

**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère  
de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou**



**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique  
Département d'Informatique**

**Mémoire de Fin d'Etudes**

En vue de l'obtention du diplôme

*Master Académique en Informatique*

*Option : Réseau, mobilité et système embarqué*

Présenté par

**Smail OUARET**

Mémoire dirigé par **Boussad IDJERI**

## **Thème**

Conception d'un système de climatisation pour un poulailler

Mémoire soutenu le 16/09/2019 devant le jury composé de :

**Mr M. LAGHROUCHE**

Président

**Mr B.IDJERI**

Encadreur

**Mr M.DAOUI**

Examineur

**Promotion : 2019/2020**

## *Remerciements*

Je tiens à remercier vivement mon promoteur Mr.Boussad IDJERI pour ses précieux conseils et son orientation durant tout le long de mon travail. Je tiens à remercier également tous ceux qui m'ont aidé et contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier également tous les enseignants du département Informatique qui ont assuré ma formation pendant mon cycle d'étude.

Je remercie enfin les membres de jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

## *Dédicace*

Je dédie cet humble et modeste travail à mes chers parents qui n'ont jamais cessé de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes chers Frères et sœurs et leurs époux (ses) et enfants, pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A tous mes amis sans exception, qui m'ont toujours apporté leur aide et encouragements.

A tous ceux qui ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

# Sommaire

# Tables des matières

## Chapitre I : Généralités sur l'élevage de volailles

<b>I.1 Introduction :</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Facteurs d'ambiance :</b>	<b>3</b>
I.2.1 Température :	3
A. Démarrage avec chauffage localisé :	4
B. Démarrage en ambiance :	4
I.2.2 Niveaux d'humidité :	7
I.2.3 Qualité de l'air :	7
<b>I.3 Environnement artificiel :</b>	<b>8</b>
I.3.1 Contrôle de l'environnement :	8
I.3.1.1 Système d'hébergement :	8
I.3.1.2 Ventilation :	9
I.3.1.3 Éclairage du bâtiment :	10
a) Bien-être de l'animal :	10
b) Rythme d'éclairement :	11
c) Intensité d'éclairement :	11
I.3.1.4 Système d'alimentation en eau :	12
I.3.1.5 Système d'alimentation en grain :	13
I.3.2 Avantage de l'utilisation des équipements automatisés :	14
<b>I.4 Conclusion :</b>	<b>15</b>

## Chapitre II : Présentation du matériel et logiciel utilisé

<b>II.1 Introduction :</b>	<b>16</b>
<b>II.2 Historique Arduino :</b>	<b>16</b>
<b>II.3 Différents types de l'Arduino :</b>	<b>16</b>
<b>II.4 Arduino MEGA 2560 :</b>	<b>17</b>
II.4.1 Partie matérielle :	17
II.4.1.1 Microcontrôleur ATmega2560 :	18

II.4.1.2 Entrées/Sorties numériques :	19
II.4.1.3 Entrées analogiques :	19
II.4.1.4 Alimentation de carte Arduino MEGA :	19
II.4.1.5 Communications :	20
II.4.2 Partie logicielle :	20
II.4.2.1 Langage de programmation :	20
II.4.2.2 Structure générale d'un programme en langage Arduino :	20
II.4.2.3 L'environnement de développement :	21
<b>II.5 Composants électroniques :</b>	<b>21</b>
II.5.1 Capteurs :	21
A. Capteur qualité de l'air MQ-135 :	21
B. Capteur de Gaz MQ-2 :	22
C. Capteur de température et d'humidité DHT11 :	23
D. Photorésistance LDR :	24
II.5.2 Actionneurs :	25
A. Ventilateur :	26
B. Servomoteur SG90 :	26
C. Mini pompe à eau :	28
D. BUZZER :	29
E. Relais :	29
F. Microcontrôleur L298N :	30
1. PWM - Pour contrôler la vitesse :	31
2. Pont en H - Pour contrôler le sens de rotation :	31
G. Afficheur LCD (4*20) :	32
H. LED (light-emitting diode) :	32
<b>II.6 Communication IOT :</b>	<b>33</b>
II.6.1 Technologies de communication utilisées dans l'IOT :	33
II.6.1.1 Wifi :	34
II.6.1.2 Zigbee :	34
II.6.1.3 Cellulaire :	35
II.6.2 Le module GSM GPRS SIM900 :	36
II.6.3 Wifi :	37
<b>II.7 Conclusion :</b>	<b>38</b>

## **Chapitre III : Conception et réalisation du système**

<b>III.1 Introduction :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.2 Conception du système :</b> .....	<b>39</b>
<b>III.3 Fritzing</b> .....	<b>41</b>
<b>III.4 Fonctionnalités du système :</b> .....	<b>42</b>
III.4.1 Système de Régulation de la température et de l'humidité (DHT11) : .....	42
III.4.2 Système de détection de gaz (MQ-2) : .....	44
III.4.3 Système de détection de la lumière(LDR) : .....	45
<b>III.5 Développement de l'application de commande :</b> .....	<b>47</b>
III.5.1 Partie collection et affichage de données : .....	47
A. Le module Wifi esp8266-01 : .....	47
B. ThingSpeak, plate-forme gratuite pour l'Internet des objets (IoT) : .....	48
C. Fonctions du ThingSpeak : Le ThingSpeak offre plusieurs fonctions parmi lesquelles on trouve : .....	48
D. Configuration ThingSpeak à l'aide de la plate-forme Arduino : .....	49
III.5.2 Partie commande : .....	52
<b>III.6 Réalisation de la maquette :</b> .....	<b>54</b>
<b>III.7 Conclusion :</b> .....	<b>55</b>
<b>Conclusion Générale</b> .....	<b>56</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>62</b>

# Listes des figures

## Chapitre I :

<b>Figure I. 1:</b> Chauffage localisé. ....	4
<b>Figure I. 2:</b> Distribution de l'équipement dans un poulailler.....	6
<b>Figure I. 3:</b> Comportement des poussins dans l'élevage à bâtiment total et à différentes températures. ....	6
<b>Figure I. 4:</b> Poulailler d'élevage. ....	9
<b>Figure I. 5:</b> Circulation de l'air.....	9
<b>Figure I. 6:</b> L'installation des ventilateurs muraux. ....	10
<b>Figure I. 7:</b> Le modèle AVILED®. ....	11
<b>Figure I. 8:</b> Système d'éclairage implémenté dans un poulailler.....	12
<b>Figure I. 9:</b> Système d'alimentation en eau avec pompes.....	13
<b>Figure I. 10:</b> Système d'alimentation en grain avec pompes. ....	13
<b>Figure I. 12:</b> Equipements du système d'alimentation. ....	14

## Chapitre II :

<b>Figure II. 1:</b> Arduino MEGA2560. ....	18
<b>Figure II. 2:</b> Microcontrôleur ATmega2560.....	18
<b>Figure II. 3:</b> Interface de l'IDE de l'Arduino. ....	21
<b>Figure II. 4:</b> Capteur MQ-135.....	22
<b>Figure II. 5:</b> Capteur de Gaz MQ-2.....	23
<b>Figure II. 6:</b> Capteur de température et d'humidité DHT11.....	24
<b>Figure II. 7:</b> Photorésistance LDR. ....	25
<b>Figure II. 8:</b> Graphe de la résistance en fonction de la lumière.....	25
<b>Figure II. 9:</b> Ventilateur 5V d'un PC.....	26
<b>Figure II. 10:</b> Servomoteur SG90.....	27
<b>Figure II. 11:</b> Signal de commande du servomoteur.....	28
<b>Figure II. 12:</b> Mini pompe à eau. ....	28
<b>Figure II. 13:</b> Buzzer.....	29
<b>Figure II. 14:</b> Relais avec 4 canaux. ....	30
<b>Figure II. 15:</b> Fonctionnement du relais. ....	30
<b>Figure II. 16:</b> Brochage du module contrôleur moteur L298N.....	31
<b>Figure II. 17:</b> Afficheur LCD 20*4 avec l'adaptateur I2C.....	32
<b>Figure II. 18:</b> Schéma d'une LED. ....	33
<b>Figure II. 19:</b> Architecture de la technologie ZigBee. ....	35
<b>Figure II. 20:</b> Module SIM900.....	36
<b>Figure II. 21:</b> Module Wifi ESP8266-01s. ....	37

**Figure II. 22:** Configuration des broches du module esp8266-01s.....38

**Chapitre III :**

**Figure III. 1:** Schéma synoptique du système. ....39

**Figure III. 2:** Schéma graphique du circuit de la réalisation. ....41

**Figure III. 3:** L'interface du logiciel Fritzing. ....42

**Figure III. 4:** Système de régulation de la température et l'humidité. ....43

**Figure III. 5:** Diagramme fonctionnel du système de régulation semi-automatique de la température et d'humidité.....43

**Figure III. 6:** Structure du système de détection de gaz.....44

**Figure III. 7:** Diagramme fonctionnel du système de détection de gaz. ....45

**Figure III. 8:** Structure du système d'éclairage automatique externe. ....46

**Figure III. 9:** Diagramme fonctionnel du système d'éclairage extérieur. ....46

**Figure III. 10:** Représentation graphique de la communication entre Wifi esp8266-01 et arduino mega2560. ....47

**Figure III. 11:** L'interface d'accueil du ThingSpeak. ....48

**Figure III. 12:** L'interface pour s'inscrire dans ThingSpeak.....49

**Figure III. 14:** Création du canal de communication. ....50

**Figure III. 15:** Détails du canal de communication. ....51

**Figure III. 16:** Génération de la clé API.....52

**Figure III. 17:** Schéma du système de commande GSM.....53

**Figure III. 18:** Représentation graphique de la communication entre SIM900 et arduino mega2560.....54

**Figure III. 19:** Maquette du poulailler.....54

# Liste des Tableaux

## Chapitre I :

Tableau I. 1: Températures recommandées pour l'élevage. ....	5
Tableau I. 2: Qualité de l'air. ....	7

## Chapitre II :

Tableau II. 1: Les différents types de cartes Arduino.....	17
Tableau II. 2: Caractéristiques du microcontrôleur ATMEGA2560.....	18
Tableau II. 3: Caractéristiques du MQ-2. ....	23
Tableau II. 4: Les caractéristiques du DHT11. ....	24
Tableau II. 5: Caractéristiques de photorésistance LDR. ....	25

# Introduction générale

## Introduction générale

La production mondiale de poulets a connu une croissance massive au cours de ces 50 dernières années pour répondre à la demande actuelle des consommateurs du monde entier.

L'économie d'un pays est étroitement liée à la production de l'agriculture et de la volaille, du fait qu'ils contribuent énormément à la prospérité économique. Les contraintes liées à la l'élevage des volailles est d'assurer un environnement favorable pour la production d'œufs et leurs suivie dans un climat artificiel.

La suivie des poussins requiert un conditionnement strict dépendant des moyens utilisés, c'est pour cela que les agriculteurs subissent une perte financière énorme en raison de méthodes inefficaces utilisées dans l'aviculture conventionnelle. Par conséquent, de nouvelles approches technologiques efficaces sont nécessaires pour améliorer continuellement la productivité, la rentabilité et la durabilité de nos principaux systèmes agricoles. Notons que plusieurs travaux ont été effectués, tentant d'apporter des conditions propices à la croissance des volailles avec leurs produits afin de minimiser les pertes et répondre aux besoins des consommateurs.

Dans cette optique, le travail développé dans ce mémoire consiste à concevoir un système de surveillance et climatisation afin de contrôler plusieurs paramètres vitales à la survie des volailles tels que la température, l'humidité, la qualité de l'air et la quantité de lumière. Ce système est composé d'un ensemble de capteurs pour l'acquisition des données, une carte à microcontrôleur Arduino pour le traitement des données provenant des différents capteurs, d'un ensemble d'actionneurs tels que le chauffage, le ventilateur et le système d'éclairage commandés par la carte à microcontrôleur en fonction des données reçues contrôlant en temps réel les paramètres de reproduction et fournir un climat confortable aux oiseaux .

Le travail présenté dans ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux notions de base sur l'élevage des volailles et les conditions nécessaires pour leur survie dans un environnement artificiel.
- Le deuxième chapitre décrit la partie matérielle et logicielle que nous allons adopter pour développer le système de climatisation.
- Dans le troisième chapitre nous présentons les différentes étapes de conception et réalisation du système de climatisation et les tests effectués sur celui-ci.

Chapitre I :  
Généralités sur l'élevage  
des volailles

**I.1 Introduction :**

L'élevage efficace et durable des volailles est l'une des préoccupations majeure de la société moderne, de ce fait la possibilité de mettre en place un poulailler connecté permettra aux agriculteurs la surveillance à distance en temps réel de l'environnement de l'élevage. la climatisation du lieu de l'élevage consiste à contrôler les paramètres nécessaires à la survie des volailles telles que la température, l'humidité dans le but d'améliorer la productivité, la rentabilité et la durabilité.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents facteurs influents la survie des volailles dans un environnement artificiel.

**I.2 Facteurs d'ambiance :**

Les cinq variables qui ont le plus d'importance pour la santé et le rendement des oiseaux sont : la température, l'humidité, Qualité de l'air, la ventilation et le système d'éclairage. [1]

**I.2.1 Température :**

La température à l'intérieur du bâtiment a une grande influence sur la santé et la productivité des animaux. Le poussin nouveau-né a un contrôle très faible de sa température corporelle et il ne s'adaptera aux variations de températures qu'à partir de la deuxième semaines. Le poussin sort de la couveuse à 38 ° C et il faut lui fournir aussitôt de la chaleur car il produit cette dernière en quantité si faible qu'elle serait insuffisante- contrairement à ce qui se produit avec des animaux adultes – c'est pour cela qu'il faut maintenir le poulailler à une température appropriée.

Deux systèmes basiques de chauffage sont utilisés :

- Le chauffage localisé (éleveuses).
- Le chauffage d'ambiance.

### A. Démarrage avec chauffage localisé :

La source de la chaleur est locale (Cappa), de telle sorte que les poussins peuvent s'éloigner vers les zones les plus fraîches et de cette manière ils sélectionnent eux-mêmes la température qui les convient.

Généralement le démarrage en zones localisées conduit à une distribution plus uniforme des poussins. La figure II.1 illustre Une éleveuse, conçue pour 1000 poussins d'un jour.

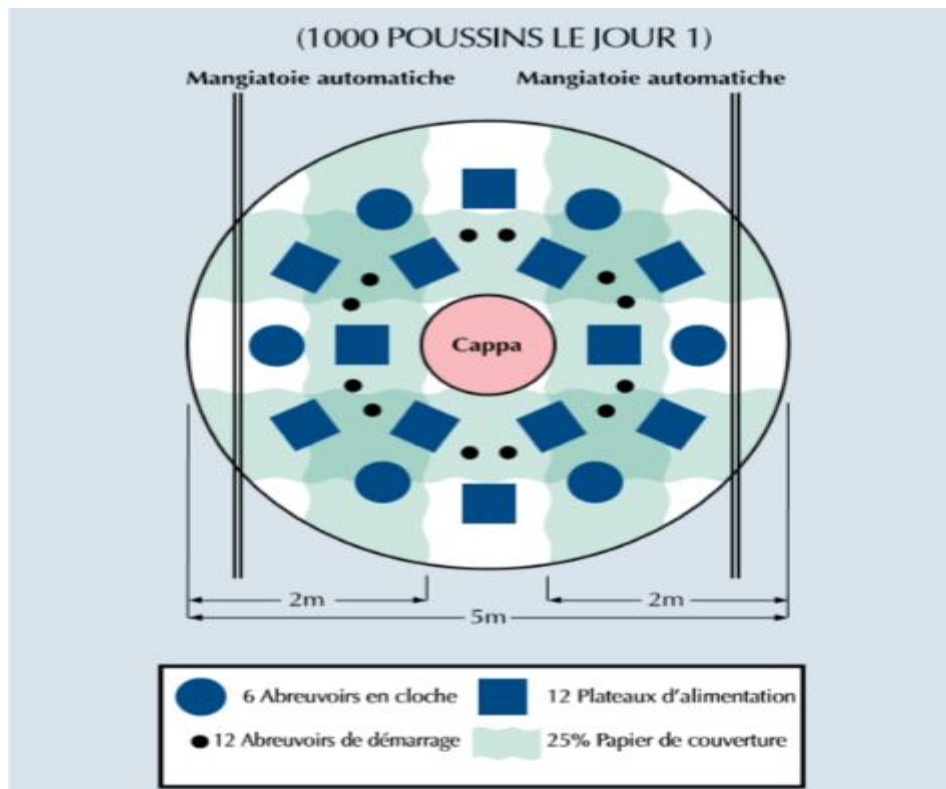


Figure I. 1: Chauffage localisé.

