

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département d'Electronique*

# ***Rapport***

**Projet de Fin de Cycle (PFC)**

**MCIL 3**

Filière : Electronique

Spécialité : Industries Electronique

Par

- **SEDIRA Rafik**
- **DERRADJ Dhiya eddine**
- **BELEFAR Imadeddine**

*Intitulé*

***Réalisation d'un boîtier de capteurs***

*Présenté le : .....*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>Dr N. Bioud</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mme. F. Hammadeche</i>	<i>MAA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Mme A. LAOUAMRI</i>	<i>MAA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>

*Année Universitaire 2022/2023*

# Remerciements

Nous remercions d'abord Dieu qui nous a donné du courage, la patience, la santé et la volonté pour venir à bout de ce travail, et que nous a permis d'acquérir ce savoir et d'enrichir nos connaissances.

Nos remerciements les plus vifs à toutes les personnes ayant pris part de près ou de loin à notre formation, à tous ceux qui nous ont un jour donné un conseil et à tous ceux qui nous ont guidé sur la voie du savoir. Particulièrement, notre encadreur **Mme. Laouamri Asma** pour son aide, ses conseils judicieux, sa disponibilité sans faille, son amour de travail, le suivi et l'intérêt qu'elle nous a apportée tout au long de notre travail.

Nous adressons de chaleureux remerciements aux membres de jury

Qui ont aimablement accepté de juger notre travail et de lui accorder l'attention nécessaire.

# Dédicaces

*Cher papa, chère maman*

Ceux qui sont toujours proches de mon cœur, ceux qui m'ont appris le vrai sens de la vie, ceux qui n'ont jamais hésité à m'encourager, ceux qui n'ont ménagé aucun effort pour mon bien, ceux qui m'ont soutenu tout au long de ma vie scolaire, ceux qui se sont sacrifiés pour ma réussite, ceux qui ont fait de moi ce Je suis aujourd'hui.

Que Dieu vous protège et vous bénisse, mes chers parents.

**A tous les professeurs qui m'ont enseigné tout au long de ma vie  
scolaire**

**A tous ceux qui m'aiment,**

**A tous ceux que j'aime,**

**A toute ma famille et tous mes amis,**

**Je vous dédie ce modeste travail.**

# Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé .....	1
Introduction générale.....	2
<b>Partie 1 : Etude théorique</b>	
<b>I. Notions de base sur les Capteurs.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1 Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Définition .....</b>	<b>3</b>
<b>I.3 Principe de fonctionnement d'un capteur .....</b>	<b>4</b>
<b>I.4 Capteur de température.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.1 Type de capteurs de température : .....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.2 Domaine d'utilisation .....</b>	<b>8</b>
<b>I.5 Capteur d'humidité .....</b>	<b>9</b>
<b>I.5.1 Généralités .....</b>	<b>9</b>
<b>I.5.2 Définition de l'humidité relative.....</b>	<b>9</b>
<b>I.5.3 Définition de l'humidité absolue.....</b>	<b>10</b>
<b>I.5.4 Principe de fonctionnement de capteur d'humidité .....</b>	<b>10</b>
<b>I.5.5 Domaine d'application .....</b>	<b>10</b>
<b>I.6 Capteur de gaz CO2 .....</b>	<b>11</b>
<b>I.6.1 Généralités .....</b>	<b>11</b>
<b>I.6.2 Principe de fonctionnement d'un capteur de CO2 à infrarouge : .....</b>	<b>11</b>
<b>I.6.3 Caractéristiques techniques .....</b>	<b>12</b>
<b>II. Présentation des composants utilisés .....</b>	<b>13</b>
<b>II.1 Carte Arduino.....</b>	<b>13</b>
<b>II.1.1 Constitution de la carte Arduino Uno .....</b>	<b>13</b>
<b>II.1.2 Description d'IDE Arduino .....</b>	<b>14</b>
<b>II.2 Capteur de gaz MQ-135.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.1 Description .....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.2 Principe de fonctionnement .....</b>	<b>16</b>
<b>II.2.3 Caractéristique technique du MQ135 .....</b>	<b>16</b>

<b>II.3 Capteur de température et humidité DHT22</b> .....	17
<b>II.3.1 Description</b> .....	17
<b>II.3.2 Principe de fonctionnement</b> .....	17
<b>II.3.3 Caractéristiques techniques du DHT22</b> .....	18
<b>II.4 Écran LCD 1602A</b> .....	18
<b>II.4.1 Description</b> .....	18
<b>II.4.2 Caractéristiques techniques d'écran LCD 1602A</b> .....	19
<b>Conclusion</b> .....	19
<b>Partie 2 : Etude pratique</b>	
<b>I. Conception de la carte de mesure sous Proteus</b> .....	20
<b>I.1 Introduction</b> .....	20
<b>I.2 Schéma électronique</b> .....	20
<b>I.3 Programmation d'Arduino</b> .....	23
<b>I.4 Résultats de simulation</b> .....	24
<b>II. Réalisation de la carte de mesure et du boîtier de capteurs</b> .....	25
<b>II.1 Présentation pratique</b> .....	25
<b>II.2 Résultats pratiques</b> .....	25
<b>Conclusion</b> .....	27
<b>Conclusion générale</b> .....	28
<b>Références bibliographiques</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Schéma synoptique d'un capteur .....	4
<b>Figure 2.</b> Le principe de fonctionnement d'un capteur industriel .....	4
<b>Figure 3.</b> Thermocouple .....	5
<b>Figure 4.</b> Principe de fonctionnement du thermocouple .....	5
<b>Figure 5.</b> Capteur de température à résistance.....	6
<b>Figure 6.</b> Quelques formes de thermistances .....	7
<b>Figure 7.</b> Exemple de capteur d'humidité.....	9
<b>Figure 8.</b> Structure de capteur de CO2 à infrarouge.....	12
<b>Figure 9.</b> Carte Arduino et environnement .....	13
<b>Figure 10.</b> Constitution de la carte arduino uno.....	13
<b>Figure 11.</b> Capteur MQ135 .....	15
<b>Figure 12.</b> Capteur DHT-22 .....	17
<b>Figure 13.</b> Montage électronique d'afficheur LCD avec Arduino .....	19
<b>Figure 14.</b> Schéma électronique de mesure sous Proteus.....	20
<b>Figure 15.</b> Liaison du capteur DHT22 avec Arduino UNO. ....	22
<b>Figure 16.</b> Liaison du capteur MQ-135 avec Arduino UNO.....	22
<b>Figure 17.</b> Organigramme de mesure et d'affichage de qualité et de température d'air .....	23
<b>Figure 18.</b> Valeurs des paramètres détectées par le DHT22.....	24
<b>Figure 19.</b> Valeurs des paramètres détectées par le MQ135 .....	24
<b>Figure 20.</b> Présentation pratique du boîtier de capteurs .....	25
<b>Figure 21.</b> Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas normal .....	26
<b>Figure 22.</b> Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas de respiration.....	26
<b>Figure 23.</b> Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas d'allumage d'un briqué .....	26
<b>Figure 24.</b> Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas d'allumage d'une cigarette.....	27

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO .....	14
<b>Tableau 2.</b> Branchement des capteurs et d'afficheur avec l'Arduino .....	21

## الملخص

في هذا العمل، أنجزنا علبة لقياس بعض المعطيات الخاصة بالهواء، مما يسمح لنا بالحصول على البيانات باستخدام مستشعر درجة الحرارة والرطوبة، ومستشعر الغاز الذي يمكنه اعطاء تراكيز بعض الغازات منها أول أكسيد الكربون، الكحول، ثاني أكسيد الكربون، NH<sub>4</sub>... الخ. تتم معالجة هذه البيانات بواسطة لوحة ARDUINO UNO ثم يتم نقلها إلى الشاشة لعرضها.

