

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU

Faculté de Génie Electrique et d'Informatique

Département d'électronique



Mémoire **de fin d'études**

Présenté en vue de l'obtention

Du diplôme de Master en Électronique

Option: Instrumentation

Thème:

*Conception et réalisation d'un système du
contrôle à distance de la qualité de l'air*

Proposé et dirigé par

Mr M. SEHAD

Etudié et réalisé par

M^{elle} GUENFOUD Lamia

M^{elle} MOUZARINE Cylia

Devant le jury :

Président : Mr. LAZRI Mourad

Maître de conférences A, UMMTO

Promoteur : Mr. SEHAD Mounir

Maitre de conférences A, UMMTO

Examineur : Mr. ALOUACHE Djamel

Maitre de conférences B, UMMTO

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

Avant tout nous tenons nos remerciements à notre dieu tout puissant de nous
avoir donné la force et le courage.

A la suite Nous tenons à remercier vivement Mr. SEHAD Mounir nos
promoteur qui a fourni des efforts énormes, par ses informations leur conseils
et leur encouragement.

Nous voudrions aussi exprimer nos remerciements aux membres d'avoir fait
l'honneur d'accepter le jury de ce travail.

Nos plus chaleureux remerciements pour tous ceux qui de près et de loin ont
contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

*Je dédie ce mémoire à mes parents et
mon époux pour sa patience.*

A mes frères et sœurs et à ma fille Alicia.

A tous mes amis.

LAMIA

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

*A mes parents et mon époux qui n'ont
pas cessé de m'encourager.*

A mes frères et sœurs et ma grand-mère.

A ma belle-famille et tous mes amis.

CYLIA

Liste des figures

Figure 1 : Description de la carte Uno	2
Figure 2 : Brochage de la carte Arduino Uno	7
Figure 3 : Brochage des pattes d'ATMéga 328	9
Figure 4 : Architecteur interne de l'ATMéga 328	12
Figure 5 : Les différents Capteurs.....	13
Figure 6 : Schéma d'un capteur actif	15
Figure 7 : Capteur Effet hall	16
Figure 8 : Le schéma de principe et de la structure d'un capteur	17
Figure 9 : Capteur de température.....	20
Figure 10 : Principe de gaz	23
Figure 11 : Module GSM.....	26
Figure 12 : Afficheur LCD.....	27
Figure 13 : Brochage de l'afficheur LCD avec une arduino.....	27
Figure 14 : Capteur de gaz MQ135.....	28
Figure 15 : Circuit de projet.....	35
Figure 16 : Montage de la réalisation.....	36
Figure 17 : Photo réelle de montage	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Capteurs actifs, principes physiques de base	16
Tableau 2 : Principe et grandeur d'un capteur de gaz.....	25

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I : Arduino Uno

1. Présentation de la carte Arduino 2

2. Description 2

1.2. Alimentation 3

1.3. Protection du Port USB contre la surcharge en intensité 4

1.4. Gestion des mémoires dans la carte arduino 4

1.5. Les entrées/sorties numérique 4

1.6. Les entées analogique 5

1.7. Arduino et la communication avec l'extérieur 7

1.8 Le microcontrôleur ATmega328 8

Chapitre II : Etude des capteurs

1. Etude des capteurs 13

1.1. Définition des capteurs 13

1.2. Les type des capteurs 14

1.2.1. Capteur à contacte 14

1.2.2. Capteur à proximité 14

1.2.3. Capteur actifs 14

1.2.4. Capteur passifs 17

2. Elément sensible 18

3. Le transducteur 18

4. Amplification et linéarisation.....	18
5. Exemple de quelque capteur utilisé en industrie.....	19
5.1. Capteur de température.....	19
5.2. Capteur optique.....	20
5.3. Capteur a transistor à effet de champ (GASFET).....	20
5.4. Capteur à base d'oxyde métallique.....	21
6. Principe de fonctionnement d'un capteur de gaz.....	21
6.1. Méthode chimique.....	21
6.2. Méthode électrique.....	22
6.3. Méthode électronique.....	22
7. Capteur de gaz.....	22
7.1. Principe de la famille de capteur de gaz.....	23
7.2. Caractéristique du capteur de gaz.....	24
7.3. Sensibilité.....	24
8. Module GSM SIM900A.....	26
9. Afficheur LCD 16x2.....	26

Chapitre III : Réalisation et résultats

1. Introduction.....	28
2. Organigramme de programme principale.....	30
3. Organigramme de sous-programme initial.....	31
4. Organigramme de sous-programme SCAN capteur.....	32
5. Organigramme de sous-programme traitement.....	33
But de travail.....	34
Programme general.....	38
Conclusion générale.....	43
Bibliographie	

Introduction générale

Le développement industriel des sociétés de plus en plus croissant rend très compliqué et très difficile la gestion de tous les aspects de la modernité dictées ou imposées par les objectifs de réussite et de performance. Pour cela l'homme a recours à l'explication de plus l'électronique et à l'informatique pour leur substituer un certain nombre de tâches plus ou moins difficiles à réaliser par l'homme et dont les performances dépassant de très loin celle de l'homme qui reste très limitée. Ces performances sont généralement atteintes grâce aux capteurs qui accomplissent le rôle de convertisseur de paramètres physiques inaccessibles par l'homme en des grandeurs interprétables exploitées selon les exigences de l'homme moderne de confort et de sécurité.

Dans le domaine de l'environnement et la sécurité incendiaire, la détection des gaz à de très faibles concentrations à savoir l'échelle de traces est d'une importance capitale pour se donner suffisamment le temps de réagir et espérer éviter des catastrophes d'explosions ou environnementales et sauver ainsi des vies humaines qui travaillent sur la technologie du capteur de gaz pour améliorer ses performances de précision, de rapidité et de sélectivité.

Notre travail de recherche présente dans ce mémoire est une première contribution dans le domaine de la mise en place d'un système de caractérisation des capteurs de gaz par le phénomène d'adsorption de la surface du capteur avec le gaz à détecter. L'ensemble de travail de recherche bibliographique et de réalisation expérimentale a été effectué à UMMTO.

L'objectif principal de ce projet est la caractérisation d'un capteur de gaz. Il est noté que la plupart des capteurs de gaz sont dotés des plaques chauffantes dont pour améliorer la qualité de l'adsorption, or cette pollution élevée peut s'avérer très dangereuse surtout dans le cas de gaz explosifs. Également, nous avons centré nos efforts sur le développement d'une nouvelle méthodologie d'analyse des réponses des capteurs afin d'améliorer les performances de détection en terme de sensibilité.

Ce mémoire récapitule l'ensemble du travail effectué pendant la période du projet sous forme de trois chapitres. Le premier chapitre a été consacré à la carte arduino UNO. Le second chapitre résume les principes de fonctionnement des différentes familles des capteurs de gaz ainsi que leurs propriétés physiques. Ce dernier consiste à expliquer les diagrammes et le fonctionnement de la réalisation.

1. Présentation de la carte Arduino Uno R3 :**1.1Description :**

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C. Cette carte possède 14 entrées /sorties numérique (dont 6 peuvent être utilisées comme étant des sorties PWM(Pulse Width Modulation),6 entrées analogiques avec un convertisseur Analogique/Numérique de 10 bits de résolution,1 résonateur céramique (quartz) de 16 Mhz,1 connecteur ICSP (In_Circuit Serial Programing) qui permet la programmation du microcontrôleur sur le circuit sans avoir à l'enlever,1 connecteur jack pour une alimentation extérieur, un bouton de reset pour mettre le processus à Zéro.[1]



Figure 1 : Description de la carte ArduinoUno R3.

L'avantage de cette carte c'est qu'elle n'a pas besoin de pilote pour faire la conversion FTDI USB/ Série, elle a juste un petit microcontrôleur **ATMega 16U2** (pour la version 3) programmé comme convertisseur USB/Série.

L'intérêt principal des cartes Arduino est leur facilité de mise en œuvre. Arduino fournit un environnement de développement s'appuyant sur des outils open source. Le chargement du programme dans la mémoire du microcontrôleur se fait de façon très simple par port USB. En outre, des bibliothèques de facilité clé en main sont également fournies l'exploitation d'entrées-sorties courantes : gestion des E/S TOR, gestion des convertisseurs ADC, génération de signaux PWM, exploitation de bus I2C, exploitation de servomoteurs...etc.

1.2 Alimentation de carte arduino :

La carte ArduinoUno peut-être alimentée soit via la connexion USB(qui fournit 5V jusqu'à 500mA)ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte. L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquementde3V à12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus).

L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise de 2.1mm, dédié de la pile positive au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées Gnd (masse ou 0V) et Vin (tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation. La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à20V. Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si en utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Ainsi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.[2]

Il est noté qu'il est strictement dangereux d'utiliser une alimentation externe via la prise jack et avoir le câble USB connecté.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- **VIN** :(à distinguer de 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). On peut alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, on peut accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.

- **5V** : la tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (un régulateur de tension est intégré dans la carte). La 5V fournie par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit aussi 5V régulé) ou de toute autre source d'alimentation régulée.
- **3V3** : une alimentation de 3.3V fournie par le régulateur de 3.3V de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu de 5V). L'intensité maximale disponible sur cette broche de 50mA.

1.3 Protection du port USB contre la surcharge en intensité :

La carte Arduino Uno intègre un poly-fusible réinitialisable qui protège le port USB de votre ordinateur contre les surcharges en intensité (le port USB est généralement limité à 500mA en intensité). Bien que la plupart des ordinateurs aient leur propre protection interne, le fusible de la carte fournit une couche supplémentaire de protection. Si plus de 500mA sont appliqués au port USB, le fusible de la carte coupera automatiquement la connexion jusqu'à ce que le court-circuit ou la surcharge soit stoppé.

1.4 Gestion des mémoires dans la carte Arduino :

L'ATMega 328 a 32ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 0.5ko également utilisé par le bootloader). L'ATMega 328 a également 2ko de mémoire SRAM (volatile) et 1ko d'EEPROM (non volatile : mémoire qui peut être lue à l'aide de la bibliothèque EEPROM).

1.5 Les entrées /sorties numériques :

Chacune des 14 broches numériques de la carte Uno (numérotées de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode()`, `digitalWrite()`, et `digitalRead()` du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne « résistance de rappel » (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20 à 50kOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite` (broche, **HIGH**).

Il y a entre ces broches celles qui ont des fonctionnalités en plus :

- **Communication série** : broche 0 (RX) et 1 (TX). Utilisée pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données séries de niveau TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes de circuit intégré ATmega 16U2 programmé en convertisseur USB/Série de la carte (composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur). On fait appel à la transmission série travers ces broches avec l'instruction `Serial.Print()`, à condition que le câble USB déconnecté, sinon il va y avoir un chevauchement.
- **Interruptions externes** : broches 2 et 3. Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. Voir l'instruction `attachInterrupt()` pour plus de détails.
- **Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée)** : broches 3, 5, 6, 9, 10 et 11. Fournissant une impulsion PWM 8 bits à l'aide de l'instruction `analogWrite()`.
- **SPI(Interface Série Périphérique)** : broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Ces broches supportent la communication SPI disponible avec une librairie pour la communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ISCP.
- **I2C** : broche 4 (SDA) et (SCL). Supportent les communications de protocole I2C, disponible en utilisant la librairie `Wire/I2C`.

LED : broche 13. Il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsqu'elle est au niveau BAS, la LED est éteinte.