### B. Démarrage en ambiance :

L'élevage dans tout le bâtiment est parfois utilisé pour simplifier la gestion du démarrage et réduire les coûts de chauffage, mais il exige une gestion plus prudente, par rapport au démarrage en cercle.

Avec ces deux systèmes d'élevage (par zones localisées ou dans toute la surface du bâtiment), l'objectif est de stimuler l'appétit et l'activité le tôt possible. Il est d'extrême importance obtenir la température optimale. Le tableau I.1 ci-après, présente la température pendant la durée d'élevage. [2]

Les variations de la température :

Âge en jour	Température pour l'élevage par zones, °C		Chauffage pour l'élevage dans tout le bâtiment °C
	Température au bord de l'éleveuse	Température dans Le poulailler °C	
1-2	30	25	29
3-5	29	24	28
6-8	28	23	27
9-11	27	23	26
12-15	26	22	25
16-18	25	22	24
19-21	24	22	23
22-24	23	21	22
25-27	22	21	21

**Tableau I. 1:** Températures recommandées pour l'élevage.

D'après le tableau I.1 nous remarquons que :

Pour un chauffage localisé :

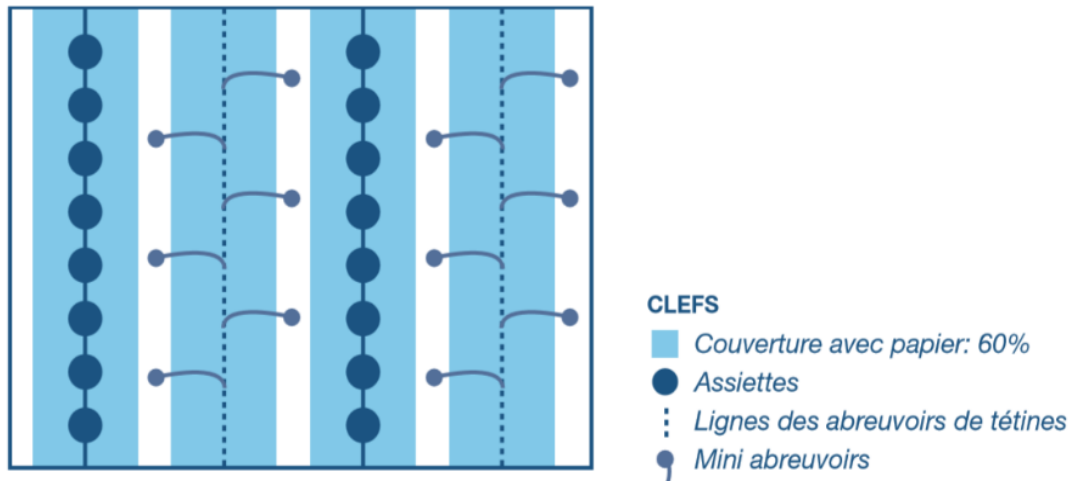
La température initiale sous les radiants doit être située entre 29 et 30°C (88-90°F). Par la suite, cette température devra être réduite à raison de 0,2 à 0,3°C (0,4 0,6°F) par jour.

La température initiale du bâtiment doit être à 25-27°C (75 - 80°F). Cette température doit être réduite en parallèle avec celle sous les radiants pour atteindre une température finale du local de 20-22°C (68-72 °F).

Pour un chauffage d'ambiance :

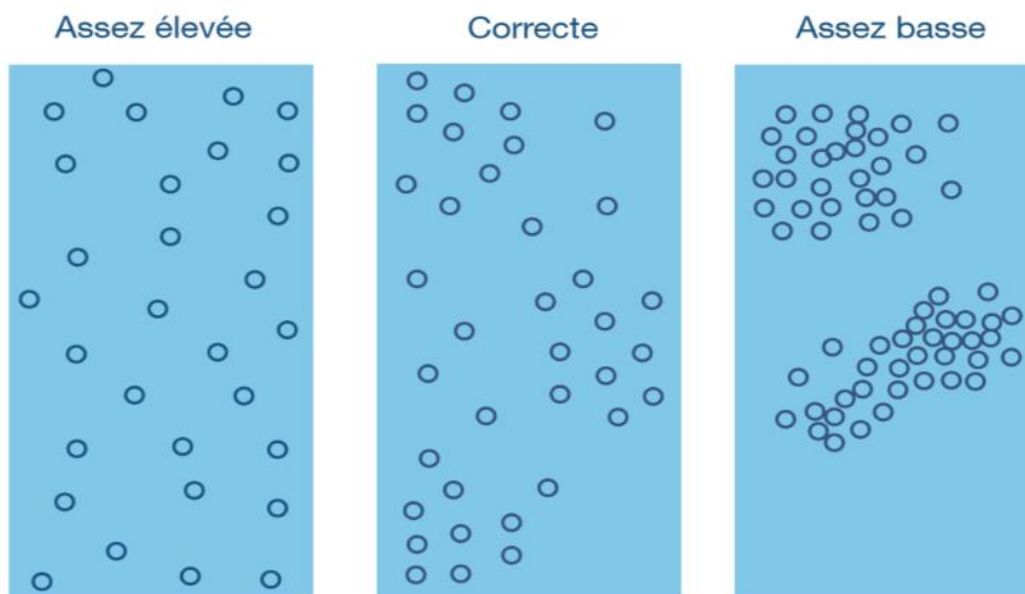
La température initiale du bâtiment doit être à 29°C (88°F). Par la suite, cette température devra être réduite à raison de 0,2 à 0,3°C (0,4 0,6°F) par jour jusqu' à elle atteint une température finale de 20-22°C (68-72 °F).

Dans notre cas nous intéressons à l'élevage dans tout le bâtiment (l'élevage en ambiance). La figure I.2 présente la distribution de l'équipement avicole dans un poulailler.



**Figure I. 2:** Distribution de l'équipement dans un poulailler.

Le comportement du poussin est le meilleur indicateur de la température correcte. La figure I.3, montre comment se modifie la distribution des poussins durant l'élevage en bâtiment total, à différentes températures.



**Figure I. 3:** Comportement des poussins dans l'élevage à bâtiment total et à différentes températures.

**Points clefs :**

- La température est critique, on doit alors de maintenir le niveau adéquat.
- La température doit se vérifier manuellement, au niveau des poussins.
- Observer fréquemment et avec précaution, le comportement des oiseaux.

**I.2.2 Niveaux d'humidité :**

L'information existant à ce sujet est beaucoup moins importante que celle disponible en matière de température.

En fait, les chiffres concernant l'humidité relative de l'air d'un poulailler, recommandés par différents auteurs, varient énormément -allant de 40% à 70 %.

Le processus de contrôle de L'humidité en été et en hiver varie. Cependant, la seule technique pratique pour éliminer l'excès d'humidité du poulailler consiste à utiliser une ventilation qui permettant l'obtention d'air pur.

**I.2.3 Qualité de l'air :**

La qualité de l'air est essentielle pour les oiseaux, car une mauvaise qualité de l'air augmente le taux de mortalité. Les odeurs peuvent contenir de 60 à 150 composés différents, mais le dioxyde de carbone et l'ammoniac sont les gaz les plus importants à mesurer. La concentration est souvent exprimée en fraction molaire, c'est à dire en rapport du nombre de molécules du gaz envisagé au nombre total de molécules (d'air) auquel il est mélangé. Ce rapport est couramment exprimé en millionième, ou ppm («partie par million»). Le niveau critique supérieur de l'ammoniac est de 20 ppm (fraction par mille) tandis que le dioxyde de carbone est de 2500 ppm. Les critères de choix la qualité de l'air sont indiqués dans le tableau I.2.

Oxygène%	>19.6%
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	<2500 ppm
Monoxyde de carbone	<10 ppm
Ammoniac	<20 ppm
Poussière respirable	<5 mg/m <sup>3</sup>

**Tableau I. 2:** Qualité de l'air.

Les odeurs et les gaz toxiques (ammoniac, dioxyde de carbone, méthane) proviennent des déjections et des fermentations de la litière. Parmi ceux-ci l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) qui provient de la décomposition, de l'acide urique est le plus important ; il est souvent dit que les teneurs d'ambiance ne doivent pas dépasser 20 ppm pour les jeunes animaux (seuil de détection par l'homme) et 40 ppm pour les adultes, mais il en fait préférable d'essayer d'en limiter le taux à 15 ppm. Au-delà des seuils indiqués, l'ammoniac provoque des troubles oculaires, prédispose largement aux maladies respiratoires, irrite les muqueuses oculaires et induit des baisses de performances.

### **I.3 Environnement artificiel :**

Le but recherché à travers la fourniture de l'environnement artificiel est l'amélioration de qualité de production.

L'utilisation de la technologie dans l'aviculture aide les agriculteurs à pourvoir un système complet de gestion des critères environnementaux favorables au bien-être des oiseaux et les performances de la production.

#### **I.3.1 Contrôle de l'environnement :**

Une bonne gestion de l'air nécessite des systèmes de chauffage et de ventilation qui procurent un environnement équilibré. La méthode utilisée pour ventiler un bâtiment dépend fondamentalement de sa structure (ouvert ou fermé), du choix des ventilateurs et du climat local.

##### **I.3.1.1 Système d'hébergement :**

L'efficacité d'un système d'hébergement pour les volailles est responsable jusqu'à 40% du taux de réussite pouvant être atteint par les élevages de volailles.

Les principales caractéristiques à observer lors de la conception d'un bâtiment avicole sont :

- l'isolation des murs et des plafonds contre les températures élevées en été et les températures froides en hiver.
- l'emplacement.

- la ventilation.

La figure I.4 présente un exemple de poulailler d'élevage bien équipé.

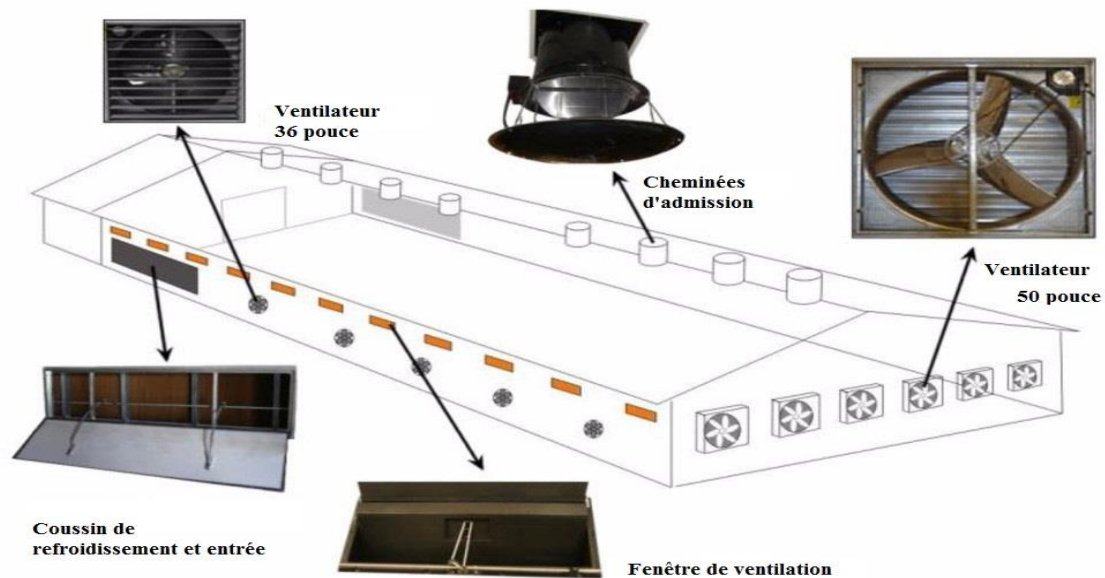


Figure I. 4: Poulailler d'élevage.

### I.3.1.2 Ventilation :

Un système de ventilation bien conçu a pour objectif de maintenir un apport d'air frais suffisant, afin d'éliminer l'excès d'humidité par temps froid, et d'éliminer la combustion des gaz de chauffage pour permettre un contrôle approprié de la température. La Figure I.5 illustre un système de ventilation en utilisant des ventilateurs, des Volets d'aération muraux et des cheminées d'admission.

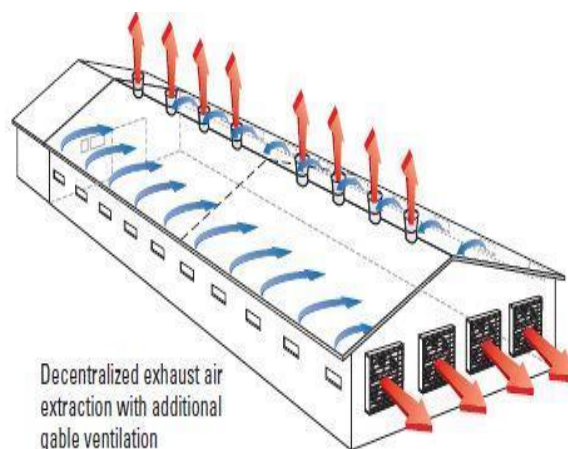


Figure I. 5: Circulation de l'air.

Dans le but de procurer un environnement adéquat pour l'élevage des poules tout au long du cycle de production, La ventilation peut être garantie avec l'usage des ventilateurs muraux. La figure I.6 illustre l'installation de ventilateurs muraux.



**Figure I. 6:** L'installation des ventilateurs muraux.

### **I.3.1.3 Éclairage du bâtiment :**

#### **a) Bien-être de l'animal :**

Une intensité lumineuse optimale et une répartition correcte de la lumière permettent une bonne distribution des animaux sur l'ensemble de la surface d'exploitation. De cette manière, les animaux sont moins exposés aux maladies, permettant ainsi de réduire leur taux de mortalité, d'améliorer leur bien-être avec leur taux de production.

Par ailleurs, toutes les sources de lumières sont équipées d'ampoules à alimentation en courant continu ou d'ampoules haute fréquence permettant de prévenir le stress des poules. De plus, les conditions de travail de l'éleveur sont améliorées lorsque l'intensité lumineuse est correcte. La figure I.7 présente une LED efficace destinée aux bâtiments avicoles AVILED®. [3]



**Figure I. 7:** Le modèle AVILED®.

**b) Rythme d'éclairage :**

Différents régimes d'éclairage s'appliquent aux volailles. Le choix dépend du type de volaille présent dans le poulailler et des préférences de l'éleveur. Chez les poulets de chair il n'a que peu d'influence sur la production. Il a été montré qu'un éclairage continu convient aussi bien que n'importe quel autre programme d'alternance entre l'obscurité et la lumière en particulier. []

**c) Intensité d'éclairage :**

Les éleveurs de poussins de chair sont dans l'obligation de procurer une intensité lumineuse de 20 lux minimum sur 80 % de la surface au sol []. La figure I.8 illustre un système d'éclairage implémenté dans un poulailler. [4]



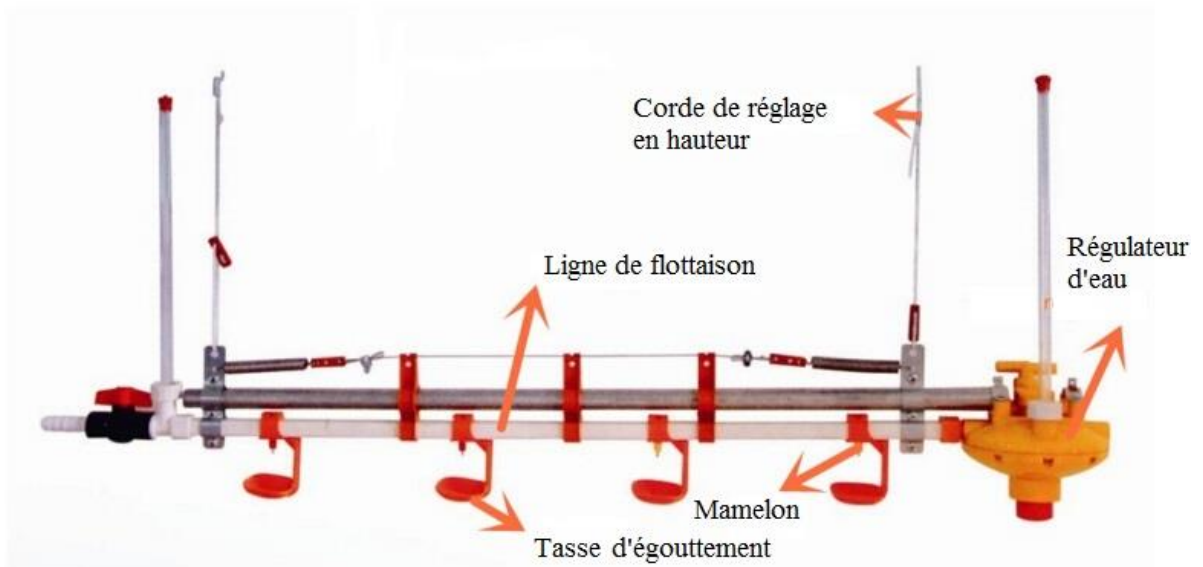
**Figure I. 8:** Système d'éclairage implémenté dans un poulailler.

