Salah pour tes forces et m' encourager*

*À tous mes enseignants et mes collègues*

*Sadacui Yahia*

## **DÉDICACE**

*Je dédie ce mémoire à ...*

*À mes chers parents, pour tous leur amour, leurs tendresses, leurs sacrifices, leur soutien tout au long de mes études.*

*À mes sœurs*

*À mon binôme Yahia pour m'encourager*

*À tous mes enseignants et mes collègues*

*Merci beaucoup de m'avoir aidé et de m'avoir apporté une aide matérielle et morale.*

*Hemiri Salah Eddine*

# Table des matières

Liste des figures .....	7
Liste des tableaux .....	9
<b>Chapitre I.....</b>	<b>11</b>
I.1 Introduction .....	12
I.2 Les systèmes embarqués.....	12
I.2.1 Introduction .....	12
I.2.2 Définition .....	13
I.2.3 Principales fonctionnalités d'un système intégré. ....	13
I.3 Définition de monoxyde de carbone CO .....	14
I.3.1 Problématique De L'intoxication Au Monoxyde De Carbone En Algérie.....	15
I.4 Conclusion .....	16
<b>Chapitre II .....</b>	<b>17</b>
II.1 Introduction .....	18
II.2 Définition .....	18
II.3 Types de captures .....	18
II.3.1 Capteurs actifs.....	18
II.3.2 Capteurs passifs.....	19
II.4 Différents types de capteurs de gaz. ....	19
II.4.1 Capteurs électro-catalytiques .....	19
II.4.2 Les capteurs à semi-conducteur.....	20
II.4.3 Les capteurs à infra-rouge .....	21
II.4.4. Capteur à microbalance de quartz .....	21
II.4.5. Les capteur à ondes acoustiques de surface .....	22
II.4.6. Capteur à transistors à effet de champs (GASFET).....	22
II.4.7. Capteur électrochimique .....	23
II.4.8. Capteur à fibre optique.....	23
II.4.9. Les capteurs à oxydes métalliques (MOX) .....	24
II.4.10. Le capteur de gaz MQ.....	25
II.5. Principaux paramètres d'un capteur de gaz à base d'oxydes métalliques.....	27
II.6. Conclusion :.....	27
<b>Chapitre III.....</b>	<b>29</b>
III.1. Introduction .....	30
III.2. Chaîne de détection et fonctionnement de chaque bloc. ....	30

III.2.1. Bloc de détection du fumé et de gaz CO.....	30
III.2.1.2. Carte Arduino .....	31
III.2.1.2.1. Les types des cartes Arduino .....	31
III.2.1.2.2. Zoom sur la carte Arduino UNO.....	34
II. 2.1.2.3. L’environnement de la programmation (IDE ARDUINO).....	35
III.2.1.3. Capteur MQ-2.....	36
III.2.1.3.1. Structure intérieure du détecteur de gaz MQ2.....	37
III.2.1.3.2. Méthode de travail du MQ.....	39
III.2.1.3.3. Étalonnage du capteur de gaz MQ2 .....	40
III.2.1.4. Diode électroluminescente (LED) .....	41
III.2.1.4. Buzzer.....	42
III.2.1.5. Câblage de LED et Buzzer et MQ-2 avec le logiciel Tinkercad.....	42
III.3. Bloc d’aération et de coupure de gaz.....	42
III.3.1. Aération .....	43
III.3.2. Electrovanne .....	43
III.4. Bloc d’ouverture de la fenêtre .....	44
III.4.1. Carte des relais .....	44
III.4.2. Le module L298N.....	45
III.4.3 lecteur de CD-Rom.....	47
III.5 Circuit final .....	48
III.6 Conclusion :.....	49
Conclusion générale.....	50
Ressources bibliographiques .....	51

## Liste des figures

### Chapitre II

Figure II.1: Un capteur électro-catalytique .....	16
Figure II.2: Le capteur à semi-conducteur .....	16
Figure II.3: Le capteur à infra-rouge.....	17
Figure II.4 : Structure d'un capteur à microbalance de quartz .....	17
Figure II.5 ; Structure d'un capteur à ondes acoustiques de surface.....	18
Figure II.6 : Schéma d'un capteur de gaz de type GASFET.....	19
Figure II.7 : Capteur à fibre optique .....	19
Figure II.8 : Capteur à oxyde métallique semi-conducteur .....	20
Figure II.9 : Structure d'un capteur Figaro (série TGS8xx) .....	20
Figure II.10 : Schéma fonctionnel d'un capteur de gaz semi-conducteur.....	22

### Chapitre III

Figure III.1 : Schéma bloc globale de circuit proposé.....	25
Figure III.2 : Plaque d'essai .....	26
Figure III.3 : Arduino UNO .....	28
FigureIII.4 : Arduino Nano .....	28
FigureIII.5 : Arduino Due .....	29
FigureIII.6 : Arduino Mega 2560 .....	30
FigureIII.7 : Arduino Leonardo .....	31
FigureIII.8 : zoom sur la carte Arduino.....	32
Figure III.9 : Structure générale d'IDE Arduino.....	33
Figure III.10 : Le capteur MQ-2 .....	33
Figure III.11 : Structure interne de capture MQ-2 .....	34
Figure III.12 : La structure extérieure .....	35
Figure III.13 : La structure intérieure .....	35

Figure III.14 : Structure de l'élément de détection.....	36
Figure III.15 : Fonctionnement du MQ. a) absence du gaz. b) présence du gaz.....	36
Figure III.16 : Schéma électrique du capteur MQ3.....	37
Figure III. 17 : Schéma électrique du circuit comparateur LM393.....	38
Figure III.18 : Etalonnage du capteur de gaz MQ2.....	38
Figure III.19 : Deux LEDs : rouge et verte.....	39
Figure III.20 : Buzzer.....	39
Figure III.21 : Simulation avec Tinkercad.....	40
Figure III.22 : Ventilateur utiliser dans le maquet.....	41
Figure III.23 : Électrovanne utiliser dans le maquet .....	41
Figure III.24 : Carte relais 5 V 4 canaux SMTRELAY04.....	42
Figure III.25 : Principe de fonctionnement du relais.....	42
Figure III.26 : Branchement du relais 4 canaux à la carte Arduino UNO.....	43
Figure III.27 : Le module L298N. ....	44
Figure III.28 : Branchement du module L298N à la carte Arduino UNO.....	45
Figure III.29 : Lecteur CD-Rom.....	45
Figure III.30 : circuit final sur la plaque d'essai.....	46

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : L'effet de la proportion de CO gaz sur le corps humain.....	11
Tableau II.1 Capteurs actifs : principes physiques de base.....	15
Tableau II.2 : Les capteurs de gaz MQ.....	21
Tableau II.3 : Les spécifications complètes du capteur MQ-2 .....	23

## **Introduction générale**

La sécurité humaine est un facteur important et nécessaire dans le monde d'aujourd'hui. Des systèmes de sécurité efficaces sont en place dans les environnements intérieurs et des établissements industriels et éducatifs.

Les incidents de goulots d'étranglement liés au dioxyde de carbone continuent de tuer les Algériens chaque année, en raison de la négligence de simples mesures préventives qui auraient pu sauver la vie de centaines de personnes décédées dans tout le pays et de tous âges, malgré les campagnes de sensibilisation menées par différents acteurs dans différents secteurs. Danger de fuite de gaz naturel inflammable ; méthane de CH<sub>4</sub>, qui présente des risques d'explosion pour les personnes

Technologie de détection du gaz sont-elles importantes parce que ses applications comprennent la vie quotidienne d'une manière particulière et l'environnement industriel d'une manière générale. Le système de sécurité sert à protéger le public. Par conséquent, L'installation de ce système dans nos maisons est importante pour notre santé, dans les usines, les ateliers, et les établissements. Il se compose de plusieurs composants, dont le but est de recueillir les informations et de traiter dans un entourage actif. Prendre ensuite les mesures préventives et opérationnelles nécessaires.

Notre travail est réparti sur trois chapitres. Le premier chapitre est dédié à des notions de bases sur les différents capteurs de gaz, et empoisonnement au monoxyde de carbone.

Le deuxième chapitre représente une étude théorique approfondie du dispositif à réaliser. Dans ce chapitre nous procédons à la description des différents capteurs et composants utilisés dans ce projet de fin d'étude (PFE), avec les principes physiques de leur mise en œuvre.

La réalisation pratique des circuits et les résultats obtenus font l'objet du troisième chapitre.

Enfin, une conclusion générale est donnée afin de résumer les travaux effectués dans le cadre de cette étude finale en indiquant les perspectives à développer.

# Chapitre I

## **I.1 Introduction**

Le gaz CO monoxyde de carbone c'est un gaz qui peut s'échapper de votre cheminée ou de votre cuisinière, il est mortel et a toujours causé des catastrophes humaines, ce qui a poussé l'humanité à utiliser des méthodes scientifiques pour s'en protéger.

L'une de ces méthodes sont des systèmes embarqués.

Ce type des systèmes sont efficaces en terme de stade de détection du gaz CO et des incendies et permettent ainsi de répondre aux exigences premières de notre vie, à savoir : limiter l'ampleur des pertes humaines ainsi que celle des dégâts environnementaux et infra-structuraux (propagation de l'incendie) grâce à une évacuation et une intervention rapide.

Dans ce chapitre, nous allons introduire brièvement la notion du système embarqué, et les différents capteurs utilisés dans ce domaine ; car ces derniers font l'objet de notre projet.

## **I.2 Les systèmes embarqués**

### **I.2.1 Introduction**

Un système embarqué est un système complexe qui intègre des logiciels et du matériel conçus ensemble pour assurer une fonction donnée. Il contient généralement un ou plusieurs microprocesseurs qui exécutent un ensemble de programmes définis lors de la conception et stockés en mémoire. Le système matériel et les applications (logiciels) sont entrelacés et immergés dans le matériel, pas aussi facilement discernables qu'un environnement de travail typique de type PC de bureau (*Personale Computer*).

Les systèmes embarqués sont autonomes et n'ont pas d'entrée/sortie standard comme un clavier ou un écran d'ordinateur. Contrairement à un PC, une IHM (interface homme-machine) pour un système embarqué peut être aussi simple qu'une diode électroluminescente (LED) clignotante ou aussi complexe qu'un système de vision nocturne en temps réel. Habituellement, un écran LCD (Liquid Crystal Display) avec une structure simple est utilisé.

Pour optimiser les performances et la fiabilité de ces systèmes, des circuits numériques programmables FPGA (Field Programmable Gate Arrays), des circuits applicatifs ASIC (Application-Specific Integrated Circuits), ou des modules analogiques sont également utilisés.

Le logiciel possède des fonctionnalités de rodage spécifiques à l'application. L'utilisateur ne peut pas modifier le programme. Souvent, il ignore l'utilisation de systèmes à microprocesseur.

Les systèmes embarqués sont aujourd'hui utilisés dans diverses applications telles que les transports (avionique, spatial, automobile, ferroviaire), les équipements électriques et électroniques (caméras, jouets, téléviseurs, électroménagers, systèmes audio, téléphones portables), la distribution d'énergie, l'automatisation, etc [1].

## **I.2.2 Définition**

Les systèmes embarqués peuvent être définis comme des systèmes électroniques et informatiques autonomes dédiés à des tâches spécifiques. Ses ressources disponibles sont généralement limitées. Ces contraintes sont généralement spatiales (taille limitée) et énergétiques (consommation limitée). Les systèmes embarqués utilisent souvent des ordinateurs, en particulier les systèmes en temps réel. Le terme système embarqué fait référence au matériel et aux logiciels utilisés. Le synonyme de système embarqué est système embarqué [2].