1.6 Les entrées analogiques :

La carte Uno dispose de 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5), chacune pouvant fournir une mesure d'une résolution de 10 bits (c.à.d sur 1024 niveaux soit de 0 à 1023) à l'aide de la très utile fonction `analogRead()` du langage Arduino.

NB : les broches analogiques peuvent être utilisées en tant que broches numériques : elles sont numérotées en tant que broches numériques de 14 à 19, aux cas où le nombre de broches numériques n'est suffisant.

➤ **Autre broches :** il y a deux autres broches disponibles sur la carte :

- **AREF :** tension de référence pour les entrées analogiques (si différent du 5V), utilisée avec l'instruction `analog Reference()`. Elle utilisée pour comparer la valeur d'une tension d'entrée par rapport à la valeur d'une tension de référence choisie.
- **Reset :** mettre cette broche au niveau BAS entraîne la réinitialisation du microcontrôleur. Cette broche est utilisée pour ajouter un bouton de réinitialisation sur le circuit qui bloque celui présent sur la carte.

On peut voir les différentes broches de la carte et leurs fonctions à travers la figure suivantes :

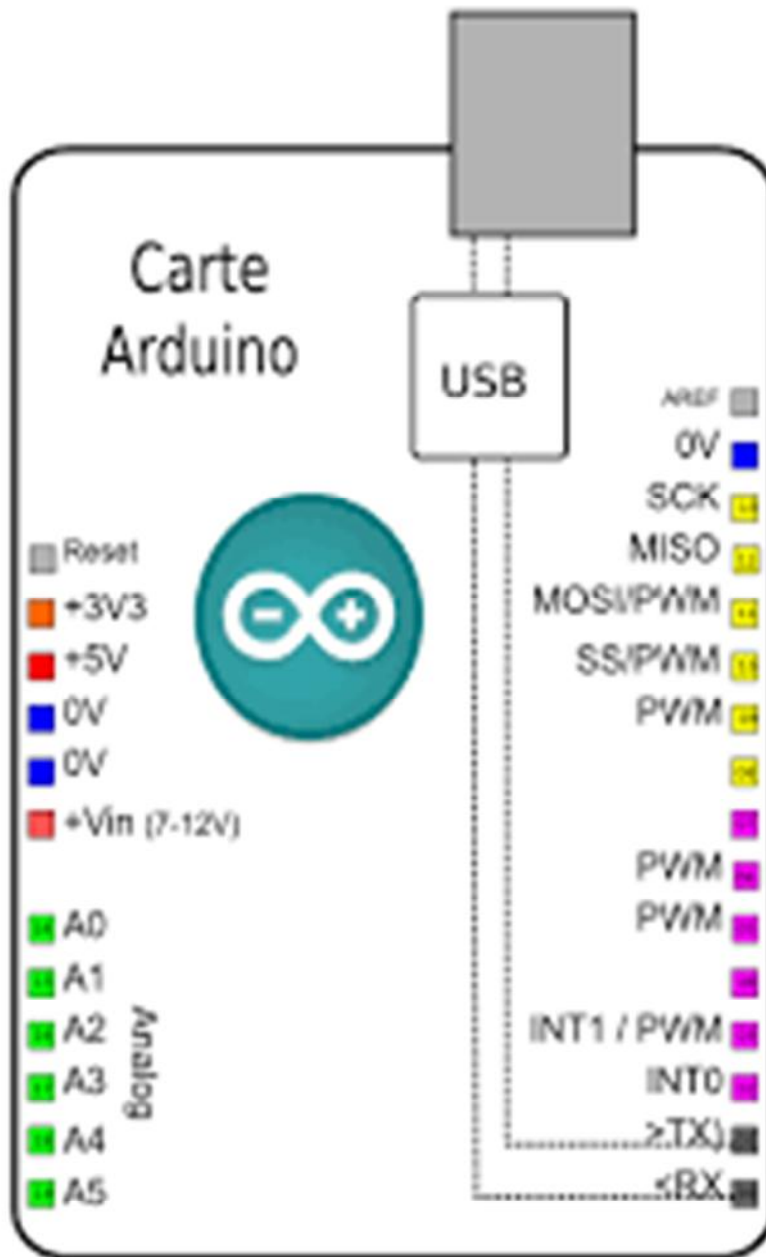


Figure 2 : Brochage de la carte Arduino Uno.

1.7 Arduino et la communication avec l'extérieur :

La carte Arduino Uno dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs.

L'ATMega 328 dispose d'une UART (Universal Asynchronous receiver Transmitter) émetteur-récepteur universel asynchrone, pour la communication série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX).

Un circuit intégré ATMega 16U2 sur la carte assure la connexion entre cette communication série vers le port USB de l'ordinateur et apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels qui utilise les ports série virtuels sur l'ordinateur. Le code utilisé pour programmer l'ATMega 16U2 utilise le driver standard USB COM, et aucun autre driver externe n'est nécessaire.

L'IDE gratuit d'Arduino inclut une fenêtre terminal série (ou moniteur série) sur l'ordinateur et qui permet d'envoyer des textes simples depuis et vers la carte Arduino. Les LEDs RX et TX sur la carte clignotent lorsque les données sont transmises via le circuit intégré USB /Série et la connexion USB vers l'ordinateur (mais pas pour les communications séries sur les broches 0 et 1). Une librairie série logicielle permet également la communication série (limitée cependant) sur n'importe quelle broche numérique de la carte Uno.

L'ATMega 328 supporte également la communication par protocole I2C / SPI :

- L'IDE d'Arduino inclut la librairie Wire qui simplifie l'utilisation du bus I2C.
- Pour utiliser la communication SPI, la librairie SPI est disponible, il suffit de l'inclure dans le programme au niveau de l'IDE lors de la programmation.

➤ Dimension de la carte :

Les longueurs et largeurs maximales de la Uno sont respectivement 6.86 cm et 5.33 cm, avec le connecteur USB et le connecteur d'alimentation jack, elle s'étend au-delà des dimensions de la carte. Quatre trous de vis permettent à la carte d'être fixée sur une surface ou dans un boîtier (pour l'embarquer sur un système). Noter que la distance entre les broches 7 et 8 est de 0.16 pouces séparant les autres broches.

1.8 Le microcontrôleur ATMega328 :

Le microcontrôleur utilisé sur la carte Arduino Uno est un microcontrôleur ATMega328. C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits.

➤ **Les principales caractéristiques sont :**

- **FLASH**= mémoire programme de 32ko.
- **SRAM**= données (volatiles) 2ko.
- **EEPROM**= données (non volatiles) 1ko.
- **Digital I/O (entrée-sorties Tout ou Rien)**= 3 ports PortB, PortC, PortD (soit 23 broches en tout I/O).
- **Tension d'alimentation interne**= 5V.
- **Tension d'alimentation (recommandée)**= 7 à 12V, limites=6 à 20V.
- **Courant max par broches E/S**= 40mA.
- **Courant max sur sortie 3.3V**=50mA.
- **Fréquence horloge** = 16MHz.
- **Dimension** = 68.6mm x 53.3mm.
- **Timers/Counters : Timer0 et Timer2** (comptage 8 bits), **Timer1** (comptage 16bits). Chaque timer peut être utilisé pour générer deux signaux **PWM**. (6 broches OCxA/OCxB).
- **Plusieurs broches multifonctions** : certaines broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par l'utilisateur.
- **PWM** = 6 broche OC0A(PD6), OC0B(PD5), OC1A(PB1), OC1(PB3), OC2A(PB3), OC2B(PD3).
- **Analog to Digital Convertir (résolution 10bits)** =6 entrées multiplexes ADC0(PC0) à ADC5(PC5).
- **Gestion bus 12C (TWI Two Wire Interface)** = le bus estexploité via les broches SDA (PC5)/SCL(PC4).
- **Port série (USART)** = émission/réception série via les broches TXD(PD1)/RXD(PD0).
- **Comparateur analogique** = broches AIN0(PD6) et AIN1(PD7) peuvent déclencher interruption.
- **Watchdog Timer programmable** =L'ATMega possède un compteur dit de chien de garde programmable pour générer des interruptions à la fin de son comptage et il peut être utilisé comme étant un simple compteur.
- **Gestion d'interruptions (24 source possibles) :**
 - ✓ Interruptions liées aux entrées INT0(PD2).

- ✓ Interruptions sur changement d'état des broches PCINT0 à PCINT23.
 - ✓ Interruptions liées aux Timers 0, 1 et 2 (plusieurs causes configurables).
 - ✓ Interruption liée au comparateur analogique.
 - ✓ Interruption de fin de conversion ADC.
 - ✓ Interruption de port série USART.
 - ✓ Interruption de bus I2C.
- Pourquoi Arduino : Un microcontrôleur d'une autre famille comme le PIC 16f887, un puissant microcontrôleur de la famille Microchip, aurait peut-être été choisi pour le projet, mais l'Arduino Uno a été choisi pour les avantages suivants :
- L'ATMega328 répond au cahier des charges. En effet le nombre des entrées/sorties dont on aura besoin est égal à six entrées/sorties sans les VCC et GND.
 - L'utilisation de deux interruptions externes pour la fourche optique. L'Arduino Uno en possède deux (pin digitale 2 et 3).
 - S'épargner le travail de conception de circuit de configuration du microcontrôleur, de circuit de conversion Port Série = USB.
 - Microcontrôleur préprogrammé avec un boot loader (ISP), donc le programmeur dédié n'est pas nécessaire.
 - Une communauté active un site officiel et un forum officiel.
 - Environnement de programmation claire, simple et Multiplateforme.