Notons que de nombreux autres systèmes automatisés peuvent être introduits dans l'environnement artificiel d'élevage, tels que le mécanisme des pompes à eau et d'alimentation.

#### **I.3.1.4 Système d'alimentation en eau :**

L'eau est une ressource importante pour la survie des poules. La quantité d'eau dépend de l'âge du poulet, de la température, de l'humidité, du débit d'air en été et hiver.

Le système d'alimentation en eau doit garantir une quantité et une qualité suffisantes dépendant du bon fonctionnement des pompes, et en évacuant régulièrement la quantité d'eau réutilisable par les lignes de flottaison. La figure I.9 illustre les lignes de flottaison.



**Figure I. 9:** Système d'alimentation en eau avec pompes.

Le système d'eau d'une ferme doit offrir de nombreux avantages tels que de l'eau douce et propre contre les bactéries nocives et distribue des vaccins, des médicaments et des désinfectants.

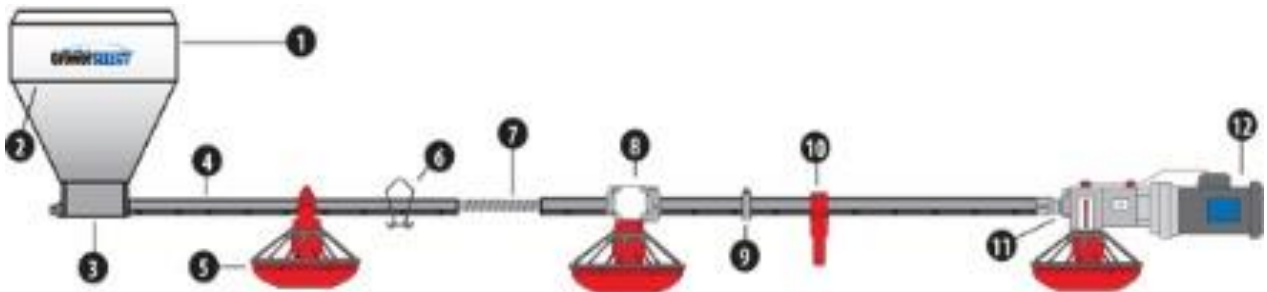
#### I.3.1.5 Système d'alimentation en grain :

La figure I.10 présente un exemple de système d'alimentation en grain avec pompes.



**Figure I. 10:** Système d'alimentation en grain avec pompes.

Les systèmes d'alimentation de grain avec pompes représentent la technique éprouvée pour une distribution uniforme des aliments et sans stress pour les poules, offrant un accès égal à l'alimentation de tous les oiseaux et assurant un Développement uniforme.



**Figure I. 11:** Equipements du système d'alimentation.

1. Trémies d'alimentation.
2. Contrôle du niveau de la trémie.
3. Kits de déchargeur.
4. Tube d'alimentation.
5. Bacs alimentation classic flood TM.
6. Cintre d'alimentation.
7. Grow-Flex TM Tarière.
8. Pan de contrôle intermédiaire.
9. Pince de ligne d'alimentation.
10. Kwik Start TM.
11. End Control Pan.
12. Unités d'entraînement.

### I.3.2 Avantage de l'utilisation des équipements automatisés :

Dans le développement vigoureux de la science et de la technologie d'aujourd'hui, l'utilisation des équipements d'automatisation dans l'aviculture entraîne un gain de temps considérable et la réduction des coûts de main-d'œuvre et contribuant aussi à l'améliorer l'efficacité de la reproduction.

**I.4 Conclusion :**

Tout au long de ce chapitre, nous avons exposé les différentes notions de base sur l'élevage des volailles et les conditions nécessaires pour leur survie dans un environnement artificiel, ainsi que les avantages tirés de l'introduction des équipements automatique auxquels doit répondre le système à réaliser. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les différents outils dont nous allons servir pour développer notre propre système de climatisation automatique.

Chapitre II:  
Présentation du  
matériel et logiciel  
utilisé

**II.1 Introduction :**

Après avoir présenté les notions fondamentales et l'environnement à pourvoir pour l'élevage des oiseaux dans un environnement artificiel dans le premier chapitre, la question que nous comptons aborder dans ce chapitre est la présentation des différentes parties constitutives : le matériel et le logiciel que nous allons utiliser pour concevoir notre propre système de climatisation afin de fournir un environnement favorable pour l'élevage. Dans les paragraphes qui vont suivre nous allons présenter les outils constituant le système.

**II.2 Historique Arduino :**

La carte à microcontrôleur Arduino (ou son tout récent synonyme Genuino) est une carte électronique qui intègre un microcontrôleur d'architecture Atmel AVR (comme ATmega328 ou ATmega2560 pour les versions récentes ATmega168 ou ATmega8 pour les plus anciennes), et des composants complémentaires qui permettent la programmation et l'interfaçage avec d'autres circuits. Cette carte est une plate-forme à entrée /sortie simple qui est destinée à la programmation interactive. La carte Arduino contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur.

Un microcontrôleur programmé peut analyser et produire des signaux électriques de manière à effectuer des tâches très diverses. Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électrotechnique industrielle et embarquée ; le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme le pilotage de robots, commande des moteurs, et des jeux de lumières. [1]

**II.3 Différents types de l'Arduino :**

Depuis l'avènement module Arduino, plusieurs versions cartes ont été réalisées, le tableau II.1 décrit brièvement quelques importantes caractéristiques des différentes cartes de ce type [1] :

Arduino	Microcontrôleur	Flash ko	Broches d'E/S numériques	Broches d'entrée analogique	Types d'interface usb	Vitesse du Processeur
Uno	ATmega328P	32	14	6	ATmega16 U2	16 MHZ
Mega	ATmega1280	128	54	16	FTDI	16 MHZ
Mega2560	ATmega2560	256	54	16	ATmega8U 2	16 MHZ
Due	Atmel SAM3X8E	512	54	16	ATmega16 U2	84 MHZ
Lenardo	ATmega32U4	32	20	12	ATmega32 U4	16 MHZ
Nano	ATmega168	16	14	8	FTDI	16 MHZ

**Tableau II. 1:** Les différents types de cartes Arduino.

## II.4 Arduino MEGA 2560 :

### II.4.1 Partie matérielle :

Le système de contrôle est réalisé grâce à une carte Arduino, nous avons choisi cette carte pour son nombre de pins et la facilité du développement des programmes. Le modèle choisi c'est le 2560 MEGA R3 car il présente plusieurs avantages par rapport aux autres cartes. La carte Arduino MEGA2560 est une carte basée sur un ATMEGA2560, elle est présentée par la figure II.1 [2].

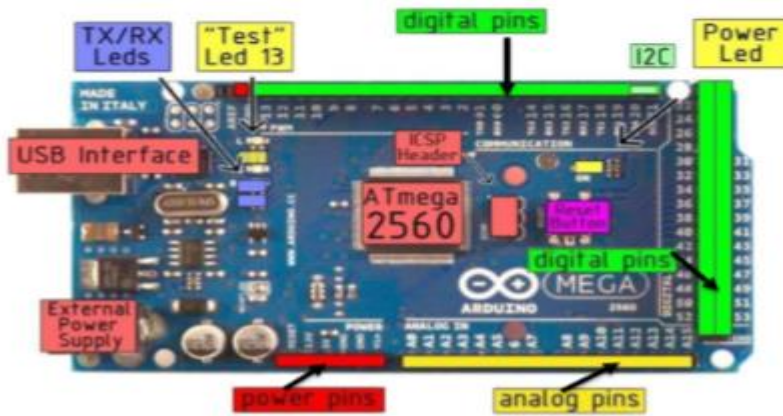


Figure II. 1: Arduino MEGA2560.

**II.4.1.1 Microcontrôleur ATmega2560 :**

L’Atmel ATMEGA2560 est un microcontrôleur 8 bits CMOS basse puissance basée sur architecture RISC améliorée des AVR. En exécutant des instructions puissantes en un seul cycle d'horloge, l’ATMEGA2560 atteint des vitesses de l’ordre du MHz permettant aux concepteurs de système d'optimiser la consommation d'énergie par rapport à la vitesse de traitement. La figure II.2 illustre le microcontrôleur ATmega2560 de la carte Arduino Mega2560 [3].



Figure II. 2: Microcontrôleur ATmega2560.

➤ **Caractéristiques :**

Référence	ATMEGA2560-16AU
Cadence d’horloge	16 MHZ
Série (micro-contrôleur embarqué)	AVR® ATmega
Taille du cœur	8-Bits
Processeur multi-cœur	AVR

Tableau II. 2: Caractéristiques du microcontrôleur ATMEGA2560.

**II.4.1.2 Entrées/Sorties numériques :**

Chacune des 54 broches numériques de la carte MEGA 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 40 mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnecté par défaut) de 20-50 KOhm. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction `digitalWrite (broche, HIGH)` [4].

**II.4.1.3 Entrées analogiques :**

La carte MEGA 2560 dispose de 16 entrées analogiques, 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. Par défaut, ces broches mesurent entre le 0V (valeur 0) et le 5V (valeur 1023), mais il est possible de modifier la référence supérieure de la plage de mesure en utilisant la broche AREF et l'instruction `analogReference()` du langage Arduino.

**II.4.1.4 Alimentation de carte Arduino MEGA :**

La carte Arduino MEGA 2560 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.

Alimentation externe (Non-USB) peut être un adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles. 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 [7].

La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 7 à 12 volts. Cependant, Si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche de 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte.

**II.4.1.5 Communications :**

La carte Arduino MEGA 2560 dispose de toute une série de facilités pour communiquer avec un ordinateur, une autre carte Arduino, ou avec d'autres microcontrôleurs. L'ATMEGA 2560 dispose de quatre UARTs (Universal Asynchronous Receiver Transmitter ou Emetteur-Récepteur Asynchrone Universel en français) pour communication série de niveau TTL (5V) et qui est disponible sur les broches 0 (RX) et 1 (TX). Un circuit intégré ATMEGA8U2 sur la carte assure la connexion entre cette communication série de l'un des ports série de l'ATMEGA 2560 vers le port USB de l'ordinateur qui apparaît comme un port COM virtuel pour les logiciels de l'ordinateur. Le code utilisé pour programmer l'ATMEGA 8U2 est le driver standard USB/COM, et aucun autre driver externe n'est nécessaire [5].

**II.4.2 Partie logicielle :****II.4.2.1 Langage de programmation :**

Un langage de programmation est un langage permettant d'écrire un ensemble d'instructions qui seront converties en langage machine grâce à un compilateur. L'avantage du langage Arduino il est basé sur les langages C/C++ qui supporte toutes les syntaxes standards du langage C et quelques-unes des outils du C++. En plus, la disponibilité des bibliothèques permettent de faciliter la communication avec le matériel connecté à la carte telle qu'Afficheurs LCD, capteurs, servomoteurs... etc.

**II.4.2.2 Structure générale d'un programme en langage Arduino :**

Un programme Arduino comporte trois parties principales :

1. la partie déclaration des variables (optionnelle) et déclaration des bibliothèques utilisées.
2. la partie initialisation et configuration des entrées/sorties : la fonction setup ().
3. la partie principale qui s'exécute en boucle : la fonction loop ().

### II.4.2.3 L'environnement de développement :

Pour utiliser l'IDE standard Arduino (arduino.exe), il suffit de saisir le code dans la fenêtre dédiée à cet effet, ensuite le compiler. La carte doit être reliée à l'ordinateur via un câble USB. Le modèle de la carte Arduino ainsi que le port série sur lequel elle est branchée doivent être déclarés dans le menu de l'IDE Outils/type de carte et Outils/port série. Une fois le programme compilé, son exécution sera lancée. La fonction `setup()` s'exécute une seule fois après la mise sous tension et après chaque redémarrage. Par contre la fonction `loop()` s'exécute en boucle.

La figure II.3 illustre l'interface IDE de l'Arduino [6].

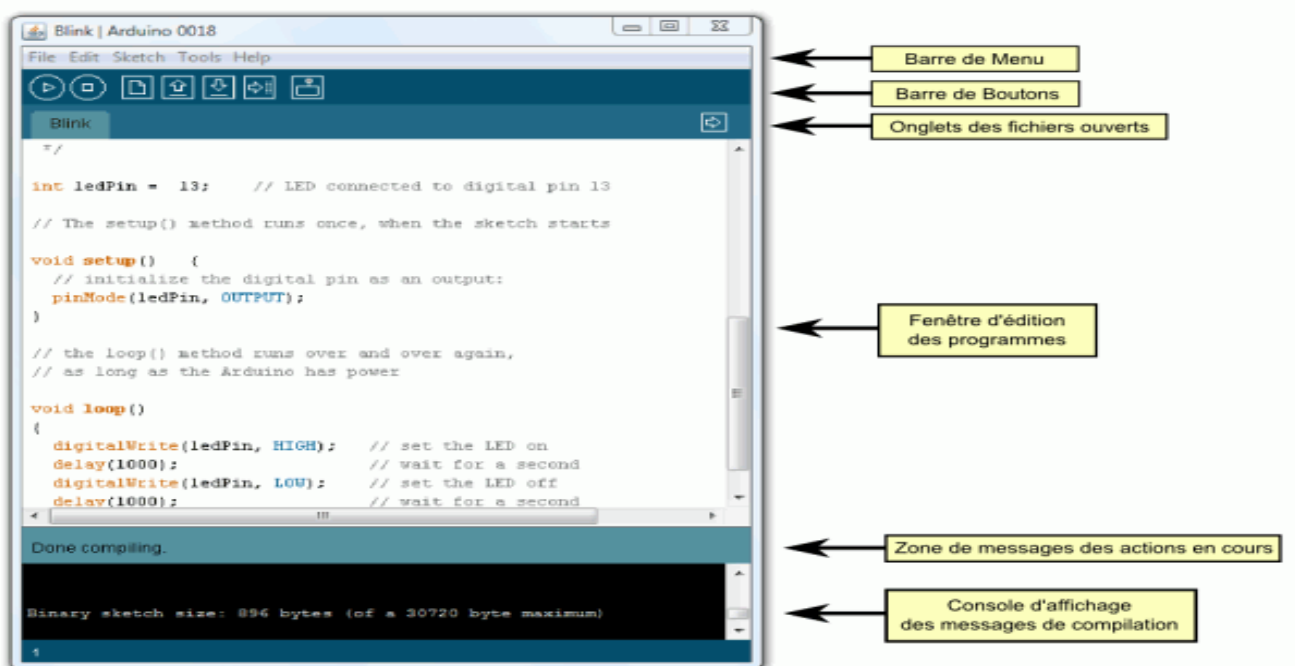


Figure II. 3: Interface de l'IDE de l'Arduino.

## II.5 Composants électroniques :

### II.5.1 Capteurs :

#### A. Capteur qualité de l'air MQ-135 :

Le capteur MQ135 permet de mesurer la qualité de l'air, Il est sensible aux principaux polluants présents dans l'atmosphère. Ce capteur est sensible au CO<sub>2</sub>, à l'alcool, au Benzène, à l'oxyde d'azote (NO<sub>x</sub>) et à l'ammoniac (NH<sub>3</sub>). Il est économique pour mesurer la présence de CO<sub>2</sub> dans une pièce.

**➤ Caractéristiques :**

- Tension de fonctionnement est + 5V.
- Détecter / Mesurer NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcool, benzène, fumée, CO<sub>2</sub>, etc.
- Large portée de détection (10 - 300 Ppm Nh<sub>3</sub>, 10 - 1000 Ppm Benzene, 10 - 300 Alcohol).
- Tension de sortie analogique : 0V à 5V.
- Tension de sortie numérique : 0V ou 5V (logique TTL).
- La sensibilité de la broche numérique peut être modifiée à l'aide du potentiomètre.