الكلمات المفتاحية: علبة، مستشعر، ARDUINO UNO

## Résumé

Dans ce travail, nous avons réalisé une boîte pour mesurer certaines données spécifiques à l'air, ce qui nous permet d'obtenir des données à l'aide d'un capteur de température et d'humidité, et d'un capteur de gaz qui peut donner les concentrations de certains gaz, y compris le monoxyde de carbone, l'alcool, le dioxyde de carbone et le NH<sub>4</sub>... etc. Ces données sont traitées par la carte ARDUINO UNO puis transférées à l'écran pour affichage.

Mots-clés : boîte, capteur, ARDUINO UNO

## Abstract

In this work, we have made a box to measure some air-specific data, which allows us to obtain data using a temperature and humidity sensor, and a gas sensor which can give the concentrations of certain gases including carbon monoxide, alcohol, carbon dioxide and NH<sub>4</sub>...etc. This data is processed by the ARDUINO UNO board and then transferred to the screen for display.

Keywords : box, sensor, ARDUINO UNO

### Introduction générale

L'environnement et les conditions dans lesquels nous vivons jouent un rôle essentiel sur notre santé et notre bien-être. La surveillance de la température, l'humidité et de la concentration en CO<sub>2</sub> dans nos espaces de vie ou de travail peut nous aider à maintenir un environnement sain et confortable. C'est là qu'un boîtier capteur doté d'une technologie Arduino peut être extrêmement utile.

Ce projet vise à réaliser un boîtier de capteurs compact et portable qui peut mesurer avec précision la température, l'humidité et le taux de CO<sub>2</sub> dans l'air ambiant. Pour cela, nous utiliserons une carte Arduino, qui est un outil populaire et polyvalent pour le prototypage électronique. En utilisant des capteurs appropriés qui sont le capteur de température et d'humidité DHT22, ainsi que le capteur de CO<sub>2</sub> MQ135, nous pourrions obtenir des mesures précises de ces paramètres environnementaux et les afficher sur un écran LCD.

Ce boîtier capteur peut être utilisé dans divers contextes, tels que les maisons, les bureaux, les serres, les salles de classe, les laboratoires, etc. Il peut fournir des informations en temps réel sur les conditions de l'environnement intérieur et permettre aux utilisateurs de prendre des mesures appropriées pour maintenir un niveau de confort optimal.

Notre projet est organisé en deux parties.

Dans la première partie, on présente une étude théorique sur les capteurs, dont on donne, principalement, la définition, principe de fonctionnement et des caractéristiques techniques.

La deuxième partie est consacrée à la partie pratique du projet. D'abord, on explique le fonctionnement de la carte électronique réalisée sous PROTUS et on présente les résultats de simulation. Ensuite, on expose la carte réalisée et le boîtier avec des photos des résultats obtenus.

On termine ce travail par une conclusion générale, dont on mentionne les choses qu'on a appris pendant la réalisation de ce projet.

# **Partie 1 : Etude théorique**

## I. Notions de base sur les Capteurs

### I.1 Introduction

Pendant ces dernières années, les capteurs sont devenus primordiaux du fait de leurs nombreuses applications dans des domaines très variés allant de la recherche scientifique (fondamentale et appliquée) à l'observation des processus industriels.

Ils existent deux genres de capteurs, physique et chimique. Les capteurs physiques représentent des éléments sensibles en détectant et convertissant les phénomènes physiques en signaux identifiables et mesurables.

Les différents types de capteurs pouvant être utilisés pour la mesure et le contrôle des paramètres environnementaux, dont on cite :

- Capteur de pression.
- Capteur de lumière.
- Capteur d'humidité.
- Capteur de gaz à effet de serre.
- Capteur de température....

### I.2 Définition :

Un capteur est un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique observée (déplacement, température, pression...etc.) en une grandeur utilisable. Comme il est indiqué dans la **figure1**. Parmi les grandeurs physiques mesurées par les capteurs, on cite une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille. La confusion entre capteur et transducteur est souvent faite (à tort) : le capteur est au moins constitué d'un transducteur.

Le capteur se distingue de l'instrument de mesure en ce qu'il est simplement une interface entre un processus physique et une information manipulable.

En revanche, l'instrument de mesure est un dispositif autonome, doté d'un écran ou d'un système de stockage de données. Le capteur, quant à lui, n'a pas d'affichage ni de système de stockage de données.

Les capteurs sont les éléments de base des systèmes d'acquisition de données. Leur mise en œuvre se situe dans le domaine de l'instrumentation [1].

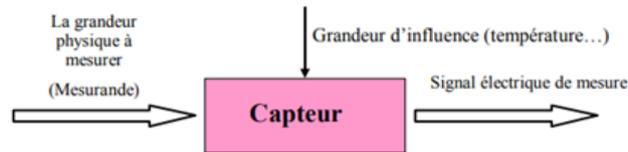


Figure 1. Schéma synoptique d'un capteur

### I.3 Principe de fonctionnement d'un capteur

Un capteur convertit la grandeur physique à mesurer en une grandeur électrique et traite cette dernière de telle manière à ce que les signaux électriques puissent être facilement transmis et traités en aval. Le capteur peut signaler, si un objet est présent ou absent (binaire) ou si une valeur mesurée est atteinte (analogique ou numérique) [2].

Un capteur est constitué de trois composants principaux illustrés dans la figure 2 et qui sont :

- (1) Corps d'épreuve : la zone sensible contient la technique sensorielle, qui repose sur une technologie donnée. C'est un élément mécanique qui réagit à la grandeur à mesurer, il a pour rôle de transformer la grandeur à mesurer en une autre grandeur physique mesurable.
- (2) Transducteur : L'électronique de traitement convertit la grandeur physique à mesurer en une grandeur électrique.
- (3) Adaptateur : Convertit le signal électrique (filtrage, mise en forme, amplification) afin qu'il réponde aux normes de standardisation du signal de sortie, qui est reliée avec un système de commande.



Figure 2. Le principe de fonctionnement d'un capteur industriel

## I.4 Capteur de température

Un capteur de température est un composant électrique et électronique qui permet de mesurer la température au moyen d'un signal électrique spécifique. Ils peuvent envoyer ce signal directement ou indirectement en changeant de résistance. Ils fonctionnent sur la base de différents principes physiques, tels que la tension de sortie générée par deux métaux différents lorsqu'ils sont exposés à des températures différentes, le changement de résistance d'un fil métallique lorsqu'il est exposé à des changements de température ou la quantité de rayonnement infrarouge émis par un objet.

**I.4.1 Type de capteurs de température :** Il existe plusieurs types :

**A. Thermocouples :** La figure 3 montre un exemple d'un thermocouple. Les thermocouples sont constitués de deux fils métalliques dissemblables réunis à une extrémité. La jonction entre les deux métaux est exposée à la température mesurée, tandis que l'autre extrémité du thermocouple est connectée à un instrument de mesure ou à un système de contrôle. À la jonction des deux conducteurs différents mais à la même température, s'établit une différence de potentiel qui dépend de la nature des conducteurs et de leur température.