## **I.2.3 Principales fonctionnalités d'un système intégré.**

Voici les principales caractéristiques d'un système intégré :

- Le système est avant tout numérique.
- Il comprend habituellement un processeur.
- Exécuter une application logicielle dédiée à une fonctionnalité spécifique et ne pas exécuter une application scientifique ou de consommation traditionnelle.
- Il n'est pas équipé d'un clavier standard (bouton-poussoir, clavier à matrice...). L'affichage est limité (moniteur LCD...) ou n'existe absolument pas.
- Il ne s'agit pas d'un ordinateur en général, mais des architectures semblables (x86) à faible puissance sont de plus en plus utilisées pour certaines applications intégrées. De cette observation, nous pouvons voir :
- Qu'un PC standard peut exécuter n'importe quel type d'application, car il est généraliste, alors qu'un système intégré n'exécute qu'une application dédiée.
- L'interface IHM peut être aussi simple qu'une LED à éclats ou aussi complexe qu'un poste de pilotage de ligne.
- Que les circuits numériques ou analogiques soient utilisés en plus d'accroître la performance ou la fiabilité du système intégré. L'ubiquité des systèmes intégrés dans nos vies est liée à la révolution numérique des années 1970 avec l'arrivée des processeurs. Les processeurs, de plus en plus rapides, puissants et pas chers ont permis cette révolution ainsi que l'essor du marché embarqué. Ceci se confirme au travers de la loi empirique de Gordon Moore, cofondateur d'Intel, qui stipule que pour une surface de silicium donnée, on double le nombre de transistors intégrés tous les 18 mois !

Les principaux secteurs d'embarque concernent les domaines suivants :

- Jeux et informatique générale : une application de bureau conçue dans un système intégré : jeux vidéo, décodeur...

- Contrôle de système : automobile, procédé chimique, procédé nucléaire, système de navigation...
- Traitement de signaux : radar, sonar, compression vidéo...
- Communication et réseaux : transmission et commutation des informations, téléphonie, Internet... [3].

### **I.3 Définition de monoxyde de carbone CO**

Un gaz inodore, incolore et inflammable, le monoxyde de carbone CO, se forme lors de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, fioul ou bois, combustible).

La principale source est le trafic automobile. De grandes quantités de CO peuvent être rencontrées lorsqu'un moteur tourne au ralenti dans un espace clos ou dans des embouteillages dans un espace couvert, et lorsqu'un appareil de chauffage domestique tombe en panne.

Le CO est impliqué dans le mécanisme de formation de l'ozone troposphérique. Dans l'atmosphère, il se transforme en dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> et provoque l'effet de serre.

- Effets sur la santé humaine : L'exposition à long terme au monoxyde de carbone à des concentrations inférieures à 0,1 % en volume est toxique. Le CO se combine avec l'hémoglobine pour former la carboxyhémoglobine moléculaire stable. L'hémoglobine se lie préférentiellement au dioxyde de carbone plutôt qu'à l'oxygène, et cette fixation est irréversible. À une concentration de 800 ppm (parties par million) de CO dans l'air, 50 % de l'hémoglobine est bloquée sous forme de carboxyhémoglobine. Il en résulte une oxygénation cellulaire réduite, ce qui est particulièrement préjudiciable au système nerveux central.

Les causes de cette situation sont variées :

- absence d'aération dans les pièces réchauffées par combustion,
- le mauvais ajustement des appareils qui maintiennent la combustion,
- obstruction du conduit de cheminée entraînant le déchargement des gaz d'échappement,
- la faible conception de certaines cheminées, qui empêche l'évacuation des gaz de combustion.

Le monoxyde de carbone absorbe le rayonnement infrarouge et la méthode est basée sur la mesure de son absorption, et dépend également du principe de liaison du filtre à gaz. Le rayonnement infrarouge, émis par un filament chauffé, passe par une roue de corrélation, un banc optique, puis un filtre, qui doit être mesuré par le détecteur infrarouge [4].

On note que L'infrarouge n'est pas la seule méthode pour détecter le gaz CO. Il y a 4 capteurs

- Capteurs électrochimiques.

- Capteurs catalytiques.
- Capteurs infrarouges.
- Les capteurs du détecteur à photo-ionisations.

### **I.3.1 Problématique De L'intoxication Au Monoxyde De Carbone En Algérie**

L'empoisonnement au monoxyde de carbone (CO) est l'une des principales causes d'empoisonnement accidentel à domicile. Tous les ans, la protection civile enregistre de plus en plus d'empoisonnements et de décès dus à ce gaz. Ils sont plus fréquents durant la saison automnale-hivernale et se produisent dans des circonstances différentes.

Les statistiques établies jusqu'à ce jour par la Protection civile concernant l'intoxication par ce gaz mortel depuis le début de janvier 2022 révèlent que 38 personnes ont péri et plus de 483 ont été secourues d'une mort certaine.

La Protection civile a constaté une recrudescence des cas de décès par intoxication au CO avec un total de neuf (9) personnes décédées enregistrées à travers les wilayas de Constantine, Mascara, Médea et Souk Ahras, en lien avec l'utilisation massive des dispositifs de chauffage, suite à la vague de froid et la baisse des températures en cette période hivernale [5].

<b>Concentration en % de COHb dans le sang</b>	<b>Effets secondaires après exposition à l'inhalation de gaz</b>
0,3-0,7	Niveau normal, pas d'effets secondaires
3,5	Indice biologique d'exposition (pour une exposition à 25 ppm pendant 8 heures)
5-10	Diminution de la capacité à effectuer un effort physique intense, possibilité d'effets neurocomportementaux
10-20	Maux de tête légers, troubles visuels, fatigue, étourdissements
20-30	Maux de tête sévères, nausées, étourdissements, tachycardie
30-40	Maux de tête sévères, nausées, vomissements, confusion, perte de conscience, tachycardie, hyperpnée
40-50	Altération de la vue, de l'audition, dysfonction intellectuelle, faiblesse musculaire
50-70	Syncope, coma, convulsions, détresse cardiaque et respiratoire parfois fatale
> 66	Décès

« Tableau I.1 : L'effet de la proportion de CO gaz sur le corps humain » [6].

Ce gaz toxique "sans doute" est la cause de nombreux décès, invisible, sans odeur, se propage rapidement en se mélangeant à l'air ambiant, mais des gestes et des précautions pratiques aident à réduire les risques [5].

## **I.4 Conclusion**

L'objet de ce chapitre est de définir les systèmes embarqués, et le risque du monoxyde de carbone CO sur la vie de l'être humain. Nous avons aussi cité les différents capteurs utilisés pour la détection du gaz CO, ses avantages et ses inconvénients.

Le chapitre suivant pour présentation théorique de la chaîne de mesure proposée pour ce projet de fin d'étude.

# Chapitre II

## II.1 Introduction

Le gaz est une énergie positive qui peut être utilisée pour nous chauffer et préparer les repas. Mais son utilisation peut impliquer le risque d'accidents domestiques. Bien qu'il soit rare en raison de la qualité des nouveaux équipements, de cet équipement il y a un détecteur de gaz qui nous évite d'être impliqué dans des accidents qui peuvent conduire à la mort et s'évanouir particulièrement en Algérie chaque année il y a des décès dus à des fuites de gaz, Applicable dans plusieurs domaines, notamment :

- Maison : détecter les fuites de monoxyde de carbone et de méthane, butane (bouteille de gaz).
- Industriel : détection de vapeurs de solvants toxiques ou de gaz explosifs (hydrogène, propane) [7].

## II.2 Définition

Un détecteur est un appareil qui convertit d'une grandeur physique observée en quantité utilisable, On confond souvent (à tort) capteurs et transducteurs : les capteurs sont constitués d'au moins des transducteurs.

La différence entre un capteur et outil de mesure est qu'il n'est qu'une interface entre des processus physiques et des informations pratiques. Les appareils de mesure, en revanche, sont des appareils autonomes. Par conséquent, il dispose d'un système d'affichage ou de stockage de données. Ce n'est pas forcément le cas des capteurs.

Les capteurs sont un élément fondamental d'un système d'acquisition de données. Ces implémentations sont incluses dans le domaine de l'instrumentation [8].

## II.3 Types de captures

### II.3.1 Capteurs actifs

Fonctionnant comme un générateur, un capteur actif est fondamentalement basé sur un effet physique qui convertit la forme spécifique d'énergie de la grandeur mesurée en énergie électrique : énergie thermique, mécanique ou rayonnante. Les plus importants de ces effets sont répertoriés dans le tableau une description sommaire est donnée dans la suite du paragraphe pour préciser le mode d'application [9].

Mesurande	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Pyroélectricité Photoémission Effet photovoltaïque Effet photo électromagnétique	Charge Courant Tension Tension
Force Pression Accélération	Piézoélectricité	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position (aimant)	Effet H all	Tension

Tableau II.1 Capteurs actifs : principes physiques de base [9].

### II.3.2 Capteurs passifs

Ce sont les impédances qui déterminent un des paramètres auquel le mesurande est sensible. Dans l'expression littérale de l'impédance, on trouve des termes apparentés : d'une part sa géométrie et ses dimensions ; d'autre part les propriétés électriques du matériau : résistivité  $\rho$ , perméabilité  $\mu$ , permittivité  $\epsilon$ . Par conséquent, les changements d'impédance peuvent être dus à l'effet du mesurande : soit dans les propriétés géométriques ou dimensionnelles ; soit dans les propriétés électriques du matériau ; ou rarement dans les deux en même temps. Si le capteur comporte des éléments mobiles ou déformables, les paramètres d'impédance géométrique ou dimensionnelle pouvaient varier [9].

Dans le principal cas, chaque position de l'équipage mobile correspond à une valeur d'impédance, et la mesure de celle-ci permet de connaître la position ; c'est le principe d'un grand nombre de capteurs de position ou de déplacement : potentiomètre, inductance à noyau mobile, condensateur à armature mobile [9].

## II.4 Différents types de capteurs de gaz.

Il y'a plusieurs types de capteurs de gaz, on peut citer à titre d'exemple : des capteurs électro-catalytiques, des capteurs à semi-conducteurs, et des capteurs à infrarouges.

### II.4.1 Capteurs électro-catalytiques

Ces capteurs de la taille d'une boule, pas gros et abordables. Ce type de capteurs fonctionne en mesurant la chaleur dégagée par la combustion d'un gaz nécessaire pour entrer en contact avec un métal chauffé spécifique. Cela permet de détecter des différences de quantité de gaz, mais il est difficile d'obtenir une mesure réelle : la différence de résistance en fonction de la concentration en gaz n'est ni linéaire ni stable dans le temps. Par conséquent, il est nécessaire de calibrer plusieurs fois ces capteurs avec des échantillons de gaz de contrôle,

sinon les mesures que vous obtiendrez seront erronées. Si certaines substances volatiles présentes dans l'air sont « empoisonnées », ces capteurs peuvent perdre toute sensibilité. [10]



Figure II.1: Un capteur électro-catalytique [10]

#### II.4.2 Les capteurs à semi-conducteur

Le principe de fonctionnement des capteurs semi-conducteurs est un peu similaire au précédent : un substrat métal-oxyde-semi-conducteur est chauffé, et on mesure le contraste de résistance En cas de contact avec certains gaz. Sa principale limitation est sa très faible sélectivité : de nombreux composés organiques volatils réagissent avec lui sans pouvoir le distinguer. Par conséquent, ces capteurs sont plus adaptés pour estimer la quantité de polluants volatils dans l'air en général. [10]



Figure II.2: Le capteur à semi-conducteur [10]

### II.4.3 Les capteurs à infra-rouge

Le détecteur infrarouge utilise le principe de l'absorption sélective de la lumière d'un gaz particulier. En mesurant la quantité de lumière absorbée à une longueur d'onde particulière, la concentration d'un gaz particulier peut être complètement déterminée. C'est un outil fiable et stable sur le long terme. Il fonctionne sur ce principe. Malheureusement, il n'y a que quelques petits capteurs infrarouges pour le gaz. [10]



Figure II.3: Le capteur à infra-rouge. [10]

### II.4.4. Capteur à microbalance de quartz

C'est un matériau piézoélectrique géométrique unique (disque ou plaque rectangulaire) utilisé dans les oscillateurs. [11]

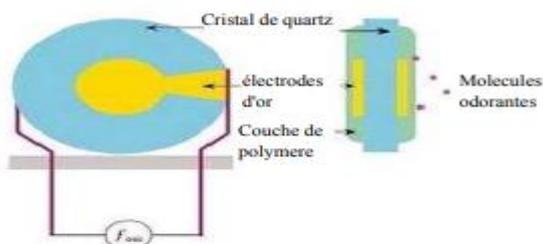


Figure II.4 : Construction d'un détecteur à microbalance de quartz [11].

Le principe de fonctionnement est basé sur la variation de la fréquence de résonance du matériau sensible au fur et à mesure que le germe est adsorbé à sa surface.