La figure II.4 présente le capteur MQ135.



**Figure II. 4:** Capteur MQ-135.

Ce capteur sera utilisé pour contrôler la qualité de l'air dans le poulailler.

**B. Capteur de Gaz MQ-2 :**

Le MQ-2 Capteur de Gaz/Fumée est un semi-conducteur qui détecte la présence du gaz/fumée à des concentrations de 300 ppm à 10000 ppm. Il a une grande sensibilité et un temps de réponse rapide. Sa sensibilité peut d'ailleurs être ajustée par potentiomètre.

Ce capteur (Figure II.5) peut fonctionner à des températures allant de -10 à 50 °C et consomme moins de 150 mA à 5 V.

Le tableau suivant résume les Caractéristiques du MQ-2 :

Alimentation	5V
Puissance	0.8W
Courant	0.16A
Tension de sortie	5V C
Nombre de broche	4 broches (4 pins)
Dimensions	40x20mm
Types d'interfaces	Analogique

**Tableau II. 3:** Caractéristiques du MQ-2.

La figure II.5 présente le capteur de gaz MQ-2



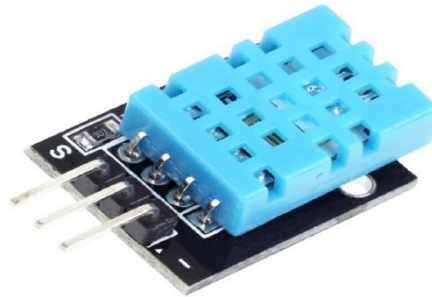
**Figure II. 5:** Capteur de Gaz MQ-2.

Ce capteur sera utilisé pour détecter une fuite de gaz dans le poulailler.

### **C. Capteur de température et d'humidité DHT11 :**

Le DHT11 est un capteur numérique de température et d'humidité numérique de base à très faible coût. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer la température de l'air ambiant et génère un signal numérique sur la broche de données (aucune broche d'entrée analogique n'est requise). Il est

relativement simple à utiliser, mais nécessite un minutage minutieux pour récupérer les données. La figure II.6 présente le capteur DHT11.



**Figure II. 6:** Capteur de température et d'humidité DHT11.

➤ **Caractéristiques :**

Le tableau II.4 résume les caractéristiques du DHT11 :

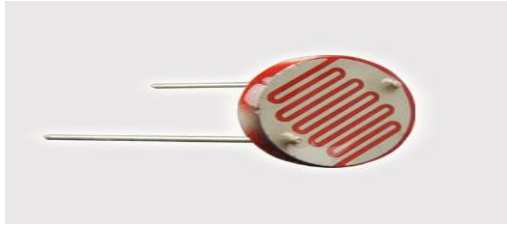
Alimentation	De 3 à 5V
Consommation (lors d'une mesure, au repos)	2,5mA
Plage de mesure d'humidité	de 20 à 80% (précision 5%)
Plage de mesure de température	de 0 à 50°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )
Fréquence de mesure	1 par seconde
Poids et dimensions	15.5mm x 12mm x 5.5mm
Connexion	3 broches

**Tableau II. 4:** Les caractéristiques du DHT11.

Le capteur DHT11 sera utilisé pour mesurer l'humidité et la température de l'air ambiant dans le poulailler.

**D. Photorésistance LDR :**

Une photorésistance est un composant électronique dont la résistivité varie en fonction de la quantité de lumière incidente : plus elle est éclairée, plus sa résistivité baisse. La figure II.7 présente une photorésistance LDR.



**Figure II. 7:** Photorésistance LDR.

➤ **Caractéristiques :**

Le tableau II.5 résume les caractéristiques de la photorésistance [2] :

Résistance à la lumière	1 K $\Omega$
Résistance dans l'obscurité	10 K $\Omega$
Tension max	150 V
Puissance max	100 MW

**Tableau II. 5:** Caractéristiques de photorésistance LDR.

La figure II.8 montre le changement de résistance en fonction de la qualité de la lumière reçue.



**Figure II. 8:** Graphe de la résistance en fonction de la lumière.

La photorésistance sera utilisée pour détecter les fortes variations de la luminosité ambiante en «lux».

### II.5.2 Actionneurs :

Un actionneur est un composant qui produit une action en réponse à une énergie. Cette énergie peut être sous plusieurs formes telles que : chaleur, champs magnétique, lumière, pression, mouvement, position.

Quelque actionneur qu'on utilise dans notre application :

**A. Ventilateur :**

Un ventilateur est un appareil destiné à créer un vent artificiel, un courant d'air, il est actionné par un moteur DC qui entraîne une hélice ou une turbine. La figure II.9 présente un ventilateur 5v pris d'un ordinateur.



**Figure II. 9:** Ventilateur 5V d'un PC.

Le ventilateur 5V sera utilisé pour simuler l'extracteur d'air qui régule la température et l'humidité dans le poulailler, permettant l'acheminement d'un flux d'air frais vers l'intérieur et d'air chaud vers l'extérieur et amélioration de la circulation d'air.

**B. Servomoteur SG90 :**

Un servomoteur est un actionneur qui produit une rotation autour d'un axe fixe en réponse à une commande extérieure. Il est minuscule et léger avec une puissance de sortie élevée. Le servomoteur peut tourner d'environ 180 degrés (90 dans chaque direction), et fonctionne comme les types standards mais plus petit. La figure II.10 présente le servomoteur SG90.



**Figure II. 10:** Servomoteur SG90.

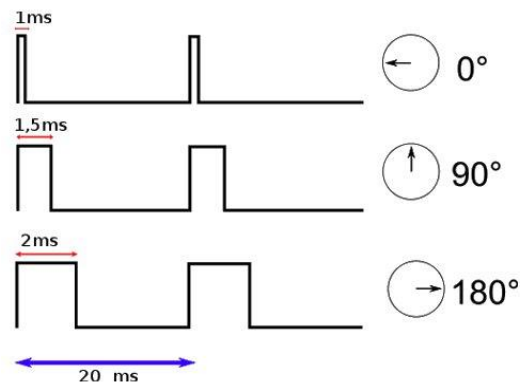
➤ **Caractéristiques :**

- Dimensions : 22 x 11.5 x 27 mm.
- Poids : 9 gr.
- Tension d'alimentation : 4.8v à 6v.
- Vitesse : 0.12 s / 60° sous 4.8v.
- Couple : 1.2 Kg / cm sous 4.8v.
- Amplitude : de 0 à 180°.

➤ **Fonctionnement :**

Ce servomoteur est commandé par un câble électrique qui lui transmet des consignes de positions sous formes d'un signal codé en largeur d'impulsion plus communément appelé PWM, Cela signifie que c'est la durée des impulsions qui détermine l'angle absolu de l'axe de sortie et donc la position du bras de commande du servomoteur.

Le signal est répété périodiquement, en général toutes les 20 millisecondes, le servomoteur SG90 est fait pour effectuer un mouvement de 0° à 180 °, la largeur de l'impulsion est modulée de 1ms à 2ms [7]. La figure II.11 ci-dessous.



**Figure II. 11:** Signal de commande du servomoteur.

Ce servomoteur sera utilisé pour simuler la fermeture de la vanne du gaz en cas de fuite et pour actionner l'ouverture et fermeture des fenêtres.

### C. Mini pompe à eau :

Une mini pompe à eau est un composant constitué d'un moteur à courant continu qui permet de transformer le courant électrique en un mouvement mécanique pour pomper de l'eau. La figure II.12 présente la pompe à eau [8].



**Figure II. 12:** Mini pompe à eau.

#### ➤ Caractéristiques :

- Tension : 2.5 à 6 V.
- Puissance : 80 à 120 L/H.
- Dimensions : ~ 45 x 33 mm.
- Diamètre : ~ 33 mm.
- Autre Diamètre embout : extérieur 7.5 mm, intérieur 4.7 mm.

Cette pompe à eau sera utilisée pour simuler le système d'alimentation en eau, en actionnant la pompe à distance pour l'ouverture et fermeture d'eau.

#### **D. BUZZER :**

Un buzzer est un composant constitué essentiellement d'une lamelle réagissant à l'effet piézoélectrique. La piézoélectrique est la propriété que possèdent certains minéraux de se déformer lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique. Ce phénomène est réversible ; si nous déformons ce minéral, il produit de l'énergie électrique. Dans l'univers Arduino, le buzzer est principalement utilisé pour émettre un son.

La figure II.13 présente le buzzer.



**Figure II. 13:** Buzzer.

Le buzzer sera utilisé comme témoin d'une fuite de gaz (détection avec MQ-2).

#### **E. Relais :**

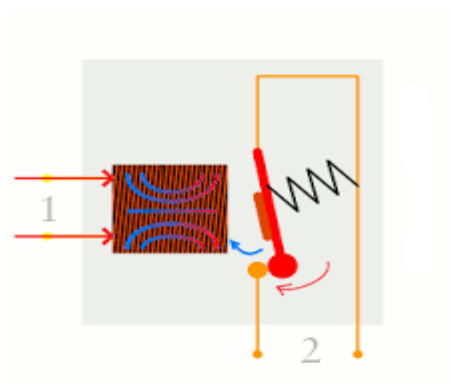
Un relais est un commutateur électromagnétique actionné par un courant électrique relativement faible pouvant activer ou désactiver un courant électrique beaucoup plus important. Le cœur d'un relais est un électro-aimant (une bobine de fil qui devient un aimant temporaire lorsque l'électricité le traverse). Le module relais à 4 canaux est présenté par la figure II.14.



**Figure II. 14:** Relais avec 4 canaux.

➤ **Fonctionnement :**

Lorsque le courant traverse le premier circuit (1), il active l'électroaimant (brun), générant un champ magnétique (bleu) qui attire un contact (rouge) et active le deuxième circuit (2). Lorsque le courant est coupé, un ressort ramène le contact dans sa position initiale et coupe le second circuit [9]. La figure II.15 illustre le fonctionnement du relais



**Figure II. 15:** Fonctionnement du relais.

Dans notre cas, nous avons choisi un module de relais à 4 canaux car nous avons besoin de contrôler l'éclairage intérieur et extérieur du poulailler.

**F. Microcontrôleur L298N :**

Le L298N est un pilote de moteur H-Bridge à double canal capable de piloter une paire de moteurs à courant continu. Pour avoir un contrôle complet sur le moteur à courant continu du ventilateur, nous devons contrôler sa vitesse et son sens de rotation. Ceci peut être réalisé en combinant ces deux techniques.

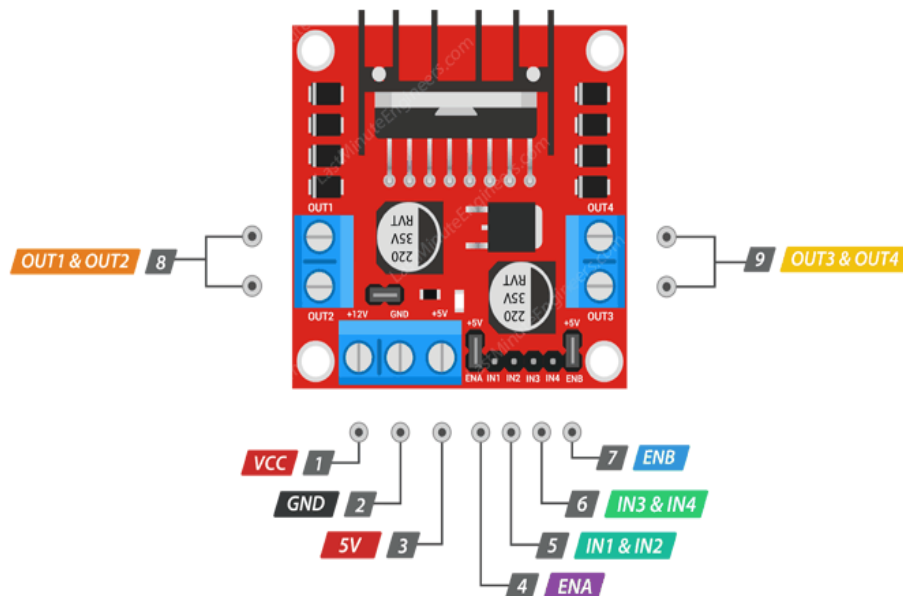
- **PWM** - Pour contrôler la vitesse
- **Pont en H** - Pour contrôler le sens de rotation

### 1. PWM - Pour contrôler la vitesse :

La vitesse d'un moteur à courant continu peut être contrôlée en faisant varier sa tension d'entrée. Une technique courante consiste à utiliser la modulation PWM (Pulse Width Modulation).

### 2. Pont en H - Pour contrôler le sens de rotation :

Le sens de rotation du moteur à courant continu peut être contrôlé en modifiant la polarité de sa tension d'entrée. Une technique courante consiste à utiliser un pont en H. La figure II.16 illustre la configuration des broches du microcontrôleur L298N [10].



**Figure II. 16:** Brochage du module contrôleur moteur L298N.

### ➤ **Fonctionnement :**

Fonctionnement du Double Pont en H Les ports ENA et ENB permettent de gérer l'amplitude de la tension délivrée au moteur, grâce à un signal PWM. Les ports In1, In2 pour le moteur A et In3, In4 pour le moteur B, permettent de contrôler le pont en H et par conséquent le sens de rotation des moteurs.

**G. Afficheur LCD (4\*20) :**

LCD est l'abréviation anglaise "Liquid Crystal Display" qui signifie : afficheur à cristaux liquides. L'afficheur 4 x 20 est constitué de 4 lignes et 20 colonnes formant 80 cellules d'affichage. La figure II.17 présente un afficheur LCD 4\*20.



**Figure II. 17:** Afficheur LCD 20\*4 avec l'adaptateur I2C.

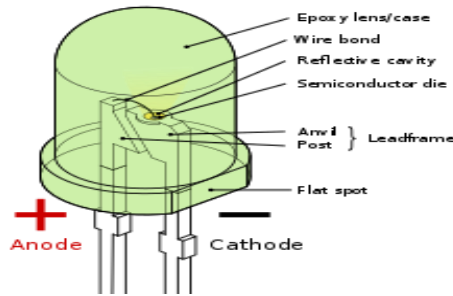
**➤ Caractéristiques :**

- Alimentation : 5 Vcc.
- Interface I2C (adresse 0x27).
- Caractères blancs sur fond bleu.
- Contraste ajustable via potentiomètre.
- Dimensions : 98 x 60 x 20 mm.

Le rôle de l'écran LCD dans le système est l'affichage de la température, l'humidité et la vitesse du ventilateur.

**H. LED (light-emitting diode) :**

Une diode électroluminescente est un dispositif capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Une diode ne laisse passer le courant électrique que dans un seul sens. La figure II.18 présente le schéma d'une LED



**Figure II. 18:** Schéma d'une LED.

Des LEDs seront utilisées comme témoins visuels : pour l'état du chauffage, et comme lampes d'éclairage pour l'extérieur et l'intérieur du poulailler.

## II.6 Communication IOT :

L'Internet des objets (IoT) se caractérise actuellement par un nombre croissant d'objets connectés à un réseau, c'est-à-dire des appareils dotés de leur identité propre et dotés de capacités de calcul et de mise en réseau avancées: smartphones, montres intelligentes, appareils électroménagers intelligents, etc..., ces objets sont équipés de plus en plus de capteurs et d'actionneurs leur permettant de détecter et d'agir sur leur environnement, permettant ainsi de relier le monde physique au monde virtuel. [11].

### II.6.1 Technologies de communication utilisées dans l'IOT :

Diverses technologies de communication sur l'IOT sont utilisées en fonction de la taille du réseau. Par exemple, Bluetooth, Zig-Bee, Z-Wave, Wi-Fi et diverses générations de GSM, notamment 1G, 2G, 3G, 3.5G, 3.75G. , 4G, 5G, chacun d'entre eux pouvant être utilisé en fonction du type et de l'étendue du réseau, qu'il soit personnel, local ou étendu.

On décrira la communication sans fil, des types dominants, des propriétés caractérisant chacun des autres et on va terminer avec le choix du type convenable pour notre situation.

**II.6.1.1 Wifi :**

La connectivité Wifi est un choix évident pour les développeurs, en particulier dans les environnements domestiques et les réseaux locaux. Il permet un transfert rapide des données et peut gérer de grandes quantités de données. Mais sa consommation électrique risque d'être trop élevée pour de nombreuses applications IoT.

