

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHESCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOULOU D MAMMARI DE TIZI-OUZOU



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique

Département : Electronique

Mémoire de fin d'étude en master

DOMAINE : Sciences et technologies

FILIERE : Electronique

SPECIALITE : Système embarqué

Thème :

**Conception Et Réalisation D'un Système
Réseau De Serres A Base Des Cartes ESP-32**

Réalisé par :

- RAIS Aghilas

Encadré par :

Mr. ZIRMI Rachid

Membre de jury :

- Mr ATTAF Youcef
- Mm Ait Abedelmalek Ghania
- Mr Lahdir Morad

Promotion : 2023/2024

Remerciements

*Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au sein du laboratoire « Maquette »,
Du département d'électronique, faculté de Génie Electrique et d'Informatique de
L'université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou.*

*Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant et miséricordieux, de nous avoir
Donné la force, la patience et la volonté pour accomplir ce Modeste travail.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur Mr ZIRMI Rachid, enseignant
à l'UMMTO, pour son encadrement, ses conseils, ainsi que ses
Encouragements.*

*Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury, pour l'intérêt
Qu'ils ont portés à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail. Tout*

Particulièrement :

Mr ATTAF YOUCEF.

*Mr LAHDIR Pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury. Pour avoir accepté d'être
Examineur de ce travail. Ainsi que Mm AIT ABEDELMALEK*

Nous remercions également Mr Gana pour sa disponibilité.

*Un grand remerciement à tous les enseignants du département de Génie électrique
(UMMTO) pour leurs disponibilités et leurs gentillesse. Ainsi qu'à tous les
Enseignants de notre parcours d'études..*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mon défunt père, je le remercie pour ses sacrifices et ses devoirs, que le paradis soit sa demeure éternelle.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifié pour mon bonheur et ma réussite, ma mère.

A mon frère Lyes, écolier de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes mes années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner de l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protèges.

A mes ami(e)s proches : Imane, Yasmine, Sarah, Bilal, Salim.

A mes chers oncles : Djaffer.

A mes tantes Nora, Nadia

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

AGHILAS

Sommaire :

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Les généralités sur les réseaux de serre

Histoire de l'agriculture.....	4
I. Préambule	5
II. ferme intelligente (Smart farming)	5
II.1. Définition	6
II.2. L'influence de smart-farm sur l'agriculture	6
II.2.1. L'agriculture numérique	7
II.2.1.1 Les avantages de l'agriculture numérique.....	7
II.2.2. Les applications de l'agriculture numérique	7
III. Réseau de serre intelligent.....	8
III.1. Définition	8
III.2. Réalisation d'un réseau de serre intelligent.....	8
III.2.1. Avec des automates programmables (API).....	9
III.2.1.1. Définition	9
III.2.1.2. Modèle de Communication Maître-Esclave.....	10
III.2.1.3. Structure des messages.....	11
III.2.2. Avec des cartes électroniques.....	11
IV. La serre.....	12
IV .1. Définition	12
IV.2. Serre agricole intelligent	12
IV.3. Les avantages de la production sous serre.....	12
IV.4. Condition environnementale des serres	13
IV.5. Types de construction	13
IV.6. Types de la serre.....	13
IV.6.1. Serre tunnel	14
IV.6.2. Serre adossée.....	14
IV.6.3. Serre en verre trempé	14
IV.6.4. Serre de culture hydroponique	15
IV.6.5. Serre d'élevage.....	15
IV.6.6. Serre de production aquaponique.....	15
IV.7. Types de construction des serres	16
IV.8. Serre intelligent.....	17
IV.8.1. Section pour les plants	17
IV.8.2. Section pour les animaux	17
IV .9. Discussion	17

Chapitre II : Carte ESP32 et capteurs utilisés

I.1. Présentation du projet	19
I.2. Choix de la solution technologique.....	19
I.3. Définition du module ESP32	19
I.3.1. L'ESP32	19
I.3.1.1. Pourquoi l'ESP32 et non l'ESP8266	20
I.3.1.2. Caractéristique de la carte ESP32	20
I.3.1.3. Constituants d'une carte ESP32.....	21
I.3.1.4. Les périphériques de la carte esp32	21
I.3.1.5. les pins de la carte esp32.....	21
I.4.Objectifs et description du système à réaliser.....	22
II. Les capteurs et les actionneurs	22
II.1.Définition et structure d'un capteur.....	22
II.2.les types de capteurs	23
II.3.Classification des capteurs.....	23
II.4.capteurs utilisés dans la serre intelligente.....	24
II.4.1.Capteur de température et d'humidité de l'aire DHT11	24
II.4.1.1.Définition	24
II.4.1.2 - Caractéristiques techniques du DHT11	24
II.4.2 - Capteur de qualité d'air « MQ135 ».....	24
II.4.2.1 – Définition.....	24
II.4.2.2 – Caractéristique	25
II.4.3 - Capteur de flamme	25
II.4.3.1 - Définition	25
II.4.3.2 - Caractéristique.....	25
II.4.4 - Capteur de pluie.....	25
II.4.4.1 - Définition	25
II.4.2 – Caractéristiques.....	26
II.4.5 - Capteur de lumière (photorésistance).....	26
II.4.5.1 – Définition.....	26
II.4.5.2 – Caractéristiques.....	26
II.4.6 - Capteur d'humidité du sol	27
II.4.6.1 – Définition.....	27
II.4.6.2 – Caractéristiques.....	27
II.4.7 - Capteur de position a ultrason	27
II.4.7.1 - Description et fonctionnement	27
II.4.7.2 – Caractéristiques.....	28
II.4.8 - Radio Fréquence Identification (RFID)	28
II.4.8.1 – Définition.....	28
II.4.8.2 – Caractéristiques.....	28
II.5 - La relation capteurs et actionneurs.....	29
II.6 - Les pré-actionneurs	29

II.6.1 - Le relai électrique	29
II.7 - Les actionneurs.....	30
II.7.1 - L'extracteur	30
II.7.1.1 - Description et fonctionnement	30
II.7.1.2 - Caractéristiques techniques	30
II.7.2 - Le Buzzer	30
II.7.2.1 - Description et fonctionnement	31
II.7.2.2 - Caractéristiques techniques	31
II.7.3 - La pompe d'arrosage	31
II. 7.3.1 - Caractéristique techniques.....	31
II. 7.4 - Le servomoteur.....	31
II. 7.4.1 - Description et fonctionnement	32
II. 7.4.2 - Caractéristiques techniques	32
II. 7.5 - Les Leds	32
III. Différents types de communications	33
III.1- Définition	33
III.2- Communication I2C	33
III.2.1-Définition	33
III.2.2- Caractéristiques principales du bus I2C	33
III.2.2.1- Explication du schéma.....	34
III.2.3- Avantages et inconvénients.....	34
III.3- Communication SPI	35
III.3.1-Définition	35
III.3.2- Caractéristiques principales	35
III.3.3- Avantages et inconvénients.....	35
III.4- Communication UART	35
III.4.1-Définition	35
III.4.2- Caractéristiques principales	36
III.4.3- Avantages et inconvénients.....	36
III.5- Communication Zigbee.....	36
III.5.1-Définition	36
III.5.2- Caractéristiques principales	36
III.5.3- Avantages et inconvénients.....	37
III.6- Communication WIFI	37
III.6.1-Définition	37
III.6.2- Caractéristiques principales	37
III.6.3- Avantages et inconvénients.....	37
III.7.- Comparaison des protocoles	38
III.8.- Choix du protocole de communication pour notre projet : WIFI.....	38
III.9. Implémentation du WiFi dans notre réseau de serre	38
III.10. Organigramme de fonctionnement de système maître/esclave	39
III.10.1.organigramme de la carte maite	39
III.10.1.organigramme de la carte esclave	40

III .11. Discussion	41
---------------------------	----

Chapitre III : Réalisation pratique

I.1. Préambule	43
I.2. Présentation du système	43
I.3. L'objectif de projet.....	43
I.4. Description du système	44
I.4.1. Carte maitre(Esp32)	44
I.4. 2. Carte Esclave(Esp32).....	44
I.4. 2. 1. Serre pour lapins	44
I.4. 2. 2. Serre agricole	44
I.4.2.3. L'application mobile	44
I. Les schémas synoptiques	44
I.1. Schéma de branchement des systèmes de la serre agricole	44
II. 1.1. Branchement du système de contrôle de température	44
II.1.2. Branchement du système de control d'irrigation.....	45
II. 1.3. Branchement du système de control d'accès	45
II.1.4. Branchement du système de control des luministes	46
II.1.5. Schéma synoptique général de la serre agricole	47
II.2. Schéma de branchement des systèmes de la serre animale	47
II.2.1. Branchement du système de contrôle de température	47
II.2.2. Branchement du système de control des luministes	48
II.2.3. Branchement du système de control niveau d'eau	48
II.2.4. Branchement le système de commande de capteur de pluie	49
II.2.5. Schéma synoptique général de la serre animale	49
II.2.6. Schéma synoptique général de la carte maitre.....	50
II.3. Schéma synoptique global de système	50
III. Les organigrammes	51
III.1. Système de contrôle de température.....	51
III.2. Système de contrôle d'irrigation	52
III.3. Organigramme de systèmes de luministes	53
III.4. Organigrammes de systèmes d'accès	53
III.5. Organigramme de systèmes de sécurité	54
III.5.1.la flamme.....	54
III.5.2.gaz	54
III.6. Organigramme de la serre agricole	55
III.7. Organigramme de la serre animal	57
III.8.organiramme de de la carte maitre	59
III.9. Réalisation de la serre.....	60
III.9.1. Construction de la structure.....	60
IV-Partie logiciel	60
IV .1. Langage Arduino.....	60

IV .1.1. Définition	60
IV .1.2- IDE Arduino	61
IV .1.3 Interface d'utilisateur	61
IV.1.4- Etapes de développement sur Arduino.....	62
IV .2. Outils de conception de circuit imprimé ARES	62
IV.2.1. présentation générale.....	62
IV.2.2. utilisation du module ARES	62
IV .2.3. Typon de la serre agricole	63
IV .2.4. Typon de la serre animale	64
IV .2.5. - Impression du typon	64
IV.2.6- Transfert du circuit	64
IV.2.7. - La gravure	65
IV .2.8. - Le perçage et la Vérification.....	65
IV.2.9. - L'implantation des composants	66
V. Gestion des serres	67
V.1. La platform « ThinkSpeak »	67
V.1.1. Les étapes pour utiliser thingspeak	67
V.2. Application WIFI	70
V.2.1 Définition.....	70
V.2.2 Création d'une application androïde WIFI.....	70
V.2.3 Logiciel app inventor.....	71
V.2.3.1 Définition :	71
V.2.3.2 L'étape de création de l'application Android wifi avec logiciel "app inventor"	72
V.3. Discussion	73

Chapitre IV : Tests et résultats

I.Préambule	75
I.1 Circuit général du système.....	75
I.2. Résultats des tests	76
I.2.1. Résultats sur le moniteur série	76
I.2.2. Collecte des données.....	76
I.2.3. Présentation des résultats	76
I.2.3.1. Serre agricole	76
I.3. Les résultats sur thingSpeak.....	80
I.4. Les résultats sur l'application WIFI (App inventor)	81
I.5. Discussion	81
Conclusion générale	83

Liste Des Figures

Figure 1 : L'agriculture intelligente	05
Figure 2 : smart-farms	06
Figure 3. Processus Maitre esclave.	08
Figure 4. Configuration du maître et des esclaves	09
Figure 5 : Communication d'un maitre-esclave d'un API	10
Figure 6 : Structure des messages	11
Figure 7. Des protocoles de communication avec esp32	11
Figure 8 : Serre tunnel.....	14
Figure 9 : serre adossée	14
Figure 10 : serre en verre trempé.....	14
Figure 11 : serre de culture hydroponique.....	15
Figure 12 : serre d'élevage.....	15
Figure 13 : serre de production aquaponique	16
Figure 14: ESP32	20
Figure 15 : Composants de la carte ESP32	21
Figure 16 : Le branchement de l'ESP 32	21
Figure 17: fonctionnement général d'un capteur	22
Figure 18 : structure d'un capteur	23
Figure 19 : Capteur de température et d'humidité de l'air (DHT11)	24
Figure 20: Capteur de qualité de l'air : MQ-135.....	24
Figure 21 : Capteur de flamme.....	25
Figure 22 : Capteur de pluie	26
Figure 23 : Capteur de lumière (photorésistance)	26
Figure 24 : Capteur d'humidité du sol	27
Figure 25 : Capteur de position a ultrason	28
Figure 26: Radio Frequency Identification (RFID).....	28
Figure 27 : La relation capteurs et actionneurs	29
Figure 28 : Relai électrique	29
Figure 29 : Type d'extracteur utilisé dans notre serre.....	30
Figure 30 : Un piézo-électrique (buzzer)	31
Figure 31: Pompe d'arrosage utilisée	31
Figure 32 : Servomoteur.....	32
Figure 33: Un Led	32
Figure 34: le protocole de communications i2c	33
Figure 35: Transfert avec I2C	34
Figure 36 : le protocole de communications SPI	35
Figure 37 : le protocole de communications UART	36
Figure 38: le protocole de communication Zigbee.....	36
Figure 39 : le protocole de communication wifi	37
Figure 40: Branchement du système de contrôle de température	44
Figure 41: Branchement du système de contrôle d'irrigation	45
Figure 42: Branchement du système de control d'accès	45

Figure 43: Branchement du système de control des luministes	46
Figure 44: Schéma synoptique général de la serre agricole	47
Figure 45: Branchement du système de contrôle de température	47
Figure 46: Branchement du système de control des luministes	48
Figure 47: Branchement du système de control niveau d'eau.....	48
Figure 48: Branchement le système de commande de capteur de pluie.....	49
Figure 49: schéma général de la serre agricole	49
Figure 50 : Schéma synoptique général de la carte maitre	50
Figure 51 : La structure de notre la serre agricole.....	50
Figure 52 : La structure de notre la serre animale.....	60
Figure 53 : Interface d'utilisateur	61
Figure 54: utilisation du module ares	62
Figure 55: conception de circuit imprimé	63
Figure 56: typon de la serre agricole	63
Figure 57: typon de la serre animal	64
Figure 58: nettoyage de la plaque en cuivre.....	64
Figure 59: transfert du circuit à l'aide d'un fer à repasser.....	65
Figure 60: la gravure	65
Figure 61: le perçage	66
Figure 62: implantation des composants.....	66
Figure.63. thingspeak	67
Figure.64. creations d compte ThingSpeak.....	68
Figure.65: Création d'un nouveau canal	68
Figure 66: Les détails du nouveau canal pour la serre agricole	69
Figure 67: Les détails du nouveau canal pour la serre animale	69
Figure 68 : obtenir l'API thingspe.....	70
Figure 69 : Logiciel app inventor	71
Figure 70 : Branchement de Système global.....	75
Figure 71 : résultat sur le moniteur sérié.....	76
Figure 72 : résultat de thingSpeak.....	80
Figure 73 : application Mit inventor.	81

Liste Des Tableaux

Tableau N° 1 : Comparaison des protocoles	38
Tableau N°2 : branchement du système d'accès.....	46
Tableau N°3 : Résultats des capteurs de température et d'humidité de l'air (Serre agricole).....	76
Tableau N°4 : Résultats des capteurs d'humidité du sol et de luminosité (Serre agricole).....	77
Tableau N° 5 : Résultats du système RFID (Serre agricole).....	78
Tableau N°6 : Résultats des Capteurs de Température et d'Humidité de l'Air	79
Tableau N° 7 : Résultats des Capteurs de Gaz, de Flamme et de Luminosité	80

Introduction Générale

Introduction générale

L'avènement de l'Internet des Objets (IoT) a révolutionné la manière dont nous interagissons avec notre environnement. Non seulement les humains utilisent internet pour échanger des données, mais également les objets qui nous entourent. Cette convergence entre le monde physique et numérique ouvre la voie à un éventail infini d'applications dans divers domaines, y compris l'agriculture.

Dans l'industrie, par exemple, les machines sont désormais capables de communiquer entre elles, facilitant ainsi le travail des ingénieurs en leur permettant de suivre les opérations, de recevoir des alertes de maintenance et de détecter les défaillances. De la même manière, l'agriculture peut bénéficier de cette révolution technologique. Grâce à l'IoT, les serres agricoles peuvent être transformées en véritables serres intelligentes, où les paramètres environnementaux sont surveillés et contrôlés en temps réel grâce à des capteurs sans fil.

Face à une demande alimentaire croissante et à un marché de plus en plus compétitif, il est devenu impératif d'améliorer la rentabilité de la production agricole en favorisant les cultures dans des environnements contrôlés. Pour ce faire, il est essentiel d'influencer certains paramètres bioclimatiques tels que la température de l'air, l'humidité, l'humidité du sol, la luminosité et la concentration en CO₂. L'IoT offre une solution idéale en permettant une gestion et un contrôle à distance de ces paramètres, grâce à la communication entre les objets connectés et les individus.