**Principe de fonctionnement :** On considère le schéma représenté à la figure 4, le thermocouple utilise principalement l'effet Seebeck afin d'obtenir une mesure de la température. Si on réunit à une extrémité deux fils métalliques de natures différentes et que l'on élève la température de cette extrémité, il apparaît une tension  $e_{AB}$  aux extrémités restées libres. Il est possible de déterminer la température de l'extrémité chauffée à partir de la mesure d' $e_{AB}$ .



Figure 3. Thermocouple

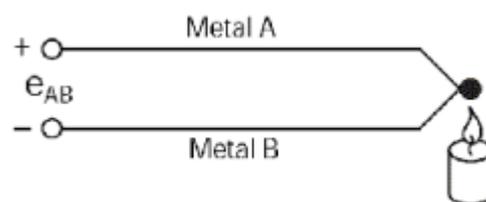
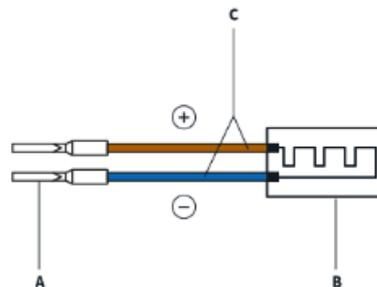


Figure 4. Principe de fonctionnement du thermocouple

Ils sont largement utilisés dans les applications industrielles et scientifiques en raison de leur large plage de températures et de leur durabilité.

**B. Détecteurs de température à résistance (RTD) :** ces capteurs sont constitués d'un fil ou d'un film métallique qui modifie sa résistance en réponse aux changements de température comme il est indiqué à **la figure 5**. Parmi les RTD, les thermorésistances en platine **Pt100** sont les plus utilisées dans l'industrie.



*La structure d'une résistance de mesure en platine :*

*A: extrémités à raccorder, B : résistance, C : câble*

**Figure 5.** Capteur de température à résistance

**Principe de fonctionnement :** Une intensité constante passe dans le capteur à résistance via les câbles de raccordement. Une **tension électrique** qui dépend de la **résistance** en platine est mesurée entre les deux câbles de raccordement. La relation linéaire (1) entre la résistance électrique du fil en platine et la température est utilisée pour mesurer la température.

$$R(T) = R_{T_0} \cdot (1 + A(T - T_0) + B(T - T_0)^2) \dots \dots \dots (1)$$

$R(T)$ : résistance en fonction de la température ( $\Omega$ )

$R_{T_0}$ : résistance nominale électrique à  $0^\circ\text{C}$  ( $\Omega$ )

$T$ : température ( $^\circ\text{C}$ )

$T_0$ : température de référence ( $^\circ\text{C}$ )

$A$  et  $B$ : coefficients thermique

Lorsque la température augmente, la résistance électrique augmente aussi. Une tension différente est alors mesurée entre les fils pour servir au calcul de la température.

On peut convertir la résistance mesurée en température par la relation (2) :

$$T(R) = \frac{R - R_0}{\alpha \cdot R_0} \dots \dots \dots (2)$$

$T(R)$ : température en fonction de la résistance (°C)

$R$  : résistance mesurée par la sonde PT.

$R_0$  : résistance nominale à 0°C

$\alpha$  : coefficient thermique moyen ( $K^{-1}$ )

Ce type de capteur est couramment utilisé dans les environnements industriels et de laboratoire nécessitant une grande précision.

**C. Thermistances** : Ce sont des capteurs de température constitués de matériaux semi-conducteurs fritté qui se caractérise par d'importantes variations de résistance proportionnelles à de faibles changements de température. Les thermistances présentent généralement des coefficients de température négatifs (aussi appelé thermistance CTN), ce qui signifie que la résistance de la thermistance décroît au fur et à mesure que la température augmente.



Figure 6. Quelques formes de thermistances

**Principe de fonctionnement** : La résistance des thermistances diminue lorsqu'elles sont chauffées. Ces thermistances sont constituées de semi-conducteurs. Le principe d'action est qu'avec l'augmentation de la température, la concentration des porteurs de charge augmente,

les électrons passent dans la bande de conduction. En plus des semi-conducteurs, des oxydes de métaux de transition sont utilisés.

Les thermistances sont utilisées dans la plage de température de 25-200 degrés Celsius. Les températures des thermistances sont modélisées par l'équation (3) :

$$\frac{1}{T} = A + B(\ln R) + C(\ln R)^3 \dots \dots \dots (3)$$

T : la température, en Kelvin.

R : la résistance en T.

A, B, C : des coefficients qui varient en fonction du type de la thermistance utilisée et la plage de température détectée.

**Utilisation** : Les thermistances négatives sont souvent utilisées pour :

- Limiter les courants de démarrage des moteurs électriques, les relais de démarrage.
- Protéger les batteries au lithium contre la surchauffe.
- Réduire les courants de charge du filtre d'entrée dans les alimentations.

Ces thermomètres à résistance sont utilisés dans l'électronique grand public et les applications automobiles en raison de leur petite taille et de leur faible coût.

#### **I.4.2 Domaine d'utilisation :**

On trouve un capteur de température dans de nombreux objets quotidiens tels que les fers à repasser, les grille-pains, les détecteurs de mouvements ainsi que dans les outils (fers à souder à régulation automatisée de la température). Des sondes de températures ont également utilisées dans de nombreuses applications industrielles impliquant la commande de circuits de commutation en fonction de la température. (Caméras thermiques et éléments chauffants automatisés). La protection contre la surchauffe par des micro processeurs est un domaine d'application habituel [3].

## I.5 Capteur d'humidité

### I.5.1 Généralités :

Le besoin de protection de l'environnement a mené à l'expansion dans le développement de capteur. Les capteurs d'humidité ont attiré l'attention dans les domaines industriels et médicaux. La mesure et le contrôle de l'humidité sont importants dans de nombreux secteurs : l'industrie (papier, électronique), l'environnement domestique (climatisation), la médecine (appareils respiratoires), etc.

Il existe trois types de capteurs d'humidité :

- Capteur d'humidité capacitif
- Capteur d'humidité résistif
- Capteur à conductivité thermique

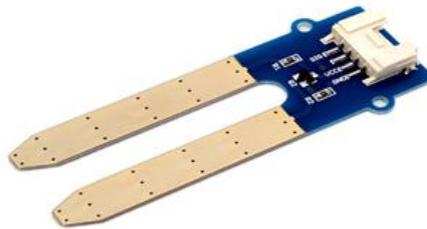


Figure 7. Exemple de capteur d'humidité

Afin de comprendre le fonctionnement d'un capteur d'humidité, il est nécessaire de savoir exactement ce qu'est l'humidité relative en tant que phénomène physique et thermodynamique.

### I.5.2 Définition de l'humidité relative

L'humidité relative est le rapport entre la pression partielle de vapeur d'eau dans un gaz ( $P_W$ ) et de la pression de vapeur saturante à une température donnée [ $P_{ws(t)}$ ].

$$H_r = \left[ \frac{P_W}{P_{ws(t)}} \right] * 100(\%) \quad (4)$$

### I.5.3 Définition de l'humidité absolue

L'humidité absolue est définie comme un rapport de la masse de vapeur d'eau par unité de volume d'air, qui peut être exprimée comme :

$$\text{Humidité absolue } \left( \frac{g}{m^3} \right) = \frac{\text{la masse de la vapeur d'eau}}{\text{volume d'air}} \quad (5)$$

### I.5.4 Principe de fonctionnement de capteur d'humidité

Le principe de fonctionnement d'un capteur d'humidité est basé sur la variation de l'impédance électrique (résistance ou capacité) due à l'absorption des molécules d'eau par la couche sensible. Il existe une grande variété de capteurs d'humidité généralement liée au mode de transduction, et les plus adaptés sont optiques, mécanique, résistif et capacitifs. Depuis quelques décennies, le nombre de publications concernant les capteurs d'humidité s'est considérablement accru [4].