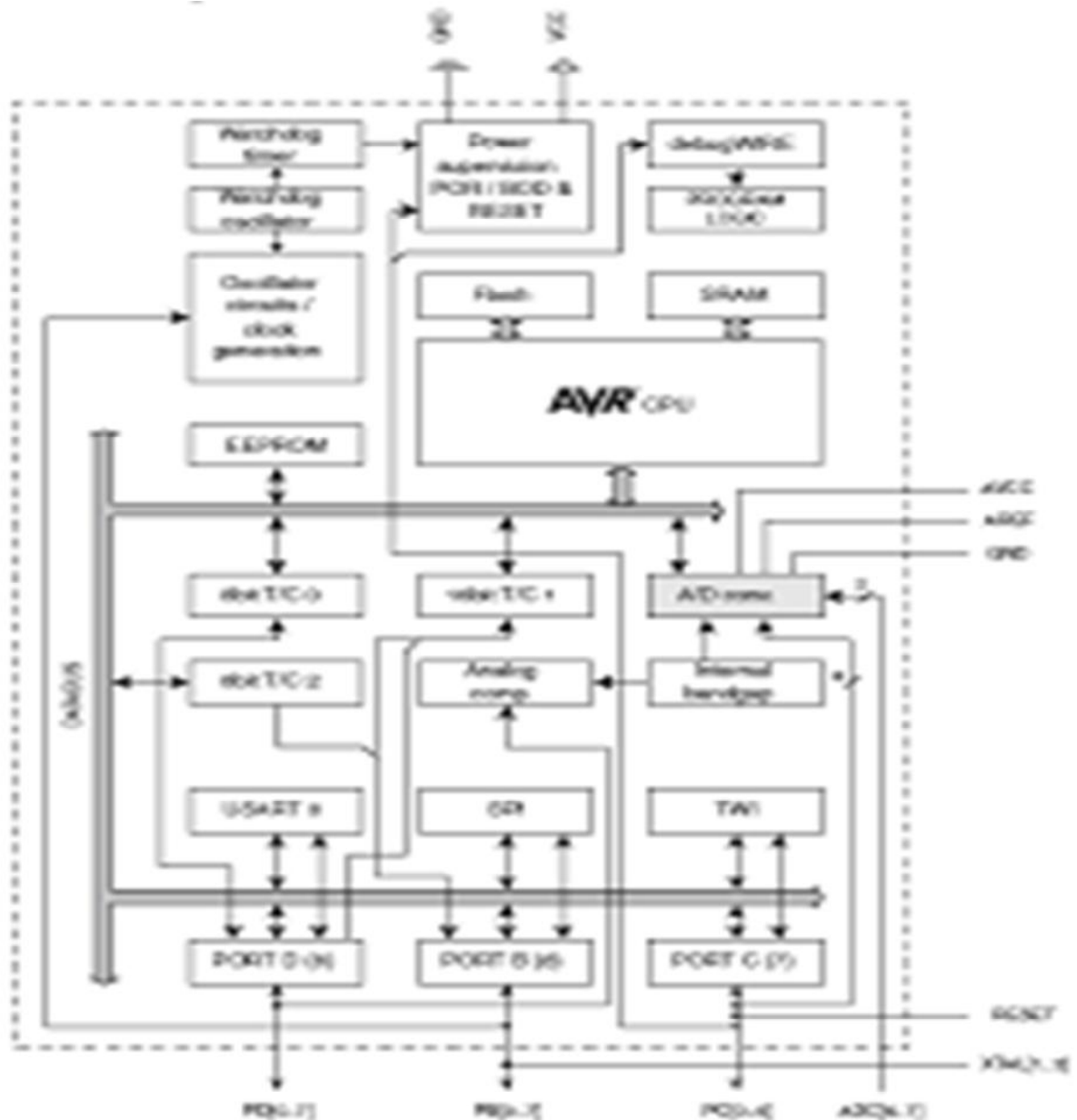


Figure 4 : Architecture interne de l'ATMega328.

1. Etude des capteurs :

1.1. Définition des capteurs :

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans un système fonctionnel. Ce sont les premiers éléments rencontrés dans une chaîne de mesure, ils prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative qui sera exploitée par la partie commande c'est-à-dire qu'ils transforment les grandeurs que l'on veut mesurer appelées mesurandes. Cette mesure peut être physique (lumière, pression, chaleur...). Ou chimique (gaz, liquide, acide...) d'un processus ou d'une installation en signaux électriques.

2. Les différents capteurs.

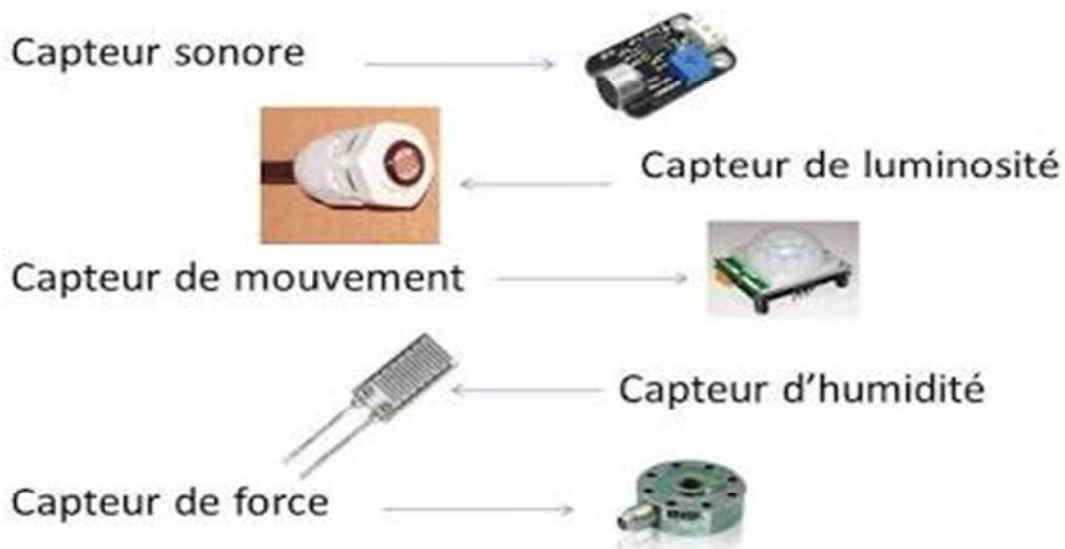


Figure 05 : Les différents capteurs.

La chaîne de mesure du capteur nous donne une relation entre ces deux grandeurs qui est caractérisée par les notions suivantes :

- Bande passante, temps de réponse
- Sensibilité à la grandeur mesurée
- Vieillessement

- Influence des perturbations
- Etalonnage

1.2 Les types de capteurs :

Les captures peuvent être définies en fonction de la grandeur mesurée (mesurande) ; on distingue les capteurs de position, de température, de vitesse de force, de pression de gaz... on peut aussi les définir en fonction du caractère de l'information.[3]

On peut distinguer deux types de capteurs :

1.2.1 Capteurs à contact :

Avec la grandeur qu'on veut capter.

1.2.2 Capteurs de proximité :

Qui ne nécessitent pas de contact direct avec la grandeur mais il suffit de l'approcher de cette dernière pour obtenir l'information ; chacun de ces deux types se divise en trois catégories qui sont les capteurs mécaniques, électriques et pneumatiques.

1.2.3 Capteurs actifs :

Les capteurs qui fonctionnent en générateur sont dits actifs, c'est-à-dire qu'ils assurent la conversion de la grandeur qui est l'effet en signal électrique, on peut citer parmi ces effets :

L'effet thermoélectrique : la thermoélectricité régit la conversion à l'état solide d'énergie électrique en énergie thermique et vice-versa, c'est-à-dire que si on soumet un circuit formé de deux matériaux de natures différentes à deux gradients de température T_1 pour le premier matériau et T_2 pour le deuxième on peut récupérer aux extrémités des deux matériaux une tension, et si on garde une des deux températures à une valeur fixe on peut déduire l'autre température à partir de la tension délivrée par le système.[4]

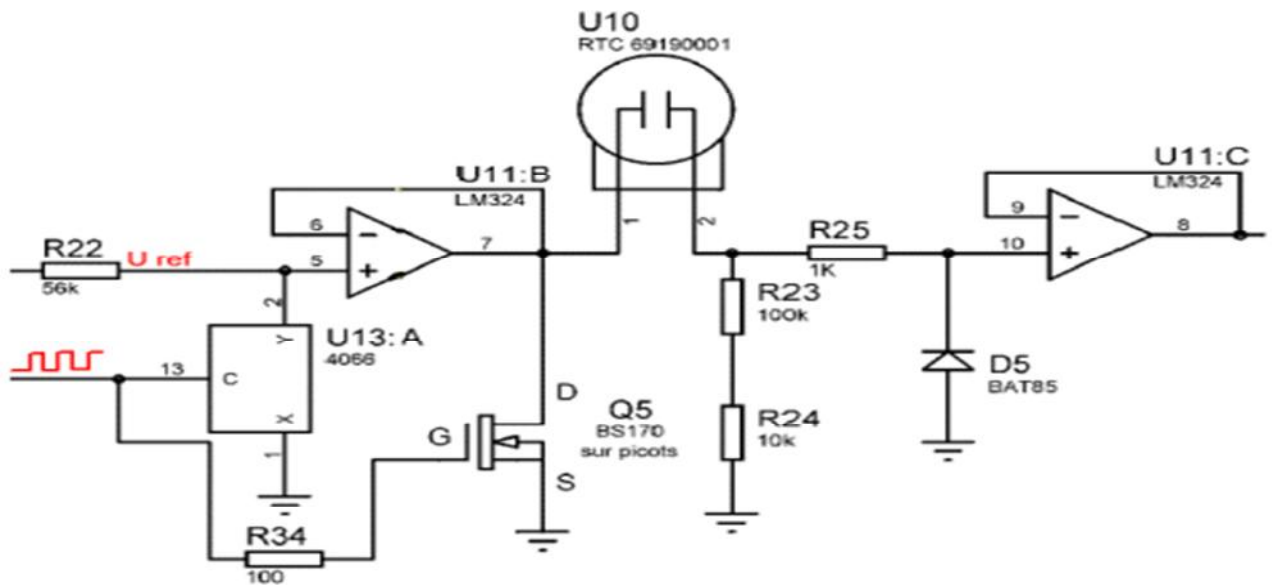


Figure 06 : Schéma d'un capteur actif.

L'effet piézoélectrique : le piézoélectrique est l'apparition d'une polarisation électrique sous l'effet de contraintes mécaniques sur certains cristaux, céramique ferroélectrique ou de matériaux polymères.

L'effet électrodynamique : l'effet électrodynamique se base sur la conversion de l'énergie en utilisant le coupage électromécanique par l'effet du champ magnétique ou du champ électrique ce sont essentiellement des capteurs de vitesse.

Effet photoélectrique : l'effet photoélectrique est la transformation d'une grandeur lumineuse (plus précisément l'éclairement de la cellule) en courant, leur principe est la libération de paires électrons-trous sous l'influence d'une énergie fournie par les photons. Ils doivent être distingués des capteurs photoélectrique classiques dont le fonctionnement est tributaire d'une alimentation électrique.

Effet Hall : lorsqu'une plaquette d'un matériau semi-conducteur, placée dans un champ magnétique est parcourue par un courant électrique, une tension V_h (tension de hall) perpendiculaire à l'induction magnétique apparaît entre les faces de cette plaquette. Les capteurs à base d'effet hall sont utilisés pour déterminer des vitesses de rotation (capteur de vitesse de rotation, capteur de vitesse d'un véhicule par exemple).

La tension V_h mesurée sur le générateur Hall est généralement de faible valeur (inférieure ou égale à quelques millivolts) ; elle doit de ce fait être amplifiée d'un circuit intégré Hall pour une meilleure exploitation.[5]

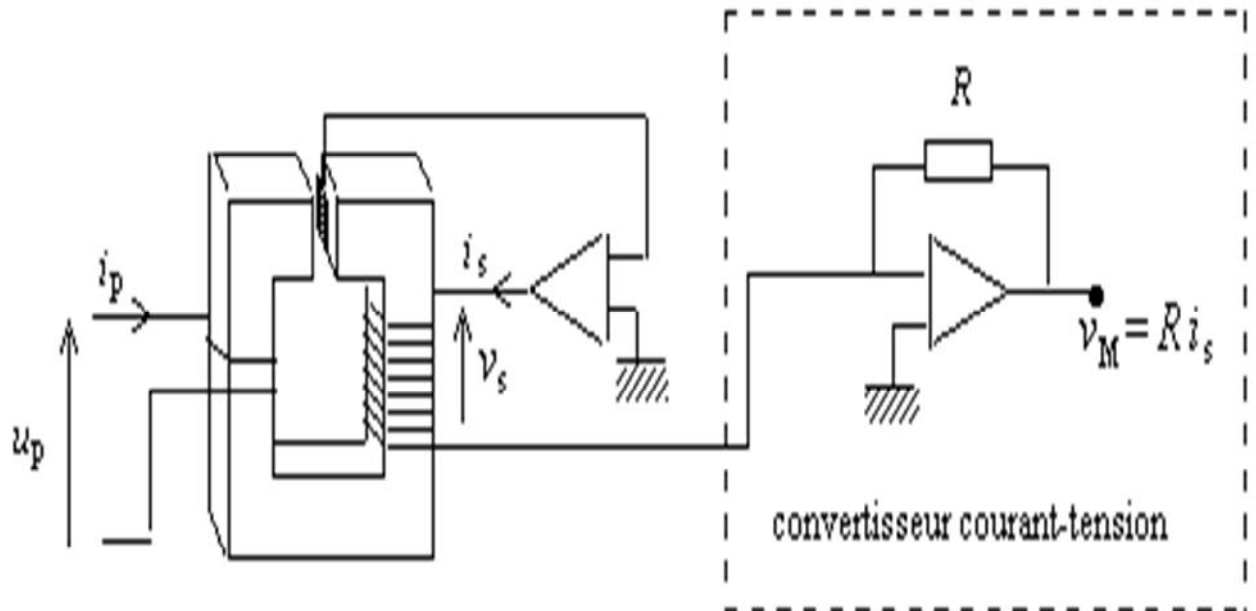


Figure 7 : Présente un capteur à effet hall.