En pratique, les capteurs connectés placés dans les serres agricoles émettent des données qui sont transmises à des plateformes IoT via un réseau sans fil. Ces données sont ensuite analysées et utilisées pour prendre des décisions en temps réel, permettant ainsi d'optimiser la croissance des cultures et d'améliorer la productivité agricole de manière durable.

Dans ce contexte, notre projet se concentre sur l'utilisation de l'IoT pour contrôler les paramètres bioclimatiques des serres agricoles. En utilisant des cartes ESP32 comme maître et esclaves dans un réseau de communication, nous cherchons à développer une solution intelligente et efficace pour répondre aux besoins croissants de l'agriculture moderne. En combinant la puissance de l'IoT avec les connaissances agronomiques, nous visons à créer un système qui permettra aux agriculteurs de maximiser les rendements tout en minimisant l'impact sur l'environnement.

Notre projet s'inscrit dans une perspective de durabilité et d'efficacité. En permettant aux agriculteurs de surveiller et de contrôler les conditions environnementales de leurs serres à distance, nous visons à réduire la consommation d'eau et d'énergie, à minimiser l'utilisation de pesticides et d'engrais, et à optimiser l'utilisation des ressources disponibles.

L'utilisation des cartes ESP32 comme composants principaux de notre système offre de nombreux avantages. Grâce à leur connectivité Wi-Fi et Bluetooth intégrée, ainsi qu'à leurs capacités de traitement avancées, les cartes ESP32 sont idéales pour la mise en œuvre de solutions IoT dans des environnements agricoles. De plus, le protocole I2C permet une

Introduction générale

communication fiable et efficace entre les différents composants du système, facilitant ainsi l'intégration et la coordination des capteurs et des actionneurs.

Au cours de ce projet, nous explorerons en détails la conception, le développement et la mise en œuvre de notre système de contrôle des serres agricoles basé sur l'IoT.

Nous aborderons les aspects techniques tels que le choix des capteurs, la programmation des cartes ESP32, la mise en place du réseau de communication, ainsi que les défis rencontrés et les solutions proposées.

Notre objectif est de fournir aux agriculteurs un outil puissant et flexible pour optimiser la gestion de serres agricoles, en leur permettant de prendre des décisions éclairées basées sur des données en temps réel. En contribuant à l'amélioration de la productivité, de la qualité et de la durabilité de l'agriculture, notre projet s'inscrit dans une démarche globale visant à répondre aux défis alimentaires et environnementaux auxquels notre société est confrontée aujourd'hui et à l'avenir.

pour cela nous avons organisé ce mémoire en quatre chapitres :

Chapitre un porte sur les généralités des réseaux de serre.

Le chapitre deux traite les cartes et les capteurs utilisées.

Dans troisième chapitre on a développé la partie réalisation et ces applications.

Le quatrième chapitre nous donne les résultats obtenus, et leur commentaire

Nous terminons enfin ce mémoire par une conclusion générale, et les références bibliographiques.

Chapitre I :

Généralités sur les

réseaux de serres

Histoire de l'agriculture :

Avant l'avènement des technologies modernes, L'agriculture était principalement une entreprise manuelle, dépendante des conditions météorologiques et des pratiques traditionnelles. Les agriculteurs travaillaient sur de petites exploitations familiales, utilisant des outils rudimentaires tels que des charrues tirées par des animaux pour le labourage des champs, et pratiquant la rotation des cultures pour maintenir la fertilité des sols. Cependant, cette méthode de travail demandait énormément d'efforts physiques et de temps, et les agriculteurs étaient vulnérables aux aléas climatiques tels que les sécheresses, les inondations et les variations saisonnières, qui pouvaient entraîner des pertes de récoltes importantes.

Les difficultés rencontrées comprenaient également la protection des cultures contre les ravageurs et les maladies. Les agriculteurs utilisaient des méthodes traditionnelles telles que l'association de cultures ou l'utilisation de répulsifs naturels, mais ces approches étaient souvent inefficaces pour prévenir les pertes de récoltes. De plus, la conservation des récoltes sur de longues périodes était un défi, car les agriculteurs devaient improviser avec des moyens rudimentaires tels que des silos ou des caves.

Cependant, avec l'évolution technologique, l'agriculture a connu des progrès significatifs. Les serres, qui étaient autrefois des structures simples en verre utilisées principalement par les riches aristocrates pour cultiver des plantes exotiques, ont été transformées par l'introduction de matériaux modernes tels que le polycarbonate et les films plastiques multicouches. Ces matériaux offrent une meilleure isolation thermique, une transmission lumineuse optimisée et une résistance accrue aux intempéries par rapport au verre traditionnel.

De plus, l'intégration de systèmes de contrôle automatisés dans les serres a permis une gestion précise de l'environnement, y compris la température, l'humidité et l'éclairage. Les techniques de culture avancées telles que l'hydroponie et l'aéroponie ont optimisé la croissance des plantes en permettant un contrôle précis des éléments nutritifs et de l'eau. En outre, l'utilisation de sources d'énergie renouvelable telles que l'énergie solaire et éolienne a renforcé la durabilité environnementale des serres.

Les serres modernes sont devenues des environnements de culture hautement efficaces, contrôlés et durables, contribuant ainsi à surmonter les défis historiques de l'agriculture. Ces avancées technologiques ont non seulement amélioré la productivité et la rentabilité de la production alimentaire, mais ont également renforcé la résilience et la durabilité de l'agriculture face aux défis croissants du changement climatique et de la sécurité alimentaire.

Après l'introduction des réseaux de serres, des smart farms et des technologies de communication telles que GSM et LoRa-WAN, l'agriculture moderne atteint de nouveaux sommets d'efficacité et de durabilité. Grâce à ces avancées, les agriculteurs peuvent désormais surveiller et contrôler leurs cultures à distance, même en se trouvant à des kilomètres de leurs exploitations. Que ce soit depuis un bureau, une ville ou même à l'autre bout du monde, les agriculteurs ont accès en temps réel aux données critiques sur leurs cultures via des applications mobiles et des plateformes en ligne. Cette connectivité sans précédent permet une gestion plus proactive des cultures, la prise de décisions éclairées et une utilisation optimisée des ressources. Ainsi, où que se trouvent les agriculteurs, ils restent connectés à leurs terres et peuvent agir rapidement pour garantir le succès de leurs récoltes.

I. Préambule :

En 2024, les smart farms continuent d'être une tendance dominante dans le secteur agricole, avec une adoption croissante des technologies connectées et intelligentes. Les objets et équipements agricoles sont de plus en plus intégrés à des réseaux informatiques et dotés de capacités intelligentes, permettant aux agriculteurs de surveiller et de contrôler leurs opérations à distance avec une précision sans précédent.

Dans ce chapitre, nous explorerons en détail les différentes facettes des smart farms, mettant en lumière les avantages et les applications des technologies telles que l'IoT (Internet des objets), la télémétrie, la robotique agricole et les systèmes de contrôle automatisés. Ces outils révolutionnaires permettent aux agriculteurs d'optimiser leurs processus de production, d'améliorer l'efficacité opérationnelle et de réduire les coûts.

Parallèlement, la technologie photovoltaïque occupe une place de choix parmi les sources d'énergie renouvelables utilisées dans l'agriculture. Les panneaux solaires offrent une solution durable pour répondre aux besoins énergétiques des exploitations agricoles, réduisant ainsi leur dépendance aux combustibles fossiles et contribuant à la lutte contre le changement climatique.

L'automatisation de certaines tâches agricoles constitue également une tendance majeure en 2024. En effet, de nombreuses activités agricoles nécessitent une main-d'œuvre importante pour des tâches souvent répétitives et standardisées, ce qui en fait un domaine idéal pour l'intégration de technologies automatisées. Ce passage à l'automatisation permet non seulement de libérer du temps et des ressources pour les agriculteurs, mais également d'améliorer la précision et la productivité des opérations agricoles.

En somme, en 2024, les smart farms et l'utilisation de technologies avancées telles que l'IoT et la photovoltaïque transforment rapidement le paysage agricole, ouvrant de nouvelles opportunités et contribuant à une agriculture plus durable, efficace et résiliente aux défis contemporains.



Figure 1 : L'agriculture intelligente.

II. La ferme intelligente (Smart farming) :

II.1. Définition :

C'est une vision plus large de l'exploitation dont la numérisation est une partie prenante. Les objets sont considérés comme unités dans leur ensemble. Ces technologies, en liant, météo, santé des sols, protection des plantes, conservation des ressources aideront

l'entrepreneur à prendre de meilleures décisions. Les grands distributeurs utilisent le big data pour remonter la chaîne de valeur et produire, au champ, les biens idéaux pour chaque consommateur.

C'est un échange de données entre les différents objets qui est au cœur de cette révolution. L'agriculture n'étant pas un système fermé, la digitalisation y est très compliquée. De nombreuses données variables, inconnues, voire imprévisibles rendent la tâche difficile. La nature influence les paramètres, ajoutant de l'incertitude. C'est pourquoi les modèles ne sont pas encore très précis et solides et qu'un agriculteur sera toujours nécessaire au centre du système.

Avant de connecter les objets entre eux, cette révolution a déjà lié les secteurs agricoles et industriels. Différentes applications dans différents domaines destinés à rendre le système plus

Durable, traçable, rentable et sain sont déjà disponibles, ou en passe de l'être.[1].



Figure 2 : smart-farms.

L'agriculture intelligente et l'agriculture de précision impliquent l'intégration de technologies de pointe dans les pratiques agricoles existantes afin d'accroître l'efficacité de la production et la qualité des produits agricoles. En outre, ils améliorent également la qualité de vie des ouvriers agricoles en réduisant le travail lourd et les tâches fastidieuses.

II.2. L'influence de Smart-farm sur l'agriculture :

Le Smart-farm a un impact significatif sur l'agriculture en améliorant la productivité, la gestion des ressources et la durabilité de l'exploitation agricole. Les principaux avantages du Smart-farm sont :

Amélioration de la productivité : Le Smart-farm permet aux agriculteurs de suivre plus précisément leurs cultures et de prendre des décisions stratégiques en fonction des données collectées. Cela permet de maximiser les rendements et de réduire les pertes [2].

Gestion des ressources : Le Smart-farm permet de mieux gérer les ressources telles que l'eau, les engrais et les pesticides. Par exemple, les données collectées peuvent être utilisées pour optimiser l'irrigation en fonction des besoins des cultures et des conditions météorologiques [2].

Réduction des coûts et des impacts environnementaux : Le Smart-farm permet de réduire les coûts en optimisant l'utilisation des ressources et en réduisant les pertes. De plus, les techniques de précision telles que la gestion optimisée de l'irrigation et l'application précise des engrais contribuent à une production agricole plus durable [2].

Prise de décision : Le Smart-farm offre des informations précises sur les conditions météorologiques, les maladies des plantes et des animaux, et permet aux agriculteurs de prendre des mesures préventives appropriées [2].

Gestion des animaux : Les systèmes de suivi connectés peuvent être utilisés pour surveiller la santé et la localisation des animaux, optimisant ainsi la gestion des troupeaux [2].

II.2.1. L'agriculture numérique :

L'agriculture numérique, également connue sous le nom de Smart Farming ou agriculture intelligente, est une approche qui intègre les technologies numériques pour optimiser les pratiques agricoles. Cette transformation numérique vise à améliorer la productivité, la durabilité et l'efficacité des exploitations agricoles en utilisant des outils tels que les capteurs, les drones, les robots agricoles et les systèmes IoT.

II.2.1.1. Les avantages de l'agriculture numérique :

Meilleure productivité : Grâce à la collecte de données précises sur les cultures, les agriculteurs peuvent prendre des décisions éclairées pour maximiser les rendements [3].

Gestion efficace des ressources : Les technologies numériques permettent une utilisation plus précise de l'eau, des engrais et des pesticides, réduisant ainsi les pertes et améliorant la durabilité

[3] [4].

Réduction des coûts : L'optimisation des pratiques agricoles grâce à l'agriculture numérique permet de réduire les coûts de production tout en augmentant l'efficacité [3].

Adaptation au changement climatique : Les outils numériques aident les agriculteurs à surveiller et à s'adapter aux conditions météorologiques changeantes, améliorant ainsi la résilience face aux défis climatiques [4].

Précision dans la gestion : Les capteurs et les drones fournissent des données en temps réel sur l'état des cultures, permettant une gestion plus précise et ciblée [4].

II.2.1.2. Les applications de l'agriculture numérique :

Les applications de l'agriculture numérique, également connue sous le nom de Smart Farming, sont diverses et visent à améliorer la productivité, la durabilité et l'efficacité des exploitations agricoles. Voici un aperçu des principales applications basées sur les sources fournies :

Suivi des cultures : Les capteurs et les drones sont utilisés pour surveiller l'état des cultures, permettant aux agriculteurs de prendre des décisions éclairées pour optimiser les rendements et réduire les pertes [5].

Gestion de l'irrigation : Les systèmes d'irrigation connectés permettent une utilisation plus précise de l'eau en fonction des besoins des cultures, contribuant à une gestion efficace des ressources et à des économies d'eau [5].

Prévention des maladies : Les caractéristiques des plantations et la surveillance de la présence de pesticides sont utilisées pour prévenir les maladies des cultures, améliorant ainsi la santé des plantes et la qualité des récoltes [5].

Contrôle de la qualité des produits : Des capteurs sont utilisés pour surveiller la qualité des récoltes, en fournissant des informations sur les qualités gustatives des produits, ce qui permet aux agriculteurs de garantir des produits de haute qualité [6].

Optimisation de l'utilisation des engrais : Les données collectées sont utilisées pour calculer le poids idéal d'engrais nécessaire pour les cultures, permettant une utilisation plus efficace des intrants et contribuant à la réduction des coûts [6].

III. Réseau de serres intelligentes :

III. 1. Définition :

Un réseau de serres intelligentes est un système avancé qui intègre des technologies telles que des capteurs IoT, des systèmes interconnectés où une serre principale, agissant en tant que maître, contrôle et communique avec plusieurs serres secondaires, les esclaves, ainsi que des dispositifs intelligents pour la gestion des animaux. Ces réseaux permettent une gestion centralisée et coordonnée des différentes serres agricoles et des activités liées au bétail, en utilisant des technologies telles que l'IoT, l'automatisation et l'intelligence artificielle pour surveiller et réguler les paramètres environnementaux, assurant ainsi des conditions optimales de croissance des cultures et de bien-être des animaux. Cette approche favorise une agriculture plus efficace, productive et durable en intégrant des solutions technologiques avancées pour améliorer les rendements et la qualité des productions agricoles et d'élevage [7].

III. 2. Réalisation d'un réseau de serre intelligent :

Pour réaliser un réseau de serres, il est courant d'utiliser un schéma maître-esclave, où un automate programmable agit en tant que maître pour coordonner et contrôler plusieurs esclaves dans différentes serres. Il existe également la possibilité d'utiliser des cartes électroniques telles que Arduino, ESP32, etc., pour mettre en œuvre un tel réseau. Voici comment réaliser ces deux approches :

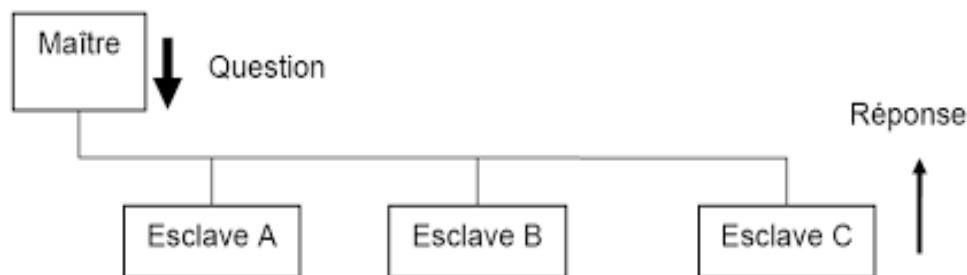


Figure 3. Processus Maître esclave.