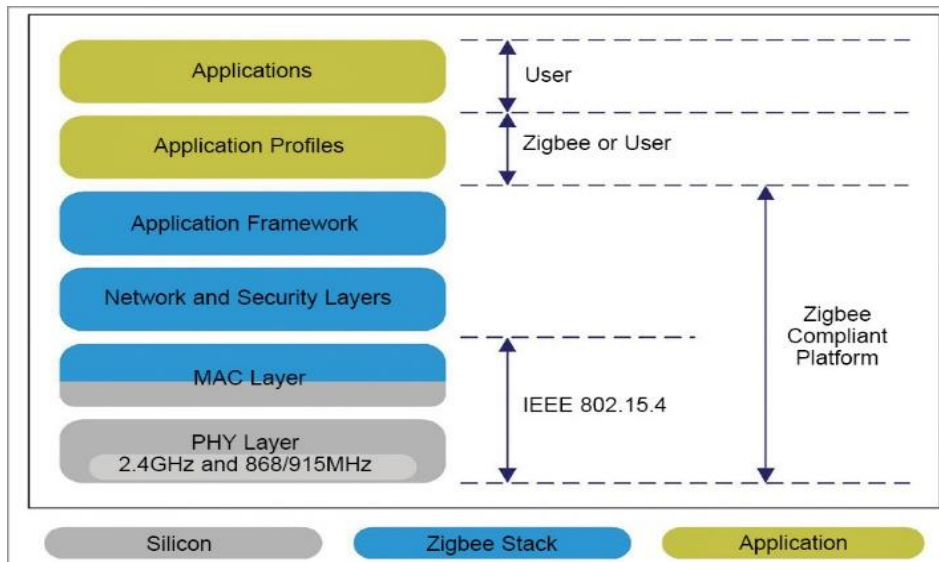
- Fréquences : bandes 2,4 GHz et 5 GHz
- Portée : environ 50m
- Débits de données : 150 à 200 Mbits / s est typique, 600 Mbits / s maximum, le dernier 802.11 offre des débits allant de 500 Mbits / s à 1 Gbit / s.

**II.6.1.2 Zigbee :**

ZigBee et ses différents profils industriels sont basés sur le protocole IEEE802.15.4, une technologie de réseau sans fil standard. Il est destiné aux applications nécessitant des transferts de données limités à des taux de transfert faibles dans un rayon de 100 m, généralement dans une maison ou un bâtiment. Il présente des avantages dans les systèmes complexes nécessitant un fonctionnement à faible consommation d'énergie, des niveaux de sécurité élevés, une extensibilité élevée, un nombre de nœuds élevé et peut prendre en charge les réseaux de capteurs et de contrôle sans fil dans les applications IoT.

- Fréquence : 2.4GHz
- Portée : moins de 100m
- Débits de données : 250kbps

La figure III.19 illustre l'architecture de la technologie ZigBee.



**Figure II. 19:** Architecture de la technologie ZigBee.

### II.6.1.3 Cellulaire :

Toute application IoT nécessitant des opérations sur de longues distances. Cellulaire convient à de gros volumes de données, mais le coût et la consommation d'énergie pour la gestion de gros volumes de transfert de données risquent d'être trop élevés pour la plupart des applications IoT. Cellulaire convient aux projets utilisant des données faibles et pilotés par capteurs, transférés sur Internet.

- Fréquences : 900, 1800, 1900, 2100 MHz.
- Portée : maximum 35 km pour GSM, maximum 200 km pour HSPA.
- Débits de données : moins de 170kps GPRS, moins de 384kbps EDGE, moins de 2Mbps UMTS, moins de 10Mbps HSP, 3-10Mbps LTE.

À la suite de cette recherche sur les technologies existantes, il fallait faire un choix très important pour la communication sans fil de notre système de climatisation.

Toutes les caractéristiques du GSM sont bien adaptées aux systèmes embarqués. En effet, le GSM convient aux projets utilisant des données faibles et pilotés par capteurs, transférés sur Internet. Nous trouvons aussi que le Wifi est très intéressant vue de ses caractéristiques importantes au niveau de portée, besoin mémoire ainsi son prix acceptable par rapport au Modules Xbee qui travaillent avec le protocole Zigbee.

À la fin on a fixé notre choix sur le GSM ainsi que le Wifi pour notre système parmi les autres technologies de communication utilisé dans l'internet des objets.

### II.6.2 Le module GSM GPRS SIM900 :

Le Bouclier GPRS vous fournit un moyen de communiquer en utilisant le réseau de téléphonie cellulaire GSM. Le module GSM/GPRS SIM 900 est représenté dans la figure II.20.



**Figure II. 20:** Module SIM900.

#### ➤ **Caractéristiques :**

- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHZ fonctionnerait sur les réseaux GSM dans tous les pays du monde entier.
- GPRS multi-slot classe 10/8
- GPRS station mobile classe B
- Conforme à GSM phase 2/2 +
- Classe 4(2 W à 850/900 MHZ)
- Classe 1(1 W à 1800/1900 MHZ)
- Service SMS
- Faible consommation d'énergie – 1.5 mA (mode veille)
- Gamme de température industrielle : -40 °C à +85 °C
- Dimension : 8.5x5.7x2cm (environ).

**II.6.3 Wifi :**

L'ESP8266 est un appareil très convivial et à faible coût pour fournir une connectivité Internet à vos projets. Le module peut fonctionner à la fois comme point d'accès (peut créer un point d'accès) et comme station (peut se connecter au Wi-Fi). Il peut donc facilement récupérer des données et les télécharger sur Internet, ce qui rend l'Internet des objets aussi simple que possible. Donc, on va utiliser ce module pour démarrer avec IOT et pour fournir une connectivité Internet à notre projet. La figure II.21 présente le module Wifi esp8266-01s.

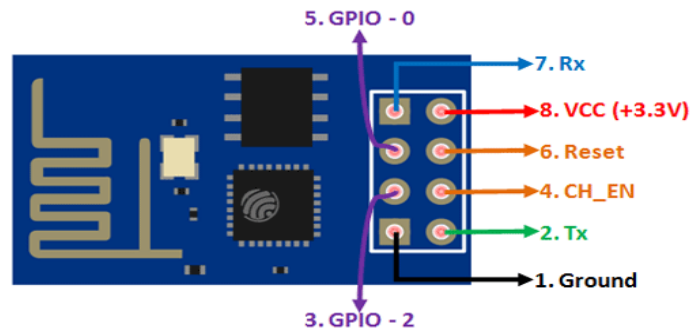


**Figure II. 21:** Module Wifi ESP8266-01s.

**➤ Caractéristiques :**

- Module Wi-Fi compact, puissant et économique
- Alimentation : + 3.3V seulement
- Consommation actuelle : 100mA
- Tension d'E / S : 3.6V (max)
- Courant source E / S : 12mA (max)
- MCU 32 bits à 80 MHz intégré, basse consommation
- Mémoire Flash de 512 Ko

La figure II.22 illustre la configuration du module esp8266-01s



**Figure II. 22:** Configuration des broches du module esp8266-01s.

## II.7 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents outils tels que : la carte Arduino MEGA, les différents capteurs et actionneurs ainsi que le module de transmission à distance GSM/GPRS SIM900 .Dans les chapitres suivants nous allons associer ces différentes parties présentées pour concevoir notre propre système de climatisation.

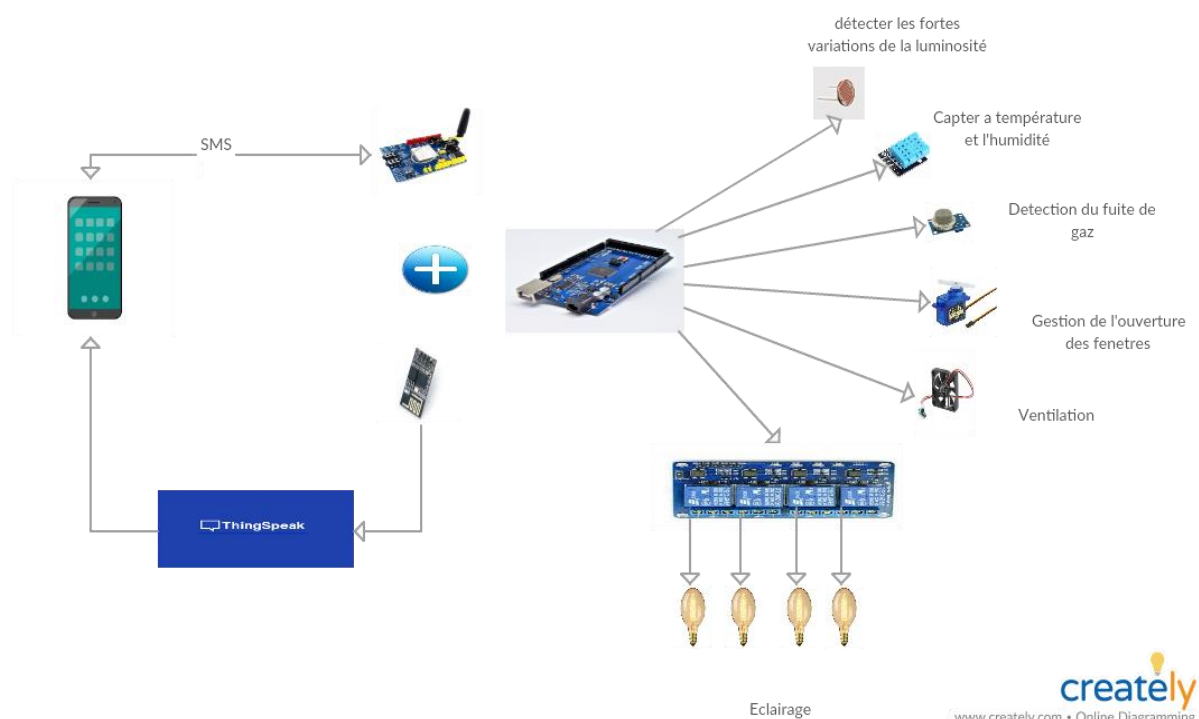
Chapitre III:  
Conception et réalisation  
du système

### III.1 Introduction :

Après avoir présenté l'environnement favorable d'élevage des poussins dans le premier chapitre, nous allons exploiter les outils présentés au deuxième chapitre pour concevoir notre propre système de climatisation afin de répondre à toutes les conditions d'élevage. Dans les paragraphes ci-dessous nous allons présenter les étapes de conception du système.

### III.2 Conception du système :

La conception du système doit passer en deux phases principales : la première consiste en l'acquisition et traitement des données, tandis que la deuxième concerne la transmission des données et l'activation des actionneurs à distance via les modules de transmission de type Wifi et GSM. La figure III.1 illustre le schéma synoptique du système.



**Figure III. 1:** Schéma synoptique du système.

Le système comporte un bloc principal constitué d'une carte à microcontrôleur du type Arduino Mega 2560 reliée à un canal de communication de type Wifi qui sera connecté à une interface cloud (ThingSpeak) pour afficher les données collectées par les capteurs dans le navigateur web et contient de plus un module GSM SIM900 qui nous permet de commander les actionneurs à distance de manière fiable et automatique.

Le système est composé de :

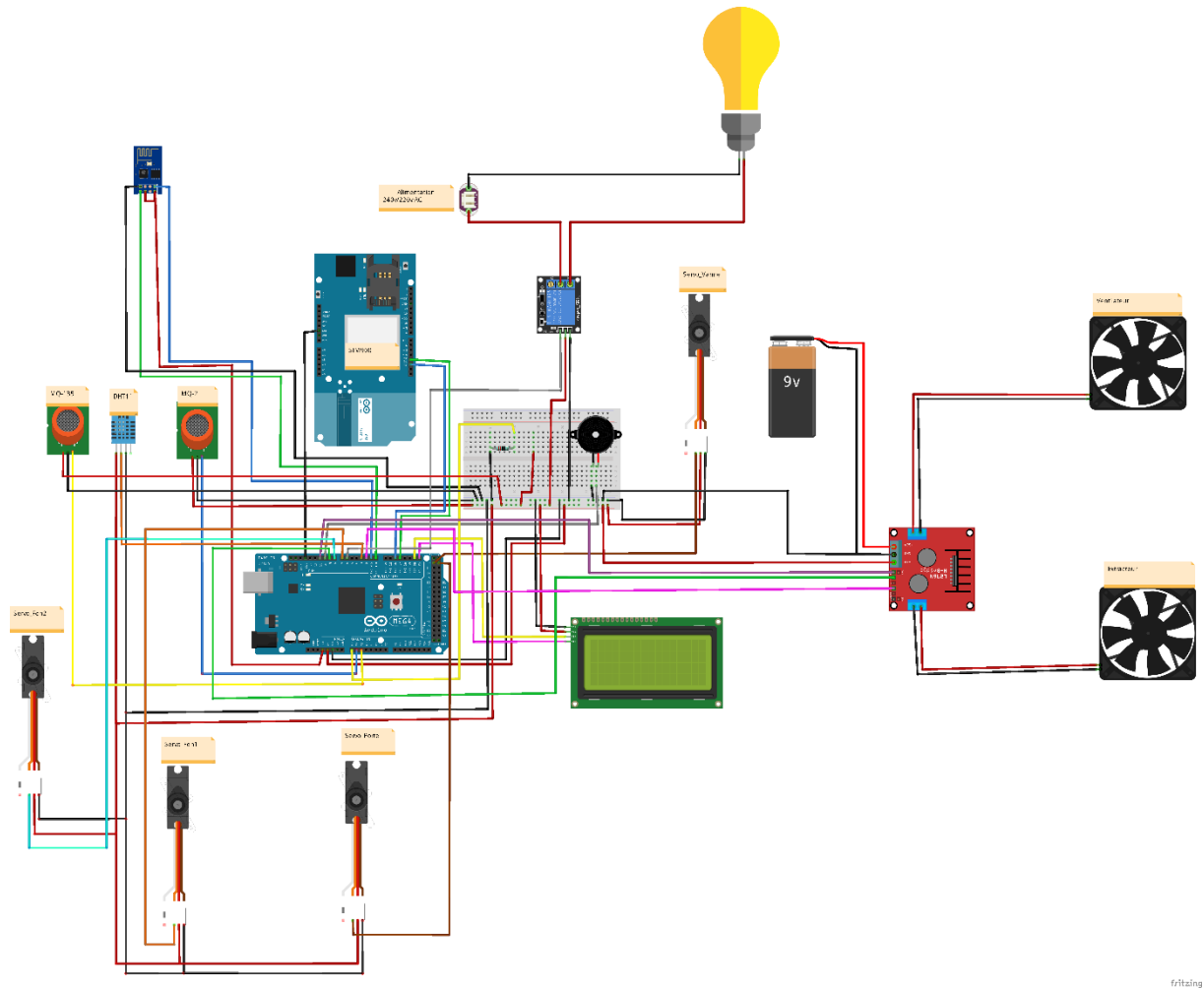
**Des Capteurs :**

- ✓ Capteur de gaz MQ-135 : Pour surveiller la qualité d'air.
- ✓ Capteur de gaz MQ-2 : Pour détecter la fuite de gaz.
- ✓ Capteur de température et d'humidité DHT11 : Pour surveiller la température et l'humidité ambiante afin de la régulariser.
- ✓ Détecteur de lumière LDR : Pour allumer automatiquement la lumière externe.

**Des Actionneurs :**

- ✓ Ventilateur : Pour simuler la ventilation et l'extraction d'air qui régulent la température et l'humidité.
- ✓ Servo moteur : Pour ouvrir et fermer la fenêtre/porte/ vanne.
- ✓ Module relais : Pour allumer et éteindre les lampes.
- ✓ Mini pompe à eau : pour fournir de l'eau aux volailles.

La figure III.2 présente la structure d'interconnexion entre les différentes parties du système de climatisation sur le logiciel Fritzing.



fritzing

**Figure III. 2:** Schéma graphique du circuit de la réalisation.

### III.3 Fritzing

Fritzing est un logiciel Open Source développé par l'université de Postdam aux Pays-Bas. Ce logiciel permet de :

- Réaliser des schémas de câblage sur platine d'essai.
- Saisir des schémas structurels.
- Dessiner des typons.

La figure III.2 présente l'interface du logiciel Fritzing.