### I.5.5 Domaine d'application :

Ce type de capteurs est utilisé dans plusieurs domaines, on donne :

- Agroalimentaire où l'humidité joue un rôle dans l'altération de stocks et Développement de moisissure.
- Pharmaceutique où le taux d'humidité des produits sous forme de poudre doit être étroitement contrôlé.
- Industrie gazière, une pollution de gaz par l'humidité pouvant entraîner un Changement de la composition chimique.
- Agriculture, où le taux d'humidité est prépondérant dans le développement des Cultures...
- Médicale : mesure du taux d'humidité de l'air expiré, détection de fuite dans un Système fluide de traitement du sang...
- Electronique, et notamment la fiabilité des systèmes [5].

## I.6 Capteur de gaz CO<sub>2</sub>

### I.6.1 Généralités :

- **Le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>** est un composant naturel de l'atmosphère, il est aussi produit par le métabolisme humain et animal. De nombreuses boissons contiennent du dioxyde de carbone dissout dans l'eau. Il en lui-même n'est pas toxique, mais comme il empêche l'absorption d'oxygène, dans des concentrations trop élevées, il représente un danger pour la vie des êtres humains et des animaux .

- **Le détecteur de CO<sub>2</sub>** se présente sous forme d'un petit boîtier connecté qui peut soit être mobile soit se fixer dans une pièce pour analyser l'air ambiant. Lorsqu'il détecte une trop forte concentration de dioxyde de carbone dans l'air, il émet un signal afin de vous en avertir.

- **Domaine d'utilisation de capteur de CO<sub>2</sub>** : ces capteurs sont nécessaires par exemple dans les usines de fabrication d'aliments par fermentation, dans les chambres froides avec enrichissement en CO<sub>2</sub> et dans les espaces confinés ou mal ventilés.

### I.6.2 Principe de fonctionnement d'un capteur de CO<sub>2</sub> à infrarouge :

Le dioxyde de carbone et d'autres gaz composés d'au moins deux atomes différents absorbent le rayonnement infrarouge (RI) de manière spécifique et unique. Les principaux composants d'un détecteur à RI de CO<sub>2</sub> sont :

- La source lumineuse.
- La chambre de mesure.
- Le filtre interférentiel.
- Le détecteur de RI.

Le rayonnement RI part de la source lumineuse, traverse le gaz mesuré pour atteindre le détecteur. Un filtre placé devant le détecteur empêche les autres ondes que celles utilisées pour la mesure d'atteindre le détecteur. L'intensité lumineuse est détectée et convertie en une valeur de **concentration du gaz**. Une structure de capteur est donnée à **la figure 8**.

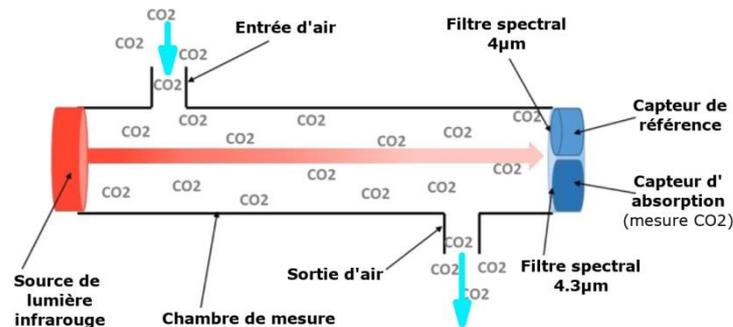


Figure 8. Structure de capteur de CO<sub>2</sub> à infrarouge

Les capteurs à RI sont stables et hautement sélectifs par rapport aux capteurs électrochimiques. Ils peuvent supporter des niveaux élevés d'humidité, de poussière, d'encrassement et d'autres conditions exigeantes.

### I.6.3 Caractéristiques techniques [6]

- Plage de mesure du CO<sub>2</sub>: de 0 à 5000 ppm.\*
- Précision du CO<sub>2</sub>: 100 ppm ou 10 % de la valeur mesurée.
- Plage de détection: jusqu'à 60 m<sup>2</sup>.
- Qualité de l'air: - Bonne: inférieure à 600 ppm\*  
 - Normale: de 600 à 1200 ppm\*  
 - Mauvaise: supérieure à 1200 ppm.\*
- Alimentation électrique: - Adaptateur AC, entrée: AC 100~240 V, sortie: DC 5 V/1 A (Micro USB)  
 - Batterie de secours (Li 3,7 V) autonomie 24 heures.
- Conditions d'utilisation: - Température de fonctionnement: de -10° à 40°C;  
 - Humidité : de 0 à 95 %.
- Durée de vie du capteur de CO<sub>2</sub> : 10 ans maximum.

**Remarque** : Teneur en dioxyde de carbone de l'air est généralement exprimée en ppm ou en pourcentage de volume. Dans ce cas, ppm signifie parties par million, 1 ppm = 1 mg/kg = 1 ml/m<sup>3</sup>.

## II. Présentation des composants utilisés

### II.1 Carte Arduino

La carte Arduino est une petite carte électronique (5,33 x 6,85 cm), équipée d'un microcontrôleur qui permet, à partir d'événements détectés (lumière, température...) par des capteurs, de programmer et commander des actionneurs (**Figure 9**). La carte Arduino est aussi une interface programmable, très simple à utiliser. Elle peut se connecter à un ordinateur sous OS Windows, Mac ou Linux.

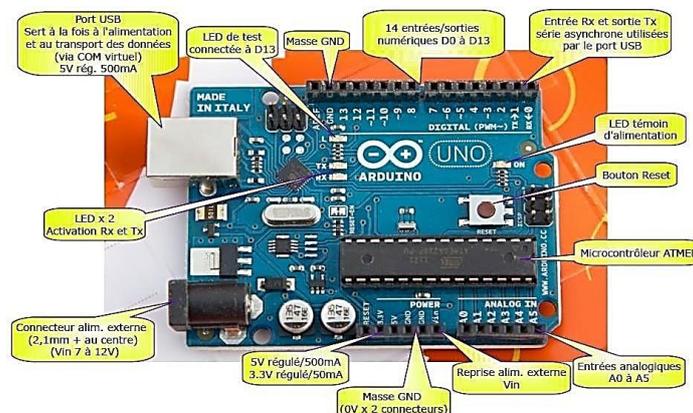


**Figure 9.** Carte Arduino et environnement

L'Arduino est utilisé dans plusieurs applications comme l'électrotechnique industrielle, la domotique, le pilotage de robots, etc. Les projets Arduino peuvent être autonomes, comme ils peuvent communiquer avec d'autres logiciels installés sur ordinateur tel que Flash, Processing ou MaxMPS, Matlab [7].

#### II.1.1 Constitution de la carte Arduino Uno :

L'Arduino Uno est basé sur un ATmega328. Il a 14 broches numériques d'entrée/sortie, 6 entrées analogiques, une horloge 16Mhz, un jack d'alimentation et une connexion USB. Il contient tout le nécessaire au microcontrôleur, il suffit de le connecter via USB ou de l'alimenter pour le lancer.