Le tableau suivant [03] représente les principes physiques de base des capteurs actifs

Mesurande	Principe physique utilise	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectrique	Tension
Flux de rayonnement optique	Piézoélectrique	Charge
	Photo émission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo électromagnétique	Tension
Force Pression Accélération	Piézoélectrique	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension
Position	Effet hall	Tension

Tableau 1 : Capteurs actifs, principes physiques de base

1.2.4 Capteurs passifs :

Les capteurs dont le signal électrique délivré est une variation d'impédance (diélectrique) est sensible au mesurande sont dits passifs car ils nécessitent une source d'énergie électrique pour que l'on puisse lire le signal.

Le circuit dans lequel ils sont incorporés est appelé conditionneur.

Tous les transductions à impédance variable font partie de cette catégorie. On peut citer à titre d'exemple :

Les potentiomètres rotatifs ou linéaires qui permettent de Transférer la variation de résistance en un déplacement angulaire ou linéaire.

Les jauges de contrainte qui permettent de transformer une microdéformation (allongement allant de 10^{-6} à 10^{-3}) en une variation de résistance. Deux paramètres interviennent dans ce cas : les variations dimensionnelles de la jauge ainsi que l'influence directe des déformations sur la résistance du matériau (effet piézoélectrique)

Les thermistances permettant de prendre des mesures très précises de la température et les thermistances à semi-conducteurs qui présentent une sensibilité plus élevée.[5]

- Fonctionnement d'un capteur

Le capteur étant défini comme un composant qui convertit la mesure en un signal qui peut être exploité. Le schéma de principe de la structure d'un capteur est illustré à la figure

MESURE

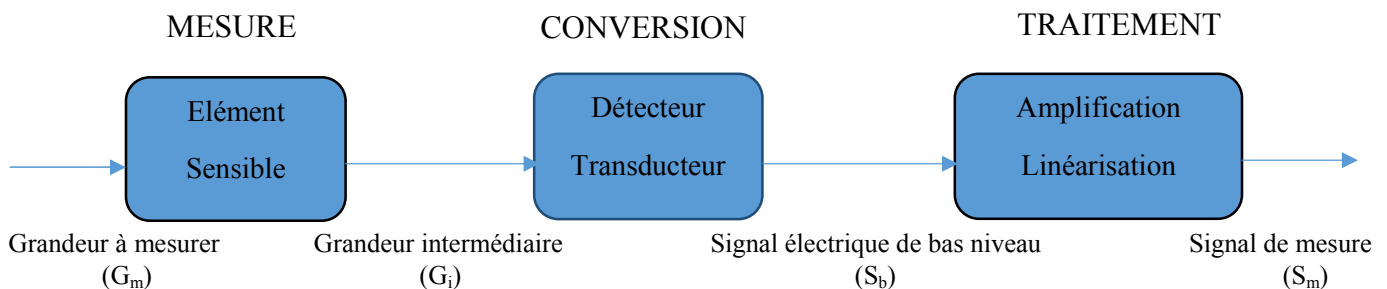


Figure 08 : Le schéma de principe de la structure d'un capteur

2. Élément sensible

En principe la grandeur à mesurer n'est pas convertible directement en un signal électrique mais c'est plutôt l'élément sensible appelé aussi élément de mesure qui convertit la grandeur à mesurer G_m en une grandeur intermédiaire G_i facile à convertir en signal électrique ; la loi qui la grandeur intermédiaire (G_i) a la grandeur (G_m) doit être parfaitement connue.

La grandeur intermédiaire est souvent une déformation ou une force cet élément sensible caractérise le capteur.

La conception des capteurs est basée sur les principes qui permettent d'obtenir une grandeur que l'on sait exploiter à partir de la grandeur à mesurer.[6]

3. Le transducteur

On extrait la partie conversion avec élément principal le transducteur.

Il assure la conversion de la grandeur intermédiaire en une grandeur électrique, généralement une tension ou une fréquence. Le transducteur appelé aussi capteur primaire se comporte en principe comme un générateur, il s'agit d'un capteur actif ou bien comme une impédance, on parlera dans ce cas de capteur passif. Il est alors associé à un circuit électrique conçu pour mesurer cette impédance.

4. Amplification et linéarisation

Le signal issu du transducteur vers la partie traitement étant de faible puissance, il est difficile de le transférer tel qu'il est. Si on connaît la fonction de transfert liant le signal du transducteur à la grandeur à mesurer, celle-ci est rarement linéaire (le signal émis par le capteur doit varier linéairement avec la grandeur à mesurer), elle est sensible à des grandeurs perturbatrices appelées grandeur d'influence la température de l'ensemble élément sensible-transducteur.

Pour faire face à ce genre de problèmes, des circuits électroniques sont conçus afin d'amplifier, linéariser et corriger le signal du transducteur.

Avec des microprocesseurs et microcontrôleurs spécialement conçus, on peut envisager tout traitement nécessaire pour obtenir les performances du capteur qu'on veut fabriquer.

Le signal émis est en général, un signal analogique en courant ou en tension. L'alimentation en énergie électrique du capteur est faible par la ligne de communication, c'est-à-dire que chaque élément reçoit de l'autre des signaux électriques de différentes grandeurs qui ne sont en réalité que des informations sur le mesurande.

5. Exemples de quelques capteurs utilisés en industrie :

5.1. Capteur de température :

On associe généralement les capteurs de température à un thermocouple ayant comme principe deux matériaux thermoélectriques reliés entre eux : en approchant une source de chaleur au point de jonction on récupère aux bouts des deux matériaux une différence de potentiel.

En industrie et pour la mesure de la température l'offre en capteurs est très large et le choix, a priori simple, s'avère souvent délicat vu l'effet de la température sur les caractéristiques des matériaux influant sur leurs propriétés se base ainsi sur les résultats obtenus lors de la mesure. Cette analyse fait un point synthétique des différents paramètres à prendre en compte pour le choix de capteur approprié pour chaque domaine d'utilisation.

Températures dépassant les 450°C, il est composé d'un thermocouple chemisé (protégé) afin d'éviter toute usure pouvant engendrer son dysfonctionnement.

On remarque aussi qu'une diode ou transistor alimenté par un courant constant donne une tension qui change avec la température.[7]

On utilise cette propriété pour fabriquer des capteurs de température en ajoutant généralement un circuit conditionneur. Il existe aussi des circuits intégrés permettant d'enregistrer la température sur une période longue.

Cela est utilisé dans les systèmes de contrôle d'une chaîne de froid, par exemple en introduisant le capteur dans le produit au début d'une chaîne de production et en lisant les données à la fin.

Il existe aussi des mesures de température basées sur la mesure de bruit, c'est le cas du quartz qui change de fréquence de résonance avec la température.

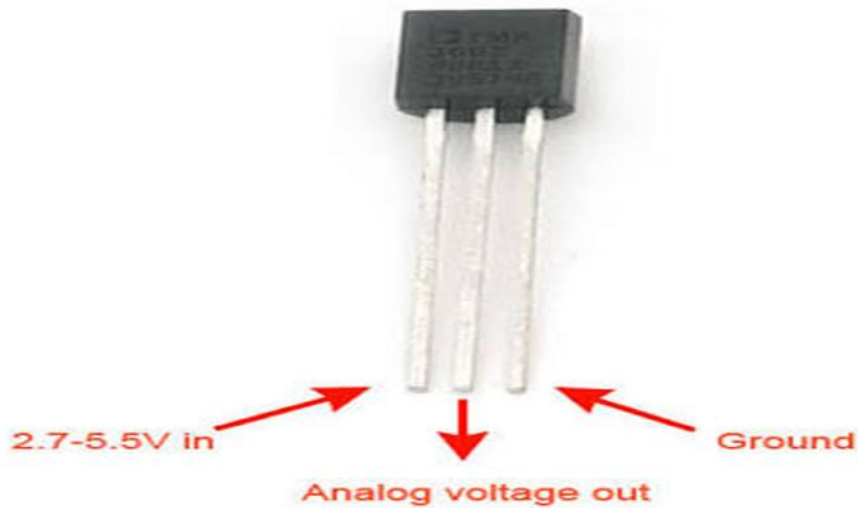


Figure 09 : Capteur de température.

5.2. Capteur optique :

Les capteurs optiques sont associés à un système composé d'un émetteur et d'un récepteur optique par un faisceau de lumière, on dit que le capteur a détecté en remarquant une rupture ou bien une variation du signal (faisceau).

5.3. Capteur à transistor à effet de champ (GASFET) :

Les capteurs de gaz de ce type ont la structure classique d'un transistor MOS à effet de champ mais dans le cas d'un GASFET la grille est remplacée par un **oxyde métallique sensible au gaz**.

L'interaction de l'oxyde métallique avec le gaz à détecter se traduit par une variation de la tension de seuil du transistor. Le principe consiste à intégrer sur la grille de FET une membrane sensible au gaz à détecter.

Lors de l'absorption d'un gaz accepteur ou donneur d'électrons il se produit une modification du potentiel au niveau de la surface : ceci va influencer la concentration des

porteurs au niveau de la surface : ceci va influencer la concentration des porteurs au niveau du canal et donc sa conductance. La figure donne le schéma de principe d'un capteur GASFET.

5.4. Capteur à base d'oxydes métallique :

Les capteurs de gaz à base d'oxydes métalliques conducteurs sont, à l'origine, l'œuvre de gauchi. Les types de capteurs sont devenus ces derniers temps le centre d'intérêt de nombreuses recherches.

L'idée fondamentale de Gauchi a été d'imaginer qu'une couche poreuse d'un oxyde semi-conducteur, déposée sur un substrat neutre (céramique), verrait que ses propriétés conductrices changent sensiblement en présence d'une faible concentration de gaz oxydant ou réducteur, les gaz oxydants générant des états de surface accepteurs dans le semi-conducteur et les gaz réducteurs provoquant au contraire des états donneurs.

Cette propriété est alors utilisée pour la fabrication des différents types de capteurs de gaz mais avec de nettes améliorations en ce qui concerne les techniques de fabrication ainsi que des matériaux utilisés.

Il est ainsi possible de réaliser des capteurs à base d'oxydes semi-conducteurs transparents appelés TCO (transparent conduction oxydes).