III.2. 1. Avec des automates programmables :

III.2 .1.1. Définition :

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel non informaticien et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

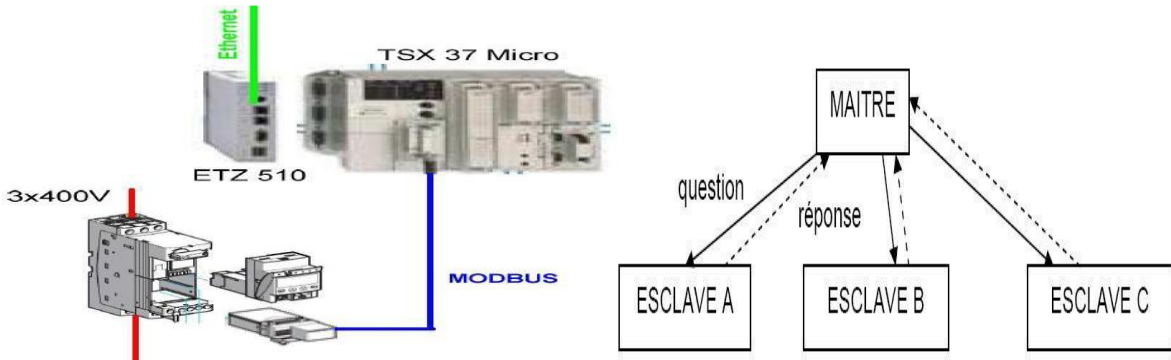
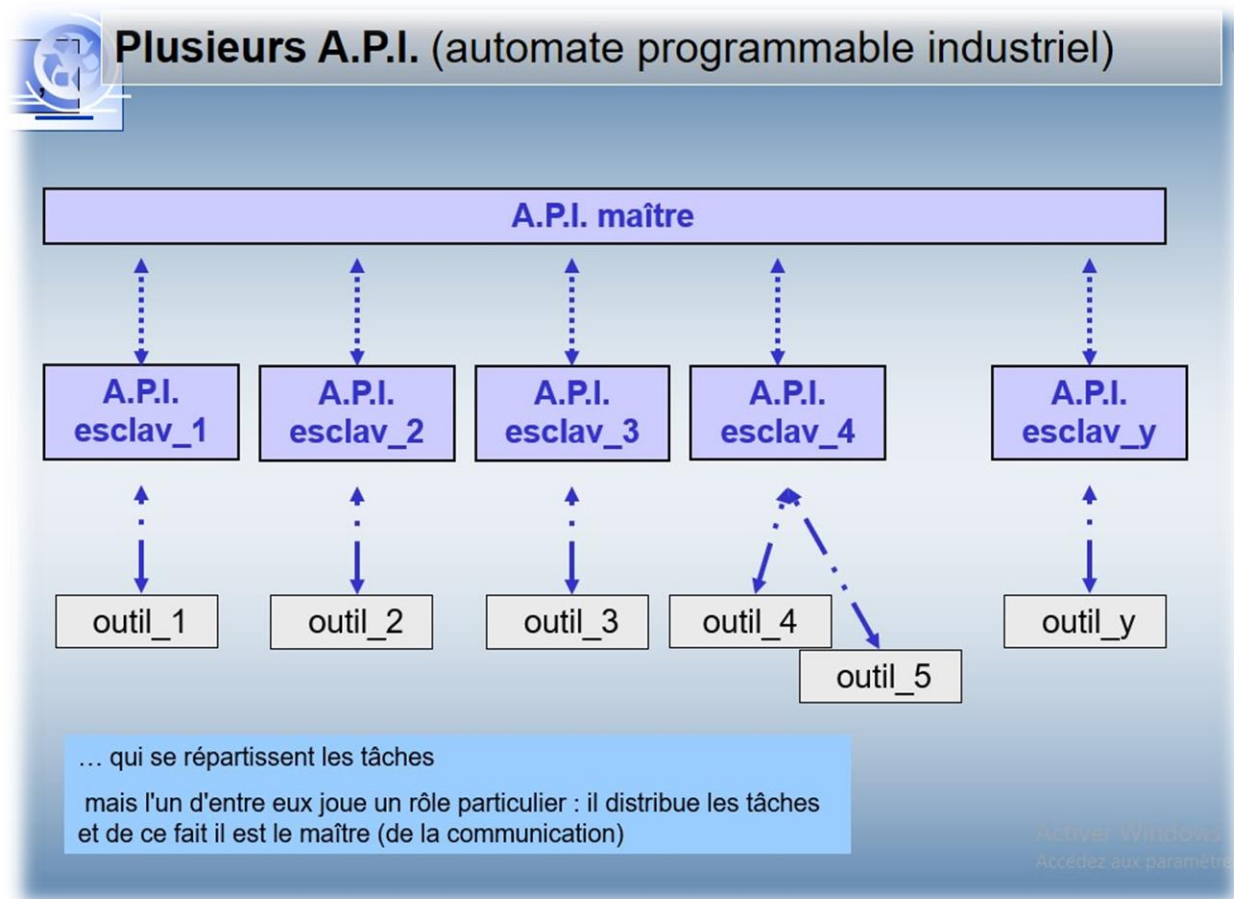


Figure 4. Configuration du maître et des esclaves.

III. 2.1.2. Modèle de Communication Maître-Esclave :

- Le maître envoie une **demande** et attend une **réponse**.
- Deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble.
- Le dialogue maître – esclave peut être schématisé sous une forme successive de liaisons point à point.
- Mode de communication : **half-duplex**. (2 fils ou 4 fils)
- Le maître parle à l'ensemble des esclaves, sans attente de réponse (diffusion générale).

Il ne peut y avoir sur la ligne qu'un seul équipement en train d'émettre. Aucun esclave ne peut envoyer un message sans une demande préalable du maître. Le dialogue direct entre les esclaves est impossible [8].

Installation des automates et des capteurs/actionneurs : Installez l'automate programmable maître dans un endroit centralisé, puis placez les esclaves dans chaque serre. Connectez les capteurs et les actionneurs nécessaires à chaque esclave pour surveiller et contrôler les conditions environnementales.

Développement du programme : Écrivez le programme pour l'automate maître, qui permettra de collecter les données des capteurs, de prendre des décisions en fonction des paramètres prédéfinis et d'envoyer des commandes aux esclaves. Programmez également les esclaves pour qu'ils répondent aux commandes reçues du maître.

Test et ajustement : Testez le réseau de serres pour vous assurer que les automates communiquent correctement entre eux, que les capteurs fonctionnent comme prévu et que les actions sont correctement exécutées. Ajustez le programme et la configuration si nécessaire.

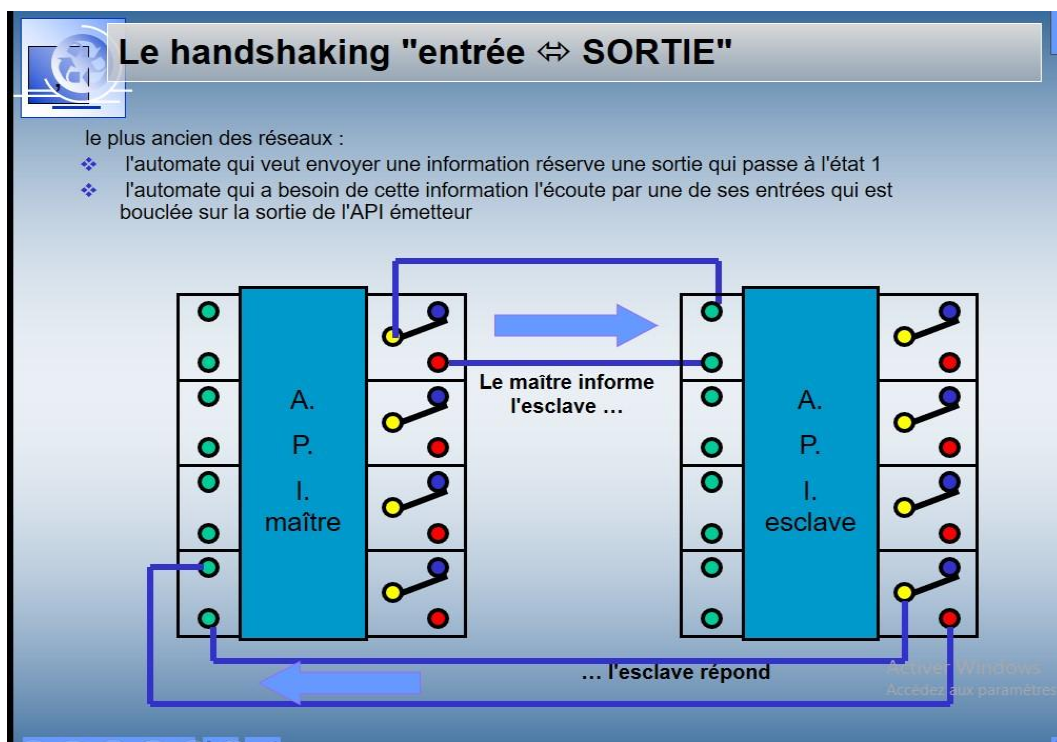


Figure 5 : Communication d'un maître-esclave d'un API

III. 2. 1.3. Structure des messages :

Le maître envoie un message constitué de la façon suivante :

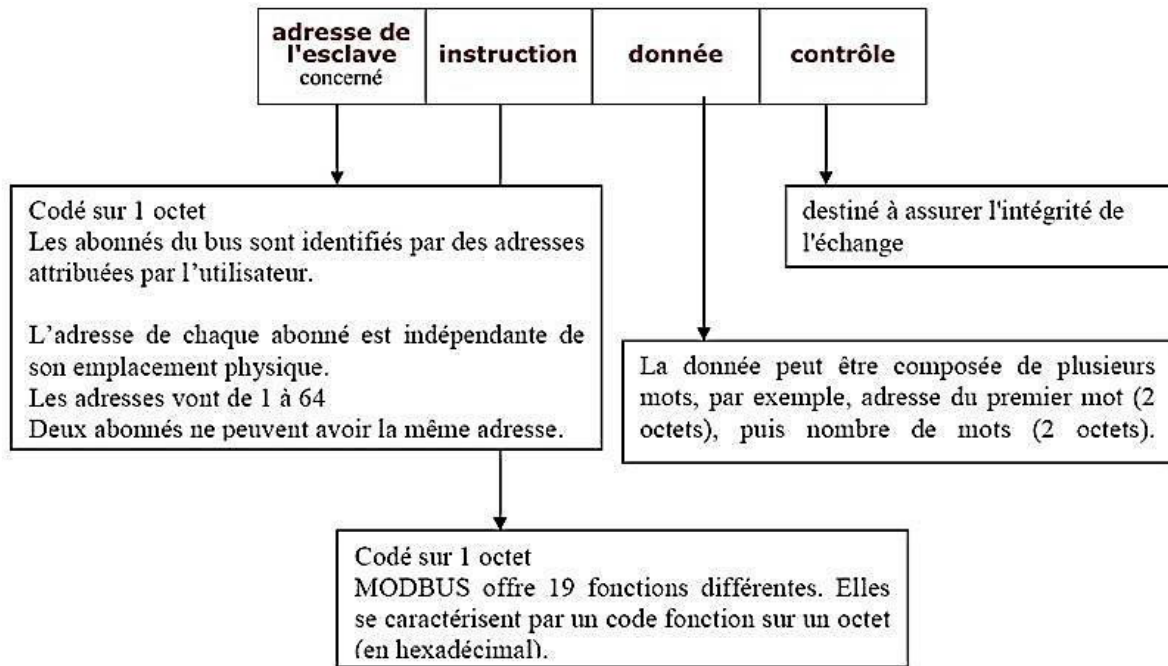


Figure 6 : Structure des messages.

- La détection de fin de message est réalisée sur un **silence** de durée supérieure ou égale à la durée de transmission de 3 octets.
- L'esclave répond par un message du même type que le message question.

Le protocole Modbus est très utilisé pour les communications des automates programmables industriels et des variateurs de vitesse des moteurs électriques [8].

III. 2. 2. Avec des cartes électroniques comme Arduino, ESP32, etc. :

Sélection des cartes électroniques : Choisissez les cartes électroniques appropriées en fonction de vos besoins en termes de puissance de traitement, de connectivité et de fonctionnalités requises.

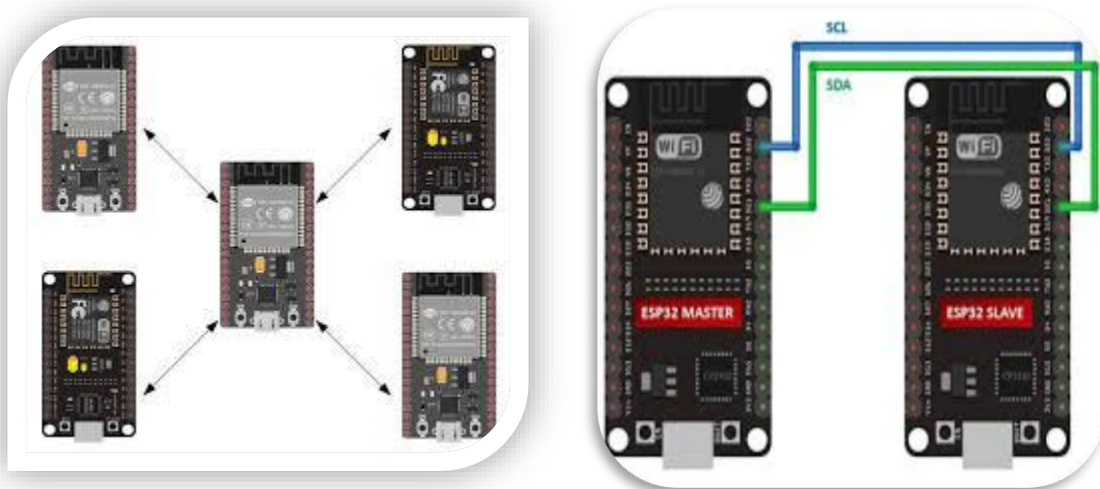


Figure 7. Des protocoles de communication avec esp32.

Configuration du réseau : Configurez un réseau de communication entre les cartes électroniques, en utilisant des protocoles de communication adaptés comme MQTT, TCP/IP, etc.

Installation des cartes électroniques et des capteurs/actionneurs : Placez les cartes électroniques dans chaque serre et connectez les capteurs et les actionneurs nécessaires à chaque carte.

Développement du logiciel : Programmez chaque carte électronique pour collecter les données des capteurs, prendre des décisions en fonction des conditions détectées et exécuter les actions nécessaires. Assurez-vous que les cartes peuvent communiquer entre elles pour synchroniser les opérations si nécessaires.

Test et ajustement : Testez le réseau de serres pour vous assurer que les cartes électroniques fonctionnent correctement, que les données sont transmises efficacement et que les actions sont exécutées comme prévu. Ajustez le logiciel et la configuration si nécessaire.

IV. La Serre :

IV.1. Définition :

Une serre est une structure étanche, généralement construite en métal ou en bois, Recouverte de verre ou de plastique translucide. Son but est de stimuler la production Agricole en créant un environnement contrôlé pour les cultures. Il utilise l'effet de serre Pour créer un microclimat propice à la croissance des plantes, afin d'optimiser le Développement des plantes, les faire pousser plus vite, et les produire toute l'année sans Être limité par les saisons[9].

IV.2- Définition d'une serre agricole intelligente :

La serre est une simple enceinte limitée par une paroi transparente qui isole le milieu des effets indésirables du climat local.

Une serre intelligente est une serre qui est contrôlées et automatisée par un système intelligent. Celui-ci permet d'assurer la surveillance et le contrôle de l'environnement et le micro climat et le modifier pour améliorer ses préférences et les rendre plus convenable [10].

IV.3. Les avantages de la production sous serre :

La production en serre présente plusieurs avantages importants, notamment :

- Production agricole satisfaisante en termes de rendement et de quantité.
- Possibilité de cultiver des plantes fruitières, potagères et florales en dehors des Saisons habituelles.
- Les maladies affectant les plantes sont considérablement réduites grâce au contrôle Du climat.
- Utilisation plus efficace des terres agricoles existantes.
- Une récolte plus précoce et de meilleure qualité [11].

- Surveiller à distance la serre et rester au courant des conditions climatiques dans la serre, le système de contrôle automatique permet une continue surveillance à distance en fournissant les moyens permettant ainsi d'agir rapidement [12].

IV.4. Condition environnementale des serres :

La progression des plantes dans les serres intelligentes implique certaines conditions climatiques spéciales [13].

Dans ce qui suit, on présente d'une manière générale ces conditions :

- **Lumière** : La plupart des légumes nécessitent au moins 8 heures de lumière par jour pour produire de manière satisfaisante. Dans des zones très nuageuses ou durant les courtes journées d'hiver, un éclairage supplémentaire devant être nécessaire.
- **Gaz carbonique** : Le gaz carbonique (CO₂) est indispensable au phénomène de la photosynthèse (également appelé assimilation chlorophyllienne), grâce auquel les plantes vertes utilisent l'énergie lumineuse pour transformer le CO₂ en eau et en sucre. L'objectif de tous les serriculteurs est d'accroître la teneur en matière sèche des plantes et d'obtenir un rendement maximum au moindre coût. Le CO₂ accroît la productivité en améliorant la croissance et la vigueur des plants. L'apport de CO₂ peut améliorer la productivité en favorisant notamment la floraison hâtive, en augmentant le rendement en fruits, en réduisant la chute prématurée du bouton chez les roses ou en améliorant la vigueur de la tige et la taille de la fleur.
- **Mouvement de l'air** : Il est aussi un facteur important qui affecte la croissance de la plante, modifiant les transferts d'énergie, la transpiration et l'absorption de CO₂, ce qui affecte la taille des feuilles, ainsi que la croissance de la tige et le rendement. Le taux de photosynthèse peut être augmenté de 40% si la vitesse du vent augmente de 10 à 100 centimètres par seconde.
- **Humidité** : l'humidité de l'air et celle du sol sont deux facteurs importants pour la croissance des plantes.
- **Température** : la température du milieu intérieur et extérieur, du sol et de l'eau doit également respecter certaine norme. Vous devez avoir une petite idée du type de plantes qui pousseront dans votre serre. On classe traditionnellement les serres en quatre groupes en fonction de la température à laquelle on la maintient, plus particulièrement en hiver. Il faut bien entendu tenir compte de votre climat [13].