**Figure 10.** Constitution de la carte arduino uno [8]

Dans la figure 10, la LED en haut du cadre connecté à une broche du microcontrôleur sert à tester le matériel. Les deux LED du bas du cadre servent à visualiser l'activité sur la voie série (émission et réception). Lors du téléchargement du programme dans le microcontrôleur, on voit un clignotement de led [9]. Les caractéristiques techniques de la carte Arduino sont données dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Caractéristiques techniques de la carte Arduino UNO

Elément	Caractéristique
Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12 V
Tension d'alimentation (limite)	6-20 V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrée analogique	6 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité Maxi disponible par broche E/S	40 mA
Intensité Maxi disponible pour la sortie 3,3V	50 mA
Mémoire programme flash	32 KB (ATmega328) dont 0,5 sont utilisés par le boot loader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega 328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatil)	1KB (ATmega 328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

### II.1.2 Description d'IDE Arduino :

Arduino IDE (Integrated Development Environment) est un logiciel open source utilisé pour programmer et développer des applications pour les cartes Arduino. L'IDE Arduino est conçu pour être facile à utiliser, même pour les débutants, et fournit une plate-forme pour écrire, compiler et télécharger du code sur la carte Arduino. Il prend en charge un large éventail de

langages de programmation, notamment C, C++ et Java, et offre une interface simple pour écrire et éditer du code.

L'IDE comprend un éditeur de code avec des fonctionnalités telles que la coloration syntaxique, l'auto-complétion et des outils de débogage. Il est également livré avec une bibliothèque intégrée qui fournit un code pré-écrit pour diverses fonctions et capteurs, ce qui facilite le démarrage des débutants. [10]

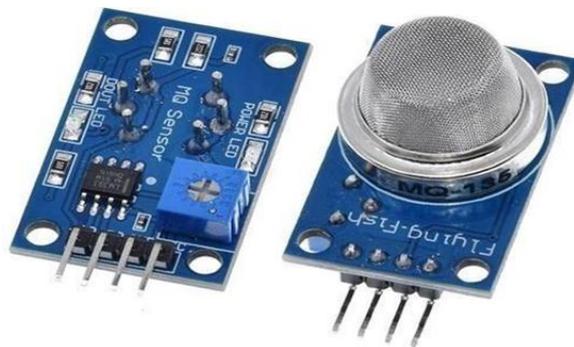
## II.2 Capteur de gaz MQ-135

### II.2.1 Description :

Le capteur MQ135 permet de mesurer la qualité de l'air. Il peut détecter divers contenus chimiques dans l'air et donner une variation de tension appropriée à la broche de sortie en fonction de la concentration chimique dans l'air.

Il peut détecter l'alcool, la fumée, le NH<sub>3</sub>, le butane, le propane, etc. Si l'une de ces concentrations chimiques indiquées augmente, le capteur convertit la concentration chimique dans l'air en une plage de tension appropriée, qui peut être traitée par Arduino ou tout microcontrôleur. Il ne peut pas dire quel type de concentration chimique a augmenté dans l'air.

**La figure 11** illustre l'aspect technologique du MQ135, ce capteur possède 4 broches : VCC, GND, DOUT, et AOUT. La broche **VCC** est alimentée avec 5v. Le pin **GND** est raccordé à la terre. La valeur analogique est renvoyée par le capteur via **VOUT**, sa lecture est effectuée par l'Arduino sur la patte analogique A0.



**Figure 11.** Capteur MQ135

### II.2.2 Principe de fonctionnement :

Le capteur MQ135 se compose d'un dioxyde d'étain ( $\text{SnO}_2$ ), d'une couche de perspective à l'intérieur de micro tubes en oxyde d'aluminium (électrode de mesure) et d'un élément chauffant à l'intérieur d'un boîtier tubulaire.

La face d'extrémité du capteur est entourée d'un filet en acier inoxydable et l'arrière contient les bornes de connexion. L'alcool éthylique présent dans l'haleine est oxydé en acide acétique passant à travers l'élément chauffant.

Avec la cascade d'alcool éthylique sur la couche de détection de dioxyde d'étain, la résistance diminue. En utilisant la résistance de charge externe, la variation de résistance est convertie en une variation de tension appropriée.

Le procédé chimique qui permet la mesure est basé sur la tension entre deux électrodes séparées par le gaz ambiant. On peut noter la présence d'une résistance qui chauffe le gaz pour mesurer correctement, ce qui explique pourquoi le capteur est chaud lorsqu'il est branché [11].

### II.2.3 Caractéristique technique du MQ135 [11]

- Plage de mesure : 10 à 1000 ppm
- Sortie analogique et digitale (seuil ajustable via potentiomètre) Sensibilité : 2 à 20  $\text{k}\Omega$
- Faible temps de réponse Haute sensibilité
- Température de service : -20 à 50 °C
- Compatibilité : Arduino et Rosebery Pi
- Dimensions : 52 x 20 x 13 mm
- Poids : 8 g
- Réponse rapide
- Large plage de détection et Longue durée de stabilité.

## II.3 Capteur de température et humidité DHT22

### II.3.1 Description :

Le DHT22 émet un signal numérique calibré. Il utilise une technique exclusive de collecte de signaux numériques et une technologie de détection de l'humidité, ce qui garantit sa fiabilité et sa stabilité. Ses éléments de détection sont reliés à un ordinateur mono-puce de 8 bits, ce qui garantit sa fiabilité et sa stabilité. Chaque capteur de ce modèle est compensé en température et calibré dans une chambre de calibration précise. La petite taille, la faible consommation et la longue distance de transmission (20m) permettent au DHT22 d'être adapté à toutes sortes d'applications difficiles. Aussi, son emballage à rangée unique avec quatre broches, rendant la connexion très pratique [12].

Le DHT22 de la figure 12 possède une broche d'alimentation de 5V, une broche de données, une masse et un Pin NC non connecté.

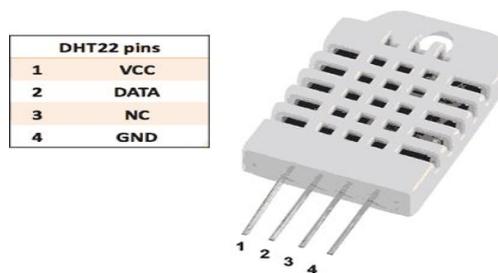


Figure 12. Capteur DHT-22

### II.3.2 Principe de fonctionnement :

Dans un premier temps, le contrôleur MCU envoie une impulsion de démarrage au capteur pour le faire passer du mode veille au mode signal de démarrage. Après que l'impulsion ait atteint le capteur et sa réponse à cette impulsion, le capteur envoie une onde de 40 bits qu'inclut la chaleur et les signaux d'humidité, et les envoie au contrôleur, qui à son tour les traite et affiche les résultats.

### II.3.3 Caractéristiques techniques du DHT22 [13]

- Alimentation : 3,3V à 6V.
- Signal de sortie numérique.
- Consommation max : 2.5mA.
- Gamme d'humidité : 0-100% (précision 2% à 5%).
- Gamme de température : -40°C à 80°C (précision  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ).
- Période de mesure : 2 secondes.
- Dimensions : Petite taille 14\*18\*5.5mm ; grande taille 22\*28\*5mm.
- Prix raisonnable et Haute précision.

### II.4 Écran LCD 1602A

#### II.4.1 Description :

Le module LCD 1602A est un dispositif d'affichage populaire qui peut être utilisé dans une large gamme d'applications. Voici une description de ses principales caractéristiques :

**Affichage :** Le module 1602A a un affichage de 16 x 2 caractères avec un rétro éclairage bleu. Chaque caractère est composé de 5x8 points et peut afficher des lettres, des chiffres et des symboles.