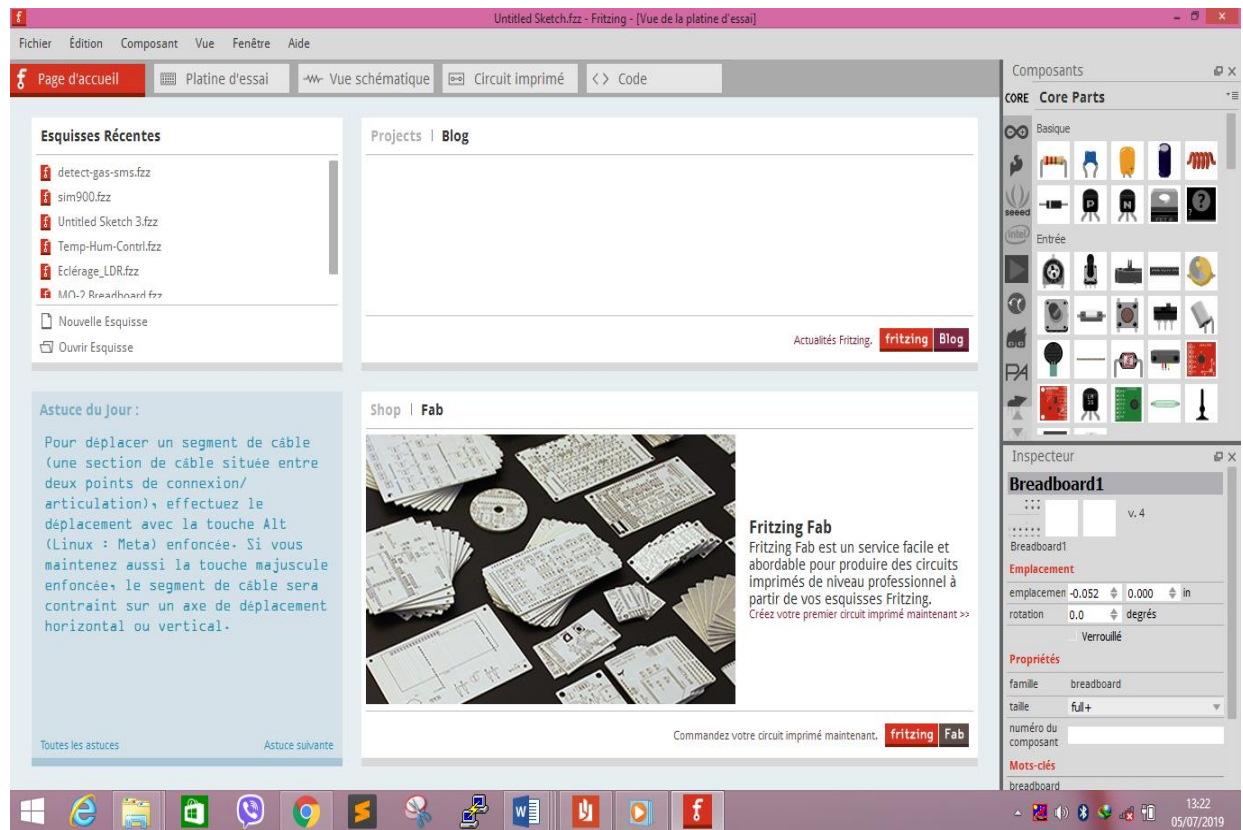


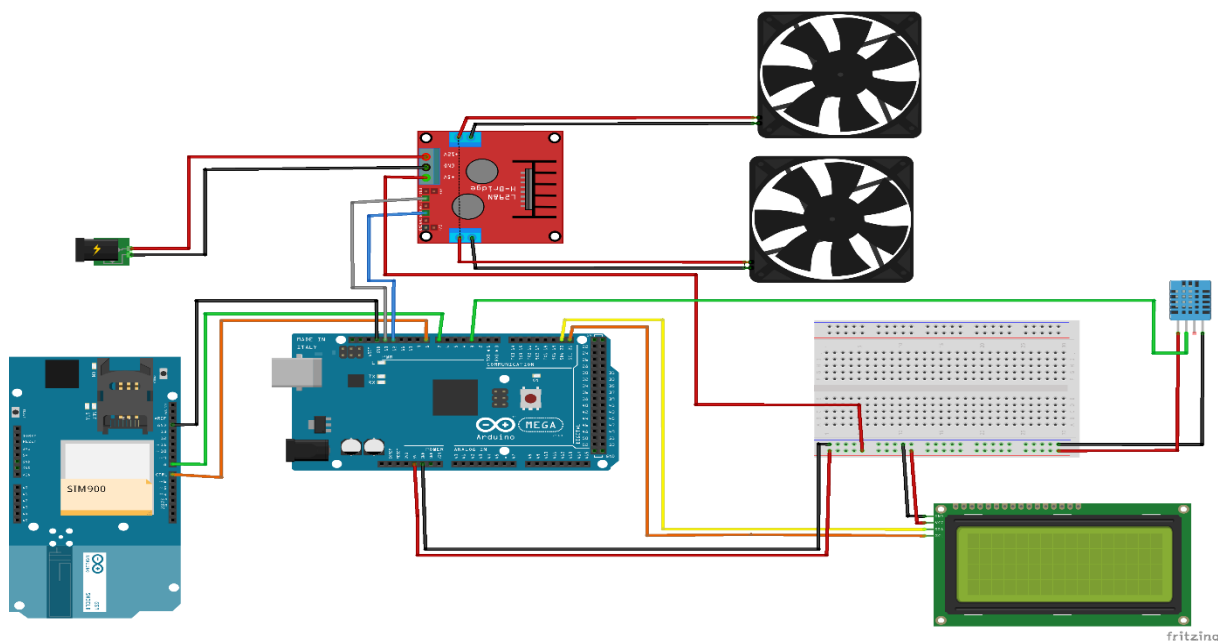
Figure III. 3: L'interface du logiciel Fritzing.

### III.4 Fonctionnalités du système :

Le système de climatisation est composé de plusieurs sous-systèmes qui sont :

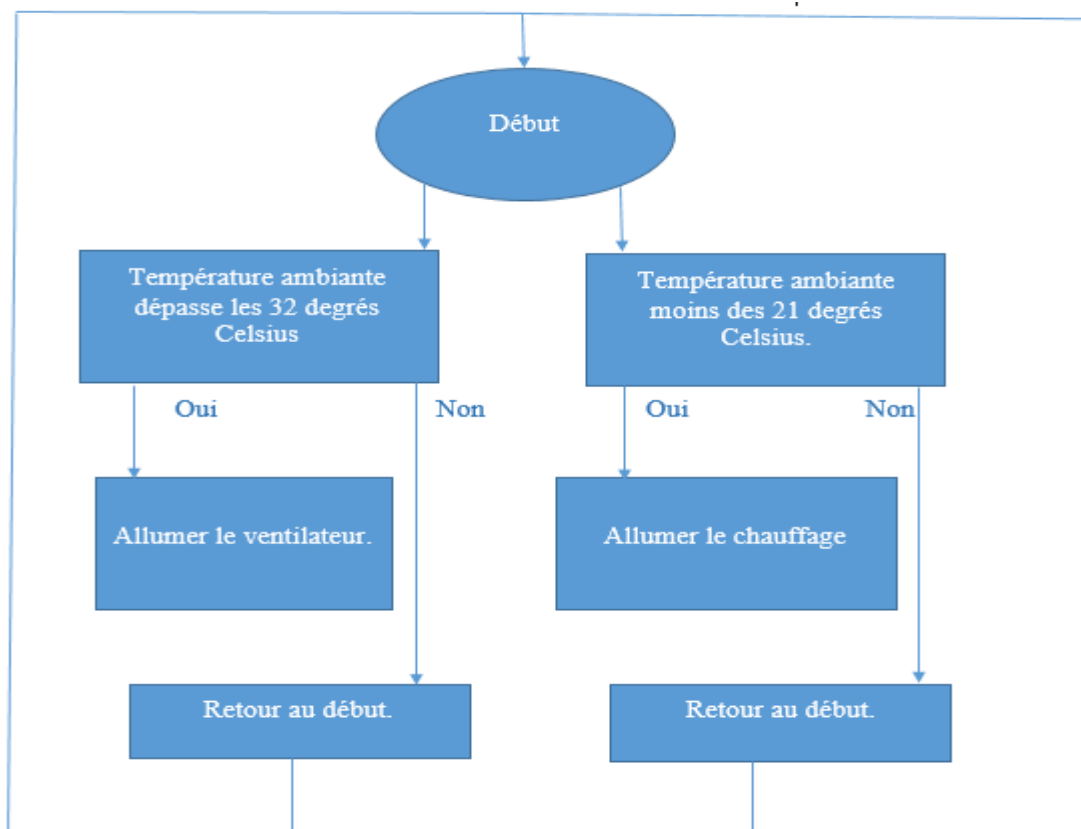
#### III.4.1 Système de Régulation de la température et de l'humidité (DHT11) :

L'objectif de l'utilisation du capteur de température et humidité DHT11, est de régulariser la température et l'humidité ambiantes du poulailler. En fixant un intervalle de température et d'humidités désirées au sein du poulailler, La carte arduino mega2560 va comparer les valeurs relevée par le capteur DHT11 et actionnera le ventilateur avec une vitesse bien défini pour réguler la température et l'humidité dans les niveaux recommandés pour la survie des poussins. En cas d'écart significatif (la température dépassera celles de l'intervalle), un message est envoyé au propriétaire via le module GSM afin d'activer le deuxième ventilateur. La figure III.3 illustre la structure du système de régulation semi-automatique de la température et l'humidité.



**Figure III. 4:** Système de régulation de la température et l’humidité.

La figure III.4 illustre le diagramme fonctionnel du système de régulation semi-automatique de la température et d’humidité.



**Figure III. 5:** Diagramme fonctionnel du système de régulation semi-automatique de la température et d’humidité.

### III.4.2 Système de détection de gaz (MQ-2) :

Ce système est utilisé pour des raisons de sécurité, à cet effet un capteur de gaz et fumée MQ-2 est utilisé pour détecter toute fuite de gaz afin de prendre les dispositions nécessaires si un tel cas survient. En cas de fuite de gaz, le buzzer s'active la fenêtre s'ouvrira automatiquement, afin d'aérer le poulailler et diminuer les risques. Si la fuite de gaz persiste un message sera envoyé chaque 5 minute pour porter connaissance au propriétaire de la situation de la qualité de l'air dans l'attente de son intervention (fermeture de la vanne de gaz). La figure III.5 illustre la structure du système de détection de gaz.

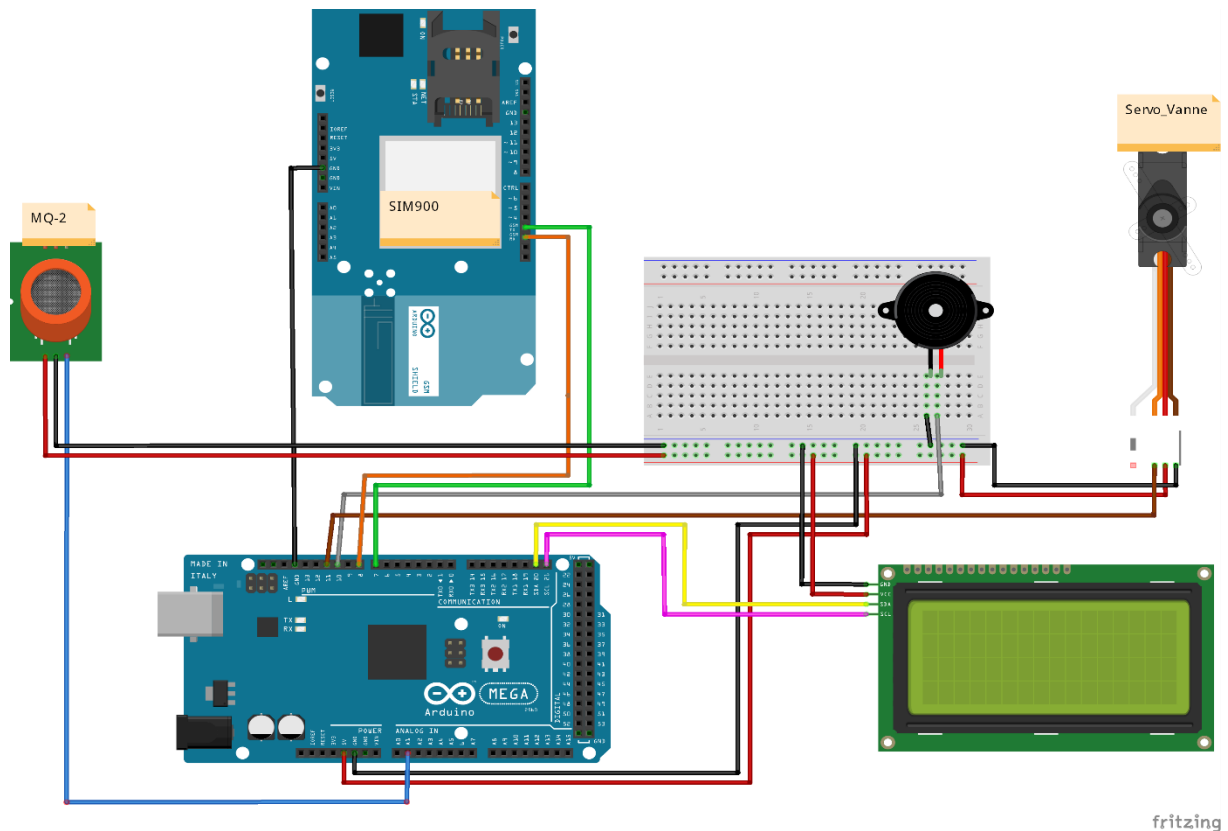
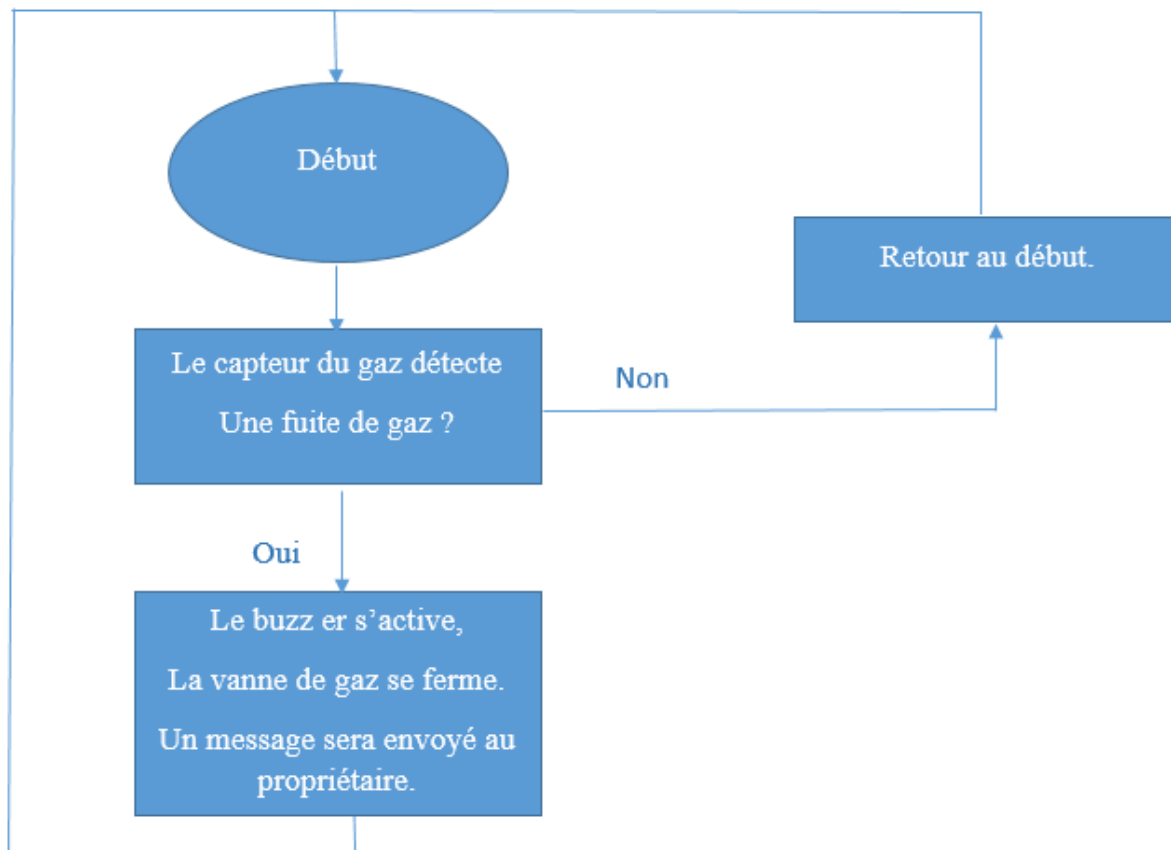


Figure III. 6: Structure du système de détection de gaz.