Contrairement à la sensibilité, la sélectivité des détecteurs fondée sur les oxydes métalliques semble être leur point faible. En fait, ils ne sont pas très sélectifs en ce Relatif à un gaz particulier sauf si un dopage semi-conducteur est utilisé. [11]

#### II.4.5. Les capteurs à ondes acoustiques de surface

Le principe de fonctionnement est le même que celui du capteur à microbalance à cristal de quartz. Deux paires d'électrodes interdigitées (Figure. II.5) sont placées sur le matériau piézoélectrique, l'une pour l'excitation des ondes et l'autre pour la détection post-propagation. Des couches sensibles sont déposées sur le trajet d'onde entre les deux électrodes. Il permet la détection d'adsorption de substances. Cette adsorption modifie la propagation des ondes et modifie la fréquence de l'onde. Ces capteurs sont extrêmement sensibles et se situent dans la plage ppm de l'ammoniac. [11]

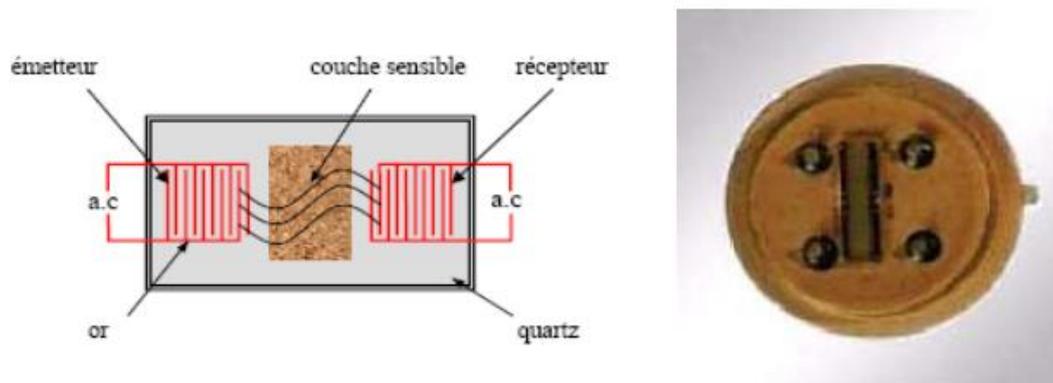


Figure II.5 ; Construction d'un capteur à ondes acoustiques de surface [11]

#### II.4.6. Capteur à transistors à effet de champs (GASFET)

Ce type de capteur de gaz à la structure classique d'un transistor à effet MOS, les zones autres que les grilles sont remplacées par des oxydes métalliques sensibles aux gaz. Interaction Changements de tension de seuil dus aux oxydes métalliques dans le gaz à détecter transistor. Le principe est d'intégrer une membrane sensible au FET sur la grille du FET. Au cours du processus d'absorption de l'accepteur d'électrons ou du gaz donneur, -Un changement de potentiel de surface est produit, modifiant ainsi la concentration en porteurs au niveau du canal, et donc à sa conductivité. La Figure II.6 montre une configuration type pour ce capteur. [11]

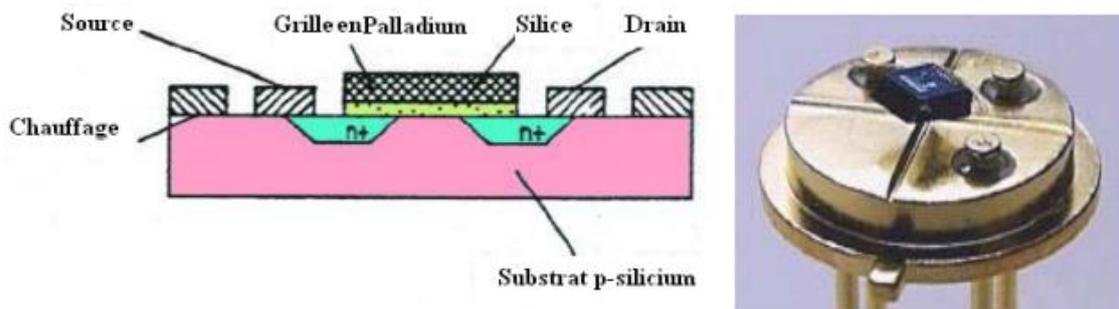


Figure II.6 : Modèle d'un type de capteur de gaz GASFET. [11]

GASFET: Gas Field Effect Transistor

### II.4.7. Capteur électrochimique

Sa structure est très simple ; elle consiste à une membrane semi-perméable qui agit comme une barrière de diffusion. Absorption du gaz qui doit être détectée. Provoque une réaction électrochimique particulière et génère de l'énergie électrique liée au transport de marchandises entre le gaz et la batterie. Cette sonde est sensible et a une bonne sélection de gaz. Toutefois La durée de vie est limitée et la mesure dépend des antécédents du détecteur [12].

### II.4.8. Capteur à fibre optique

Ces capteurs ont l'avantage unique d'utiliser la fibre optique. L'insensibilité aux interférences électromagnétiques, la résistance aux températures élevées et à la corrosion chimique et la capacité à gérer plusieurs points de mesure simultanément sont importantes pour la détection de gaz. Cependant, les fibres optiques sont intrinsèquement sensibles au gaz et non sélectives. Par conséquent, en pratique, il est nécessaire d'associer à la fibre optique une couche sensible qui adsorbe le gaz et provoque les changements physiques mesurés par la fibre optique (changement de température, changement de pression, génération de contraintes mécaniques, changement de densité). Bien entendu, cette couche sensible doit remplir un certain nombre de conditions pour que l'ensemble du capteur (fibre optique + couche sensible) fonctionne correctement. La sophistication des capteurs de gaz à fibre optique réside dans cette connexion entre les matériaux sensibles appropriés et la fibre optique [11].

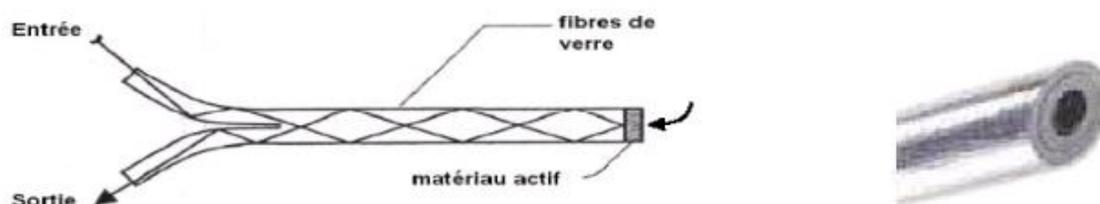


Figure II.7 : Capteurs de gaz à fibres optiques [11]

## II.4.9. Les capteurs à oxydes métalliques (MOX)

Le détecteur d'oxyde métallique utilise un matériau semi-conducteur dont la résistance électrique change en fonction de l'atmosphère gazeuse dans laquelle il est placé. Ces détecteurs de gaz ont une large gamme de capacités de détection de gaz qui couvrent les besoins du marché pour la détection de l'oxygène, des gaz inflammables et des gaz toxiques. Cependant, ces types de capteurs présentent de nombreux avantages, notamment l'intégration dans des systèmes portables. Les multiples potentialités des matériaux oxydes offrent de plus en plus d'axes de recherche et de développement pour les détecteurs de gaz afin de les améliorer, et des avantages significatifs par rapport aux autres types de capteurs qui sont contraints par certaines limites comme la complexité de fonctionnement et un prix élevé [11].

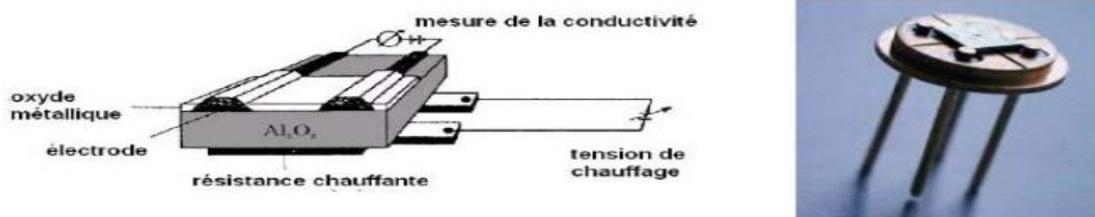


Figure II.8 : Capteur à oxyde métallique semi-conducteur [11].

### Construction d'un capteur à oxyde métallique

Les capteurs MOX fonctionnent à des températures élevées (typiquement 300°C et 500°C) et nécessitent une structure comprenant un élément chauffant à film sensible. La figure I.12 montre la première structure proposée par Taguchi (capteur Figaro série TGS8xx). Couche sensible appliquée sur un tube en céramique. Un élément chauffant en matériau poreux de 1 mm de diamètre et de 3 mm de longueur est constitué d'un fil enroulé à l'intérieur du tube. Les contacts électriques dans la couche sensible sont fixés par deux adhésifs conducteurs de part et d'autre du tube [11].

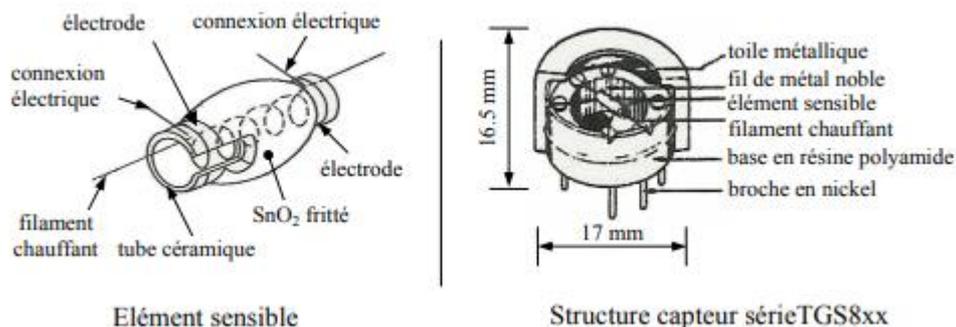


Figure II.9 : Structure d'un capteur Figaro (série TGS8xx) [12]

MOX: Métal Oxide

## Son mode de fonctionnement

La conductivité du capteur MOX est le paramètre de mesure, pour les oxydes les métaux de type n, tels que SnO<sub>2</sub>, augmentent la conductivité en présence de gaz agent réducteur, et est réduit en présence d'un gaz oxydant. Celui-ci est composé d'un groupe de Réaction physicochimique entre la pellicule sensible du capteur et les molécules de gaz adsorbé à sa surface. Par conséquent, un capteur de gaz à base : composée de ; [12]

Une pellicule sensible qui interagit avec l'atmosphère gazeuse. Électrodes pour mesures électriques de couches sensibles.

Un élément chauffant qui chauffe la couche sensible. Bien entendu, cette partie doit être isolée électriquement de l'électrode de mesure.. [7].

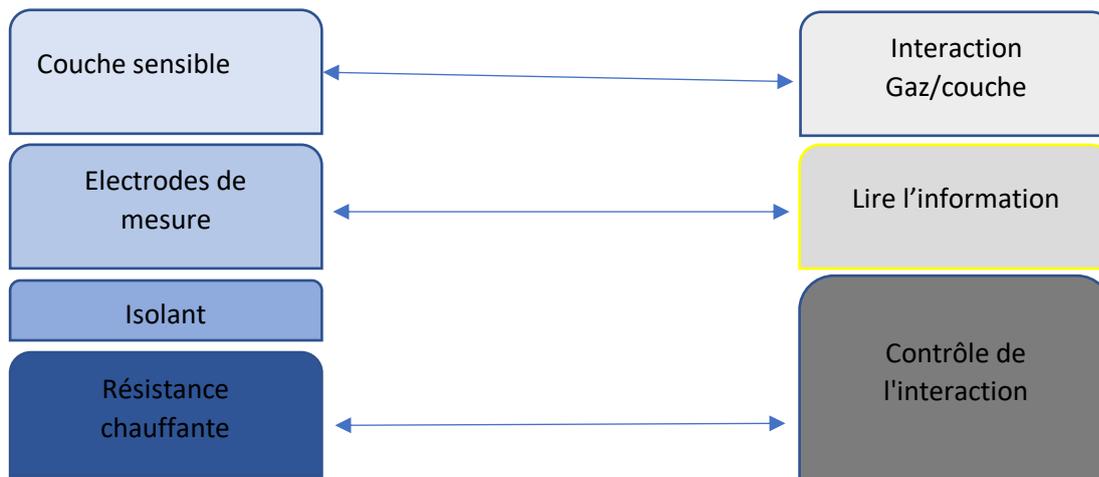


Figure II.10 : Plan opérationnel d'un capteur de gaz semi-conducteur [7].