6. Principe de fonctionnement d'un capteur à gaz

On dénombre plusieurs méthodes de détection de gaz, on peut citer entre autres :

6.1 Méthode chimique :

Elle est parmi les premières méthodes de détection des gaz.

On considère un tube détecteur qui contient bien précieusement d'un ou plusieurs réactifs absorbés sur un support inerte qui est généralement le gel de silice à grains fins ou bien l'alumine activée... ce tube en verre est scellé aux deux extrémités.

Pour l'utiliser, on casse les deux extrémités, on introduit le tube dans une pompe et l'on fait circuler à travers le tube le gaz.

Le réactif chimique réagit immédiatement avec le gaz et une couleur se développe à partir de l'entrée du tube.[8]

6.2 La méthode électrochimique :

Cette méthode qui se base sur les réactions d'oxydoréduction afin de fabriquer des piles engendre deux capteurs : l'un est un capteur de courant et l'autre un capteur de tension (entre la cathode et l'anode) E appelée force électromotrice :

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \log \left(\frac{Ox}{Red} \right)$$

Avec :

E_0 : potentiel de référence (v)

R : constante des gaz parfaits ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)

T : température (K)

F : faraday ($C \cdot mol^{-1}$)

n : nombre d'électrons échangés

Ox : activité de l'oxydant

Red : activité du réducteur.

6.3 Méthode électronique :

Cette méthode est basée sur le pouvoir oxydo-réducteur des gaz. Le matériau support de la réaction d'oxydoréduction est un oxyde métallique semi-conducteur utilisé pour ses propriétés particulières vis-à-vis du gaz.

L'idée d'utiliser un matériau semi-conducteur comme élément sensible au Brattain et M. Bardet en 1952 avec des matériaux tels que le germanium. Plus tard, Seiyama a démontré l'effet de la sensibilité au gaz sur des oxydes métalliques. Taguchi a réalisé le premier capteur de type semi-conducteur dans les années 1970.

7. Les capteurs de gaz :

Un capteur de gaz est un dispositif qui permet la traduction de concentration d'une espèce chimique en un signal exploitable (électrique ou optique). En effet, plusieurs techniques permettant de mettre en évidence les réactions liées à la détection d'espèces gazeuses, telles que des techniques spectroscopiques ou chromatographiques. Les techniques basées sur la spectroscopie et la chromatographie permettant de mettre en évidence la formation ou la disparition d'espèces gazeuses, tandis que celles basées sur la mesure électrique n'en sont pas capables. Alors que des appareils de mesure spectroscopique nécessitent un équipement plus important ou l'utilisation de technologies plus coûteuses. Les principaux avantages de cette

technique sont la possibilité d'une analyse complète et précise de l'échantillon de gaz. Mais pour la conception des capteurs, les dispositifs de mesure électrique peuvent être aisément intégrés dans des systèmes « embarqués ». Les principaux avantages de ces capteurs sont : leur faible encombrement et faible consommation énergétique et leur faible coût. Tous ces avantages en font des instruments idéaux pour les mesures sur site et le contrôle de procédés en ligne.

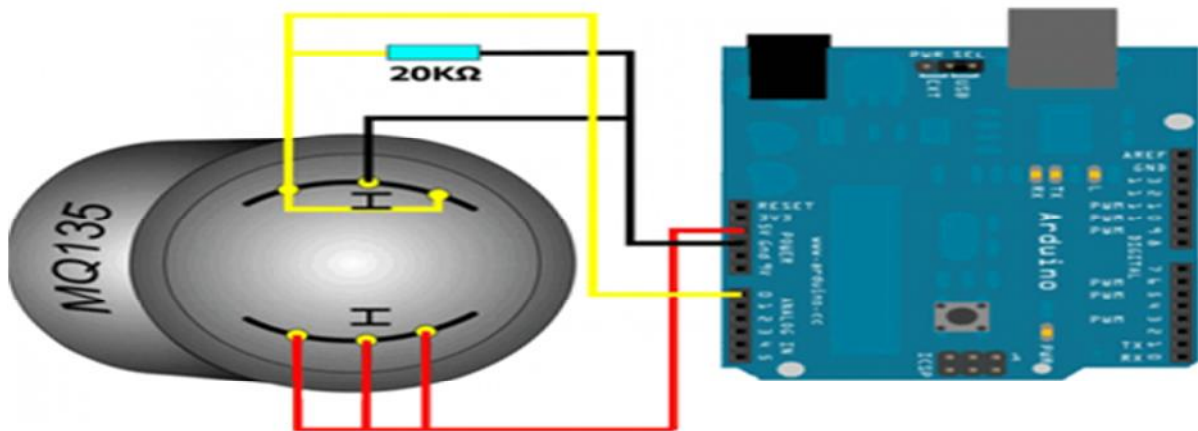


Figure 10 : Principe d'un capteur de gaz.

De façon habituelle, les capteurs de gaz sont généralement composés de deux principales parties d'une part, un matériau sensible permet la reconnaissance du composé cible avec lequel il interagit et d'autre part, un système transducteur transformant l'interaction entre le composé cible et l'élément sensible en une quantité mesurable.

7.1. Principales familles des capteurs gaz :

De nombreux autres classent les capteurs en fonction de leur principe de détection. Le tableau, basé sur cette classification, présente le principal type de capteurs. Dans ce qui suit nous donnons un aperçu du principe de détection de quelques types de capteur :

Capteurs à fibre optique :

Le principe de fonctionnement est basé sur la modification de la propagation de la lumière en présence du gaz à détecter. Il existe deux principaux types de capteurs de gaz à fibres optiques : les capteurs extrinsèques et les capteurs intrinsèques. Dans les capteurs extrinsèques, l'élément sensible est dans le cas des capteurs intrinsèques.

La particularité de ces capteurs est qu'ils permettent de déporter la mesure dans l'environnement difficiles à atteindre ou perturbés (par exemple dans le cas radioélectrique).

Capteur de gaz à base d'oxyde métallique :

Jusqu'à présent, la plupart des capteurs, sont constitués à base de semi-conducteurs, l'idée d'utiliser des semi-conducteurs comme capteur de gaz remonte à 1953 quand Brattain et Bardeen furent les premiers à reporter des variations de courant sur le germanium (Ge) en présence de vapeur d'ozone, de peroxyde d'hydrogène et d'hydroxyde. Plus tard, Heian Bielinski et Seiyama étudièrent l'effet des réactions Méta oxyde de gaz sur le changement de conductivité électrique de semi-conducteurs de type n ou p. finalement, l'étape décisive dans le développement de ces capteurs a été franchie en 1971 par Taguchi, elle correspond à l'industrialisation des capteurs à base d'oxyde métallique semi-conducteur (SnO_2), pour la détection de gaz explosifs. La plupart des oxydes métalliques présentent des variations de conductivité lorsqu'ils sont soumis à un changement de l'environnement gazeux.

7.2. Principes caractéristique du capteur de gaz :

Les auteurs définissent souvent les performances d'un capteur de gaz par « la règle des 3S » (sensibilité, stabilité, sélectivité). Les caractéristiques présentées ci-dessous sont utilisées pour évaluer les performances des capteurs de gaz.

7.3. Sensibilité

La sensibilité, par définition, est le rapport de la variation de la réponse électrique du capteur à celle de la concentration du gaz elle se définit par la relation suivante :

$$\text{Sensibilité } S = \Delta R / \Delta [\text{gaz}]$$

$$\Delta R = R_{\text{gaz}} - R_{\text{AIR}} \quad \text{dans le cas d'un gaz oxydant.}$$

$$\Delta R = R_{\text{AIR}} - R_{\text{gaz}} \quad \text{dans le cas d'un gaz réducteur.}$$

Principe	Grandeur mesurée	Exemple de capteur
Potentiométrique	Courant	Cellule électrochimique
Ampérométrie	tension	Cellule électrochimique
Capacitif	capacité/charge	Capteur d'humidité
Calorimétrique	température	Pellistor
Gravimétrique	masse	Capteur a microbalance
Résonance	fréquence	Capteur a onde de surface
Optique	pic d'absorption	Détecteur infrarouge
Fluorescence	intensité lumineuse	Fibre oblique
résistif	résistance	Capteur MOX

Tableau 02 : Principe et grandeur d'un capteur de gaz.

Un capteur est plus sensible qu'une faible variation de concentration du gaz entrainera une variation importante de la résistance mesurée. Cependant, dans le domaine des capteurs MOX, on utilise parfois d'autres paramètres pour traduire la sensibilité du capteur.

Stabilité de capteur de gaz

Ce paramètre est utilisé pour caractériser la dérive du signal du capteur dans le temps. Il existe un vieillissement du capteur, ce qui limite son utilisation à long terme. Différentes solutions sont proposées pour y remédier, notamment par un traitement préalable de la couche sensible.

Propriété des capteurs de gaz a oxydes métalliques

Depuis, de nombreux travaux de recherches ont été réalisés et le sont encore à ce jour pour améliorer leurs performances. Le principe de détection repose sur la variation de la conductivité électrique d'un oxyde métallique quand celui-ci est mis en contact avec un nouvel environnement gazeux. Les oxydes métalliques utilisés à ce jour. Pour réaliser une couche sensible des capteurs de gaz ont un caractère semi-conducteur et donc leur comportement

8. Module GSM SIM900A :

Ce module GSM permet de communiquer avec les systèmes téléphoniques tels que les SMS afin de piloter votre projet à distance.

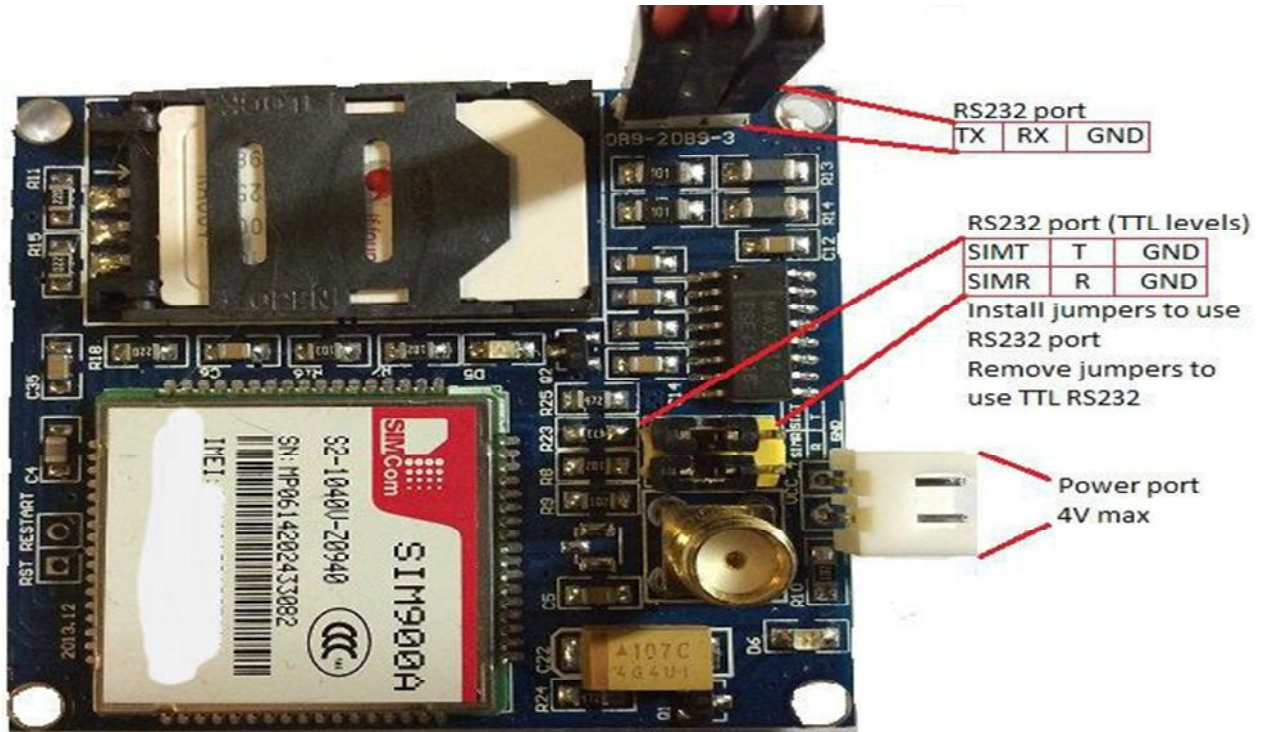


Figure 11 : Module GSM SIM900A.