IV.5. Types de construction :

Les serres peuvent être entièrement vitrées, ou bien avoir un ou plusieurs côtes en planches ou en briques jusqu'à la hauteur de l'étagère, il y a des avantages à l'un et à l'autre, le mur parfaitement être en dur. Des demi paroi en brique, en bois ou en amiante fournissent une bonne isolation et abaissent les frais de chauffage de la serre.

IV.6. Types de la serre :

La classification des serres est complexe et difficile ; Elle est souvent faite selon les formes données par les cadres porteurs qui constituent l'assemblage. [14]

IV.6.1. Serre tunnel : c'est une serre de forme allongée avec un toit arrondi. Elle est souvent utilisée pour la culture de plantes en rangées, telles que les fraises ou les tomates.



Figure 8 : Serre tunnel.

IV.6.2. Serre adossée : c'est une serre qui est construite contre un mur. Elle est souvent utilisée pour les jardins urbains où l'espace est limité.



Figure 9 : serre adossée

IV.6.3. Serre en verre trempé : c'est une serre qui utilise du verre trempé pour résister aux intempéries. Elle est souvent utilisée pour les régions où les conditions climatiques sont difficiles.



Figure 10 : serre en verre trempé.

IV.6.4. Serre de culture hydroponique : c'est une serre qui utilise des techniques de culture hydroponique pour faire pousser des plantes sans terre. Elle est souvent utilisée pour les cultures commerciales à grande échelle.



Figure 11 : serre de culture hydroponique.

IV.6.5. Serres d'élevage : Utilisées pour l'élevage d'animaux tels que les volailles, les lapins ou les poissons. Elles fournissent un environnement contrôlé pour le bien-être des animaux et pour maximiser la production.



Figure 12 : serre d'élevage.

IV.6.6. Serres de production aquaponique : Ces serres combinent la culture de plantes avec l'élevage de poissons en utilisant un système aquaponique, où les déchets des

poissons fournissent des nutriments pour les plantes, et les plantes filtrent et purifient l'eau pour les poissons.



Figure 13 : serre de production aquaponique.

IV. 7. Types de construction des serres :

Il existe différents types de construction pour les serres en fonction des matériaux utilisés et de la méthode de construction :

1. Serres en verre : Traditionnellement, les serres étaient souvent construites en verre, offrant une excellente transmission de la lumière et une durabilité. Le verre peut être coûteux à installer et peut être fragile, mais il offre une excellente résistance aux intempéries et une longue durée de vie.

2. Serres en polycarbonate : Le polycarbonate est un matériau transparent et léger qui offre une bonne isolation thermique et une résistance aux chocs. Les serres en polycarbonate sont moins chères que celles en verre et sont plus faciles à installer. Elles sont également disponibles dans une variété d'épaisseurs pour répondre à différents besoins en isolation.

3. Serres en plastique (film plastique) : Les serres en plastique utilisent un film plastique tendu sur une structure légère en bois, en métal ou en PVC. Elles sont peu coûteuses à installer et peuvent être adaptées à différentes formes et tailles. Cependant, le film plastique peut se dégrader avec le temps et nécessite un remplacement périodique.

4. Serres en aluminium : Les serres en aluminium sont légères, durables et résistantes à la corrosion. Elles offrent une bonne résistance aux intempéries et peuvent être construites dans une variété de formes et de tailles. L'aluminium est souvent utilisé comme cadre pour les serres en verre ou en polycarbonate.

5. Serres en bois : Les serres en bois offrent une esthétique rustique et peuvent être construites sur mesure pour s'adapter à des besoins spécifiques. Le bois offre une bonne isolation thermique, mais il nécessite un entretien régulier pour éviter la pourriture et la dégradation due aux intempéries.

6. Serres en acier : Les serres en acier sont robustes, durables et offrent une excellente résistance aux intempéries. Elles peuvent être construites dans une variété de styles et peuvent supporter des charges importantes, ce qui les rend idéales pour les zones sujettes aux conditions météorologiques extrêmes.

7. Serres en treillis : Les serres en treillis utilisent une structure en treillis métallique ou en PVC recouvert de plastique pour former une structure légère et économique. Elles sont souvent utilisées pour les petites serres ou les structures temporaires.

IV.8. Serre intelligent :

Il est peu courant de diviser une serre en deux parties distinctes, une pour les plantes et une pour les animaux, car les besoins environnementaux de ces deux types d'organismes sont souvent très différents. Cependant, voici une proposition de configuration possible :

IV.8.1. Section pour les plants :

Cette partie de la serre est dédiée à la culture de plantes, telles que des légumes, des fleurs ou des herbes.

Elle est équipée de bancs de culture, de systèmes d'irrigation adaptés aux plantes cultivées, de lumières pour compléter la lumière naturelle si nécessaire, et éventuellement de dispositifs de contrôle de l'humidité et de la température.

Les technologies intelligentes peuvent être utilisées pour automatiser les processus d'arrosage, de fertilisation et de surveillance de la croissance des plantes.

IV.8.2. Section pour les animaux :

Cette partie de la serre est réservée à l'élevage d'animaux, tels que des volailles, des poissons ou des insectes.

Elle est équipée de cages, d'enclos ou de bassins adaptés aux besoins des animaux hébergés.

Des systèmes de contrôle de l'environnement, tels que la ventilation, le chauffage et le refroidissement, sont installés pour maintenir des conditions optimales pour les animaux.

Des dispositifs d'alimentation automatique et des abreuvoirs peuvent être intégrés pour fournir de la nourriture et de l'eau aux animaux de manière régulière.

Des capteurs de surveillance de la santé des animaux peuvent être utilisés pour détecter les problèmes potentiels et prendre des mesures préventives.

IV.9. Discussion :

En conclusion, l'intégration de réseaux de serres intelligentes marque une avancée significative dans le secteur agricole, offrant des solutions innovantes pour répondre aux défis croissants auxquels les agriculteurs sont confrontés. Avant l'avènement de ces technologies, l'agriculture reposait largement sur des pratiques traditionnelles et manuelles, exposant les exploitants aux aléas climatiques et aux risques de pertes de récoltes.

Avec l'émergence des réseaux de serres intelligentes, les agriculteurs bénéficient d'un contrôle précis sur les conditions environnementales, grâce à des capteurs et des systèmes d'automatisation. Cela leur permet d'optimiser la croissance des cultures, de réduire les pertes et d'améliorer la rentabilité de leurs exploitations.

Chapitre II :

Carte ESP32

et capteurs utilisés

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle de système embarqué ou d'informatique embarquée. Son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent de réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit.

Pour la réalisation de notre projet, nous allons faire une étude conceptuelle, qui est une étape très importante pour fixer les choix techniques et pour préparer l'implantation. Afin de bien concevoir un système de contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole, et de faire un suivi des cultures, il est nécessaire de bien choisir la solution technologique adéquate.

Cette solution vise à répondre aux besoins des agriculteurs.

Dans ce chapitre, on présente la description de la carte Esp32 qui sera utilisée pour notre application. En effet, les différentes parties constituant cette carte seront détaillées, à savoir un microcontrôleur. Aussi la présentation des capteurs.

I.1. Présentation du projet :

L'objectif du projet est de créer un système réseaux de serre connecté, autonome et intelligent qui inclut les paramètres de jour et de nuit nécessaires pour la culture des plantes et des animaux. La serre est conçue principalement pour établir les conditions nécessaires à la croissance des cultures en mesurant les paramètres suivants : qualité de l'air, température et humidité de l'air, humidité du sol, tout en utilisant des ressources renouvelables. Après ces différentes mesures, des actions seront déclenchées.

I.2. Choix de la solution technologique :

Le contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole nécessite des capteurs appropriés, les états des capteurs doivent aussi être traités par une carte de commande, qui transmet les signaux de commande aux actionneurs.

Pour le choix de la solution technologique, en premier lieu, nous entamons la partie commande, nous passerons par la suite à la partie alimentation et la partie actionneurs. Nous terminons par la partie logicielle.

I.3. Définition du module ESP32 :

I.3.1. L'ESP32 :

C'est une série de microcontrôleurs de type système sur une puce(Soc) d'Expressif Système, basé sur l'architecture Xtensa LX6 de Tensica (en), intégrant la gestion du Wi-Fi et du Bluetooth (jusqu'à LE 5.0 et 5.11) en mode double, et un DSP, il a rencontré un certain succès depuis quelques années à la fois pour son coût, ses capacités et son intégration (**Figure 14**).

Il a été développé par la société Expressif (une société chinoise situé à Shanghai) dédiée à l'internet des objets (IOT) [15].

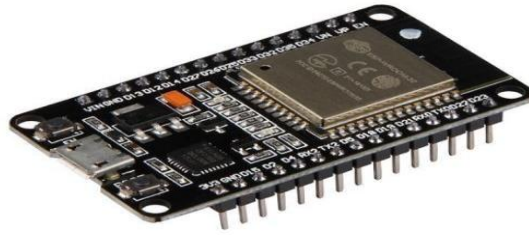


Figure 14 : ESP32

I.3.1.1. Pourquoi l'ESP32 et non l'ESP8266 :

La société chinoise Expressif à l'origine des modules Wi-Fi ESP8266 capable d'exécuter du code Arduino nous propose l'ESP32, une carte beaucoup plus puissante et économe en énergie. L'ESP 32, que l'on trouve aussi sous le nom d'ESP-32S ou ESP-WROM-32 est basé sur un soc double coeur cadencé à 240 MHz adossé à 4MB de mémoire flash. L'ESP32 est une puce toutes options. Elle dispose de la connectivité Wifi est compatible WFA, WPA /WPA et WPAI. La puce cryptographique prend en charge les normes AES, SHA-2, RSA, ECC,

« Randomnum bergenerator » (RNG). Enfin l'ESP32 dispose de beaucoup plus de de GPIO (entrées /sorties) que l'ESP8266 .26x E/S digitales (3.3V),12x entrées analogiques, 4x SPI, 2x FS ,2xFc, 3x UART, CAN 2.0, IR, TouchSensor (écran tactile), capteur de température [16].

I.3.1.2. Caractéristique de la carte ESP32 :

- Processeurs : CPU (Xtensa double-coeur, microprocesseur LX 2 bit), coprocesseur ultra basse consommation (ULO).
- Wifi : Fréquence de 2.4 GHz, vitesse de transmission jusqu'è 150Mbits/s, et une norme de 802.11b/g/n.
- Bluetooth: BLE (Bluetooth Low Energy), Bluetooth classique.
- Architecture: CPU 2bits.
- RAM: 512KO.
- ROM : 448 448KB.
- Mémoire Flash : 4Mo.
- Pins : 36Pins.
- Périphériques : Tactile capacitif, ADC, DAC, L2C, UART, Can2.0, Spi, L2S, RMII, PWM.
- Dimension : 48*26*11.5mm.
- Température : -40°C à 125°C.

I.3.1.3. Constituants d’une carte ESP32 :

Les parties qui constituent de la carte ESP32 sont représentées à la (Figure 15) :

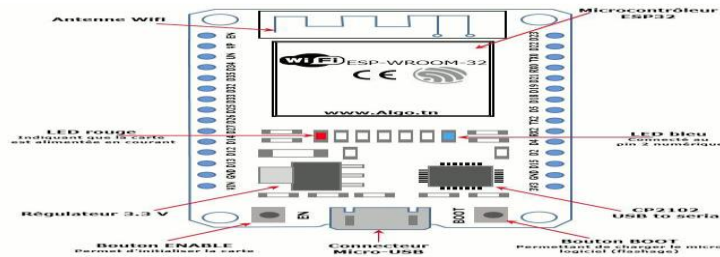


Figure 15: composants de la carte ESP32

Antenne Wifi : antenne2.4Ghz.

- LED rouge qui indique que la carte est sous tension.
- LED bleu connecté au pin 2et elle est programmable par l'utilisateur.
- Régulateur 3.3v est utilisé pour avoir une tension de 3.3volts.
- Bouton ENABLE/Reset permet de réinitialiser la carte ESP32.
- Connecteur Micro-USB qui permet de programmer et d'alimenter La carte ESP 32 avec 5 volts.
- Bouton BOOT est utilisé lors du téléchargement du nouveau programme.
- CP2102 Pont USB-UART qui permet la communication entre l'ordinateur et la carte ESP32.
- Microcontrôleur (la puce ESP-WORM-32).

I.3.1.4. Les périphériques de la carte ESP 32 :

- 18 canaux de convertisseur analogique-numérique(ADC).
- 03 interfaces SPI.
- 02 interfaces I2C.
- 16 canaux de sortie PWM.
- 02canaux numérique-analogique (DAC).
- 02 interfaces I2s.
- 10GPIO à détection capacitive.

I.3.1.5 - Les pins de la carte ESP 32:

L'image ci-dessous (Figure 16) illustre le brochage de L'ESP 32

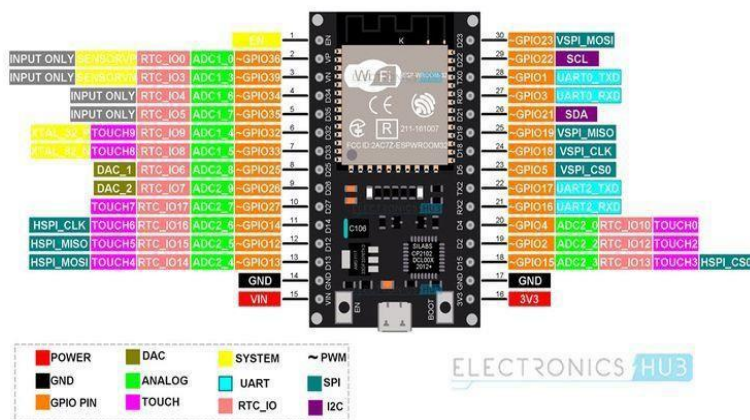


Figure 16: Le branchement de l'ESP 32

- **VIN** : La pines fonctionne entre 4,5et 12 volts.
- **Pin 3.3V** : c'est la sortie du régulateur de tension intégré. Cette broche peut être utilisée pour alimenter des composants externes.
- **GND** : est une broche de masse.
- **Enable (EN)** : est utilisée pour redémarrer la carte esp32, vous pouvez utiliser un bouton poussoir pour connecter EN à GND.
- **GPIO** : la carte esp 32 possède 25 broches GPIO qui peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par programmation. Chacune des broches numériques de la carte peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique[17].

I.4. Objectifs et description du système à réaliser :

L'objectif est de réaliser un système d'automatisation d'une serre agricole. Pour se faire, il est primordial, de prendre en compte les paramètres suivants : la température, l'humidité de l'air, l'humidité du sol, la qualité de l'air (le taux de CO2) et le taux de lumière. Tout en prenant en considération les paramètres jour et nuit.

II. Les capteurs et les actionneurs :

II.1 - Définition et structure d'un capteur :

Un capteur est un dispositif transformant une grandeur physique à une autre grandeur utilisable, tel qu'une tension électrique ou une intensité (**Figure 16**).

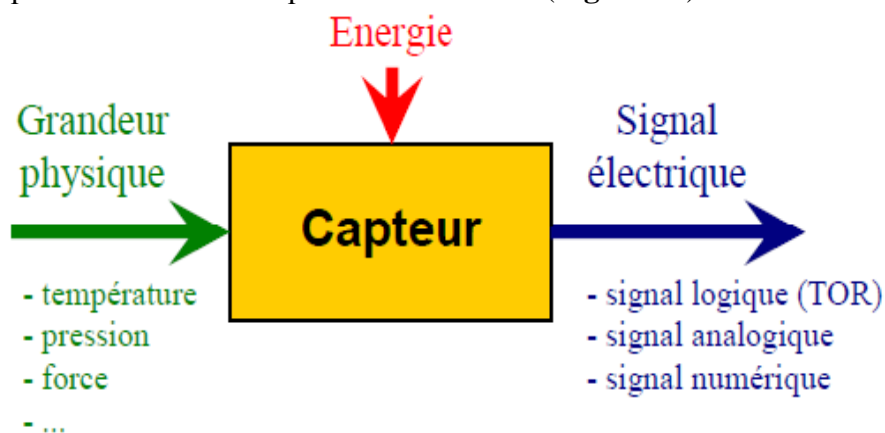


Figure 17: fonctionnement général d'un capteur

Ce dernier est souvent le premier dispositif de la chaîne d'acquisition, il s'agit d'une simple interface entre un processus physique et une information manipulable[18].