**Interface :** Le module utilise une interface à 16 broches, qui comprend des broches pour les signaux d'alimentation, de masse, de données et de contrôle [14].

**Contrôleur :** Le module est basé sur le contrôleur HD44780, qui est un contrôleur largement utilisé pour les écrans LCD. Le contrôleur fournit un ensemble de commandes qui peuvent être utilisées pour contrôler l'affichage, y compris des commandes pour définir la position du curseur, effacer l'affichage et faire défiler le texte.

**Rétroéclairage :** Le module dispose d'un rétroéclairage LED intégré, qui peut être activé ou désactivé à l'aide d'une broche séparée. Le rétroéclairage peut être contrôlé à l'aide d'un signal de modulation de largeur d'impulsion (PWM) pour régler sa luminosité.

Alimentation : Le module peut être alimenté à l'aide d'une alimentation 5V DC, et consomme très peu d'énergie (généralement moins de 2mA).

#### II.4.2 Caractéristiques techniques d'écran LCD 1602A [15]

- Type d'affichage : LCD 16x2 caractères
- Taille des caractères : 5x8 points
- Couleur d'affichage : Monochrome (caractères noirs sur fond bleu)
- Contrôleur : compatible HD44780
- Tension de fonctionnement : 4,5 V à 5,5 V CC
- Courant de fonctionnement : moins de 2 mA
- Rétroéclairage : LED bleue
- Contrôle du rétroéclairage : marche/arrêt via une broche séparée ; la luminosité peut être
- Contrôlée via le signal PWM
- Interface : connecteur 16 broches (2 rangées de 8 broches chacune).

Dans la figure 13, on donne un exemple d'utilisation de l'afficheur LCD.

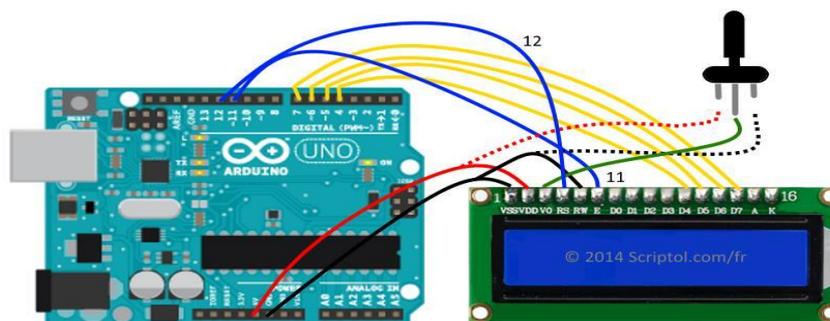


Figure 13. Montage électronique d'afficheur LCD avec Arduino

### Conclusion

Dans cette partie, un aperçu théorique et technologique sur les capteurs utilisés dans notre projet est présenté. Aussi, une brève explication des caractéristiques de la carte Arduino est donnée.

## **Partie 2 : Etude pratique**

## I. Conception de la carte de mesure sous Proteus

### I.1 Introduction

Afin de réaliser et simuler notre carte électronique de mesure et d'affichage, on a choisi le logiciel le plus utilisé à cause de sa simplicité 'PROTEUS'. Dans les parties ci-dessous, on présente les détails techniques de cette réalisation.

### I.2 Schéma électronique

Notre schéma électronique montré à la **figure 14**, se compose d'Arduino UNO, les capteurs MQ135 et DHT22 et d'un afficheur. Les liaisons de différents composants sont récapitulées dans le tableau 2.

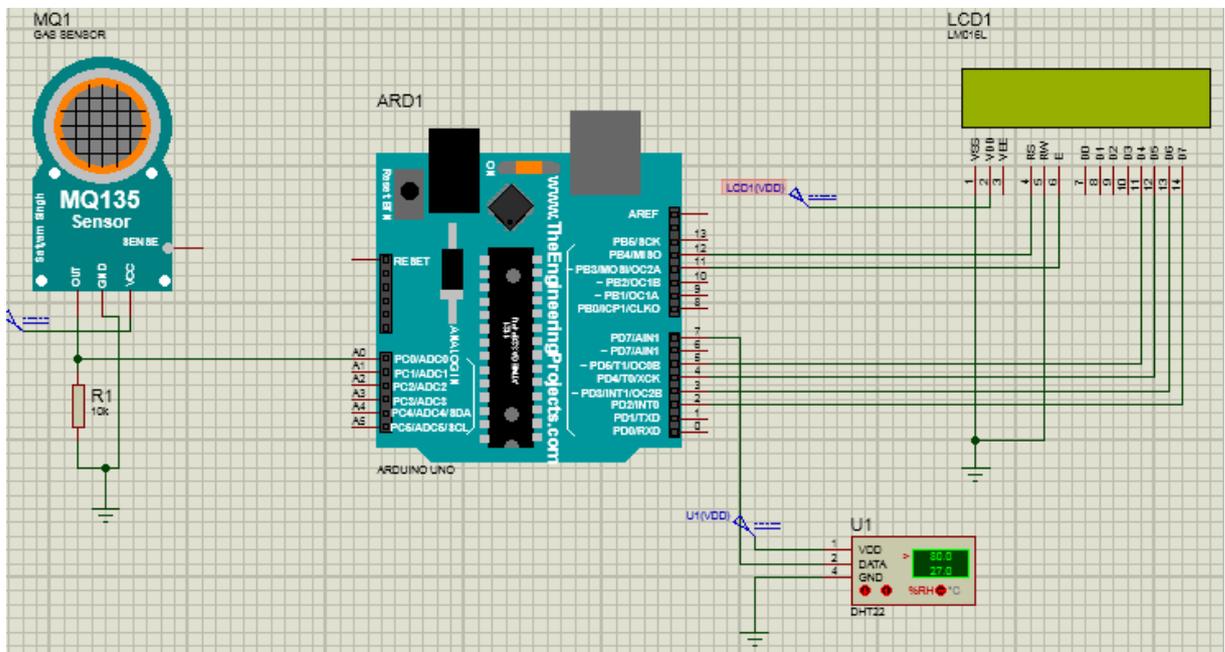


Figure 14. Schéma électronique de mesure sous Proteus

Tableau 2. Branchement des capteurs et d'afficheur avec l'Arduino

<b>Capteur DHT-22</b>	<b>Arduino</b>
PIN1/VCC	5V
PIN2/DATA	Pin 7
PIN4/GND	GND
<b>Capteur MQ135</b>	<b>Arduino</b>
PIN1/VCC	5V
PIN2/OUT	Pin A0 via une résistance de 10K
PIN4/GND	GND
<b>Afficheur 1602A</b>	<b>Arduino</b>
VDD	5V
VSS et RW	GND
RS	Pin 12
E	Pin 11
D4, D5, D6, D7	PIN 5, 4, 3, 2

Les figures 15 et 16 montrent des schémas agrandis des différentes connexions.