A ce projet de fin d'étude on va utiliser le capteur de gaz semi-conducteur MQ2.

## II.4.10. Le capteur de gaz MQ

### II.4.10.1 Série de capture de gaz MQ

MQ est une série de capteurs de gaz. Il existe des capteurs pour de nombreux gaz dont certains sont listés dans le tableau suivant [13].

Capteur MQ	Gaz détectés
MQ-2	Gaz et fumée inflammable
MQ-3. MQ-303A	Alcool (éthanol)
MQ-4	Méthane (CH <sub>4</sub> )
MQ-7	Monoxyde de carbone
MO-8	Hydrogène
MQ-9	Monoxyde de carbone, méthane. GPL (propane ou butane)

Tableau II.2 : « Les capteurs de gaz MQ » [13].

#### II.4.10.2 Quel est le détecteur de gaz MQ-2.?

MQ2 est un capteur de gaz populaire dans la série de capteurs MQ. Ceci est une sonde à gaz. De type semi-conducteur à oxyde métallique (MOS), également connu sous le nom de Chemiresistors, car la détection est basée sur le changement de résistance du matériau de détection lorsque le gaz entre en contact avec lui. Les concentrations de gaz peuvent être mesurées à l'aide d'un simple réseau de diviseurs de tension. [15]



Figure II.11 : Capteur de gaz MQ-2 [14]

Le capteur de gaz MQ2 fonctionne à 5V DC et consomme environ 800mW. Il peut détecter le GPL, la fumée, l'alcool, le propane, l'hydrogène, le méthane et le monoxyde de carbone à des concentrations comprises entre 200 et 10 000 ppm (partie par million). [15]

Voici les spécifications complètes Tableau

Tension de fonctionnement	5V
Résistance de la charge	20 K $\Omega$
Résistance au chauffage	33 $\Omega$ $\pm$ 5%
Facture de chauffage	<800mw
Résistance de détection	10 K $\Omega$ – 60 K $\Omega$
Portée de la concentration	200 – 10000ppm
Temps de préchauffage	Plus de 24 heures

Tableau II.3 : « Les spécifications complètes du capteur MQ-2 » [15].

## II.5. Principaux paramètres d'un capteur de gaz à base d'oxydes métalliques

« **La sensibilité** : correspond à la variation de la grandeur mesurée, engendrée par une variation de la concentration en gaz. Elle se définit par la relation suivante :

$$S = \frac{\Delta X}{\Delta(C_{\text{gaz}})}$$

Avec X la grandeur mesurée (par exemple, R pour une résistance, U pour une tension, I pour une intensité électrique ou  $\phi$  pour une intensité lumineuse),

C : la concentration du gaz » [7].

**Auteurs : César Clotaire Chevalier.** Elaboration et caractérisation d'un réseau de nanofils de ZnO par méthode hydrothermal et son application à la détection de gaz. Paris : HAL, 8 décembre collaborateurs, 2013

### Temps de réponse :

« Il exprime le temps nécessaire que met la valeur de sortie du capteur pour se stabiliser lorsque les conditions de mesure varient brutalement d'un état à un autre. Le temps de réponse est pris entre 10% et 90% de la valeur stabilisée. Dans le cas des capteurs de gaz, cette valeur dépend essentiellement de la cinétique des réactions chimiques mises en jeu. Il est à noter qu'il est souvent très difficile d'estimer ce temps sans prendre en compte celui du banc de caractérisation qui peut être soit plus petit, soit équivalent, soit bien plus important suivant les conditions de mesure » [7].

**Auteurs : César Clotaire Chevalier.** Elaboration et caractérisation d'un réseau de nanofils de ZnO par méthode hydrothermal et son application à la détection de gaz. Paris : HAL, 8 décembre collaborateurs, 2013

**La sélectivité** Les paramètres du capteur sont également des paramètres décisifs. Cette sélectivité permettra de différencier les gaz cibles dans les mélanges gazeux. Il est défini comme le rapport des sensibilités (ou réponses relatives) entre deux gaz Même concentration de gaz :

Contrairement à la sensibilité, la sélectivité des capteurs à base d'oxyde le métal semble être leur point faible. En effet, ceux-ci semblent peu particulièrement sélectif pour un gaz, à moins de recourir à dopage des semi-conducteurs [7].

## II.6. Conclusion :

Dans ce chapitre une description succincte des différents capteurs du gaz CO était faite. Un intérêt particulier était porté sur la série des capteurs semi-conducteurs MQ. Une étude descriptive sur le capteur de gaz CO MQ2.

Il s'agit de la détection du fumé et du gaz CO qui constitue l'objectif de ce travail.

Dans le chapitre qui suit une étude d'un dispositif électronique pour la détection de ce gaz.

# Chapitre III

### III.1. Introduction

Dans ce chapitre on s'intéresse à l'étude théorique et pratique d'un système de détection du gaz CO et de ces différents blocs. Une analyse théorique de chaque partie sera présentée afin de mieux faire apparaître la fonction de chaque bloc et de sa contribution au sein du dispositif global.

Cette étude théorique est suivie par une étude pratique qui est menée par un ensemble de test sur les différents blocs constituant la chaîne de détection.

Notre dispositif comporte trois blocs. principaux : un bloc de détectabilité du fumé et de gaz CO, un bloc de coupure de gaz, et un bloc de la fenêtre ouverte.

### III.2. Chaîne de détection et fonctionnement de chaque bloc.

Le circuit proposé contient trois blocs : un bloc de détection du fumé et de gaz, un bloc d'aération et de coupure de gaz, et un bloc d'ouverture de la fenêtre (Voir schéma bloc suivant (figure.III.1)).

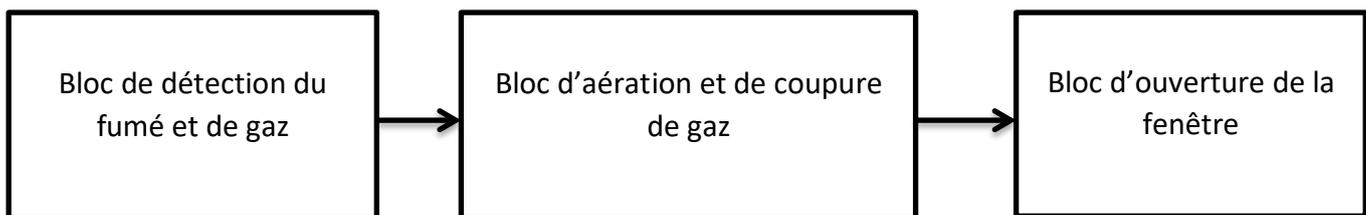


Figure III.2 : Schéma bloc globale de circuit proposé.

#### III.2.1. Bloc de détection du fumé et de gaz CO.

Cet ensemble consiste en un panneau Arduino UNO., un capteur MQ2, deux LEDs, et un bazzar.

Notre circuit a été réalisé sur une plaque d'essai.

##### III.2.1.1. Plaque d'essai

On utilise cette plaque pour insérer les éléments électroniques et les fils pour le montage et prototypage de circuits électroniques elle sert à créer et à tester des prototypes de circuits électroniques, elle est fabriquée par deux composants : un isolant et un conducteur connectant électriquement les orifices entre eux et suivant un modèle horizontal ou vertical [27].

On peut dire sur elle qu'elle a un tableau composé d'orifices électriquement connectés entre eux de façon interne [27].

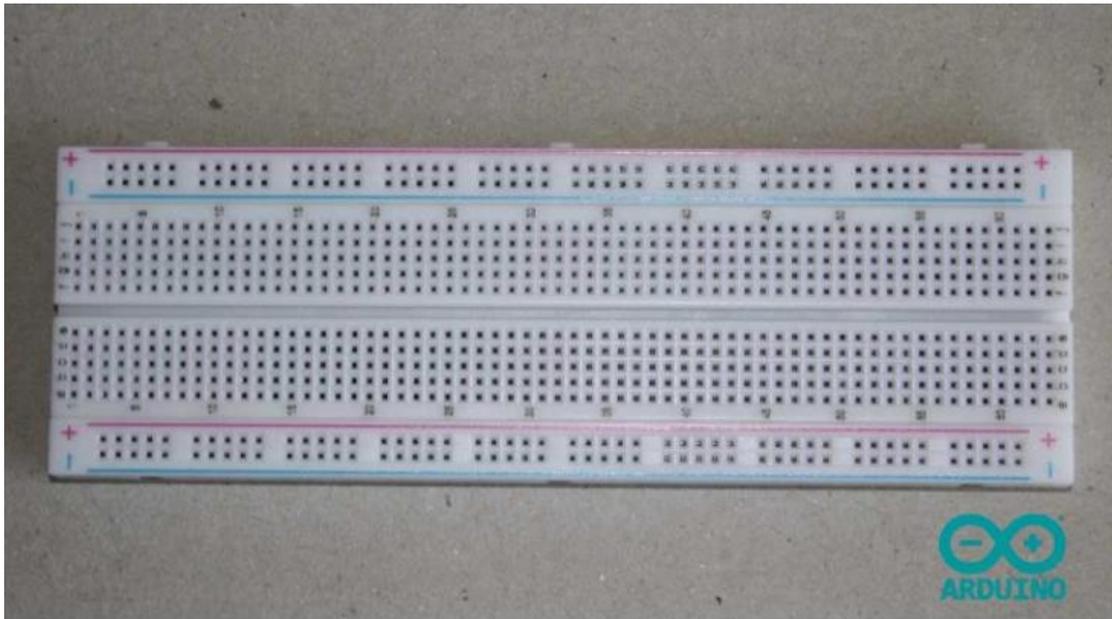


Figure III.2 : Plaque d'essai [27].

### Les avantages et les inconvénients

#### Les points forts et faibles

**Points forts :** permet de modifier les circuits rapidement et facilement à manipuler parce qu'on n'utilise pas la soudure ou plus elle a un produit commercial largement disponible sur le marché, il est donc facile d'obtenir la plaque dans les dimensions requises [27].

**Point faible :** les connexions ne sont pas sûres comme le circuit imprimé ou plus ils peuvent échouer grâce au mauvais contact, elles ne peuvent pas travailler avec les composants de grande puissance [27].

#### III.2.1.2. Carte Arduino

Ils sont des cartes électroniques programmables auxquelles on peut connecter des capteurs spéciaux et même des moteurs, des afficheurs, etc. ils permettront de créer des systèmes électroniques et contrôlés des composants mécaniques [16].

##### III.2.1.2.1. Les types de cartes Arduino

Il existe plusieurs types de cartes Arduino comme :

#### Arduino UNO

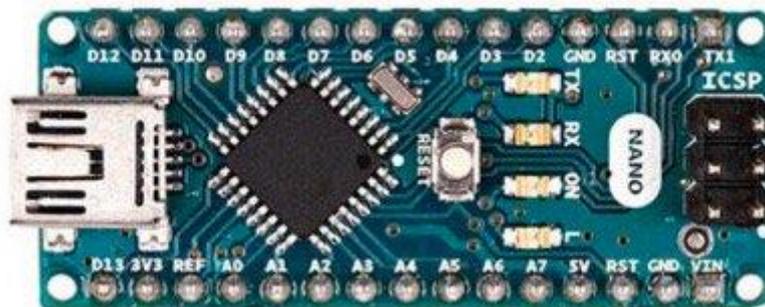
Arduino UNO est la carte la plus connue et utilisée [17].



Figure III.3 : Arduino UNO [17].