La structure d'un capteur peut être représenté comme suit (**Figure 18**) :

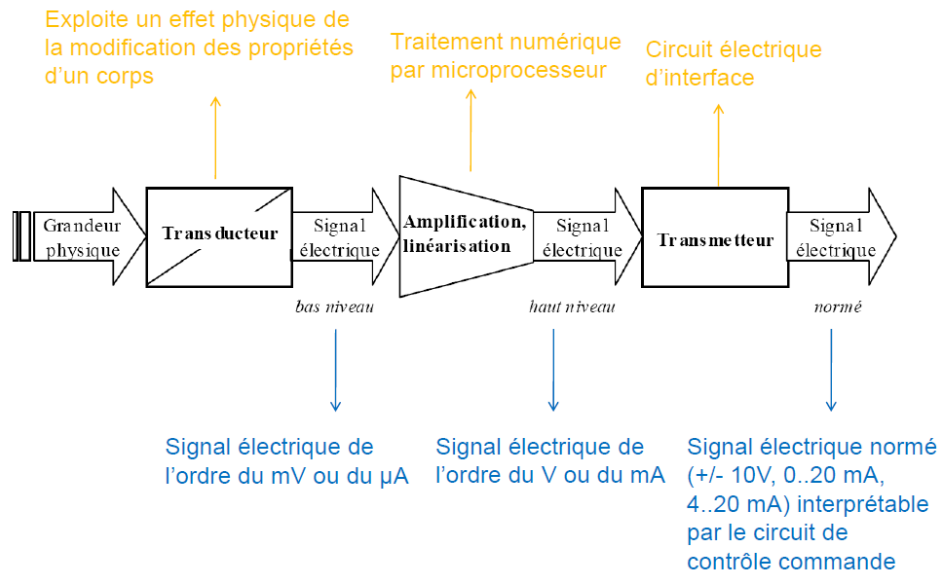


Figure 18 : structure d'un capteur

II.2 - Les types de capteurs :

- **Capteur analogique** : il délivre un signal composé de nombre infini de valeur qui évolue dans le temps de manière continue et dont la valeur est proportionnelle à celle qui est initialement mesurée par le capteur. Le signal des capteurs analogiques, peut-être sous forme de tension ou de courant. Ce type de capteur est surtout utilisé pour mesurer les grandeurs qui évoluent de façon continue dans le temps.
- **Capteur logique** : On les appelle capteur TOR (tout ou rien), ce genre de capteur sert à donner une seule information, c'est-à-dire c'est un signal numérique, un bit, qui ne peut prendre que deux informations soit 1 ou 0, le signal de sortie est soit un 0 ou un 5 V.
- **Capteur numérique** : il délivre un signal composé de nombre fini de valeurs numériques. Les informations délivrées par un capteur numérique peuvent être sous un code binaire, dont le nombre de bits est limité.

On peut tout aussi dire qu'un signal numérique est un signal analogique qui a subi un échantillonnage [16].

II.3 - Classification des capteurs :

On peut classer ces derniers en deux catégories distinctes : capteurs actifs et capteurs passifs.

- **Les capteurs passifs** : ce sont des capteurs modélisables par une impédance. Il faut leur appliquer une tension pour obtenir un signal de sortie tel que thermistance, photorésistance, potentiomètre et jauge contrainte...etc.
- **Les capteurs actifs** : ce sont des capteurs de l'on peut modéliser par des générateurs. Ils génèrent soit un courant soit une tension en fonction de l'intensité du phénomène physique mesuré par exemple : capteur piézo-électrique... etc.

II.4 - Capteurs utilisés dans la serre intelligente :

II.4.1 - Capteur de température et d'humidité de l'air DHT11:

II.4.1.1 - Définition:

DHT11 est un capteur de température et d'humidité de l'air « deux en un », il fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée. Il est constitué d'un capteur de température à base de thermistances CTN, d'un capteur d'humidité résistif et un microcontrôleur qui s'occupe de faire les mesures, de les convertir et de les transmettre (**Figure 19**)[19].

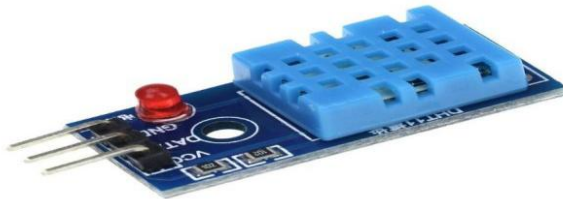


Figure 19 : Capteur de température et d'humidité de l'air (DHT11)

II.4.1.2 - Caractéristiques techniques du DHT11:

- Alimentation : 5V.
- Consommation : 0.5 mA en nominal / 2.5 mA maximum.
- Etendue de la mesure de température : 0°C à 50°C avec une précision de $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Etendue de la mesure de l'humidité : 20% à 90% avec une précision de $\pm 5\%$.
- Période de mesure : 2s.
- Dimensions : 12x15.5x5.5m.

II.4.2 - Capteur de qualité d'air « MQ135 »:

II.4.2.1 - Définition:

Ce capteur de gaz MQ2 est sensible au CO₂, il peut aussi détecter le H₂, le GLP, le CH₄, le CO₂, l'alcool, la fumée, le propane. Basé sur son temps de réponse très rapide de plus sa sensibilité peut être réglé grâce à son potentiomètre (**Figure 20**).



Figure 20: Capteur de qualité de l'air : MQ-135

II.2.2 – Caractéristique:

- Puissance électrique : 2,5 V ~ 5V.
- Dimensions : 40 mm * 21 mm.
- Taille des trous de montage : 2 mm.
- Les mesures réalisées sont affichées en ppm.
- **Acronyme « PPM »**

L'acronyme « ppm » signifie « partie par million ». Il s'agit d'une unité de mesure pour calculer le taux de pollution dans l'air et, plus globalement, dans l'environnement. Comme son nom l'indique, la ppm permet de savoir combien de molécules de polluant on trouve sur un million de molécules d'air.

II.4.3 - Capteur de flamme:

II.4.3.1 - Définition:

Le capteur de flamme peut être utilisé pour détecter une source d'incendie ou d'autres sources lumineuses. Il est basé sur le capteur YG1006 qui est un phototransistor au silicium NPN à haute vitesse et très sensible. En raison de son époxy noir, le capteur est sensible au rayonnement infrarouge (**Figure 21**)[20].

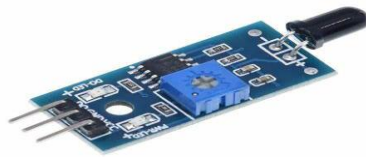


Figure 21: Capteur de flamme

II.4.3.2 - Caractéristique:

- Tension : de 4.75 à 5.3 VDC.
- Courant : 20 mA.
- Gamme de bande passante : de 760 à 1100 nm.
- Portée de détection : 0 ~ 1 mètre.
- Temps de réponse : 15µS.

II.4.4 - Capteur de pluie:

II.4.4.1 - Définition:

Un détecteur de pluie, ou sonde de pluie, est un dispositif de commutation électronique activé par la pluie permettant de déclencher ou d'arrêter un appareil tel qu'un système d'irrigation ou des essuie-glaces. Ce n'est pas un appareil de mesure des précipitations, ce qui est la vocation des pluviomètres pourtant parfois convertis en détecteurs (**Figure 22**)[21].



Figure 22 : Capteur de pluie

II.4.4.2 - Caractéristiques :

- Tension de fonctionnement : 3,3 V - 5 V.
- Zone PCB : 55 mm X 40 mm.
- Comparateur de puces LM393.
- Il possède un potentiomètre pour régler la sensibilité.
- Valeur de sortie : FAIBLE lorsqu'il est mouillé (100K ohm) et ÉLEVÉ lorsqu'il est sec (2M ohm).

II.4.5 - Capteur de lumière (photorésistance) :

II.4.5.1 - Définition :

La photorésistance également connue sous le nom cellule photoconductrice est un composant passif qui présente une variation de la résistance en fonction du flux de lumière reçu à sa surface (Figure 23).

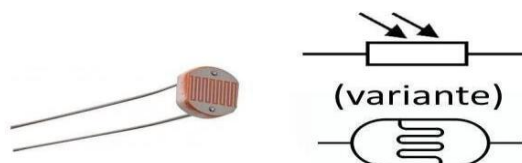


Figure 23 : Capteur de lumière (photorésistance)

II.4.5.2 - Caractéristiques :

- Diamètre : 12mm.
- Nombre de broches : 2.
- Résistance à l'obscurité : max. 20MΩ.
- Pic spectral : 560nm.
- Résistance à la lumière (10 lux) : 10 – 20 kΩ.
- Tension maximale : 250VDC.
- Puissance maximale : 0.2W.

- Température de fonctionnement : -30°C à 70°C .
- Temps de réponse (μS) : 20 (montée), 30 (bas).

II.4.6 - Capteur d'humidité du sol :

II.4.6.1 - Définition :

La surveillance de l'humidité du sol apporte la bonne quantité d'eau aux cultures, au bon moment. Le capteur d'humidité du sol mesure le taux d'humidité grâce à la variation de la conductivité électrique du sol. Il possède deux sondes qui jouent le rôle d'une variable de résistance et il génère une tension qui varie par rapport au taux d'humidité du sol tel que l'on obtient une tension élevée lorsque le sol est sec. (**Figure 24**)

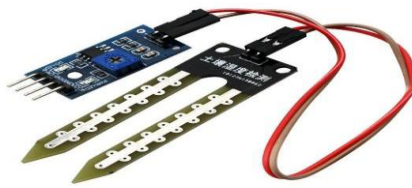


Figure 24 : Capteur d'humidité du sol

II.4.6.2 - Caractéristiques :

- Tension de fonctionnement : 3.3V - 5V
- Large zone de capteur.
- Haute performance de conduction électrique.
- Caractéristiques antirouille.
- Chipset : LM393.
- Dimensions de la carte : 30mm x 15mm.
- Dimensions de la sonde : 60mm x 20mm.

II.4.7 - Capteur de position à ultrason :

II.4.7.1 - Description et fonctionnement :

L'ultrason HC-SR04 est un dispositif électrique qui génère ou détecte de l'énergie ultrasonore. Il est composé de 02 transducteurs ultrasons, l'un agit comme émetteur, qui convertit le signal électrique en une impulsion sonore ultrasonique (40KHz), l'autre agit comme récepteur d'impulsion transmise qui à son tour produit une impulsion de sortie.

Lorsqu'une impulsion élevée de $10\mu\text{S}$ est appliquée à la broche de TRIGGER du capteur, qui émet une série de 08 impulsions à 40 KHz (inaudible pour l'homme).

Ces impulsions ultrasonores se propagent dans l'air loin de l'émetteur jusqu'à ce qu'elles touchent un obstacle et retournent dans l'autre sens vers le capteur qui détecte l'écho et clôture la prise de mesure (**Figure 25**)[22].



Figure 25 : Capteur de position a ultrason

II.4.7.2 - Caractéristiques :

- Gammes de distance : 2cm à 400.
- Alimentation : 5V.
- Résolution : 3mm.
- Fréquence d'utilisation : 40Hz.
- Angle de mesure : <math><15^\circ</math>.
- Dimension : 45×20×15mm.
- Signal d'entrée de déclenchement : Impulsion TTL 10 μ S.

II.4.8 - Radio Frequency Identification (RFID):

II.4.8.1 - Définition :

La RFID est la technologie qui fonctionne sur la fréquence radio et elle est utilisée pour l'auto identification des différents objets. Le système RFID se compose principalement de deux parties.

- 1) Lecteur ou interrogateur RFID.
- 2) Étiquettes RFID.

Le lecteur RFID envoie en continu des ondes radio d'une fréquence particulière. Si l'objet sur lequel cette étiquette RFID est attachée se trouve dans la portée de ces ondes radio, il renvoie le retour à ce lecteur RFID. Et sur la base de ce retour, le lecteur RFID identifie l'objet (**Figure 26**)[23].



Figure 26: Radio Frequency Identification (RFID)

II.4.8.2 - Caractéristiques :

- Basé sur le circuit MFRC522.
- Fréquence de fonctionnement : 13,56 MHz.
- Tension d'alimentation : 3.3V.

- Courant : 13-26mA.
- Portée de lecture : Environ 3 cm avec la carte et le porte-clés fournis.
- Interface de communication : SPI.
- Taux de transfert de données maximum : 10 Mbit / s.
- Dimensions : 60mm × 39mm.
- MFRC522 Datasheet.

II.5 - La relation capteurs ET actionneurs:

Les actionneurs et capteurs communiquent via un ‘bus’ : les capteurs placent l’information sur le bus et transmettent ainsi leurs instructions aux acteurs. Le principe est très simple. Un capteur transmet un signal, une alarme ou une instruction au système domotique. La programmation détermine quel acteur doit entrer en action. Le système transmet automatiquement l’instruction à l’acteur qui fait le nécessaire sur la base de celle-ci (**Figure 27**).

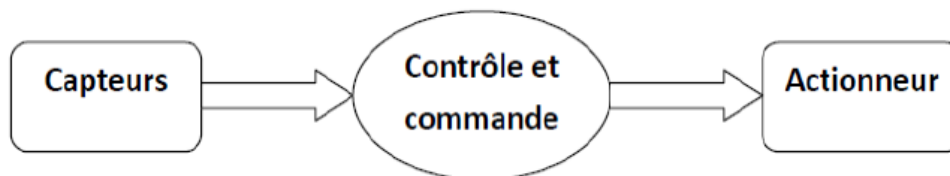


Figure 27 : La relation capteurs et actionneurs

II.6 - Les pré-actionneurs :

Les pré-actionneurs sont chargés d’alimenter les actionneurs en énergie de puissance en fonction des consignes opérative reçues de la partie commande. Le pré actionneur peut être un distributeur (chaîne d’action pneumatique) ou un contacteur électromagnétique (chaîne d’action électrique)[24.]

II.6.1 - Le relai électrique :

La carte relais est un commutateur électrique, qui permet de commander un second circuit utilisant, généralement, une tension et un courant bien supérieur à ce qu’un dispositif électronique pourrait accepter comme la Raspberry. En gros, c’est un interrupteur qui se ferme, quand on lui place un certain courant ou une certaine tension sur sa patte de commande (**Figure 28**).



Figure 28 : Relai électrique

Le relais se compose de deux parties, une partie commande à gauche sur la figure IV.50 est composée d'une broche d'alimentation de 5V pour le relais lui-même, une masse et une broche de commande pour faire basculer l'état. De l'autre côté, à droite on trouve la partie basse tension qui se compose de trois fiches :

- NC : signifie « normalement fermer ». Cela veut dire que lorsque le relais n'a pas de signal d'entrée (0 sur la broche de commande), le circuit haute tension connecté sera actif. Si on câble comme cela il faut envoyer du courant à la partie commande pour faire basculer le relais.
- NO : signifie « normalement ouvert ». Cela veut dire qu'à contrario, une valeur de 5V appliqué au relais (1 sur la broche de commande) coupera le circuit haute tension et inversement.
- COM : la masse.

II.7 - Les actionneurs :

Dans une machine, un actionneur est un outil qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit du travail et modifie le comportement ou l'état d'un système. Dans les définitions de l'automatisme, l'actionneur appartient à la partie opérative

Les extracteurs permettent de forcer l'aération dans la serre, afin de garder les paramètres climatiques (température, humidité et taux de CO₂ dans l'air) au voisinage des consignes choisies.

II.7.1 - L'extracteur :

Dans la réalisation de notre prototype, nous avons utilisé un ventilateur 12V.

7.1.1 - Description et fonctionnement

C'est un dispositif qui permet de renouveler, de brasser l'air dans un lieu fermé et de rafraîchir l'atmosphère d'un lieu.

Dans notre réalisation, le ventilateur s'active pour simuler le fonctionnement d'un climatiseur en cas de dépassement d'une température seuil par exemple dans notre cas c'est (25°). Mais aussi dans le cas de détection de gaz et fumée, un ventilateur est activé pour évacuer la fumée (**Figure 29**).



Figure 29 : Type d'extracteur utilisé dans notre serre

II.7.1.2 - Caractéristiques techniques :

- Tension d'alimentation : DC 12v.
- 2 broches [vcc (+5V) masse] Modèle : SDF8025M12S.
- Dimension : 80×80×25mm.

II.7.2 - Le Buzzer :

Les buzzers peuvent être utilisés dans un équipement d'alarme.