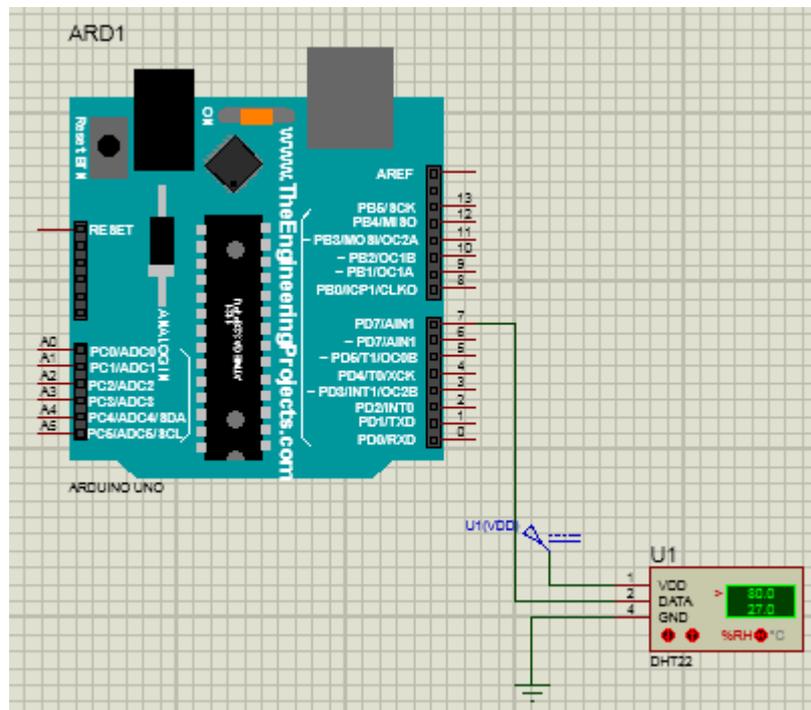


Figure 15. Liaison du capteur DHT22 avec Arduino UNO.

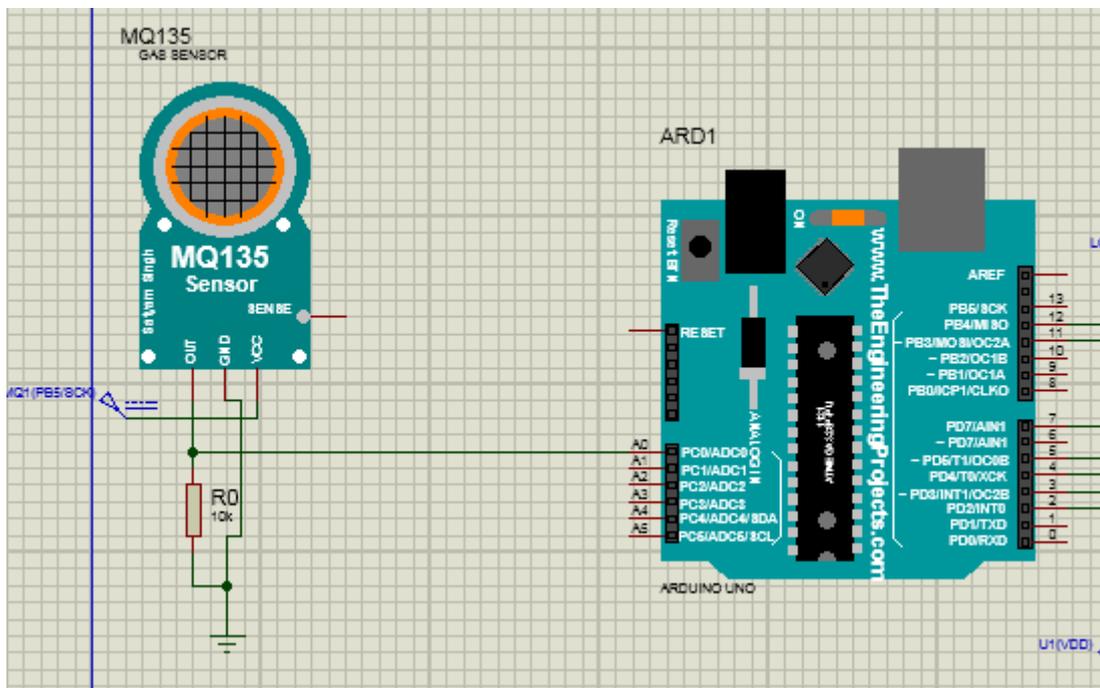


Figure 16. Liaison du capteur MQ-135 avec Arduino UNO.

### I.3 Programmation d'Arduino

Le programme de fonctionnement de notre carte de mesure et d'affichage est écrit en langage C++ dans l'environnement ARSUINO IDE, selon l'algorithme donné à la figure 17. Ce programme est transféré au microcontrôleur de l'Arduino puis le fonctionnement est testé. Lorsque les capteurs détectent une concentration du gaz ou une température ou humidité, on voit les valeurs de ces paramètres sur l'afficheur 1602A.

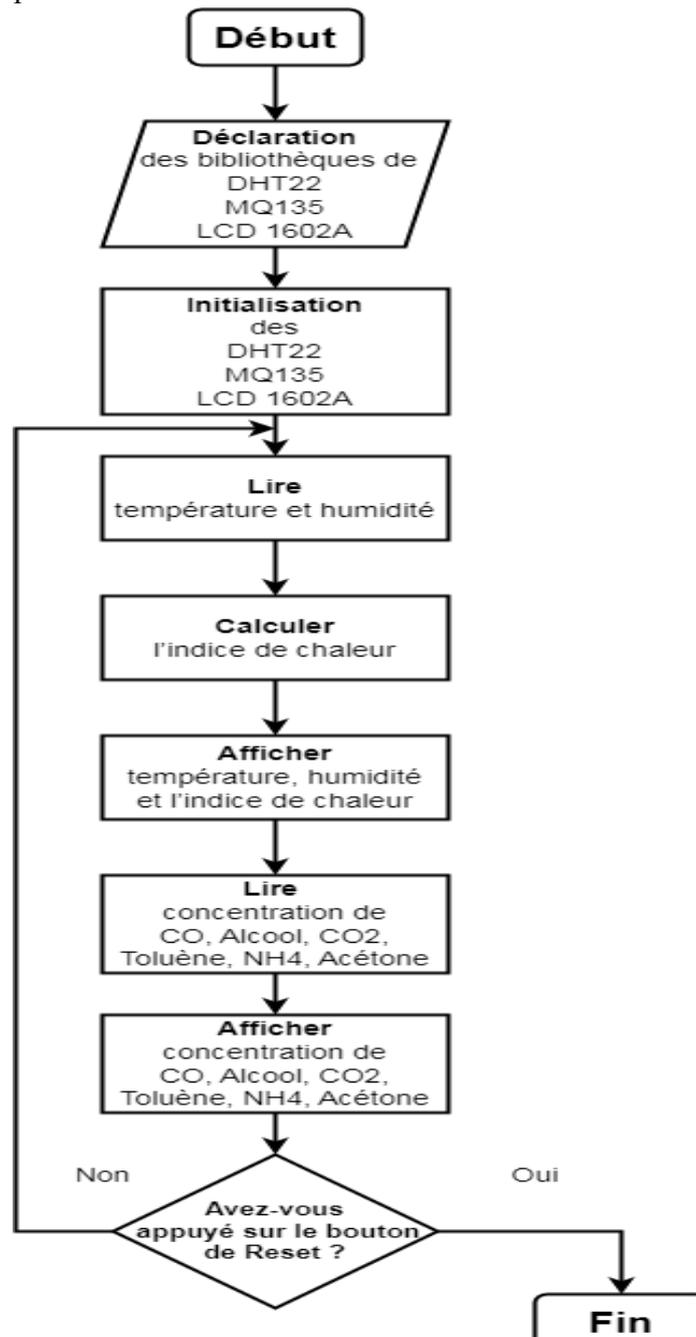
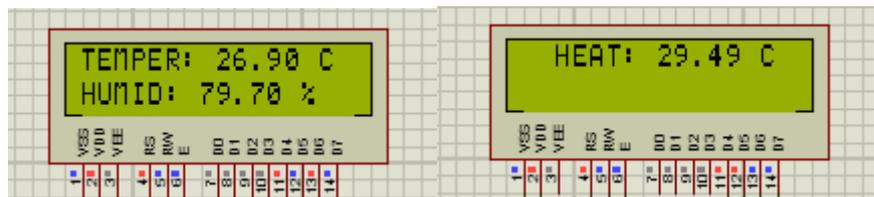


Figure 17. Organigramme de mesure et d'affichage de qualité et de température d'air

### I.4 Résultats de simulation

Le montage sous PROTEUS est alimenté et les réglages nécessaires sont effectués, on obtient premièrement les résultats illustrés par **la figure 18**. Ce sont la température de 26.9 C° et l'humidité de 79.7% détectées par le capteur DHT22. Un indice de chaleur est calculé selon une formule écrite au sein de notre programme de fonctionnement et elle est affichée dans le LCD de **la figure 18**.