### Arduino Nano

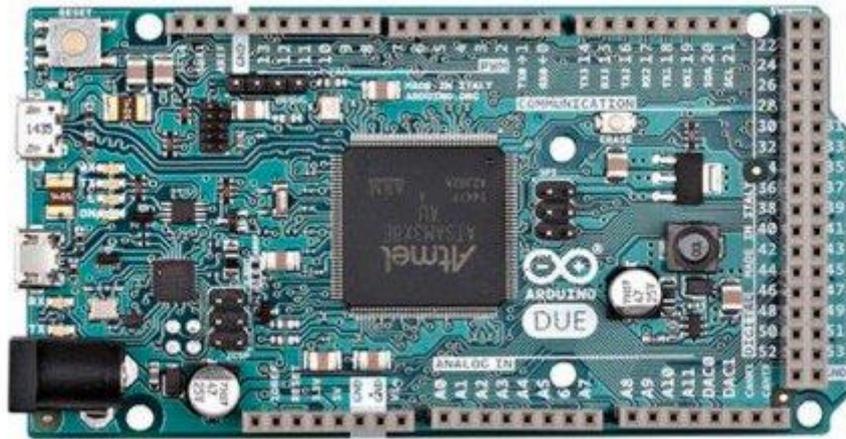
On peut dire que L'Arduino Nano est un Arduino UNO réduit, il est de taille réduit pour utiliser dans les espaces moins petits, il aussi la carte Arduino la moins cher donc Il est excellent pour les projets avec des budgets limités [17].



FigureIII.4 : Arduino Nano [17].

## Arduino Due

L'Arduino Due est la plus grande carte Arduino alimentée par un microprocesseur ARM [17].



FigureIII.5 : Arduino Due [17].

## Arduino Mega 2560

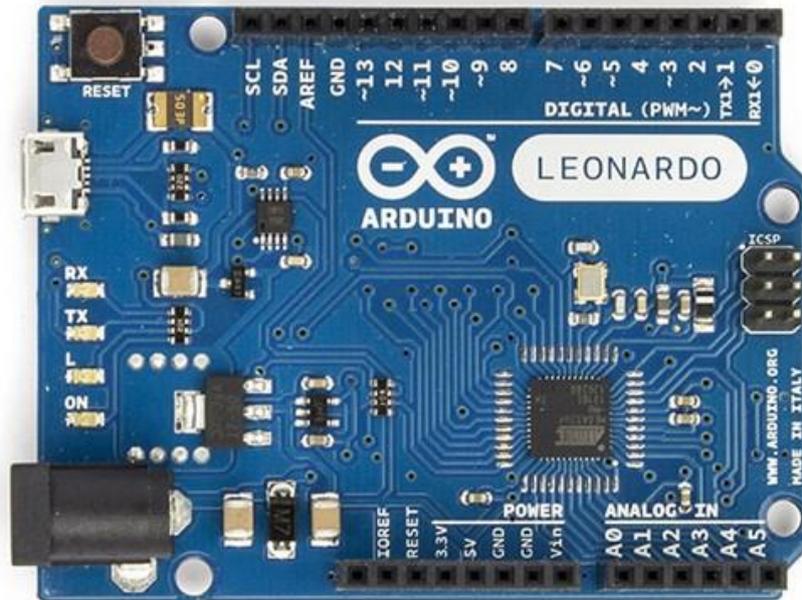
Il est un peu similaire à l'Arduino Due en ce sens qu'il dispose également de 54 E/S. Cependant, au lieu d'être alimenté par un cœur ARM, il utilise de préférence un ATmega2560 [17].



FigureIII.6 : Arduino Mega 2560 [17].

## Arduino Leonardo

La carte Arduino LEONARDO est basée sur un ATmega32u4 cadencé à 16 MHz permettant l'administration du prestance USB par un seul et processeur [17].



FigureIII.7 : Arduino Leonardo [17].

Dans notre projet on va utiliser la carte Arduino UNO

### III.2.1.2.2. Zoom sur la carte Arduino UNO

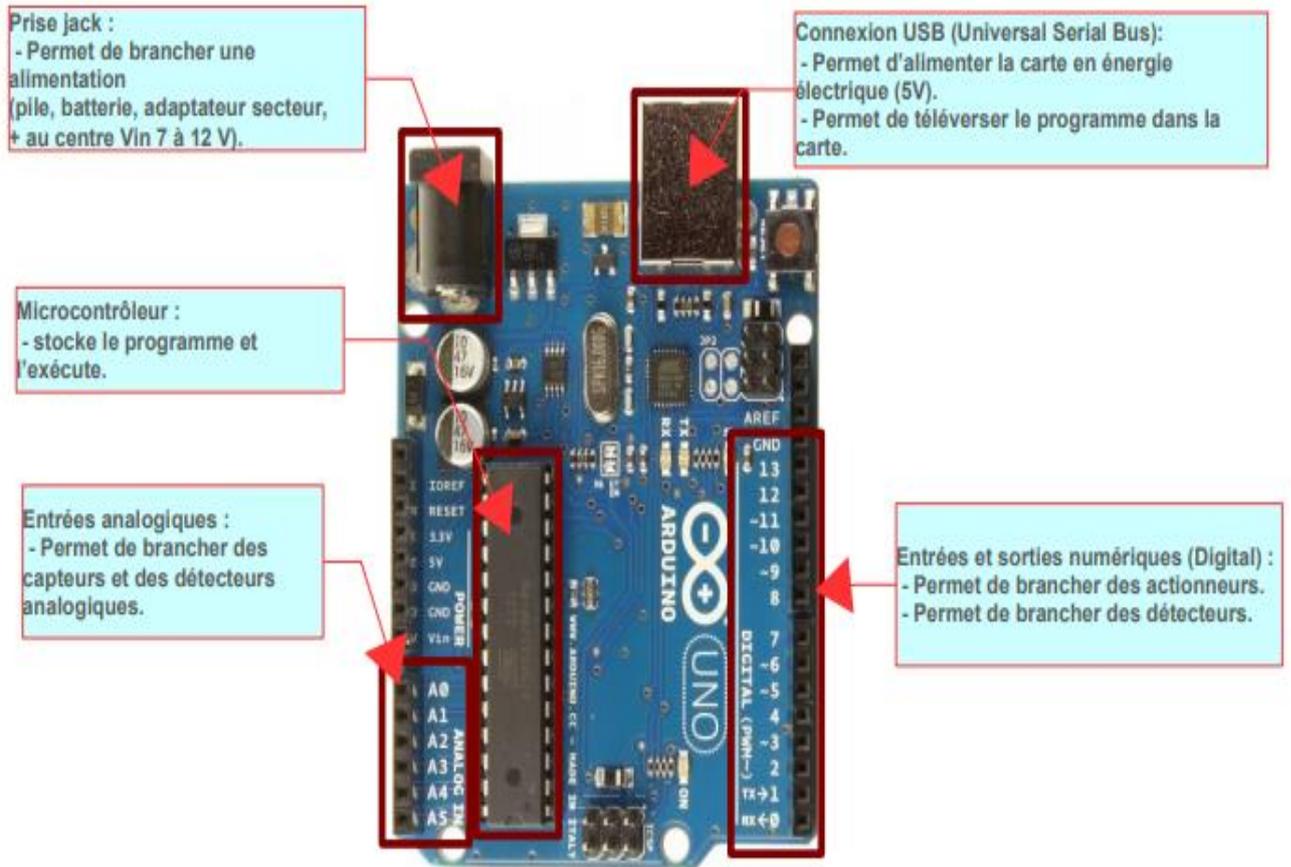


Figure III.8 : zoom sur la carte Arduino [18].

### II. 2.1.2.3. L'environnement de la programmation (IDE ARDUINO)

Est une application multiplateforme Il est utilisé pour écrire et télécharger des programmes sur des cartes compatibles Arduino [19].

IDE : L'environnement de développement intégré Arduino

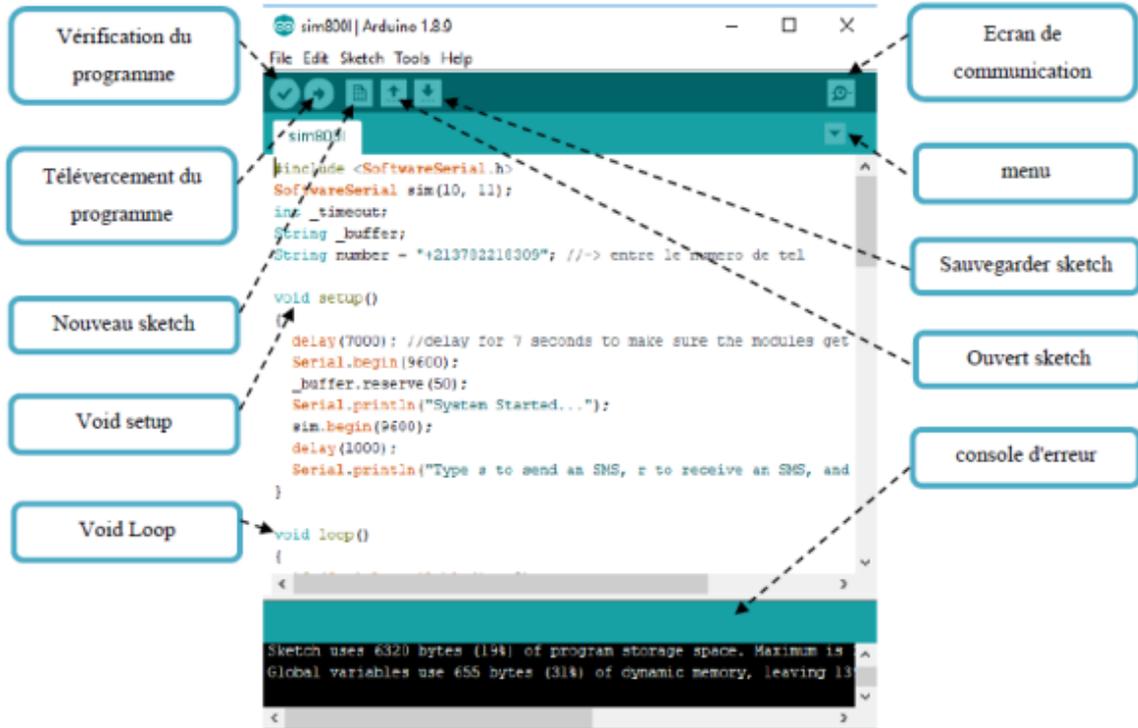


Figure III.9 : Structure générale d'IDE Arduino [20].

### III.2.1.3. Capteur MQ-2

MQ2 est un capteur de gaz fréquemment utilisé, il est de type Metal Oxide Semi-conducteur (MOS) sa détection est basée sur le changement de résistance du matériau lorsque le gaz entre en contact avec le matériau. Avec un simple réseau diviseur de tension, les concentrations de gaz peuvent être détectées [21].



Figure III.10 : Le capteur MQ-2 [21].

Le capteur de gaz MQ2 fonctionne sur 5V DC et consomme environ 800mW. Il peut détecter les concentrations de GPL, de fumée, d'alcool, de propane, d'hydrogène, de méthane et de monoxyde de carbone entre 200 et 10 000 ppm [21].



Figure III.11 : Structure interne de capture MQ-2 [23].

### III.2.1.3.1. Structure intérieure du détecteur de gaz MQ2

Il a enveloppé on deux couches de fines mailles en acier inoxydable utilisé comme anti-explosion. Pour ne permet pas l'élément chauffant à l'intérieur du capteur a explosé à cause des gaz combustibles [15].



Figure III.12 : La structure extérieure [15]

Le capteur est protégé par un filtre à particules afin que seules les particules de gaz puissent traverser la chambre et le maillage est fixé au reste du corps par des anneaux clips

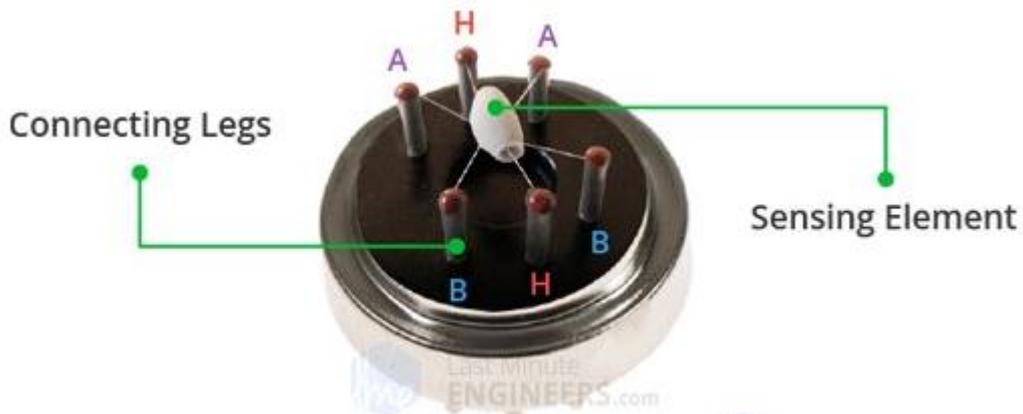


Figure III.13 : La structure intérieure [15]

Voici à quoi ressemble le capteur avec le maillage extérieur retiré. La construction en forme d'étoile contient un élément capteur dépassant de la base en bakélite et six broches de connexion. Sur les six fils (H), deux sont utilisés comme éléments thermosensibles et sont reliés par une bobine de nichrome, un alliage conducteur bien connu [15].