II.7.2.1 - Description et fonctionnement :

Le buzzer actif génère un son quand il reçoit une tension continue, on le différencie du buzzer passif qui fonctionne avec une tension alternative, dont la fréquence est comprise entre 500Hz à 5Khz. Dans notre projet on va utiliser le buzzer actif (**Figure 30**).



Figure 30 : Un piézo-électrique (buzzer).

II.7.2.2 - Caractéristiques techniques :

- Dimensions : diamètre 12 mm, hauteur 9mm.
- Type de sonnerie : continue.
- Tension d'alimentation : 2V – 4V.
- 02 broches : positive et négative
- Matériaux : plastique, métal

II.7.3 - La pompe d'arrosage :

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide, il existe plusieurs pompes adaptées à chaque besoin, le choix d'une pompe s'effectue toujours selon son usage et la détermination des paramètres de performances.

Pour le système d'irrigation, nous avons besoin d'une pompe d'arrosage, c'est l'organe qui fournit au sol l'eau dont les plantes ont besoin, pour garder le sol humide.

Nous avons utilisé une mini-pompe submersible, alimentée par une source de tension 9v et contrôlée par un relais (**Figure 31**).



Figure 31: Pompe d'arrosage utilisée.

II.7.3.1 - Caractéristique techniques :

- Une alimentation 3 à 5V.
- Une consommation de courant : 100 à 200mA.
- Un débit : 10 à 120 L/H.

II.7.4 - Le servomoteur :

Les servomoteurs sont pilotés par un signal PWM et alimentés par deux fils.

Habituellement, ces fils sont rassemblés dans une prise au format standard (**Figure 32**).

Pour le projet, nous avons utilisé le servomoteur SG90, qui va servir à ouvrir et fermer les fenêtres.



Figure 32: Servomoteur.

II.7.4.1 - Description et fonctionnement :

Le servomoteur se pilote par l'intermédiaire d'un câble à trois fils. Ce câble permet à la fois de l'alimenter et de lui transmettre des consignes de position par fil de signal. Contrairement à un moteur cc simple, qui peut être piloté par variations de tension, le servomoteur réagit en fonction d'une impulsion de durée variable. C'est la durée de ce signal qui détermine la rotation de l'axe de position de l'objet fixé dessus, l'impulsion détermine la position en absolu et non relatif (une durée précise correspond à une position de l'axe, toujours la même) [25].

II.7.4.2 - Caractéristiques techniques :

- Poids : 55g,
- Dimensions : 40.7 * 19.7 * 42.9 mm environ,
- Couple de décrochage : 4.8V, 6V,
- Vitesse de fonctionnement : 0.2 s/60° (4.8 V), 0.16 s/60° (6 V),
- Tension de fonctionnement : 4.8 V à 7.2 V,
- Largeur de bande morte : 5 μ s,
- Plage de température : 0 °C – 55 °C.
- Moteur à courant continu
- Des engrenages pour former un réducteur (en plastique ou métal).
- Un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe.
- Une carte électronique pour le contrôle de la position de l'axe de pilotage du moteur à courant continu.

II.7.5 - Les Leds :

Une diode électroluminescente (abrégé en LED, de l'anglais : light-emitting diode), est un dispositif optoélectronique, capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique (Figure 33).

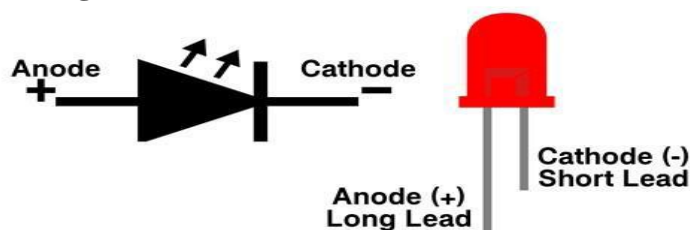


Figure 33 : Une Led.

Nous avons utilisé un ensemble de leds qui font office d'éclairage dans la serre agricole, en raison de leurs avantages sur la croissance des plantes, à savoir : une intensité variable, une grande variété de lumière monochromatique ainsi qu'une grande efficacité photosynthétique.

Par ailleurs, les systèmes à base de LED produisent moins de chaleur, ce qui permet de les rapprocher des plantes, favorisant, ainsi, une bonne répartition de la lumière (les plantes ne risquent pas d'être abîmées).

III. Les différents types de protocoles de communications :

III.1- Définition:

La communication entre les composants électroniques d'un réseau de serre est cruciale pour la collecte et le transfert de données. Divers protocoles de communication peuvent être utilisés, chacun ayant ses avantages et inconvénients en termes de portée, consommation d'énergie, complexité de mise en œuvre et fiabilité. Dans ce chapitre, nous explorons les différents types de communications, en nous concentrant sur les technologies suivantes : I2C, SPI, UART, Zigbee, et WiFi [26]

III.2. Communication I2C :

III.2.1. Définition :

Protocole de communication I2C (Inter *Integrated Circuit*), crée à la base par Philips en 1982 pour standardiser l'échange de données entre différents circuits intégrés d'un même système. Elle est aujourd'hui assurée par le fabricant NXP, Ce protocole est basé sur un bus de communication série, ce qui signifie qu'un seul câble est utilisé pour le transfert des données.

En pratique, le bus I2C est constitué de deux câbles, un pour les données, nommé SDA (Serial Data) et l'autre faisant office d'horloge pour déterminer la fréquence de la communication, nommé SCL (Serial Clock)[26].

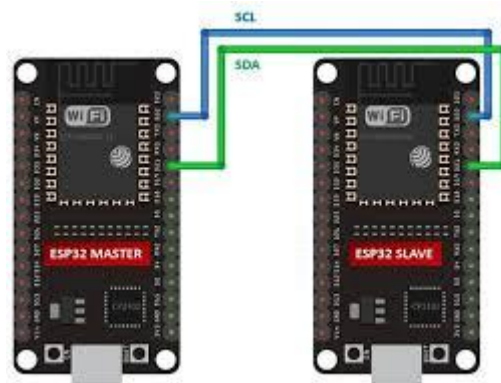


Figure 34: le protocole de communications i2c.

III.2.2- Caractéristiques principales du bus I2C:

- ✓ Tension de fonctionnement 5V.
- ✓ Compatible avec la carte ESP32 ou une autre carte contrôleur avec bus I2C.
- ✓ Seulement deux lignes (bidirectionnelles) sont nécessaires, une pour transporter les données - SDA -, une autre pour l'horloge de synchronisation - SCK - (1 bit échangé à chaque « coup » d'horloge) ;

- ✓ Transmission synchrone. Pas besoin de spécifier une vitesse de transfert. Ici, le périphérique maître (master) génère le signal d'horloge qui synchronise et cadence les échanges,
- ✓ La relation entre les périphériques du bus est de type maître-esclave (master/slave). Le maître est à l'initiative de la transmission et s'adresse à un esclave (ou tous les esclaves), Chaque périphérique sur le bus I2C est adressable, avec une adresse unique pour chaque périphérique du bus[26].

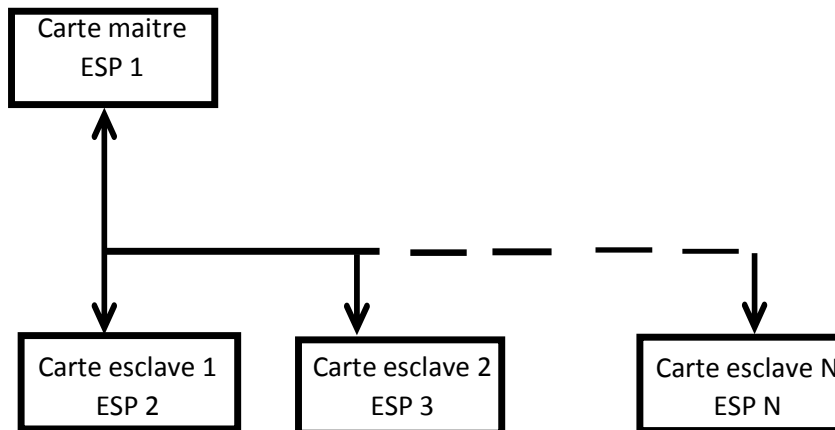


Figure 35: Transfert avec I2C.

Carte maître : c'est le composant qui initialise un transfert, génère le signal d'horloge et termine le transfert, le maître peut être soit un émetteur (composant qui envoie des données sur le bus) soit un récepteur (un composant qui reçoit les données présentes sur le bus).

Carte esclave : c'est le composant adressé par le maître, il peut être aussi soit émetteur soit récepteur.

III.2.2.1 Explication du schéma :

Le maître n'a pas d'adresse par contre chaque esclave possède une adresse. Le maître envoie tout d'abord l'adresse du périphérique à contacter (connecter) pour recevoir des données. L'esclave envoie un 1^{er} signal de confirmation pour signifier qu'il a bien reçu la demande puis le maître envoie l'adresse d'un registre interne du périphérique, un 2^{ème} signal de confirmation est envoyé par le périphérique, enfin ce dernier émet le message cette fois, en transférant la valeur du registre. Il termine avec une dernière confirmation et puis le maître envoie un signal spécifique pour mettre fin à la communication.

III.2.3. Avantages et inconvénients :

- **Avantages :** Simplicité de connexion, faible consommation d'énergie.
- **Inconvénients :** Portée limitée, vitesse de communication modérée

III.3. Communication SPI :

III.3.1. Définition :

Le SPI (Serial Peripheral Interface) est un bus de communication série synchrone principalement utilisé pour la communication rapide entre microcontrôleurs et périphériques[26].

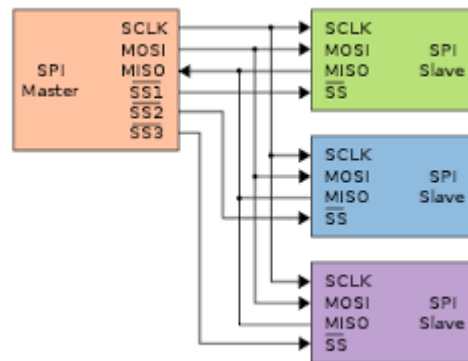


Figure 36 : le protocole de communications SPI.

III.3.2. Caractéristiques principales :

- **Quatre fils** : MISO (Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCK (horloge), et SS (sélection esclave).
- **Vitesse** : Jusqu'à plusieurs Mbps.
- **Topologie** : maître-esclave.

III.3.3. Avantages et inconvénients :

- **Avantages** : Très rapide, simple à implémenter.
- **Inconvénients** : Nécessite plus de fils, portée limitée.

III.4. Communication UART

III.4.1. Définition

L'UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) est un protocole de communication série asynchrone utilisé pour la communication entre microcontrôleurs et autres périphériques[26].

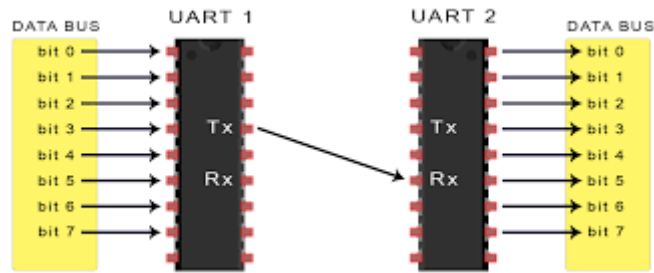


Figure 37 : le protocole de communications UART.

III.4.2. Caractéristiques principale

- **Deux fils** : TX (transmission) et RX (réception).
- **Vitesse** : Variable, typiquement jusqu'à 115200
- **Topologie** : Point à point.

III.4.3 Avantages et inconvénients :

- **Avantages** : Simplicité, robuste, standard.
- **Inconvénients** : Portée limitée, pas de synchronisation d'horloge.

III.5. Communication Zigbee :

III.5.1. Définition :

Zigbee est un protocole de communication sans fil basé sur la norme IEEE 802.15.4, conçu pour les applications de faible puissance et de faible débit [26].



Figure 38: le protocole de communication Zigbee.

III.5.2. Caractéristiques principales :

- **Portée** : Jusqu'à 100 mètres en intérieur.
- **Bande passante** : Jusqu'à 250 kbps.
- **Topologie** : Maillé, étoile, ou point à point.
- **Sécurité** : Chiffrement AES-128.

III.5.3. Avantages et inconvénients :

- **Avantages** : Faible consommation d'énergie, réseau maillé.
- **Inconvénients** : Débit limité, complexité de mise en œuvre.

III.6. Communication WiFi :

III.6.1. Définition :

Le WiFi est une technologie de réseau sans fil basée sur les normes IEEE 802.11, utilisée pour les communications à haut débit sur de longues distances[26].



Figure 39 : le protocole de communication wifi.

III.6.2. Caractéristiques principales :

- **Portée** : Jusqu'à 100 mètres en intérieur, 300 mètres en extérieur.
- **Bande passante** : Varie de 11 Mbps (802.11b) à 1 Gbps (802.11ac).
- **Sécurité** : Supporte divers protocoles de sécurité comme WEP, WPA, WPA2.

III.6.3. Avantages et inconvénients :

- **Avantages** : Portée étendue, haut débit, infrastructure existante.
- **Inconvénients** : Consommation d'énergie élevée, complexité de mise en œuvre.

III.7. Comparaison des protocoles :

Protocole	Portée	Débit	Consommation D'énergie	Complexité
I2c	Faible	Modéré	Faible	Faible
Spi	Faible	Élève	Modéré	Faible
Zigbee	Faible	Modéré	Faible	Faible
Uart	Moyenne	Faible	Très Fiable	Moyenne
Wifi	Élève	Élève	Élève	Élève

Tableau N° 1 : Comparaison des protocoles

III.8. Choix du protocole de communication pour notre projet :

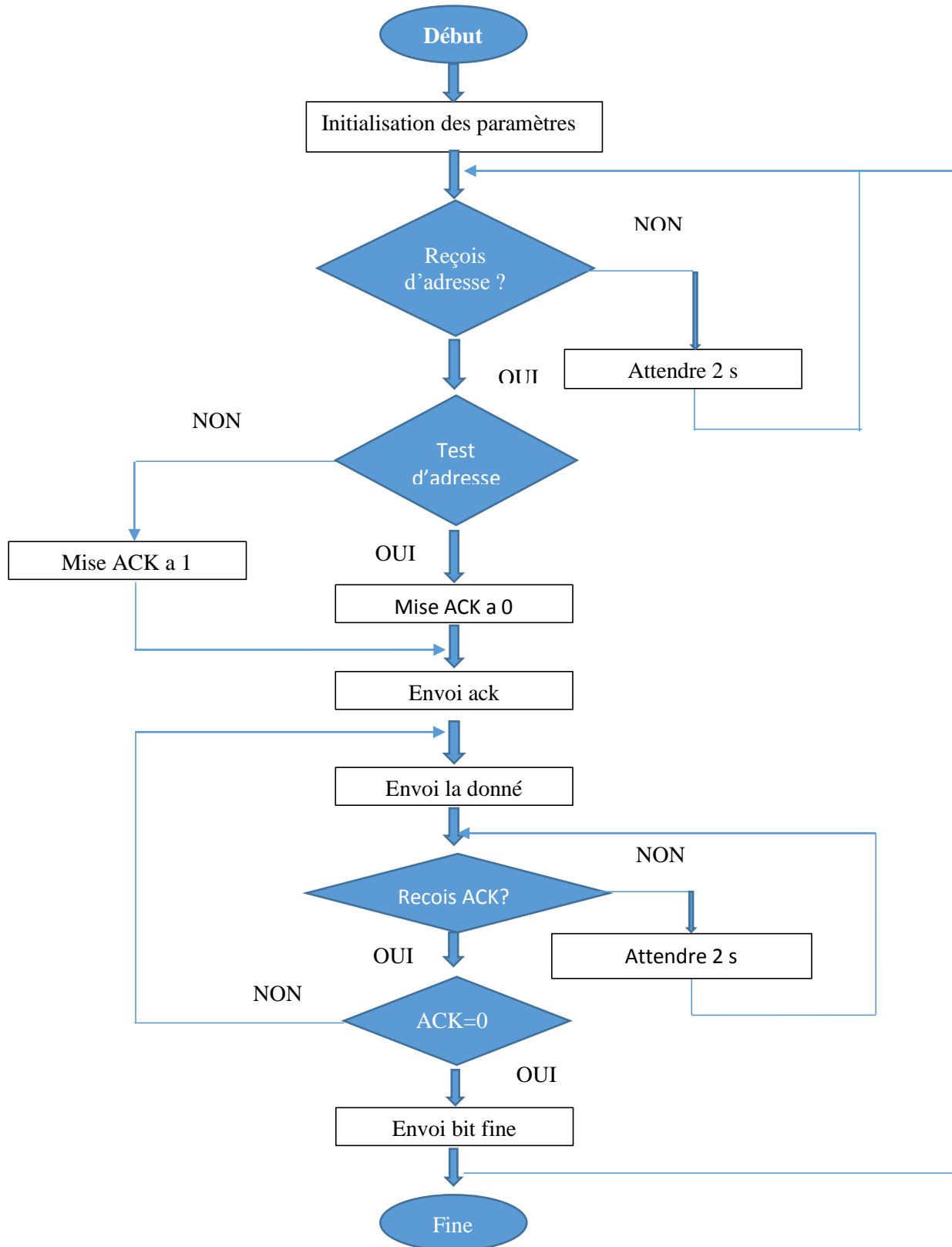
Pour notre projet de réseau de serre, nous avons opté pour le protocole de communication WiFi en raison de ses nombreux avantages adaptés à nos besoins spécifiques.