9. Afficheur LCD 16x2 :

L'écran à cristaux liquides, en anglais : LCD pour liquide Crystal display permet la création d'écran plat à faible consommation d'électricité. Aujourd'hui ces écrans sont utilisés presque tous les affichages électroniques.

Les écrans a cristaux liquides utilisent la polarisation de la lumière par des filtres polarisants et la biréfringence de certains cristaux liquides en phase nématique, dont on peut faire varier l'orientation en fonction du champ électrique .Du point du vu optique , l'écrans a cristaux liquides est un dispositif passif : il n'émet pas de lumière , seul sa transparence varie, et il doit donc disposer d'un éclairage.



Figure 12 : Afficheur LCD.

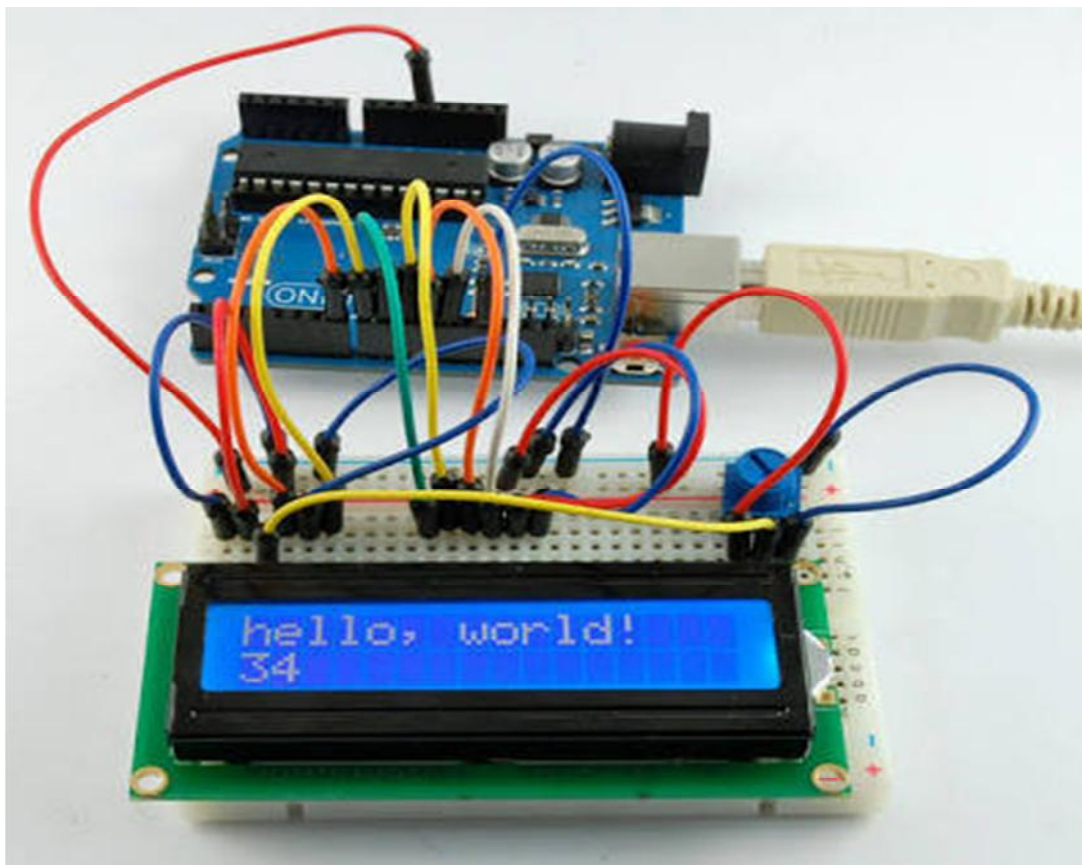


Figure 13 : Brochage de l'afficheur LCD avec une arduino.

1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons créer un système de surveillance de la pollution atmosphérique basé sur l'IOT dans lequel nous surveillerons la qualité de l'air sur un serveur GSM et déclencherons une alarme lorsque la qualité de l'air dépassera un certain niveau. Des gaz nocifs sont présents dans l'air comme le CO₂, la fumée, l'alcool, le benzène et le NH₃. Il affichera la qualité de l'air dans PPM sur l'écran LCD afin que nous puissions le surveiller très facilement.

Nous avons utilisé le capteur MQ135 qui est le meilleur choix pour la surveillance de qualité de l'air. Dans ce projet vous pouvez surveiller le niveau de pollution de n'importe où en utilisant votre ordinateur ou votre mobile. Nous pouvons installer ce système n'importe où et peut également déclencher un appareil lorsque la pollution dépasse un certain niveau, comme nous pouvons activer la ventilateur d'évacuation ou envoyer des SMS/ messages d'alerte à l'utilisateur.



Figure 13 : Le capteur MQ135.

Les composants requis :

Aduino Uno.