Les quatre autres conducteurs (A et B) impliqués dans le signal de sortie sont reliés par un fil de platine. Ces fils sont connectés au corps de l'élément capteur et modifient légèrement le courant traversant l'élément capteur [15].

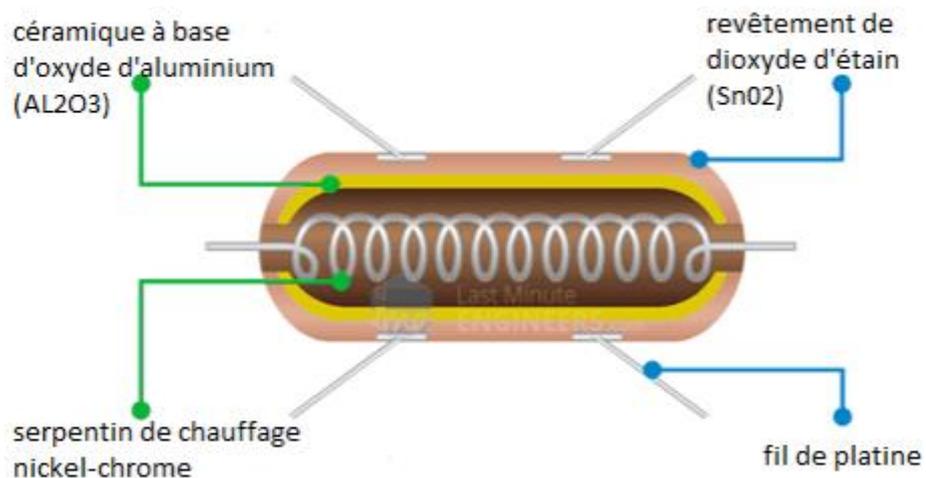


Figure III.14 : Structure de l'élément de détection [15]

L'élément sensible tubulaire est en céramique à base d'alumine (oxyde d'aluminium  $AL_2O_3$ ) et recouvert de dioxyde d'étain ( $SnO_2$ ). Le dioxyde d'étain est le matériau le plus important sensible aux gaz combustibles. Cependant, le substrat en céramique augmente

simplement l'efficacité du chauffage et garantit que la zone du capteur est toujours chauffée à la température de fonctionnement. [15]

### III.2.1.3.2. Méthode de travail du MQ

La tension de sortie analogique donné par le capteur est changée avec changement de la concentration de fumée/gaz. Il existe une relation directe entre la concentration de gaz et la tension de sortie, car plus la première est élevée, plus la seconde est élevée et vice versa [15].

Le dessin ci-dessous explique cette relation

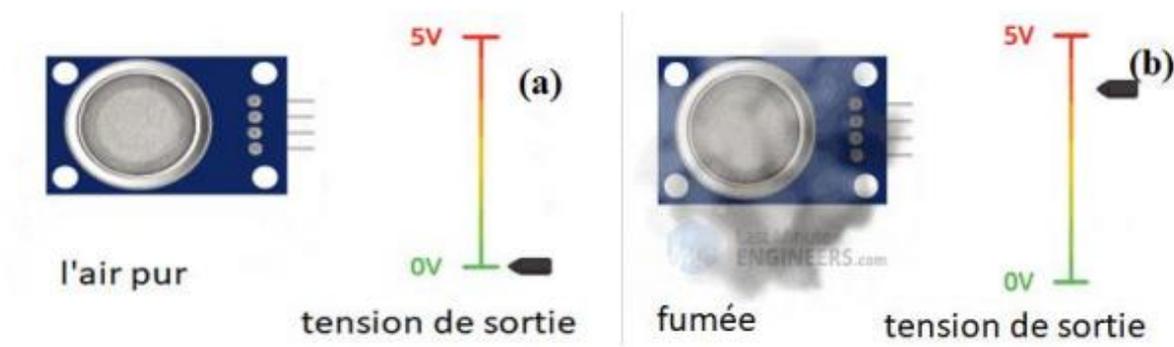


Figure III.15 : Fonctionnement du MQ. a) pas de gaz. b) il y'a de gaz [15].

Le détecteur MQ3 a quatre broches : une broche de sortie analogique et une autre numérique qui est liée à la sortie du comparateur.

La sortie numérique est normalement en état 'haut' en absence de gaz. Lorsqu'il y a du gaz dans l'environnement du capteur, la sortie du capteur oscille de 5v (1) à 0v (0). Cette sortie doit être calibrée à l'aide d'une résistance variable de 10K.

Plus la quantité du gaz est élevée, plus la résistance est faible. Au lieu de mesurer la résistance directement, nous mesurons le niveau de tension au point entre le capteur et la résistance de charge R2. La tension de sortie est ensuite introduite directement dans l'entrée du LM393 comparateur.

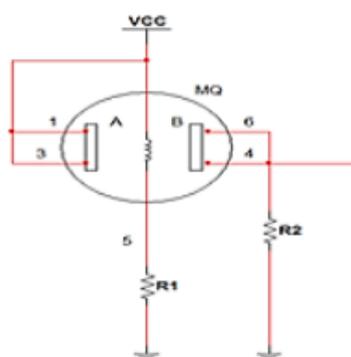


Figure III.16 : Schéma électrique du capteur MQ3

Le LM393 est un circuit de comparaison. Il compare deux signaux de tension et détermine le résultat de la comparaison indiquée par la tension de sortie. Le comparateur donne une sortie élevée lorsque la tension dans l'entrée non-inverseuse (tension de référence) (+) est supérieure à la tension de l'entrée inverseuse (-), et il donne une sortie basse lorsque la tension à l'entrée inverseuse (-) est supérieure ou égale à la tension de l'entrée non-inverseuse (+).

La sortie du comparateur est envoyée au microcontrôleur pour l'interprétation et les actions à réaliser via la broche AOUT et DOUT.

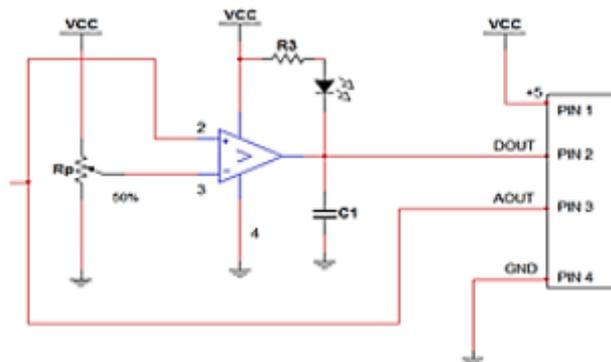


Figure III. 17 : Schéma électrique du circuit comparateur LM393

### III.2.1.3.3. Étalonnage du capteur de gaz MQ2

Pour calibrer le capteur de gaz, nous pouvons le mettre près de la fumée / du gaz que nous voulons détecter, Nous continuons à actionner le potentiomètre jusqu'à ce que la LED rouge de l'appareil commence à s'allumer, on nous Tourne la vis dans le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter la sensibilité et vice versa [15].

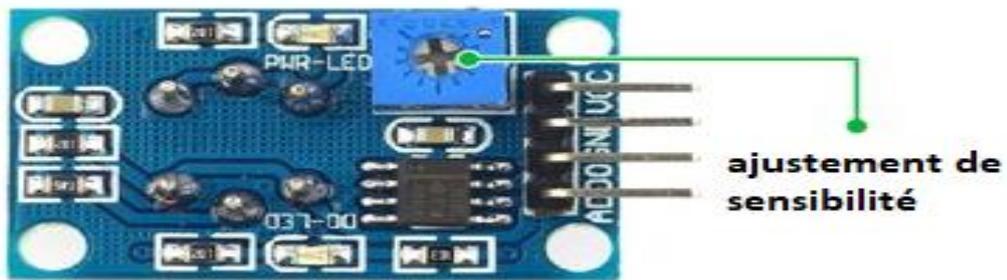


Figure III.18 : Etalonnage du capteur de gaz MQ2 [15].

Le comparateur du module vérifie en permanence si la broche analogique (A0) a atteint le seuil fixé par le potentiomètre. Lorsqu'il dépasse le seuil, la broche numérique (D0) passe à l'état haut et la LED de signal s'allume. Cette configuration est utile lorsque vous devez déclencher des actions lorsque certains seuils sont atteints [15].

#### III.2.1.4. Diode électroluminescente (LED)

Est un dispositif optoélectronique utilise pour émettre la lumière quand il a d'électricité [24].

Dans notre projet en vas utiliser deux diodes : une diode verte pour indiquer qu'il n'y a pas de gaz ou de fumé, et une diode rouge pour indiquer que le système à détecter le gaz ou du fumé [24].



Figure III.19 : Deux LEDs : rouge et verte [25].

#### III.2.1.4. Buzzer

Le buzzer est un composant électronique sa tâche est de déclencher une alerte sonore lorsqu'il reçoit une commande de l'Arduino.

L'un des objectifs de notre projet est de lancer une alerte sonore lorsqu'il y a du gaz ou de la fumée dans l'entourage.



Figure III.20 : Buzzer [26].

#### III.2.1.5. Câblage de LED et Buzzer et MQ-2 avec le logiciel Tinkercad

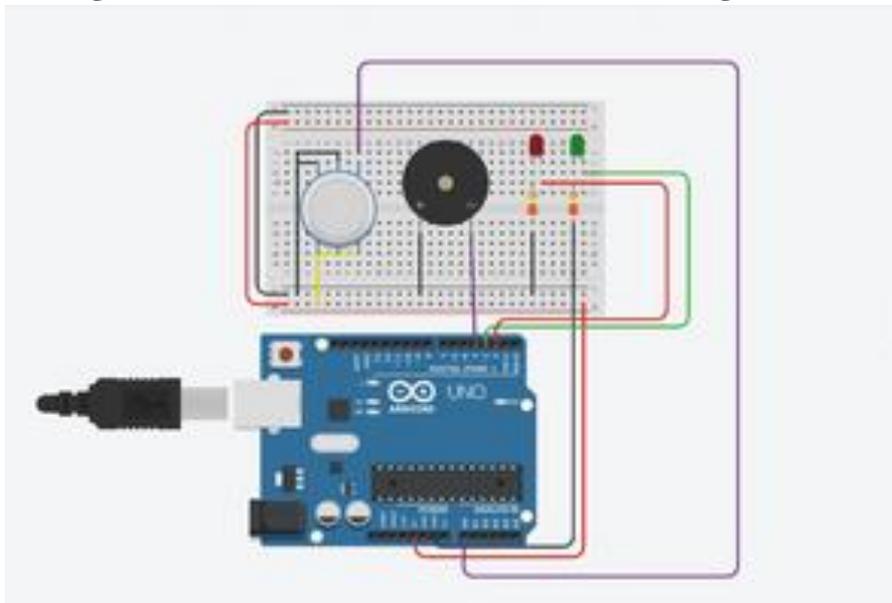


Figure III.21 : Simulation avec Tinkercad [28].

### III.3. Bloc d'aération et de coupure de gaz

### III.3.1. Aération

Les ventilateurs sont des outils électroniques ils sont composés d'un moteur et un fan ils sont utilisés généralement pour le refroidissement.

Dans notre maquet on a utilisé un ventilateur d'un ordinateur pour l'aération.



Figure III.22 : Ventilateur utiliser dans le maquet [28].

### III.3.2. Electrovanne

L'électrovanne est un outil de robinetterie utiliser pour ferme ou ouvre un circuit par l'envoi d'une commande sous forme d'un courant électrique [29].