III.9. Implémentation du WiFi dans notre réseau de serre :

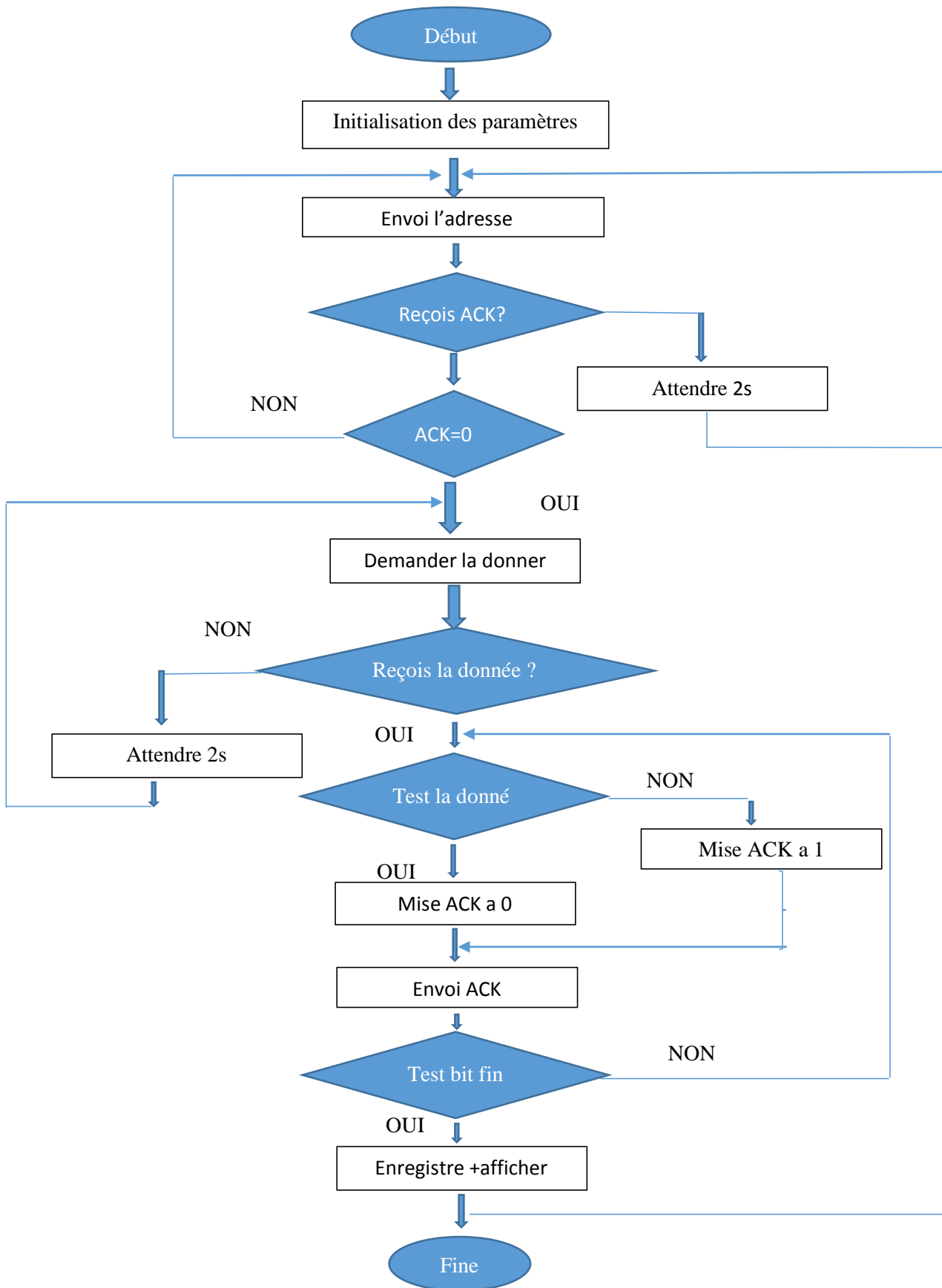
Notre réseau de serre utilise trois cartes ESP32, dont une carte maître et deux cartes esclaves, pour collecter et transmettre les données des capteurs. Les cartes ESP32 sont connectées à divers capteurs et actionneurs qui surveillent et contrôlent les conditions de la serre.

III.10. Organigramme de fonctionnement de système maître/esclave

III.10.1 Organigramme de la carte ESP32 esclave :



III.10.2. Organigramme de la carte ESP32 maitre :



III.11.Discussion:

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail les différents types de communications utilisés dans les réseaux de serre, notamment les protocoles I2C, SPI, UART, Zigbee et WiFi. Chaque protocole présente des avantages et des inconvénients spécifiques en termes de portée, de débit, de consommation d'énergie et de complexité de mise en œuvre.

Notre analyse a révélé que le protocole WiFi est le plus adapté pour notre projet de réseau de serre. Il offre une portée étendue, un débit élevé et une grande flexibilité, ce qui est crucial pour la gestion en temps réel des conditions environnementales dans les serres agricoles et animales. L'intégration de WiFi avec des plateformes IoT comme ThingSpeak permet également une surveillance et un contrôle aisés des paramètres de la serre via des applications mobiles.

En conclusion, le choix du WiFi pour notre réseau de serre s'est révélé optimal, offrant une solution robuste et fiable pour la collecte, la transmission et la visualisation des données. Cette approche permet une gestion efficace et en temps réel des serres, contribuant ainsi à l'optimisation des ressources et à l'amélioration des conditions de culture et d'élevage.

Chapitre III:

Réalisation pratique

I.1. Préambule:

Si nous ignorons certaines choses, cette partie de notre recherche ne nous donnera pas de bons résultats. Afin d'assurer un bon fonctionnement de notre système, c'est primordial d'assurer une bonne approche et une réflexion sur notre programme.

Le but de ce chapitre est de lister les différentes étapes suivies pour exécuter ce projet, de l'assemblage du système à la version finale. Ce chapitre explique d'abord comment assembler le modèle.

Ensuite, je présenterai le code source pour expliquer le processus de développement et la programmation.

Enfin, décrivez et illustrez les interfaces et précisez leurs rôles et opérations. Toutes les serres agricoles doivent être équipées de systèmes de contrôle des paramètres climatiques.

I.2. Présentation du système :

Le système doit contrôler la température et l'humidité, ce sont les principales variables qui contrôlent la survie et la croissance des plantes. Selon les spécifications, je dois trouver une solution à tous mes problèmes.

Le cahier de charge est le suivant :

- Les serres doivent permettre un arrosage automatique.
- Les serres doivent permettre une régulation automatique de la température.
- Les serres doivent pouvoir faire pousser une variété de plantes et de légumes tout au long de l'année.
- Assurer une connexion fiable entre les trois serres.

I.3. L'objectif de projet :

Ce travail permet de créer un réseau de serre intelligentes capables de surveiller et de contrôler les conditions environnementales de manière automatisée, afin d'optimiser les ressources, améliorer la production agricole et assurer le bien-être des animaux.

Pour procéder à l'application expérimentale, nous sommes passés par trois étapes.

La conception du système électronique.

La réalisation pratique.

L'utilisation d'une application android.

La première étape : contient plusieurs parties :

Chercher les différentes structures des blocs constituant notre maquette et qui vont avec les objectifs fixés et les moyens disponibles.

Présenter les différents éléments ou composants constituant chacun des blocs en choisissant des composants aux caractéristiques voulues.

Dans la deuxième étape « réalisation pratique » nous trouvons deux parties :

Présenter les différentes étapes de la réalisation pratique.

On rassemble ensuite les composants suivant notre montage.

Dans la troisième étape est consacrée à la création d'une application android :

Création de l'interface de notre application Android.

Programmation orientée objet de notre application

I.4. Description du système :

Le système se compose de trois cartes esp32 :

I.4.1. Carte maitre(Esp32) :

Centraliser les données reçues des cartes esclave et envoie des commandes en fonction des analyses des données. Ensuite il stock les données sur une carte SD et l'envoie vers un serveur web et aussi envoi vers l'application mobile

I.4. 2. Carte Esclave(Esp32) :

I.4. 2. 1. Serre pour lapins :

Surveille la température, et l'humidité, et la qualité de l'air (NH3) pour garantir des conditions de vie optimales pour les lapins.

I.4. 2. 2. Serre agricole :

Surveille la température, et l'humidité, luminosité, l'humidité de sol et la concentration de CO2 pour optimiser la croissance des cultures.

I.4.2.3. L'application mobile :

L'application android permet à l'utilisateur de visualiser les données en temps réel et de contrôler les actionneurs à la distance, offrant ainsi une gestion simplifiée et efficace de la serre

II. Les schémas synoptiques :

II. 1. Schéma de branchement des systèmes de la serre agricole :

II.1.1. Branchement du système de contrôle de température :

DHT-11 se brancher avec l'ESP-32 par le fil (12) + VCC, GND.

Les actionneurs se

branchent avec l'ESP-32 par les fils (5,14) + VCC, GND

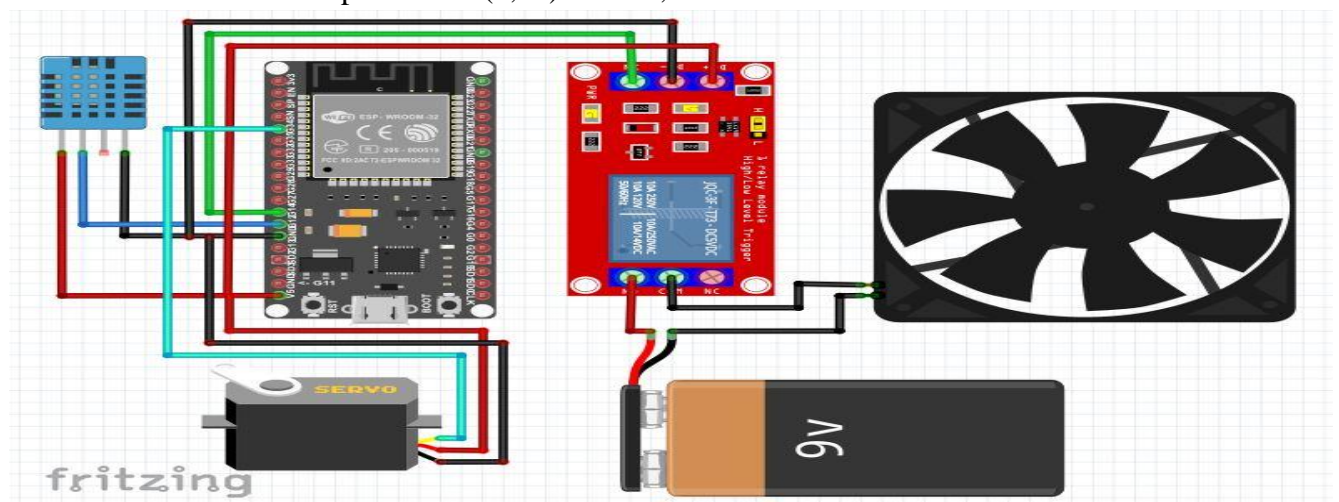


Figure 40: Branchement du système de contrôle de température.

II.1.2. Branchement du système de control d'irrigation :

FC-28 se brancher avec L'ESP-32 par le fil (A3) + VCC, GND.

La pompe à eau se brancher avec l'ESP-32 par le fil (26) + VCC, GND.

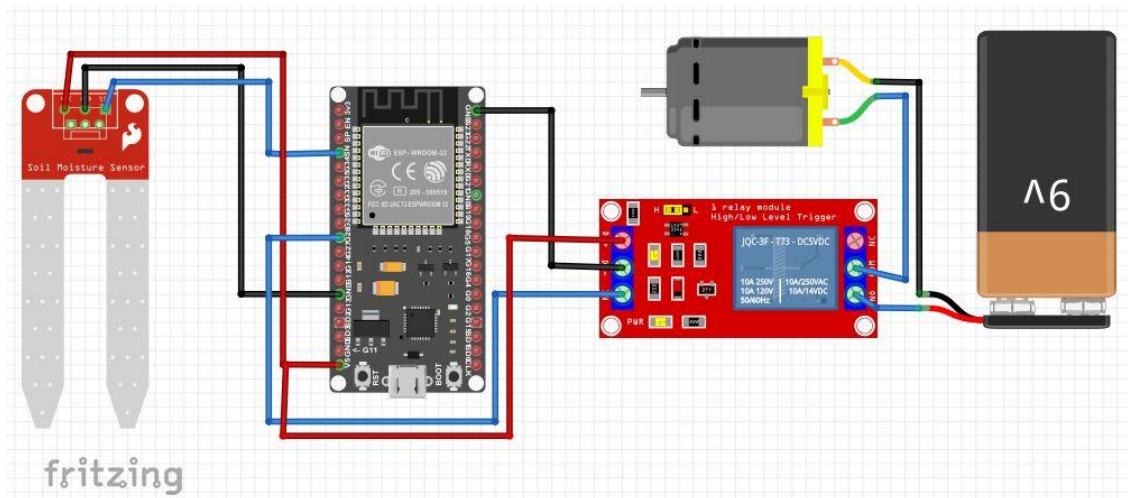


Figure 41: Branchement du système de contrôle d'irrigation.

II .1.3. Branchement du système de control d'accès :

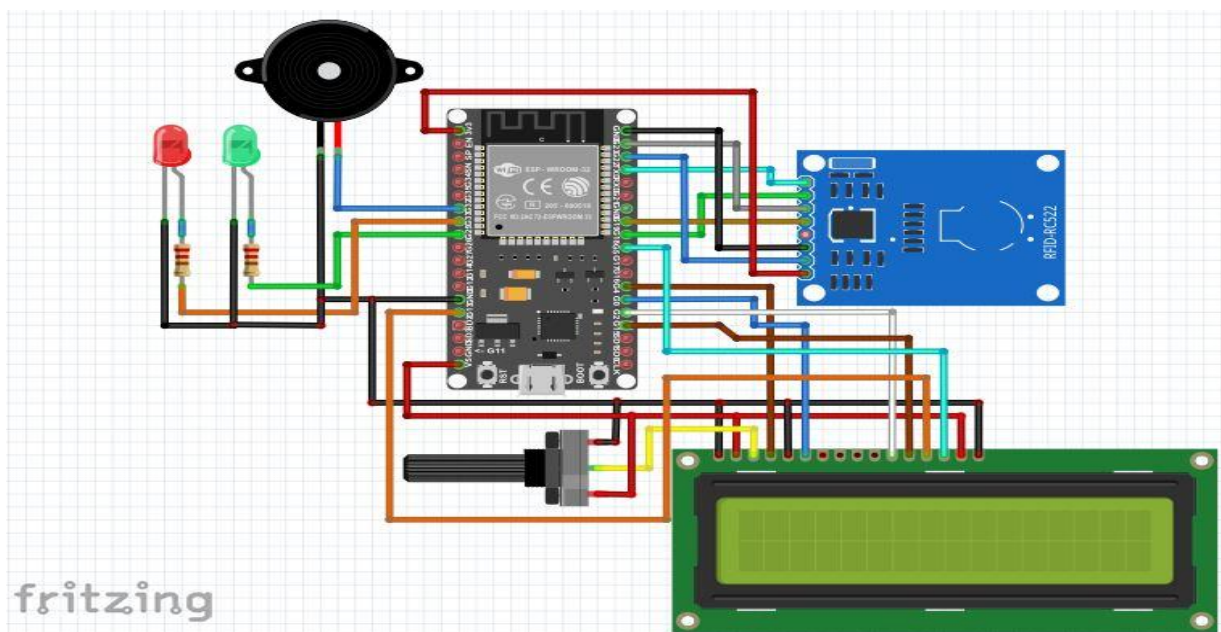


Figure 42: Branchement du système de control d'accès.