**Figure 18.** Valeurs des paramètres détectées par le DHT22

**La figure 19** montre les concentrations des gaz détectées par le capteur MQ135. Les valeurs de CO, Alcool, NH<sub>4</sub>, Acétone, CO<sub>2</sub> et Toluène sont données en PPM.



**Figure 19.** Valeurs des paramètres détectées par le MQ135

## II. Réalisation de la carte de mesure et du boîtier de capteurs

### II.1 Présentation pratique

A la **figure 20**, on présente une façade du boîtier qui comporte les trois composants de notre projet. On voit bien l'afficheur alimenté avec une indication des concentrations de NH<sub>4</sub> et de l'acétone. On donne également une photo de l'intérieur de boîtier qui représente les composants (Arduino, MQ135, DHT22 et LCD1602A) avec les fils de connexions. Le boîtier est lié et alimenté via un câble USB avec un microordinateur.



Figure 20. Présentation pratique du boîtier de capteurs

### II.2 Résultats pratiques

La **figure 21** donne les valeurs de température et de différents gaz détectées et mesurées dans la pièce de travail. On note une température de **24.6 C°**, une humidité de **63%** et une concentration de CO<sub>2</sub> de 2.62 ppm. Ces valeurs présentent des mesures dans le cas normal.

On respire sur le capteur MQ135, de nouvelles mesures sont données sur l'afficheur de **la figure 22**. On remarque des augmentations légères de température et de différentes concentrations des gaz, avec une augmentation de l'humidité de **63% à 89.30%**.



Figure 21. Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas normal



Figure 22. Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas de respiration

On allume maintenant un briquet à côté des deux capteurs DHR22 et MQ135 pendant quelques secondes. Une lecture de nouvelles valeurs de nos paramètres est montrée dans la figure 23. On remarque une augmentation de température avec **14.9 C°**, une augmentation avec **2.29 ppm** de concentration de CO<sub>2</sub> et une diminution de l'humidité de **63%** (le cas normal) à **48.8%**.



Figure 23. Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas d'allumage d'un briquet

Un dernier test est réalisé en allumant une cigarette devant les deux capteurs. On observe sur **la figure 24** l'augmentation considérable des concentrations des gaz et de la température et la diminution de l'humidité.



**Figure 24.** Mesure de température et de qualité de l'air dans le cas d'allumage d'une cigarette

## Conclusion

Notre boîtier de capteurs permet de collecter des données précises sur la température, l'humidité et la présence des gaz dans un espace donné. Ces données sont utiles pour toute une série d'applications, de la surveillance de la qualité de l'air dans les zones résidentielles et industrielles.

### Conclusion générale

Dans notre projet de fin d'étude, on s'est intéressé à la mise en œuvre d'une carte électronique de la température, d'humidité et de la concentration de certains gaz à base d'Arduino. Ce dernier traite les données fournies par des capteurs soigneusement choisis (DHT22 et MQ135), calcule les valeurs des paramètres, puis transmet les données vers un écran afin d'afficher les résultats obtenus.

- La réalisation de ce projet nous a permis d'apprendre plusieurs connaissances sur :
- Les capteurs, leur principe de fonctionnement, leur structure et ses domaines d'utilisation.
- La réalisation et le test d'une carte électronique sous le PROTUS.
- La configuration et la programmation en C++ de l'Arduino pour acquérir des mesures et les afficher.
- La prise en main de la réalisation pratique d'une carte électronique avec la résolution des difficultés rencontrées pendant cette réalisation.

Ce boîtier peut être amélioré en ajoutant d'autres capteurs tels qu'un capteur UV, etc. De plus, on peut intégrer une alarme qui se déclenchera en cas de dépassement d'une mesure au-delà des niveaux normaux. La taille de boîtier peut être aussi réduite.

# **Références bibliographiques**

## Références :

- [1] <https://www.techno-science.net/>
- [2] [https://www.balluff.com/fr-ch/principes-de-base-de-lautomatisation/ connaissances-de-base-en-matiere-dautom/fonctionnement-structure-et-technologie](https://www.balluff.com/fr-ch/principes-de-base-de-lautomatisation/connaissances-de-base-en-matiere-dautom/fonctionnement-structure-et-technologie)
- [3] [https://sonelecmusique.com/electronique\\_realisations\\_indic\\_temperature\\_001.html](https://sonelecmusique.com/electronique_realisations_indic_temperature_001.html)
- [4] Kouda, S. (2008). Conception D'un Capteur D'Humidité Intelligent (Doctoral dissertation, Université de Batna 2)
- [5] Ludurczak, W. (2008). Capteur d'humidité en Si poreux pour la fiabilité des systems in package (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).
- [6] [https://www.securimed.fr/media/cms/files/sefr/SEFR\\_TDS\\_1237\\_std.lang.all.pdf](https://www.securimed.fr/media/cms/files/sefr/SEFR_TDS_1237_std.lang.all.pdf)
- [7] Bensaoucha, S., & djloud, S. (2020). Réalisation d'un suiveur solaire à base d'Arduino (Doctoral dissertation, Univ M'sila).
- [8] [http://www.lycee-ferry-versailles.fr/ee-tsi/12\\_arduino/html/p2.html](http://www.lycee-ferry-versailles.fr/ee-tsi/12_arduino/html/p2.html)
- [9] <http://dSPACE.univ-medea.dz/bitstream/123456789/3424/1/M114124.pdf>
- [10] <https://chat.openai.com/c/af8172a8-75c7-4ef4-a854-63ebdc0e5889>
- [11] <https://www.cdiscount.com/bricolage/securite-domotique/capteur-de-qualite-de-l-air-mq135-module-de-detec/f-166200503-auc4046919871054.html>
- [12] <https://www.moussasoft.com/product/mq-135-capteur-gaz-mesurer-la-qualite-de-lair-Casablanca-Agadir-Fès-Marrakech-rabat>
- [13] Ammar, S., & Hatem, B. (2021). Etude et réalisation d'un système d'irrigation intelligente (Doctoral dissertation, Faculté des Sciences et Technologies).
- [14] Mahfoud, A. B., Bacha, A., & Dhabbi, A. (2022). Réalisation d'un système intelligent de la gestion d'agriculture (Doctoral dissertation, universite ahmed draia-adrar).
- [15] <https://www.robotique.tech/tutoriel/afficher-un-texte-sur-lafficheur-i2c-lcd-1602a-avec-arduino>