Module GSM SIM900A

Fils de connexion

Portable

Source de courant

Une carte SIM

Resistance variable

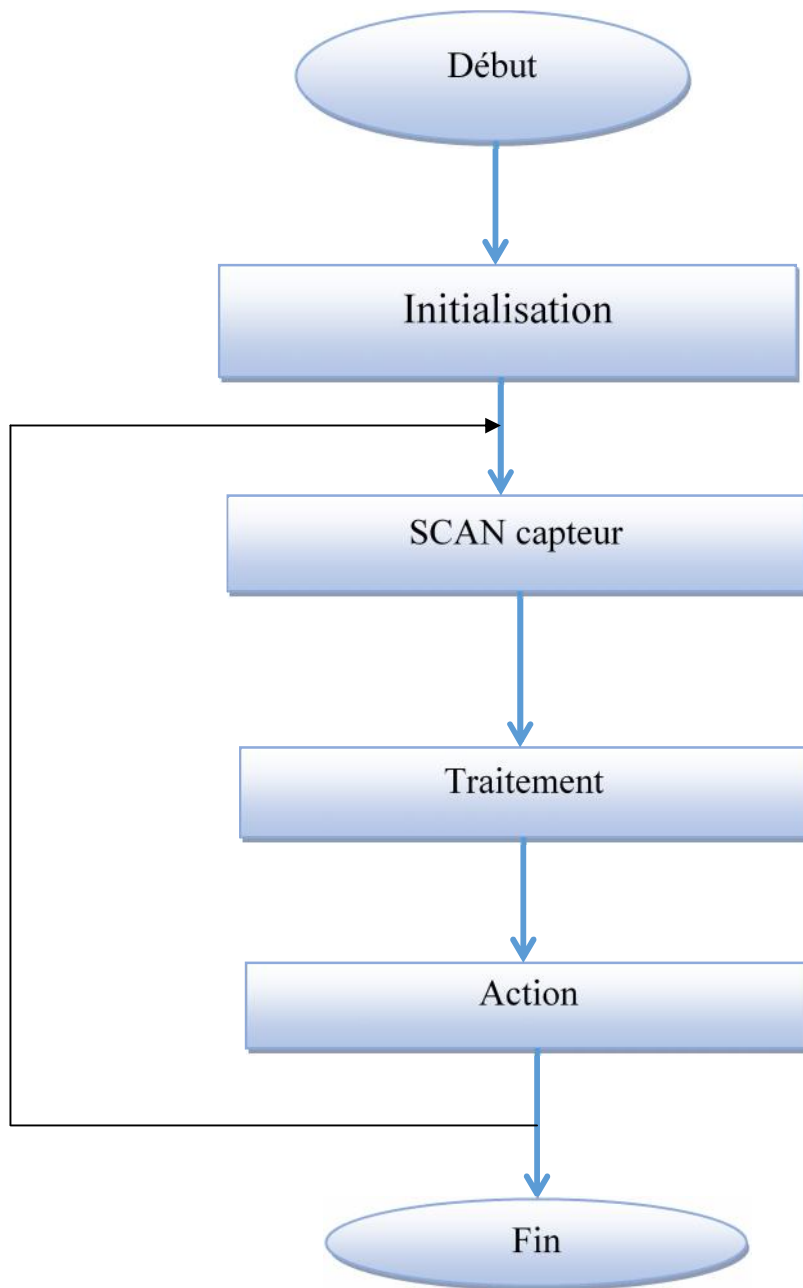
MQ135 capteur de gaz

Lab. d'essai

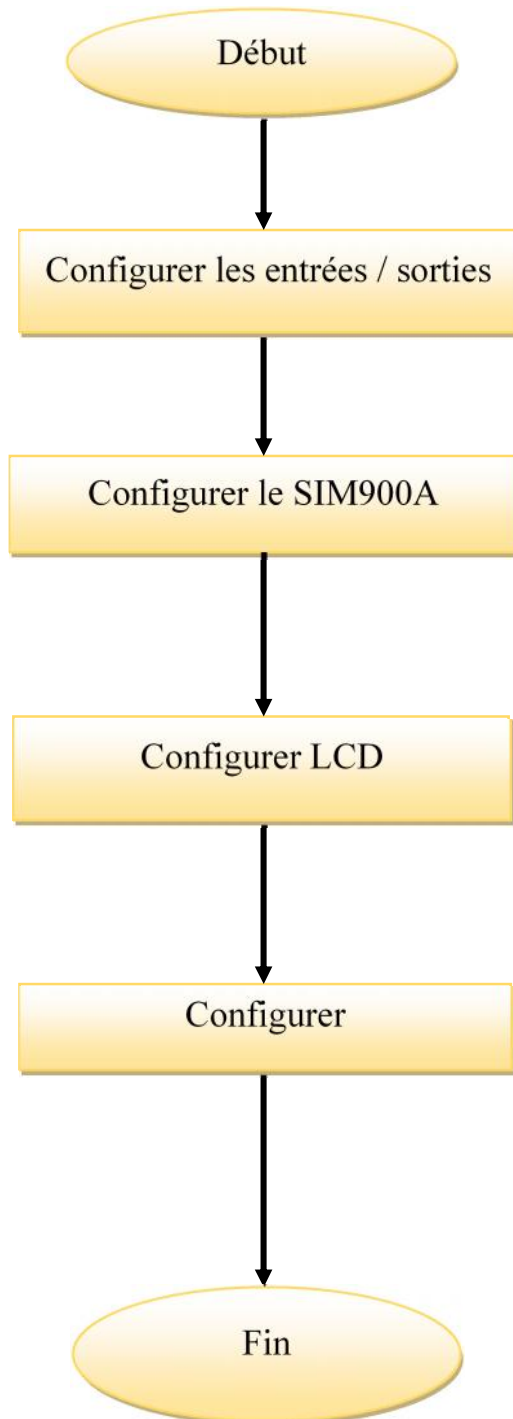
16Xlcd

Resistance

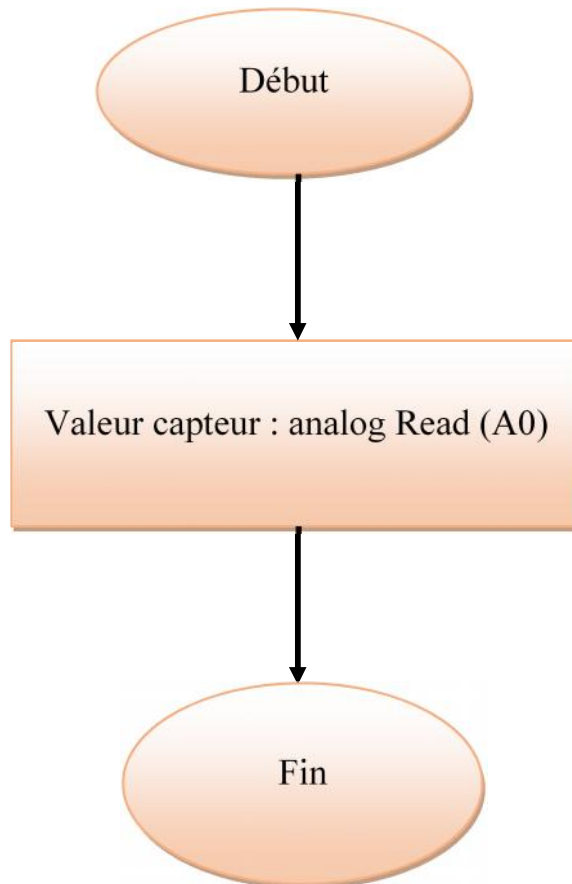
2. Organigramme de programme principale :



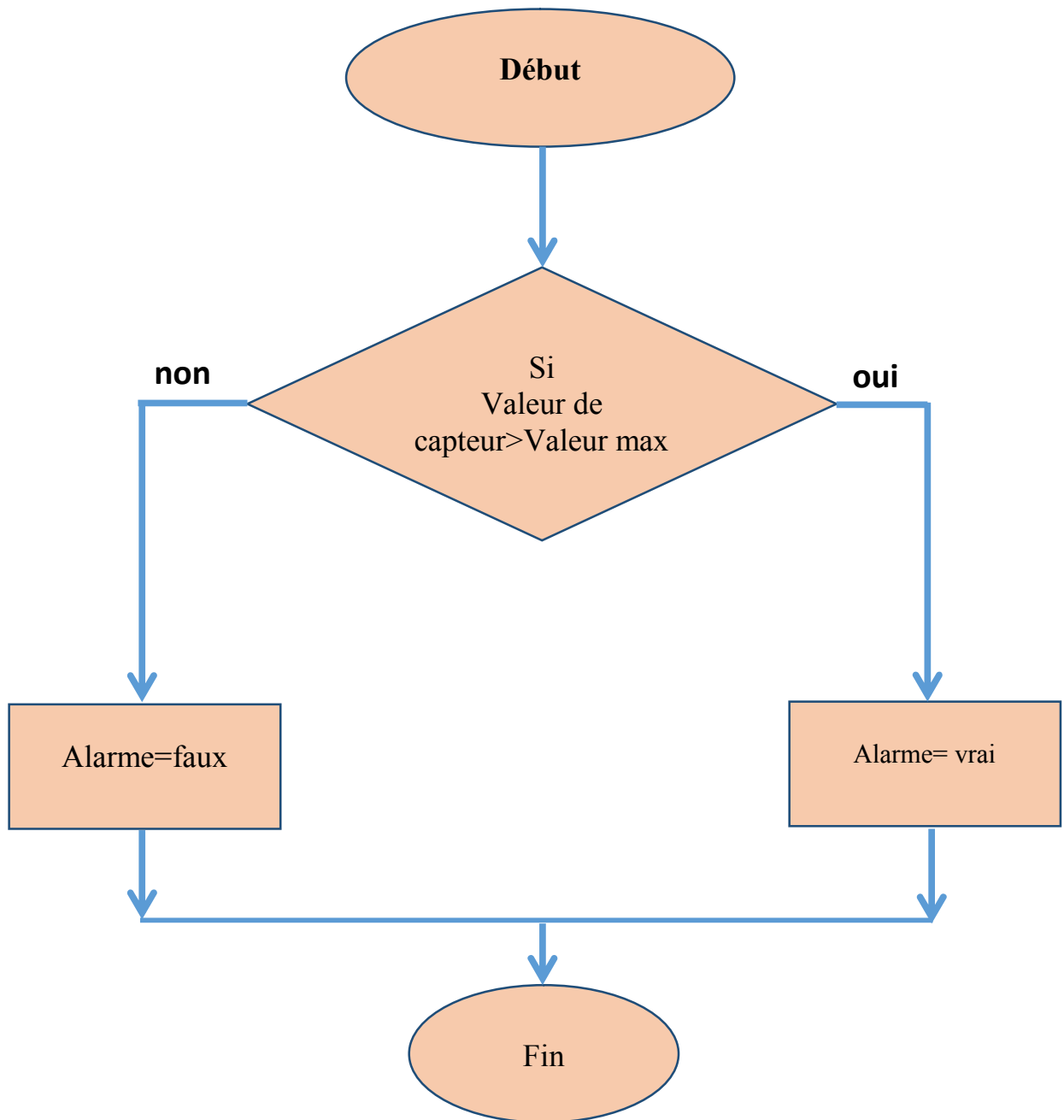
3. Sous-programme initial :



4. Sous-programme SCAN Capteur :



5. Sous-programme traitement :



But de travail :

Le capteur MQ135 peut détecter le NH₃, le NO_x, l'alcool, le benzène, la fumée le CO₂ et certains autres gaz. Il consiste donc un capteur de gaz parfait pour la surveillance de la qualité de l'air. Lorsque nous connecterons à Arduino, il détectera les gaz et nous atteindrons le niveau de pollution en ppm (parties par million). Le capteur de gaz MQ135 donne la sortie sous forme des niveaux de tension et nous devons le convertir en PPM. Donc, pour convertir la sortie en PPM, nous avons utilisé ici une bibliothèque pour le capteur MQ135

Le capteur nous donnait un seuil quand il n'y avait pas de gaz à proximité et le niveau de sécurité de l'air était de 350 ppm et il ne devait pas dépasser 1000 ppm. Quand il dépasse la limite de 1000 ppm, il provoque des maux de tête, de la somnolence et de l'air stagnant, vicié et gonflé. S'il dépasse plus de 2000 ppm il peut provoquer une augmentation de rythme cardiaque et d'autres maladies.

Lorsque la valeur sera inférieure à 1000 PPM, l'écran LCD va afficher (Fresh Air) et lorsque la valeur augmente de 1000 PPM, le signal sonore retentit et l'écran LCD affiche (Air médiocre, fenêtre ouvertes). Si elle augmente de 2000, le signal sonore retentit et l'écran LCD affiche (Danger ! Passer à l'air frais).

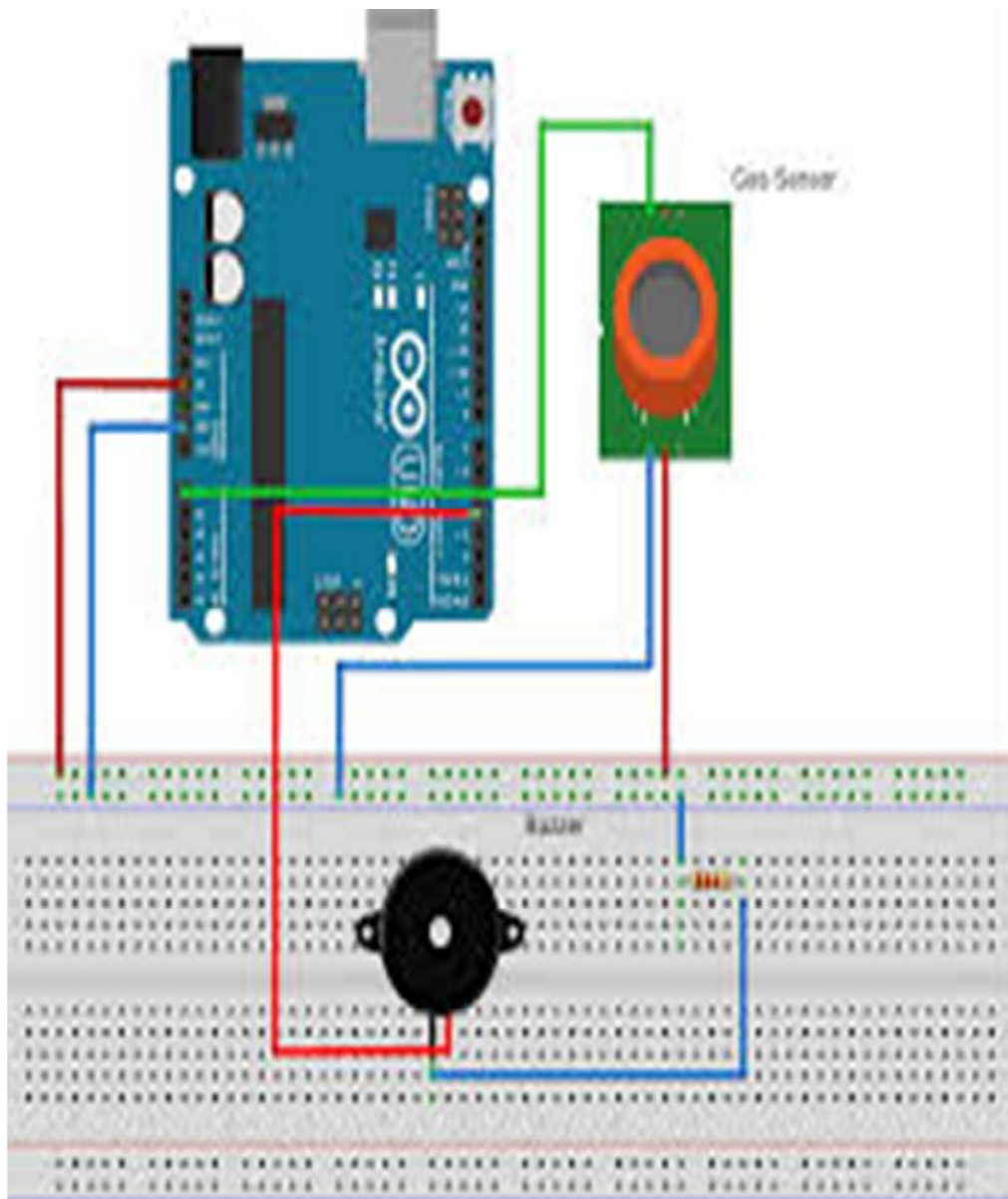


Figure 14 : Circuit de projet.