Le diagramme suivant résume le fonctionnement du système de détection de fuites de gaz avec le capteur de gaz MQ-2 :



**Figure III. 7:** Diagramme fonctionnel du système de détection de gaz.

### III.4.3 Système de détection de la lumière(LDR) :

La fonction de ce système est de réaliser un éclairage automatique. Ce système est composé d'un capteur de lumière LDR, un relais commandé par la carte Arduino mega2560 et une lampe haute puissance. La lampe est installée à l'entrée de la porte du poulailler. Lorsque la lumière est trop forte, l'Arduino reçoit ce changement via la LDR, elle envoie alors un signal de niveau haut au relais pour qu'il s'ouvre. Inversement, quand il fait sombre, un signal de niveau bas sera envoyé au relais pour le basculer, ce qui déclenchera l'allumage de la lampe. La figure III.7 illustre la

structure du système d'éclairage automatique externe.

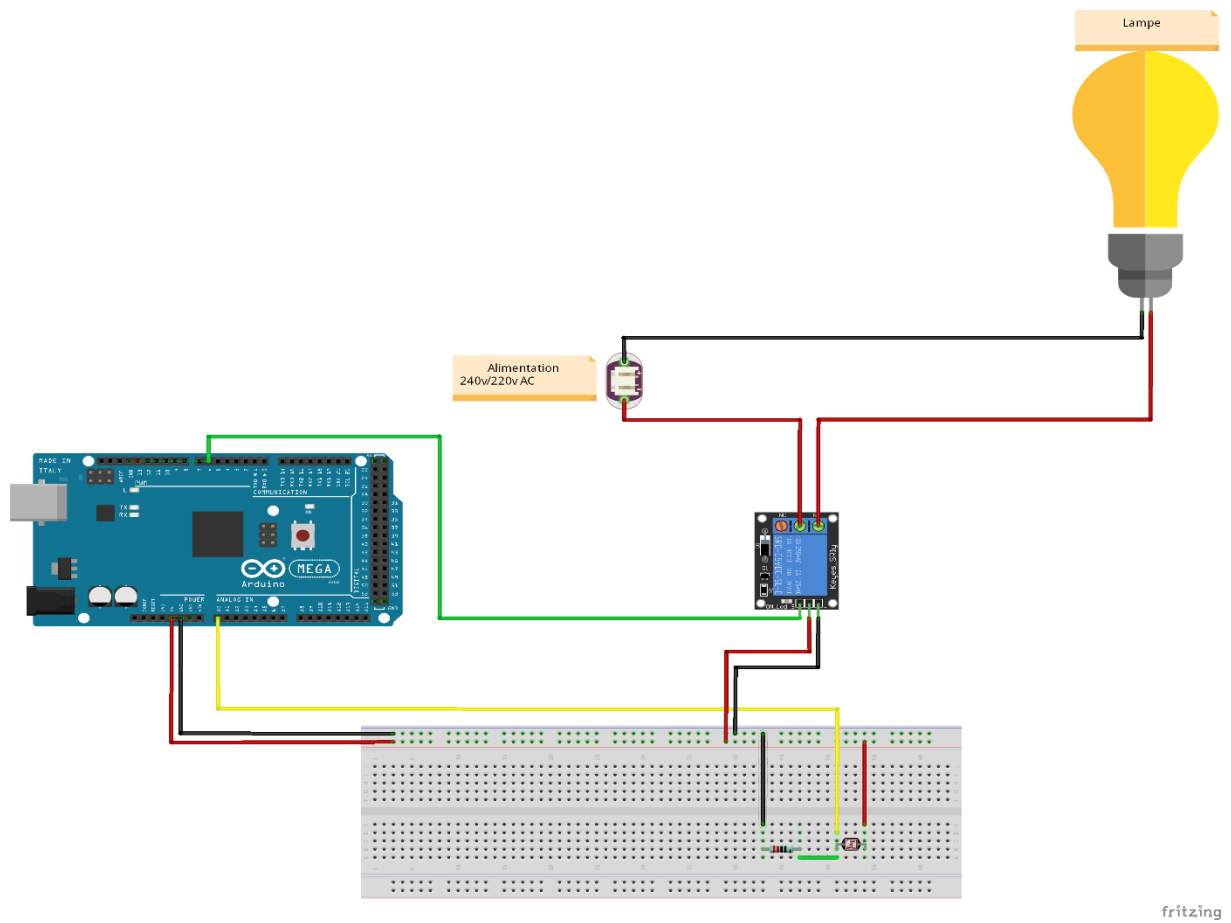


Figure III. 8: Structure du système d'éclairage automatique externe.

Le diagramme suivant résume le fonctionnement du système d'éclairage extérieur.

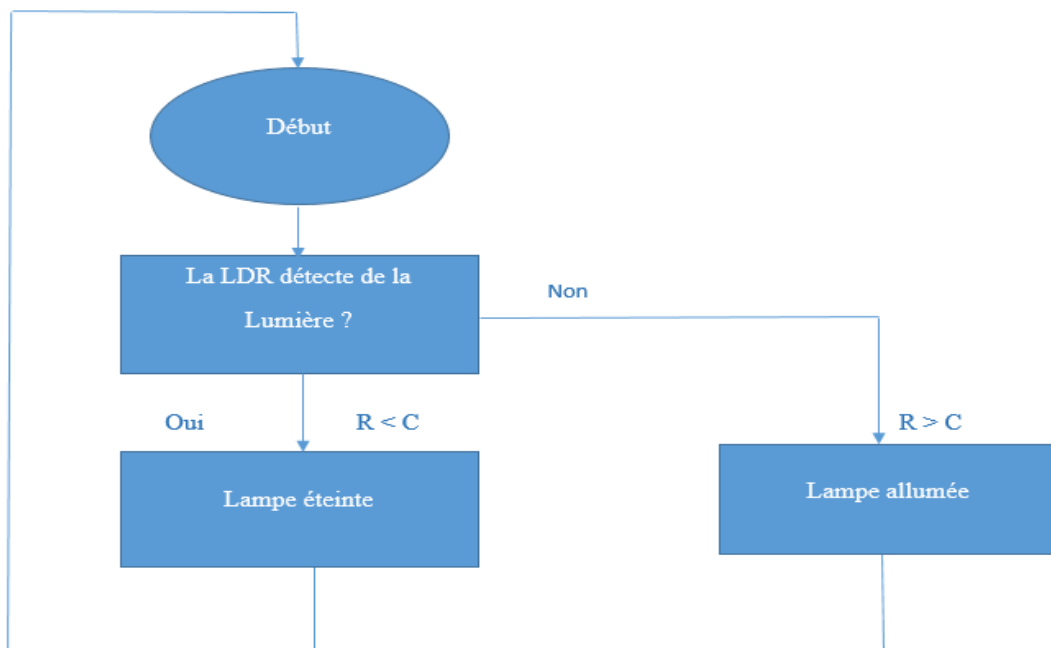


Figure III. 9: Diagramme fonctionnel du système d'éclairage extérieur.

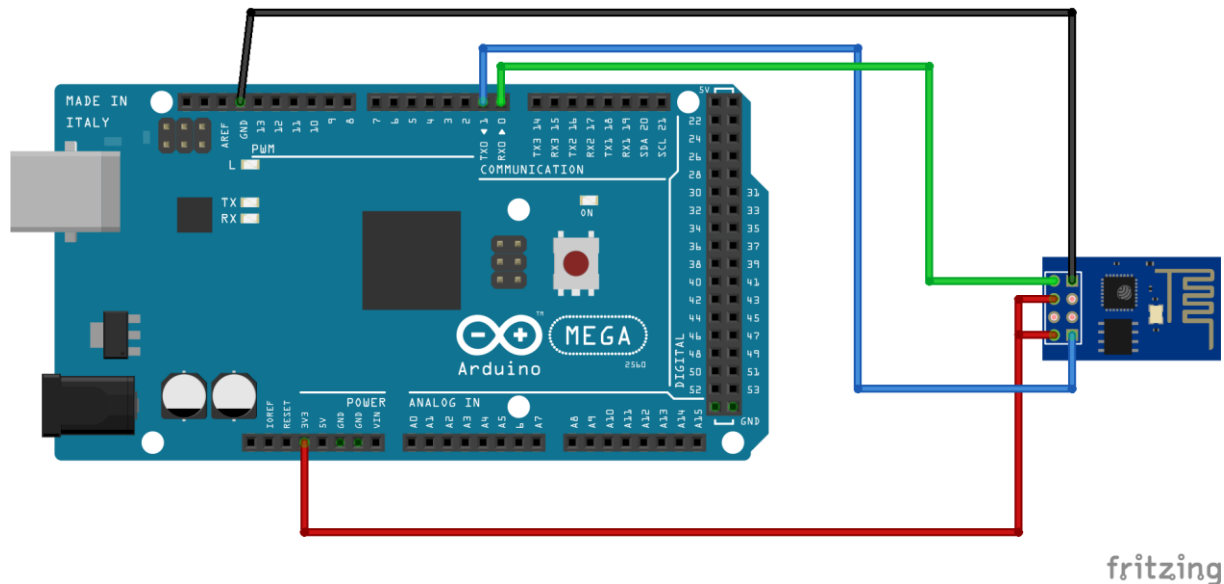
### III.5 Développement de l'application de commande :

Avec l'avènement des smartphones, la plupart des gens ont aujourd'hui leur propre connexion GSM. L'objectif principal de ce projet est de développer un système capable de contrôler les appareils (ventilateurs, chauffage, lampes) en envoyant un SMS via GSM.

#### III.5.1 Partie collection et affichage de données :

##### A. Le module Wifi esp8266-01 :

Une fois la communication sans fil est établie, le module Wifi permet l'échange bidirectionnel des données à des distances courtes. Le module Wifi esp8266 est connecté à la carte ArduinoMega pour permettre l'affichage des données collectées dans l'interface cloud(ThingSpeak). La figure III.9 illustre la structure d'interconnexion entre le module Wifi esp8266-01 et la carte Arduino Mega.



**Figure III. 10:** Représentation graphique de la communication entre Wifi esp8266-01 et arduino mega2560.

### B. ThingSpeak, plate-forme gratuite pour l'Internet des objets (IoT) :

ThingSpeak est une API et une application open source pour l'« Internet des objets », permettant de stocker et de collecter les données des objets connectés en passant par le protocole HTTP via Internet ou un réseau local.

Avec ThingSpeak, l'utilisateur peut créer des applications d'enregistrement de données capteurs, des applications de suivi d'emplacements et un réseau social pour objets connectés, avec mises à jour de l'état. La figure III.10 présente L'interface d'accueil du ThingSpeak.

#### Définition API :

une interface de programmation d'application ou interface de programmation applicative (souvent désignée par le terme **API** pour application programming interface) est un ensemble normalisé de classes, de méthodes ou de fonctions qui sert de façade par laquelle un logiciel offre des services à d'autres.

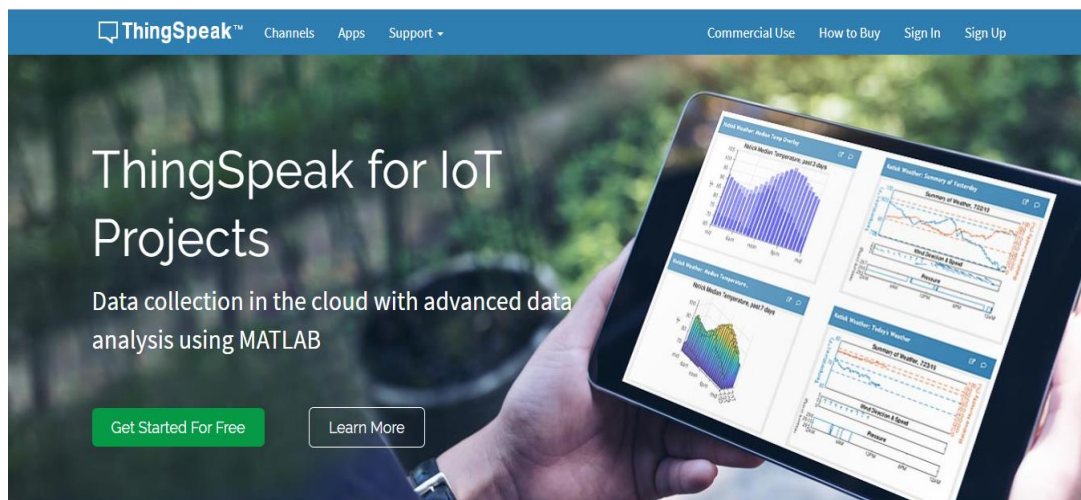


Figure III. 11: L'interface d'accueil du ThingSpeak.

**Fonctions du ThingSpeak :** Le ThingSpeak offre plusieurs fonctions parmi lesquelles on trouve :

- API ouverte
- Collecte de données en temps réel
- Données de géolocalisation
- Traitement des données
- Visualisations de données

- Messages d'état des circuits
- Plugins

Un des avantages du ThingSpeak est qu'il peut être intégré aux plates-formes Arduino, Raspberry Pi...etc.

### C. Configuration ThingSpeak à l'aide de la plate-forme Arduino :

#### Étape 1 : Création de notre compte.

Pour pouvoir télécharger les données sur ThingSpeak à des fins d'analyse et de traitement, nous devons créer notre compte. La figure III.11 présente la page d'inscription dans le site du ThingSpeak.

Sign up for ThingSpeak

It is free to sign up for ThingSpeak. Free accounts offer a fully functional experience on ThingSpeak with limits on certain functionality. Commercial users may sign up for a time-limited free evaluation. To send data faster to ThingSpeak or to send more data, consider our [paid license options](#) for commercial, academic, home and student usage. To start using ThingSpeak you must create a new MathWorks account, or, click cancel and log in using an existing MathWorks account.

Create MathWorks Account

Email Address

Missing required information

To access your organization's MATLAB license, use your school or work email.

Location

United States

First Name

Last Name

SMART CONNECTED DEVICES

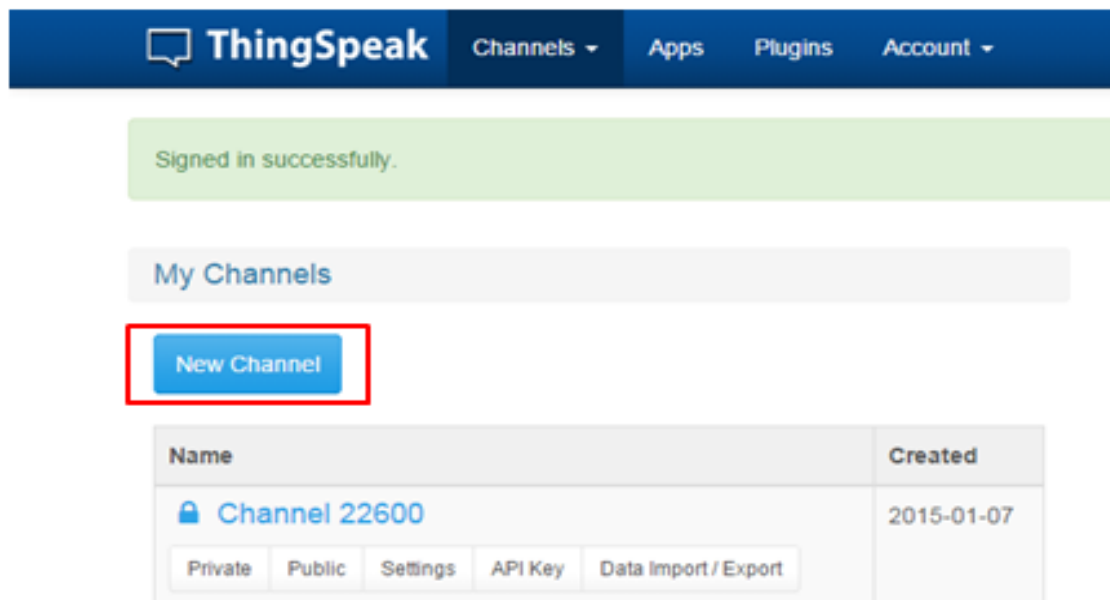
DATA AGGREGATION AND ANALYTICS ThingSpeak

MATLAB

Figure III. 12: L'interface pour s'inscrire dans ThingSpeak.