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, on a utilisé l'électrovanne pour Copé le débit de gaz dans la conduite.



Figure III.23 : Électrovanne utiliser dans le maquet [28].

### III.4. Bloc d'ouverture de la fenêtre.

#### III.4.1. Carte des relais

Cette carte est utilisée pour commander simplement des appareils à courants élevés et elle a très facile à utiliser avec Arduino [30].

Dans notre projet, on a choisi un module de relais à 4 canaux parce que on va contrôler le ventilateur, l'électrovanne, et la fenêtre ouverte (lecteur CD).



Figure III.24 : Carte relais 5 V 4 canaux SMTRELAY04 [30].

#### Principe de fonctionnement

Les modules multicanaux, comme son nom l'indique, possèdent plusieurs relais ce qui permet simplement de piloter différents appareils électriques.

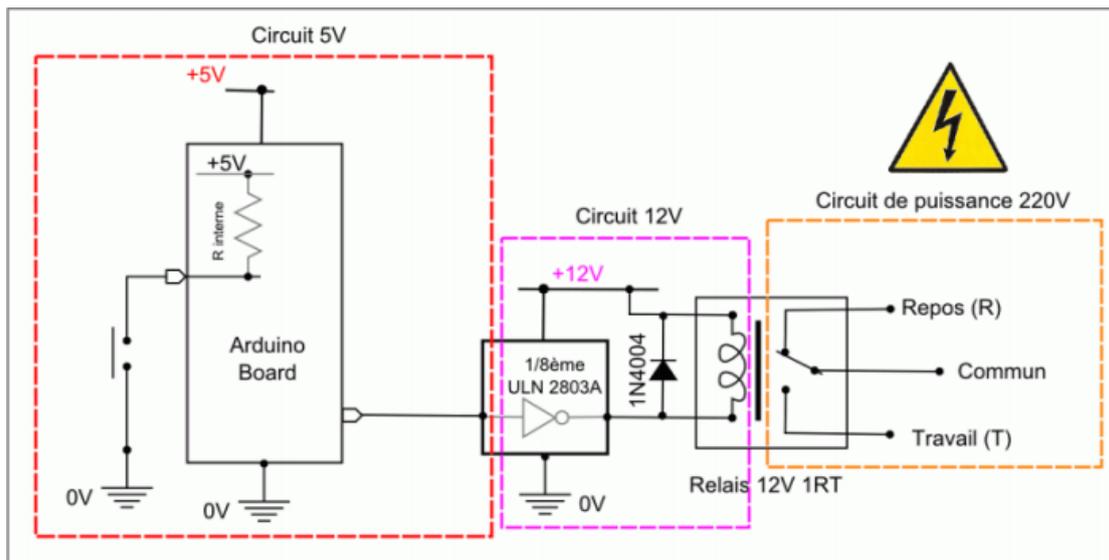


Figure III.25 : Principe de fonctionnement du relais

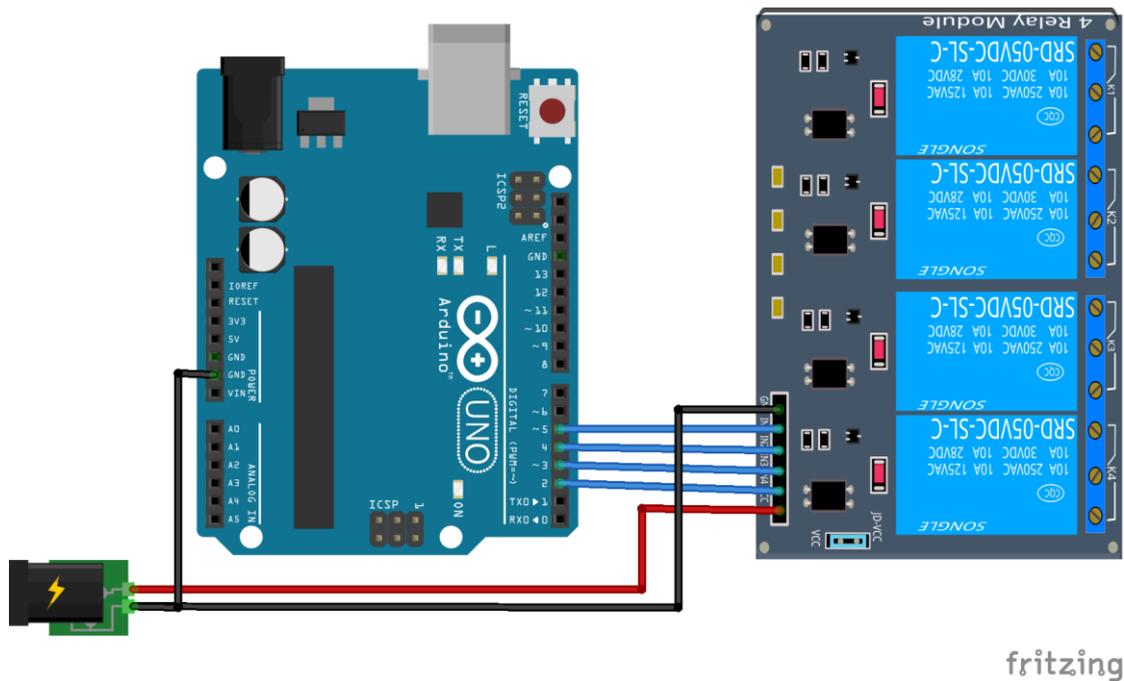


Figure III.26 : Branchement du relais 4 canaux à la carte Arduino UNO.

Le module relais 4 canaux présente une rangée de broches en entrée. La broche GND se branche à la masse de l'alimentation et à la masse du microcontrôleur. Si les masses ne sont pas reliées correctement, les signaux de commande ne seront pas pris en compte. La broche VCC se branche au 5V de l'alimentation et les broches INx sont reliées aux sorties du microcontrôleur.

Une fois le module relais branché et le code téléversé, les LEDs et les relais devraient s'activer et se désactiver les uns à la suite des autres.

### III.4.2. Le module L298N

Le module L298N est une carte de développement basé sur le circuit intégré L298N permettant de contrôler un moteur à courant continu ou d'un moteur pas-à-pas, il à trouver comme un module pratique utilisable avec plusieurs performances [31].

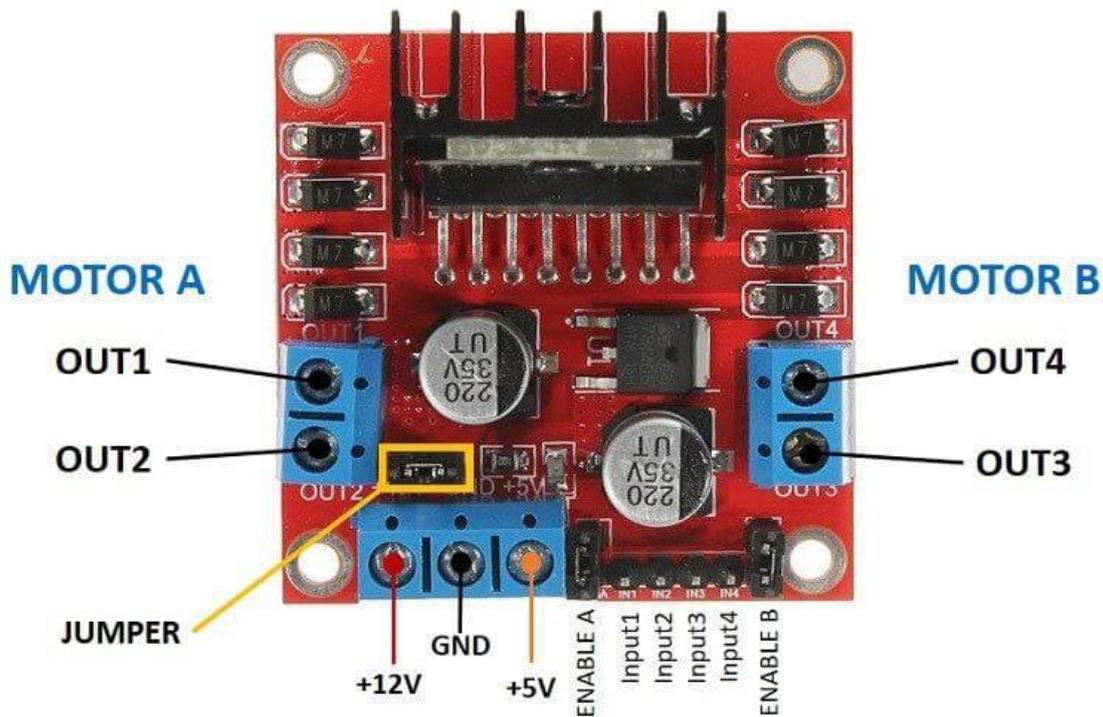


Figure III.27 : Le module L298N [32].

### Principe de fonctionnement

« Le circuit L298N est un double pont en H permettant de modifier la direction et l'intensité de la tension aux bornes de deux charges électriques.

Les caractéristiques du module L298N sont :

- Pilotage de moteur de tension nominale de 5 à 35V
- 2A courant maximum (peak)
- Tension 5V acceptées sur les broches Input. » [31].

**Site internet :** <https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-module-l298n-avec-arduino/>.

### Schéma de câblage :

« Le module L298N est alimenté par une source de tension externe. Chaque demi-pont nécessite 3 broches de sortie d'un microcontrôleur.

- GND masse du circuit intégré relié à la masse du microcontrôleur et à la masse de l'alimentation
- ENA enable du moteur M1 reliée à la broche 2

- Input1 direction avant du moteur M1 reliée à la broche 3
- Input2 direction arrière du moteur M1 reliée à la broche 5
- ENB enable du moteur M2 reliée à la broche 4
- Input3 direction avant du moteur M2 reliée à la broche 6
- Input4 direction arrière du moteur M2 reliée à la broche 9 » [31].

Site internet : <https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-module-l298n-avec-arduino/>.

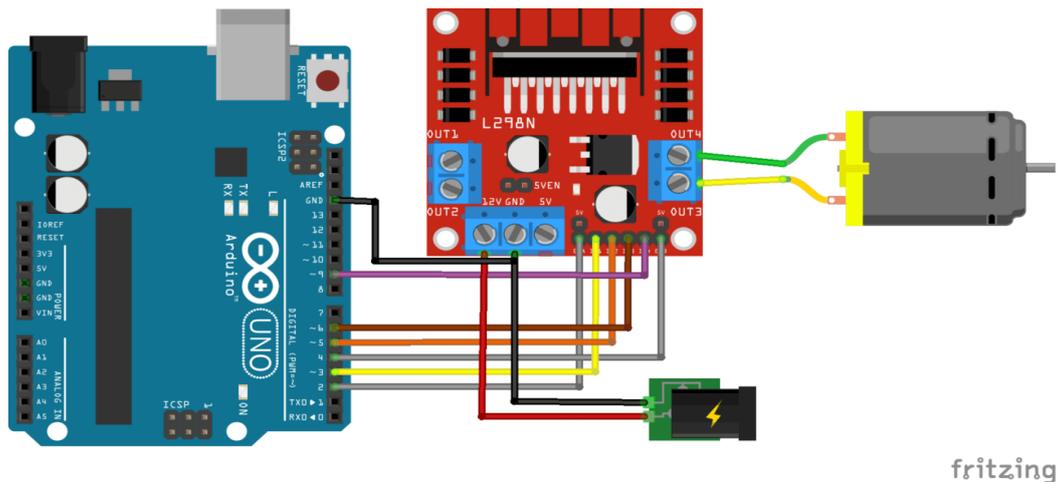


Figure III.28 : Branchement du module L298N à la carte Arduino UNO.

Sur certains modèles de ce module, il est possible de rajouter deux jumpers pour connecter directement les broches enable (ENA et ENB) au 5V. Ceci permet de toujours activer le pont en H et d'économiser deux sorties du microcontrôleur

### III.4.3 lecteur de CD-Rom

Est un périphérique informatique utiliser pour lire les CD-Rom. On va l'utiliser dans notre maquet pour simuler une fenêtre ouverte.



Figure III.29 : Lecteur CD-Rom [28].