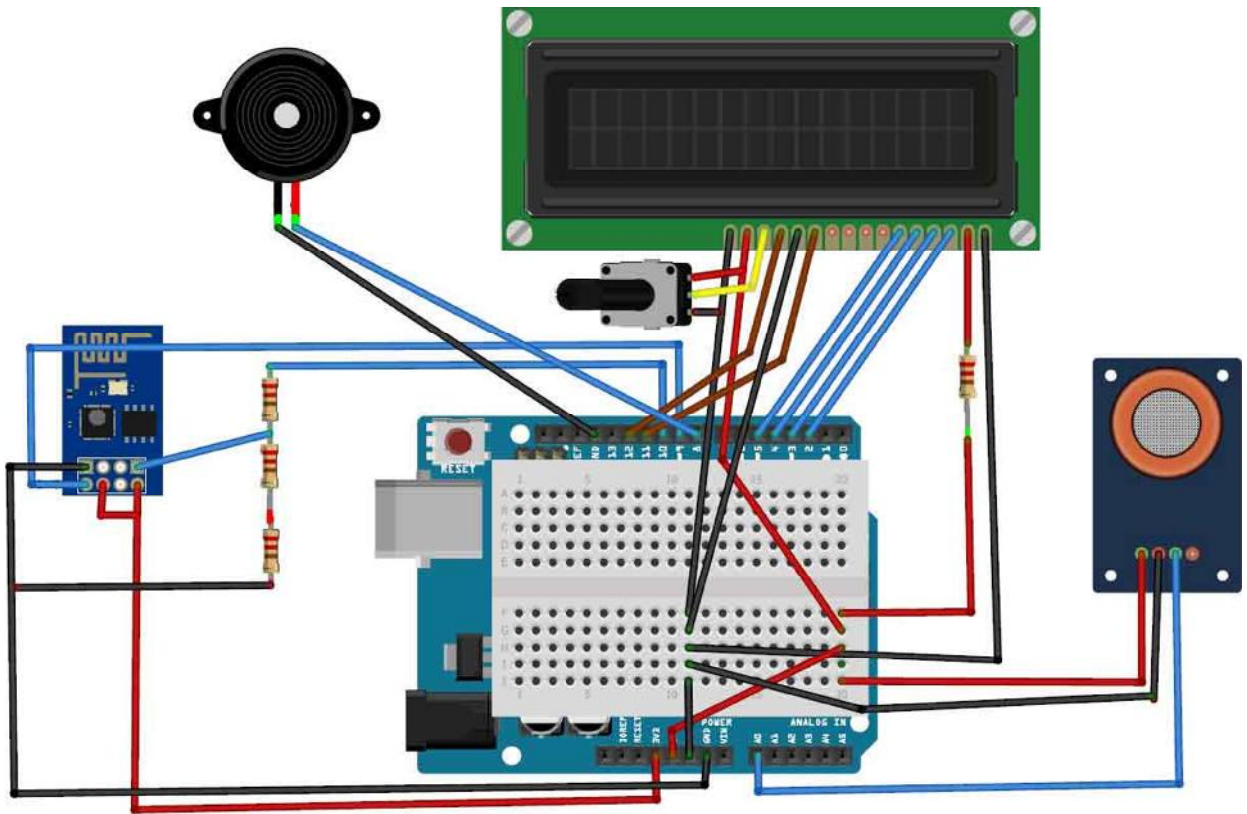


Figure 15 : Montage de la réalisation.

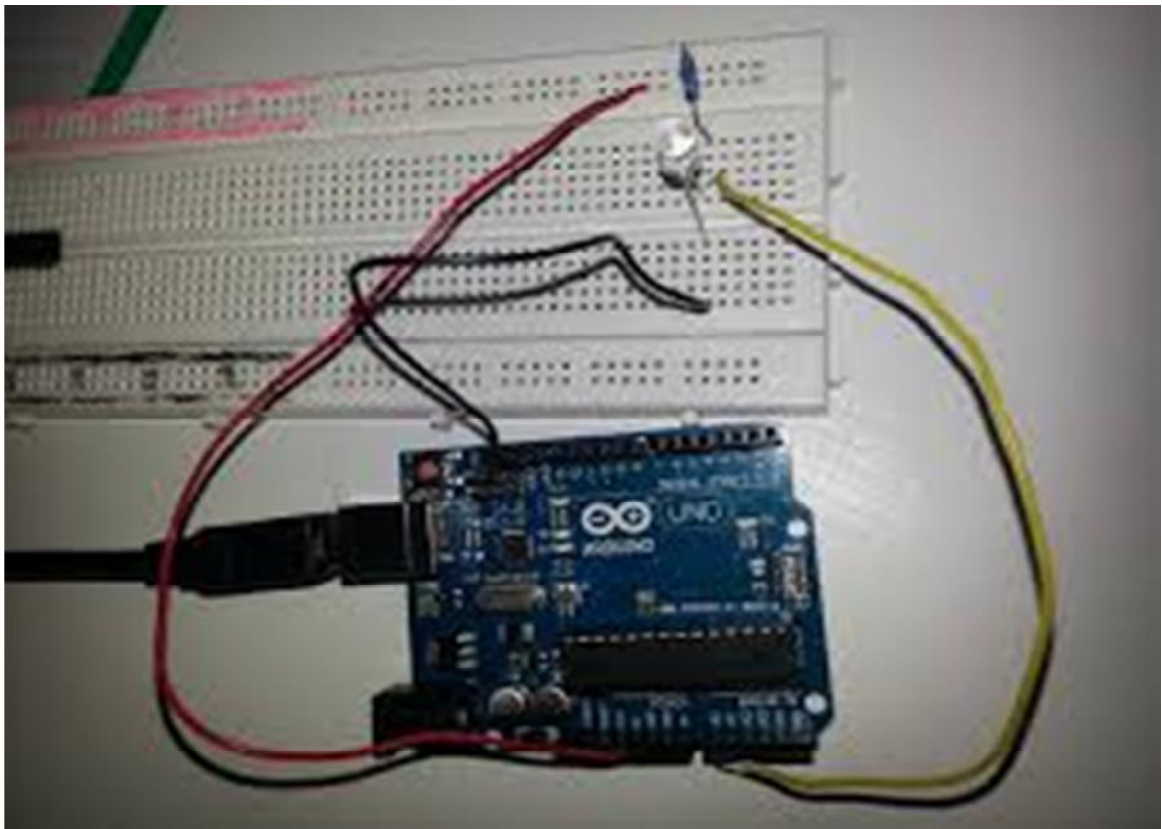


Figure 16 : Photo réelle de montage.

Programme général:

```

#include <LiquidCrystal.h>

//          RS  E  D4=====>>D7

LiquidCrystal lcd(12,11, 5, 4, 3, 2);

//-----

#include <SoftwareSerial.h>

//          RX,TX

SoftwareSerial mySerial(9, 10);

char msg;

char call;

//-----

String MESSAGE_GAZ="ATTENTION VOUS AVEZ UNE FUIITE DE GAZ...
APPELE LA PROTECTION CIVIL.";

int CPT_LIMIT=200;

int MQ135_PIN=A0;

int VALEUR_CPT=0;

boolean ALARME=false;

long SaveGAZ=0,TEMPS_REP_GAZ=0;

//#####
#####

void setup()

{

```

```
    INISIALISATION();

    delay(5000);

}

//#####
#####

void loop()

{

    ScanCapteur();

    Traitment();

    Action();

}

//#####
#####

void INISIALISATION(){

mySerial.begin(9600);    // Setting the baud rate of GSM Module

    Serial.begin(9600);

    lcd.begin(16, 2);

    INTRODUCTION();

}

//#####
#####

void ScanCapteur(){
```

```
VALEUR_CPT=analogRead(MQ135_PIN);

Serial.print("CAPTEUR =");Serial.println(VALEUR_CPT);

}

//#####
#####

void Traitment(){

    if(VALEUR_CPT>=CPT_LIMIT){

        ALARME=true;

    }else{

        ALARME=false;

    }

}

//#####
#####

void Action(){

    if(millis()-SaveGAZ>=TEMPS_REP_GAZ){

        if(ALARME){

SaveGAZ=millis();

                SendMessage();

                TEMPS_REP_GAZ=60000;// pour 1000ms X 60sc = 60000
==> 1 mn

Serial.println("MSG Send...");
```

```

    }

}

//#####
#####

void INTRODUCTION() {

    String msgd="",msg="                                CONCEPTION ET REALISATION
D'UN SYSTEME DE SECUTITE SIM900A                                ";

    lcd.setCursor(0,0);lcd.print("#     THEME :     #");

    lcd.setCursor(0,1);lcd.print("#                                #");

    for(int i=0;i<=73;i++){

        msgd="";

        for(int j=i;j<=(i+14);j++){

            msgd=msgd+msg[j];

        }

        lcd.setCursor(1,1);lcd.print(msgd);

        delay(350);

    }

    delay(500);

    lcd.setCursor(0,0);lcd.print("# REALISE PAR: #");

```

```
    lcd.setCursor(0,1);lcd.print("# GUNFOUD LAMIA#");

delay(2000);

    lcd.setCursor(0,0);lcd.print("#      ET      #");

    lcd.setCursor(0,1);lcd.print("#MOUZARINE CYLIA");

delay(3000);

    lcd.clear();

}

//#####
#####

void SendMessage()

{

    Serial.println("AT+CMGF=1");

    delay(1000);

    Serial.println("AT+CMGS=\"+213541660287\"\r");

    delay(1000);

    Serial.println(MESSAGE_GAZ);

    delay(100);

    Serial.println(char(26));

    delay(1000);

}
```

Bibliographie :

- [1] Mr. KAROUBITARIK. Mémoire fin d'étude conception et réalisation d'un system de mesurer de flambement et de formation base d'une arduino Uno.
- [2] MICHAEL MAGROLIS, la boîte a utiles Arduino, 105 techniques pour réussir vos projets.
- [3] <http://philippe.berger2.free.fr/automatique/cours/cpt/capteur.htm>
- [4] CRISTOPHE PIJOLAT, étude des capteurs microélectronique : actifs et passifs, école nationale supérieure des mines de Saint-Etienne.
- [5] ISABELLE ZDANEVITCH. Veille technologique capteur de gaz, laboratoire central de surveillance de la qualité de l'aire (LCSQA), France (2004).
- [6] HAKIM BAHA, mémoire de magister, conception d'un capteur de gaz intelligent, université de Batna (2007).
- [7] JOSEP CAUBET GOMA. Rapport de stage, traitement du signal est circuit électronique associe au capteur de gaz SnO₂, université polytechnique de catalogne(2004).
- [8] http://pagespeso-orange.fr/michel.hubin/capteur/chimi/chap_c4.htm

Résumé :

Les capteurs de gaz connaissent un intérêt croissant avec le développement des applications dans les domaines de l'automobile, la domotique ou l'environnement. Pour répondre à cette demande, les capteurs à base d'oxyde métallique présentent des avantages uniques comme leur faible cout, une grande sensibilité, un temps de réponse bref et facile à intégrer dans un système portable. Cependant, ces capteurs tels qu'ils sont aujourd'hui, souffrent d'un manque de sélectivité et d'une dérive de leurs performances à long terme, ce qui freine leur développement.

Dans ce travail, nous somme intéressés sur la caractérisation de capteur gaz MQ135. Dans cette étude a mené de réaliser une carte d'acquisition qui permet de détecter la pollution de l'air comme le CO₂ et envoyer un SMS vers un téléphone portable dit que la pollution supérieure au seuil pour commander d'ouvrir une fenêtre ou allumer un ventilateur.

Mots clés : capteurs de gaz MQ135, carte Arduino Uno, module GSM SIM900A.