**Étape 2 : Création d'un canal de communication.**

On clique sur le bouton « New channel » pour créer le canal de communication. La figure III.12 présente la procédure de la création du canal.

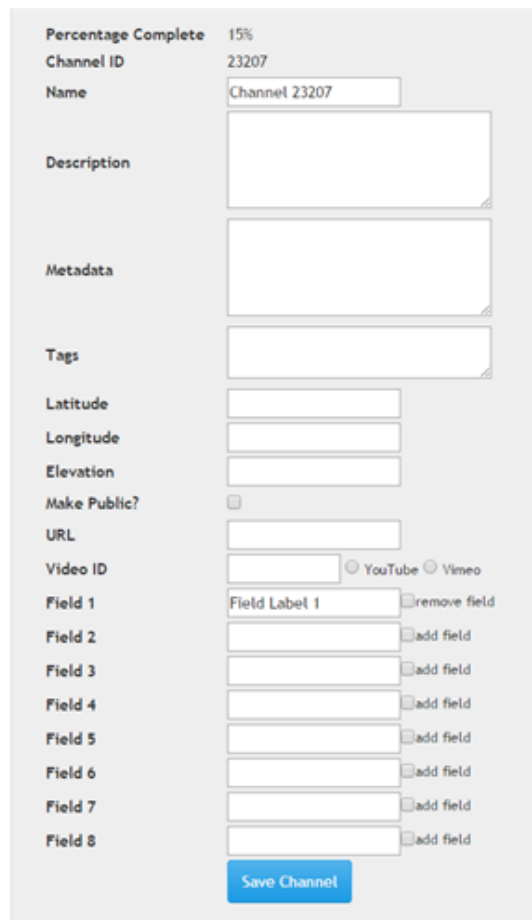


**Figure III. 13:** Création du canal de communication.

Il faut saisir les détails du canal à créer. Par exemple, nous pouvons utiliser le nom du projet sur lequel nous travaillons comme nom du canal. En cas de doute, nous pouvons laisser certaines options vides (description, métadonnées et étiquettes).

Les champs reflètent les données que nous allons télécharger. Par exemple, si la température de l'environnement est mesurée, nous pouvons définir le champ 1 comme Température. À l'issue de cette opération, il faut cliquer sur Enregistrer le canal. Les données à télécharger vers le canal correspondant sont enfin prêts

La figure III.13 illustre l'interface dédiée pour la spécification de détails du canal de communication.



The image shows a web form for configuring a communication channel. The form is titled 'Percentage Complete 15%' and includes the following fields and options:

- Channel ID: 23207
- Name: Channel 23207
- Description: A large text area.
- Metadata: A large text area.
- Tags: A large text area.
- Latitude: A text input field.
- Longitude: A text input field.
- Elevation: A text input field.
- Make Public?: A checkbox.
- URL: A text input field.
- Video ID: A text input field with radio buttons for 'YouTube' and 'Vimeo'.
- Field 1: A text input field with 'Field Label 1' and a 'remove field' button.
- Field 2: A text input field with an 'add field' button.
- Field 3: A text input field with an 'add field' button.
- Field 4: A text input field with an 'add field' button.
- Field 5: A text input field with an 'add field' button.
- Field 6: A text input field with an 'add field' button.
- Field 7: A text input field with an 'add field' button.
- Field 8: A text input field with an 'add field' button.

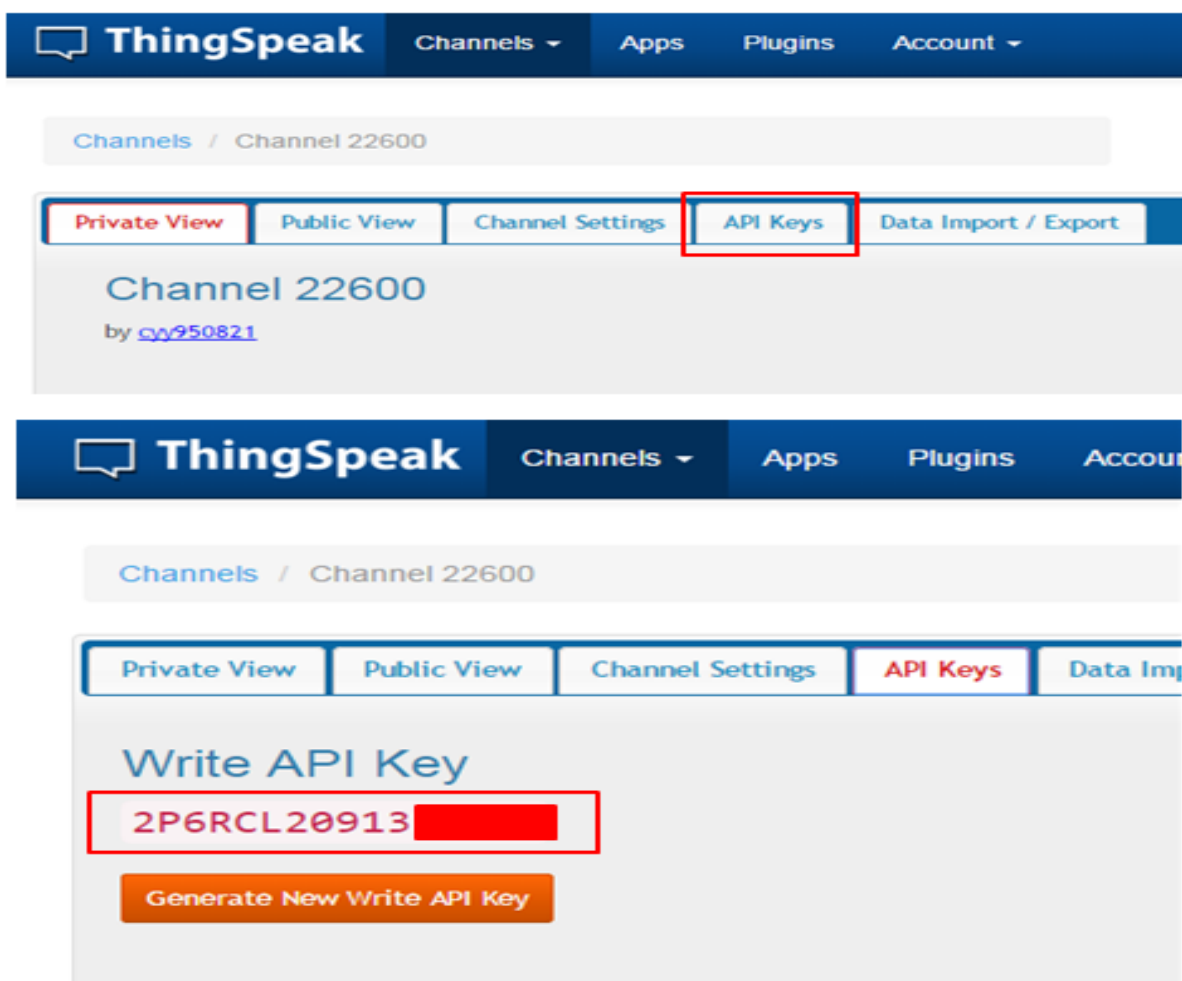
A blue 'Save Channel' button is located at the bottom of the form.

**Figure III. 14:** Détails du canal de communication.

**Étape 3 : Recherchez la clé API correspondant à notre canal.**

À chaque canal correspondra une clé API unique, destinée à garantir le téléchargement des données au bon emplacement.

La clé API est mémorisée par « Écrire clé API ». Nous l'utiliserons pour programmer notre plate-forme Arduino. La figure III.14 illustre la génération de la clé API.



**Figure III. 15:** Génération de la clé API.

### III.5.2 Partie commande :

Cette partie représente l'objectif principal de ce projet, c'est le développement d'un système capable de contrôler les appareils (ventilateurs, chauffage, lampes) en envoyant un SMS via 'un réseau mobile GSM dans toutes les zones du monde qui sont sous couverture d'un réseau GSM entre utilisateur et le système. La figure III.15 illustre le système de commande GSM.



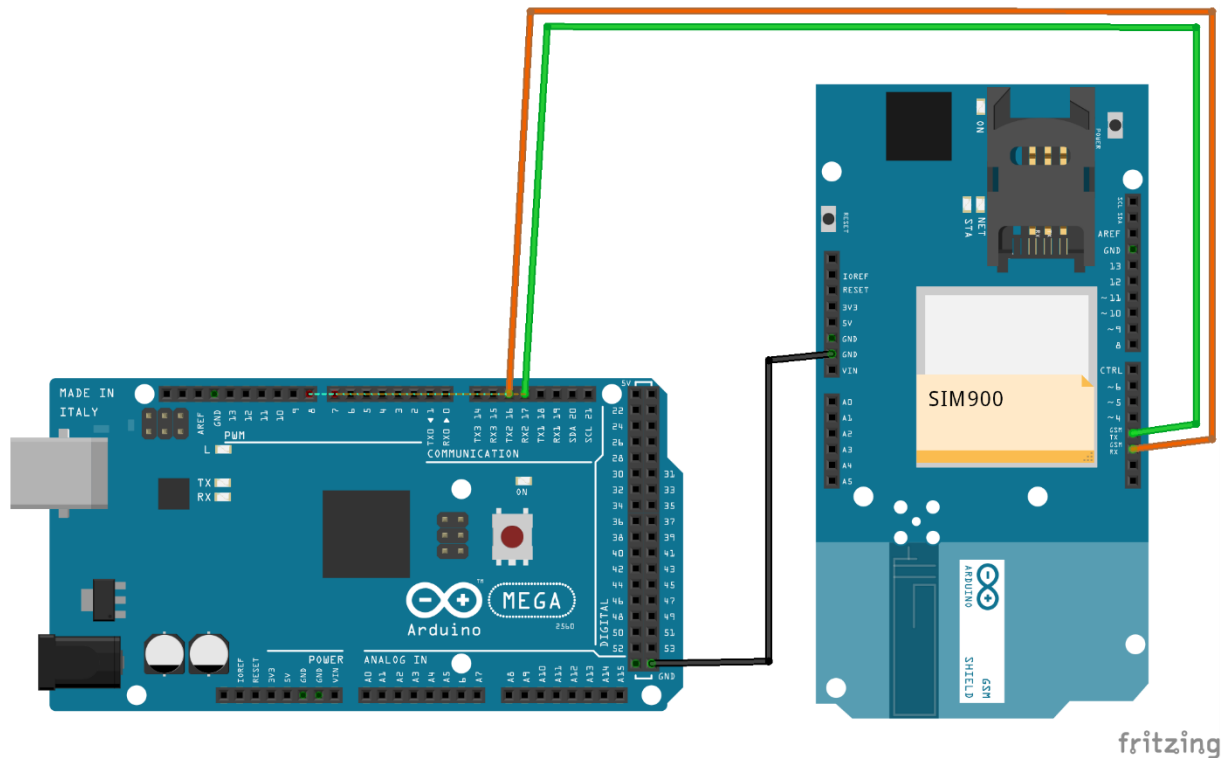
**Figure III. 16:** Schéma du système de commande GSM

- **Utilisateur** : permet d'envoyer un message sms à un module GSM SIM900 par un téléphone portable

Le message contient des informations codées pour les commandes (mot de passe, numéro de la commande).

- **Module GSM SIM900** : permet de recevoir ou d'envoyer des sms et communiquer avec une carte électronique Arduino Mega2560 par une communication série (UART), les commandes utilisées dans ces connexions étant AT COMMANDS.
- **Arduino Mega2560** : permet de communiquer avec module GSM, de lire des messages, d'envoyer des commandes et d'exécuter les différents processus tels que traitements, décodage et stockage des informations, l'affichage de messages, etc.

La figure III.16 illustre la structure d'interconnexion entre le module GSM SIM900 et la carte Arduino Mega2560.



**Figure III. 17:** Représentation graphique de la communication entre SIM900 et arduino mega2560

### III.6 Réalisation de la maquette :

Nous avons concevoir la maquette du poulailler pour permettre une présentation plus convivial de notre système. La figure III.17 présente notre maquette.



**Figure III. 18:** Maquette du poulailler.

**III.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté les étapes de conception du système de climatisation, ce système est composé : d'un ensemble de capteurs utilisés pour transmettre les grandeurs physiques ambiantes, d'une carte Arduino permettant le traitement des données provenant des capteurs, un ensemble d'actionneurs commandé par le module GSM, d'un module de transmission Wifi permettant la transmission à distance en temps réel des données via l'Internet des Objets. Pour évaluer la fiabilité du système, nous avons effectué plusieurs tests sur celui-ci tels que : la température et de l'humidité, la qualité de l'air, l'éclairage.

# Conclusion Générale

Tout au long de ce travail, nous avons cherché à concevoir un système de climatisation automatique pour un poulailler afin d'assurer la survie des oiseaux dans un environnement artificiel. Ce système est composé d'un ensemble de capteurs ayant pour rôle de l'acquisition des données qui sont traitées par une carte à microcontrôleur Arduino, d'actionneurs servant à réguler les grandeurs physiques, d'un module GSM permet le contrôle à distance les actionneurs par l'envoi de messages, d'un module de transmission Wifi permettant la transmission à distance en temps réel des données via l'Internet des Objets. Nous avons effectué plusieurs tests sur le système de contrôle à distance avec le module GSM, ce qui atteste la fiabilité du système.

Ce travail nous a fait aussi découvrir la passion pour le domaine de l'électronique embarquée, que nous comptons nourrir prochainement avec de nouvelles aventures, et des nouveaux projets.

Comme perspective de ce travail, des améliorations futures peuvent être apportées à ce projet, par exemple l'enrichir avec une application mobile sous le système Android qui permettra le pilotage des objets connectés, de n'importe quel endroit au monde où il y aura une connexion internet. L'utilisation d'un matériel plus performant telle que la carte Raspberry donnera un système plus rapide.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] : (ITAVI, 2001).

[2] : POULET-DE-CHAIR-Manuel-de-Gestion.pdf

[3] : [www.agrilight.com](http://www.agrilight.com)

[4] : Mémoire ingénieur «L’impact des facteurs d’ambiance (température, humidité, éclairage...) sur l’élevage du poulet de chair à Touggourt (cas de Sidi Mahdi) ». Réalisé par NOUHA MALIKA. Promotion 2015-2016 Université KASDI MERBAH OUARGLA.

[5] : Les automatismes du bâtiment, La domotique, le maintien à domicile, SIRLAN Technologies (Livre blanc).

[6] : <http://www.touteladomotique.com>

[7] : <http://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/2016/08/13/3200120160813ARTFIG00034-ces-objets-connectes-utilises-par-les-sportifs-olympiques.php>

[8] : <http://www.domotique-info.fr/technologies-domotique/zigbee/>

[9] : Guide TECHNIQUE CELIANE Système CPL.

[10] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arduino>.

[11] : <https://www.gotronic.fr/art-carte-arduino-mega-2560-12421.htm>

[12] : <https://www.conrad.fr/p/microcontroleur-embarque-microchip-technology-atmega2560-16au-tqfp-100-14x14-8-bit-16-mhz-nombre-io-86-1-pcs-154804>.

[13] : <https://www.editions-eni.fr/open/mediabook.aspx?idR=bf76cb088a2a51eabb543791cea5f592>.

[14] : <https://www.generationrobots.com/fr/401945-arduino-mega-2560-rev3.html>

[15] : [https://bu.univouargla.dz/master/pdf/KRAMA\\_Abdelbasset\\_GOUGUI\\_Abdelmoumen.pdf?idmemoire=2513](https://bu.univouargla.dz/master/pdf/KRAMA_Abdelbasset_GOUGUI_Abdelmoumen.pdf?idmemoire=2513).

[16] : <https://eskimon.fr/tuto-arduino-602-un-moteur-qui-a-de-la-t%C3%A0te-le-servomoteur>.

[17] : <https://www.hdevbot.fr/moteurs/196-mini-pompe-a-eau-25-a-6v.html>.

[18] : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Servomoteur>.

[19] : <https://lastminuteengineers.com/l298n-dc-stepper-driver-arduino-tutorial/>

[20] : [http://docplayer.fr/amp/1610815-Systeme-de-gestion-de-flux-pour-l-internet-des-objets-intelligents.html#download\\_tab\\_content](http://docplayer.fr/amp/1610815-Systeme-de-gestion-de-flux-pour-l-internet-des-objets-intelligents.html#download_tab_content)(Mai 2018).