### **III.5 Circuit final**

La figure III.30 ci-dessous montre le circuit électrique de dispositif sur la plaque d'essai.

Les résultats finals après la mise en œuvre de notre dispositif montrent que tous les blocs proposés fonctionnent ; en effet le lecteur CD s'ouvre si le capteur MQ2 détecte le gaz, et il se ferme automatiquement après un certain temps (après la disparition du gaz). D'autre part l'électrovanne se ferme aussi automatiquement après la détection du gaz, en même temps le ventilateur commence à fonctionner.

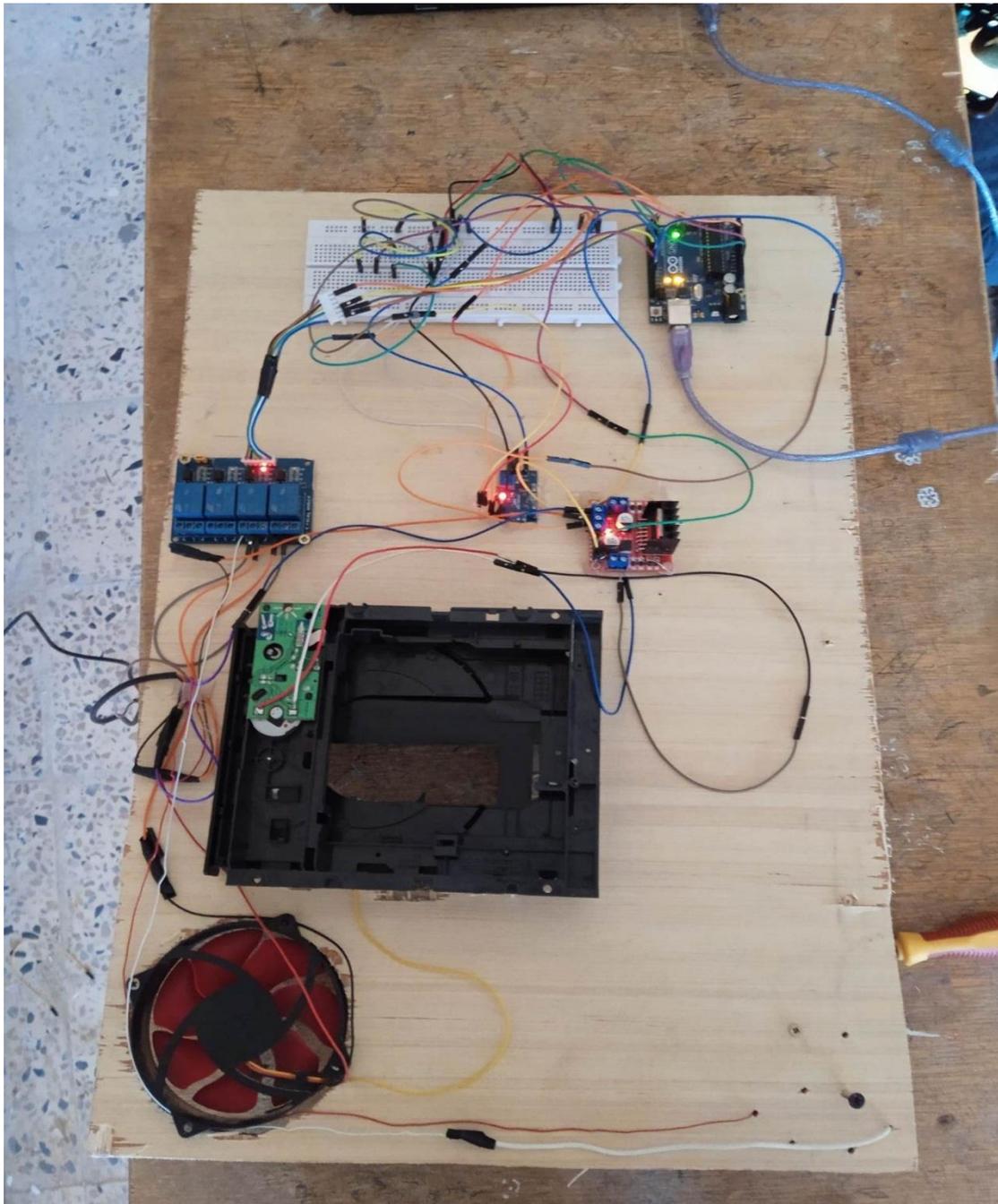


Figure III.30 : circuit final sur la plaque d'essai [28].

### III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, une description des circuits électrique de chaque bloc a été faite.

Le circuit électrique global du dispositif réalisé est donné sur la figure III.30 ci-dessus.

Chaque bloc est mené d'un point de test pour comprendre le principe de fonctionnement de dispositif proposé.

## Conclusion générale

La sécurité humaine du gaz CO est très importante dans notre vie. Pour cette raison, on trouve différents systèmes de sécurité qui sont mise en place dans les environnements intérieurs et des établissements industriels et éducatifs.

Le développement de la technologie dans le domaine de la détection du gaz est devenu très important afin de protéger le public. Pour cette raison nous avons réalisé un système de détection de gaz CO, et qui nous permis aussi d'accélérer l'évacuation, et empêcher la fuite du gaz.

Notre dispositif réalisé peut être installer dans nos maisons, dans les usines, les ateliers, et les établissements. Il se compose de plusieurs composants, dont le but est de recueillir des informations et de les traiter dans un environnement dynamique. Notre système nous permet d'effectuer des actions préventives et opérationnelles si nécessaire.

Notre mémoire est réparti sur trois chapitres. Dans le premier chapitre nous avons présenté des notions de bases sur les différents capteurs de gaz, et l'intoxication par le monoxyde de carbone (CO).

Dans le deuxième chapitre nous avons représenté une étude théorique approfondie du dispositif réalisé. Dans ce chapitre nous avons procédé à la description des différents capteurs et composants utilisés dans ce projet de fin d'étude (PFE), avec les principes physiques de leur mise en œuvre.

La réalisation pratique des circuits et les résultats obtenus ont été présentés dans le troisième chapitre.

En perspective et pour améliorer notre dispositif, la réalisation d'une fenêtre réelle est recommandée au lieu d'utiliser un prototype en employant un lecteur CD.

## Ressources bibliographiques

- [1]. <https://www.technologuepro.com/cours-systemes-embarques/cours-systemes-embarques-introduction.htm>.
- [2]. <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Systeme-embarque.html>.
- [3]. Ministères de l'enseignement supérieur Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Gabès TAYARI LASSAAD MAITRE TECHNOLOGUE A ISET GABES E-mail : [lassaad.tayari@isetn.rnu.tn](mailto:lassaad.tayari@isetn.rnu.tn).
- [4]. [https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/monoxyde\\_de\\_carbone\\_co.php4](https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/monoxyde_de_carbone_co.php4).
- [5]. <https://www.aps.dz/societe/134863-intoxication-au-monoxyde-de-carbone-38-deces-depuis-le-debut-du-mois-de-janvier-2022#:~:text=ALGER%2D%20Un%20total%20de%2038,consignes%20de%20s%C3%A9curit%C3%A9%20obligatoires%20en>
- [6]. <https://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/sante-environnementale/monoxyde-de-carbone/intoxication-au-monoxyde-de-carbone/>
- [7]. César Clotaire Chevalier. Elaboration et caractérisation d'un réseau de nanofils de ZnO par méthode hydrothermal et son application à la détection de gaz. Paris : HAL, 8 décembre collaborateurs, 2013
- [8]. <https://www.techno-science.net/definition/3690.html>.
- [9]. G. Asch. Les capteurs en instrumentation industrielle. Paris : Dunod, 1999.
- [10]. <https://www.yoctopuce.com/FR/article/les-capteurs-de-gaz>.
- [11]. BAHA Hakim. Conception d'un capteur de gaz. Batna : Université Hadj Lakhdar Batna, 2011/2012.
- [12]. Kieu An NGO. ETUDE D'UN SYSTEME MULTICAPTEUR POUR LA DETECTION SELECTIVE DES GAZ. THESE de doctorat Soutenue à Marseille, le 01 juin 2006.
- [13]. Tcro Karvinen, Kimmo Karvinen and Ville Valtokari published by Maker Media Inc. Les capteurs pour Arduino et Raspberry Pi. Dunod, 2014 pour la version française
- [14]. [https://www.google.com/search?q=+capteur+mq-2&sxsrf=APq-WBuzbC19V1j-SPGZU1SdrQSphGTUWw:1650647689805&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjitszplaj3AhVIg\\_0HHaQeAlkQ\\_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgcr=\\_PMoUBJtlmRRqM](https://www.google.com/search?q=+capteur+mq-2&sxsrf=APq-WBuzbC19V1j-SPGZU1SdrQSphGTUWw:1650647689805&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjitszplaj3AhVIg_0HHaQeAlkQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1366&bih=625&dpr=1#imgcr=_PMoUBJtlmRRqM)
- [15]. [En ligne] <https://lastminuteengineers.com/mq2-gas-senser-arduino-tutorial/>.
- [16]. <https://www.positron-libre.com/electronique/arduino/arduino.php>.
- [17]. <http://domotics.fr/index.php/2019/02/25/les-differentes-cartes-arduino/>.
- [18]. [http://www.techmania.fr/arduino/Decouverte\\_arduino.pdf](http://www.techmania.fr/arduino/Decouverte_arduino.pdf).

- [19].<https://www.definitions.net/definition/arduino+ide>.
- [20]. Ayad Benyounes, Tari Oussama. Simulation et réalisation d'un circuit détecteur de gaz interfacé à la carte Arduino. Tlemcen : Université Aboubakr Belkaïd, Faculté de Technologie, 2020.
- [21].<https://lastminuteengineers.com/mq2-gas-senser-arduino-tutorial/>.
- [22].<https://www.gotronic.fr/art-capteur-de-gaz-mq2-31522.htm>.
- [23].<https://arduino-france.site/mq2-arduino/>.
- [24].[https://fr.wikipedia.org/wiki/Diode\\_%C3%A9lectroluminescente](https://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_%C3%A9lectroluminescente).
- [25].[https://www.123rf.com/photo\\_5173280\\_green-red-led-close-up-shot.html](https://www.123rf.com/photo_5173280_green-red-led-close-up-shot.html).
- [26].<https://ar.aliexpress.com/item/4000595848097.html?gatewayAdapt=glo2ara>.
- [27].<https://ledisrupteurdimensionnel.com/arduino/plaque-dessai-ou-breadboard-protoboard/>.
- [28]. Appareille photos personnelle.
- [29].<https://www.tecofi.fr/categorie/electrovannes/>.
- [30].<https://www.conrad.fr/p/carte-relais-5-v-4-canaux-smtrelay04-095841>.
- [31]. <https://www.aranacorp.com/fr/utilisation-dun-module-l298n-avec-arduino/>.

## Résumé

L'objectif de ce mémoire est de concevoir et de construire un système qui détecte et interagit avec le gaz interfacé avec une carte Arduino UNO.

En cas de fuite de gaz, la carte Arduino capte un signal via le capteur MQ-2, puis allume l'alarme sonore et le ventilateur, ouvre la fenêtre et ferme complètement l'électrovanne et gardez-le fermé même s'il n'y a plus de gaz.

Mots clés : capteur de gaz, Arduino, protection contre les fuites de gaz.

## Abstract

The objective of this thesis is to design and build a system that detects and interacts with gas interfaced with an Arduino UNO board.

In the case of a gas leak, the Arduino board picks up a signal through the MQ-2 sensor, then turns on the audible alarm and the fan, opens the window and closes the solenoid valve completely and keep it closed even if it doesn't. there is more gas.

Tags: gas sensor, Arduino, gas leak protection.

## المخلص

الهدف من هذه المذكرة هو تصميم و انشاء نظام يكتشف الغاز و يتفاعل معه يعمل بلوحة تحكم أردوينو. في حالة تسرب الغاز تقوم لوحة الأردوينو بالنقاط اشارة عن طريق المستشعر MQ-2 ثم تقوم بعدها بتشغيل الانذار الصوتي و المروحة و فتح النافذة و الاغلاق الكلي للصمام الكهربائي وابقائه مغلقا حتى لو اختفى الغاز. كلمات مفتاحية: مستشعر غاز, أردوينو, حماية من تسرب الغاز.