LCD	RFID	BUZZEUR
5V	3.3 V	PIN 32
GND	GND	GND
PIN 4	PIN 5	
PIN 0	PIN 19	
PIN 2	PIN 23	
PIN 13	PIN 18	
PIN 5	PIN 21	

Tableau N°2 : branchement du système d'accès

II.1.4. Branchement du système de control de la luminosité :

Branchement de LDR avec ESP32 par le file (A0), GND ,5V

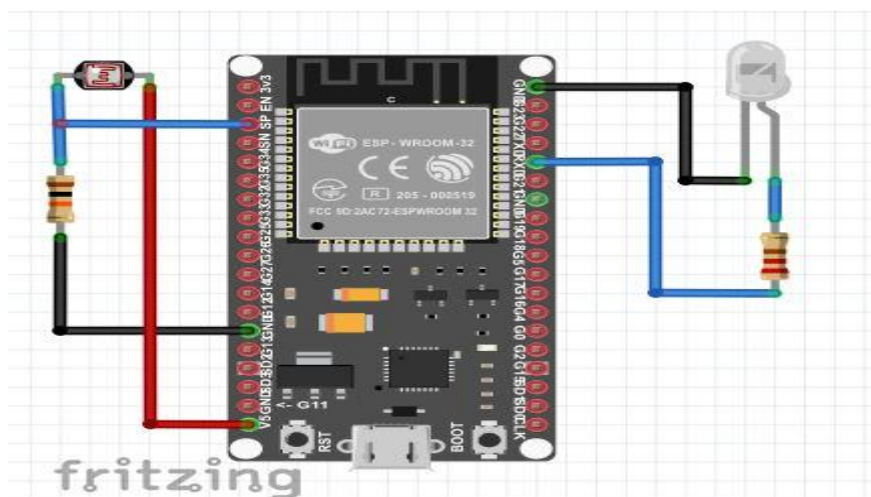


Figure 43: Branchement du système de control de luminosité.

II.1.5. Schéma synoptique général de la serre agricole :

Le schéma synoptique de notre réalisation est indiqué dans la figure ci-dessous.

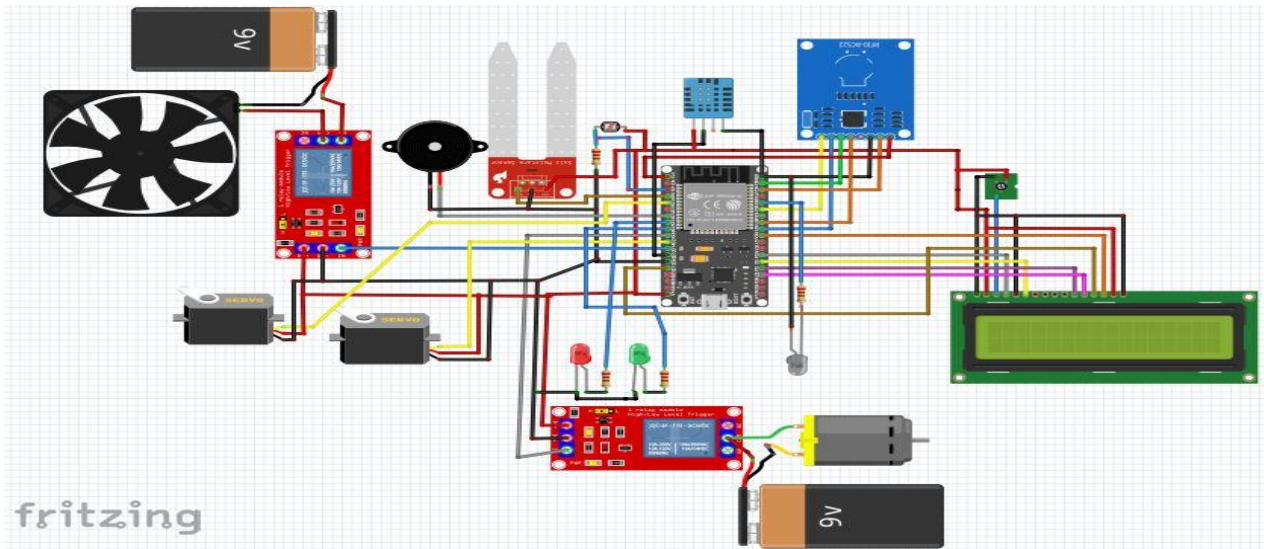


Figure 44: Schéma synoptique général de la serre agricole.

II.2. Schéma de branchement des systèmes de la serre animale :

II.2.1. Branchement du système de contrôle de température :

DHT-11 se brancher avec L'ESP-32 par le fil (13) + VCC, GND.

Les actionneurs se branche avec l'ESP-32 par les fils (12,5,4) + VCC, GND

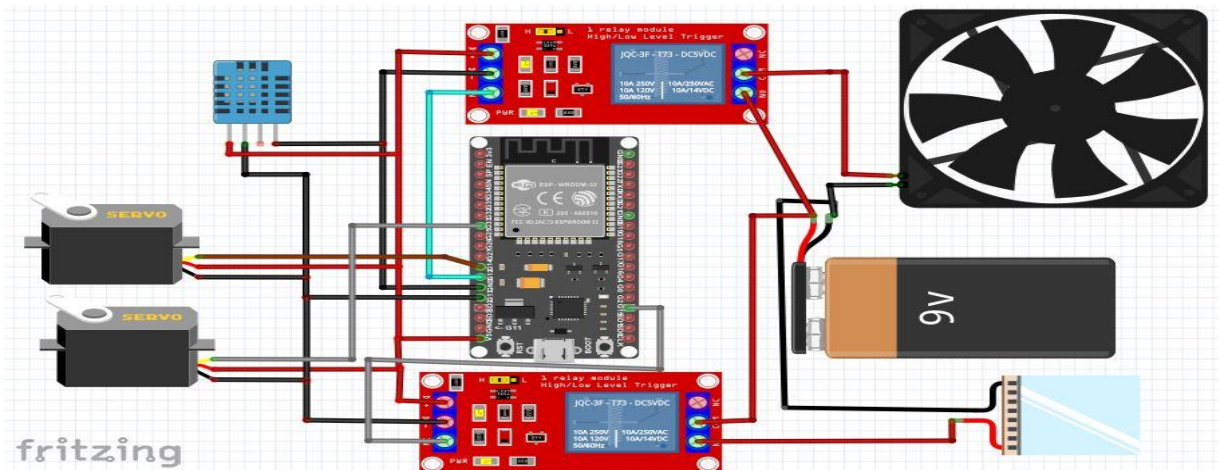


Figure 45: Branchement du système de contrôle de température.

II.2.2. Branchement du système de control de luminosité:

Branchement de LDR avec ESP32 par le file (A0), GND ,5V

Branchement de LED avec ESP32 par le file (32), GND

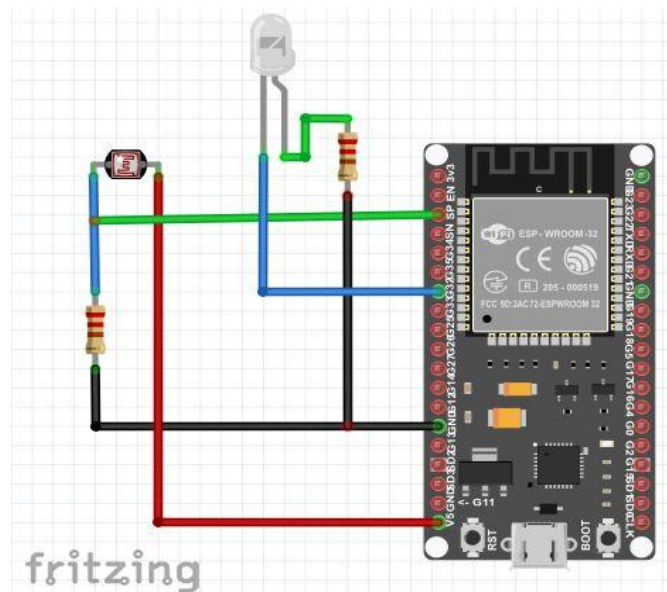


Figure 46: Branchement du système de control de luminosité.

II.2.3. Branchement du système de control du niveau d'eau :

Branchement du capteur ultrason avec ESP32 avec le file (27,26),GND,VCC

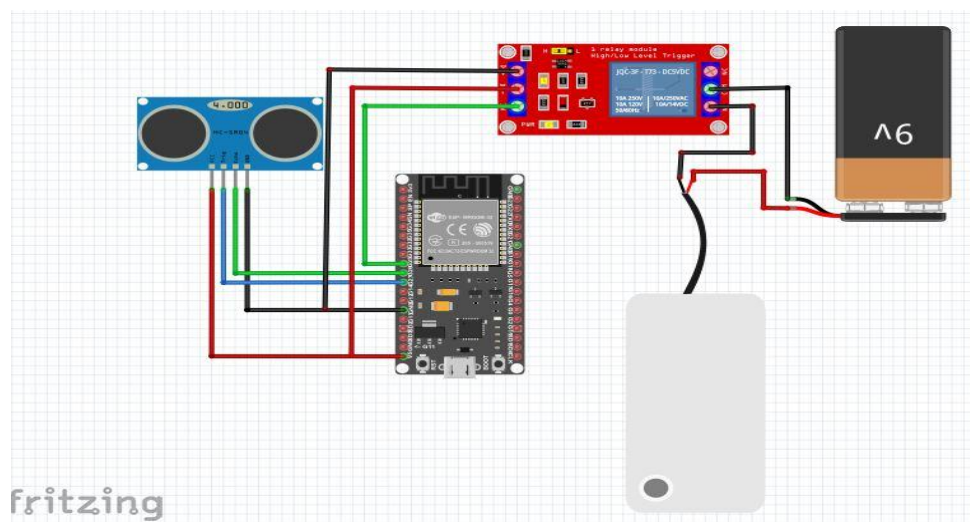


Figure 47: Branchement du système de control du niveau d'eau.

II.2.4. Branchement le système de commande de capteur de pluie :

Branchement de capteur de Pluit avec ESP32 le file (A6), GND, VCC

Branchement de capteur de Pluit avec ESP32 le file (33), GND, VCC

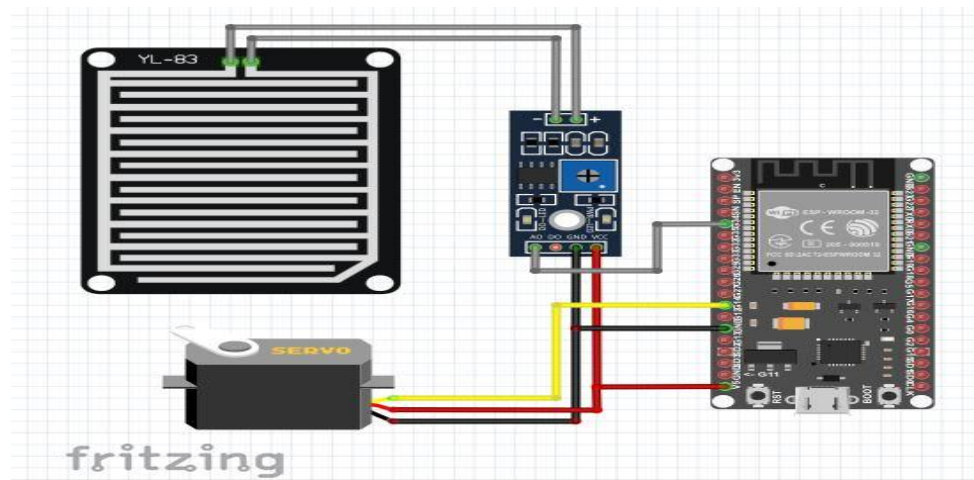


Figure 48: Branchement du système du système de commande de capteur de pluie.

II.2.5. Schéma synoptique général de la serre animal :

Le schéma synoptique de notre réalisation est indiqué dans la figure ci-dessous.

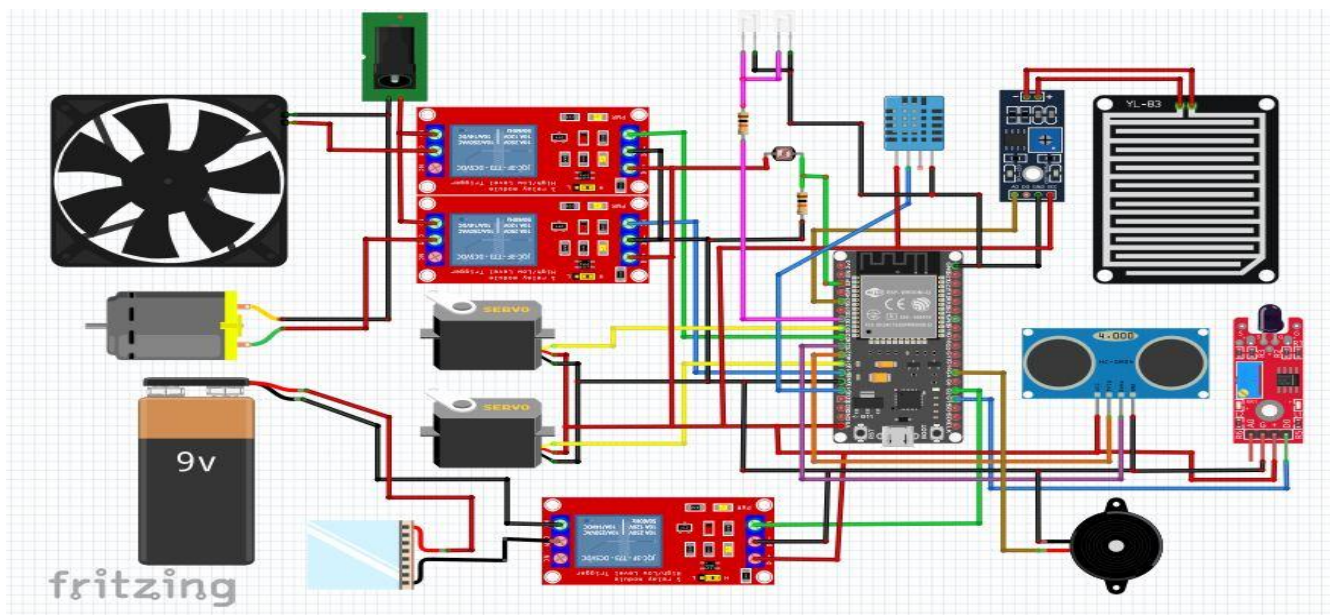


Figure 49: schéma général de la serre agricole.

II.2.6. Schéma synoptique général de la carte maitre :

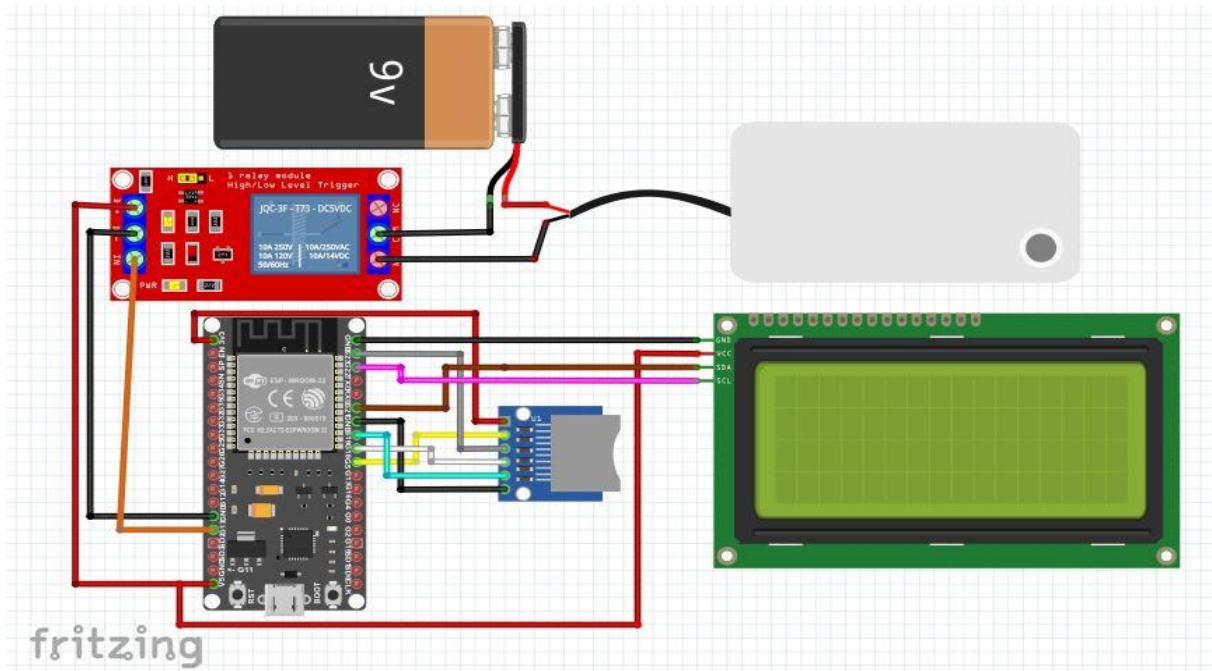


Figure 50 : Schéma synoptique général de la carte maitre

II.3. Schéma synoptique global de système :

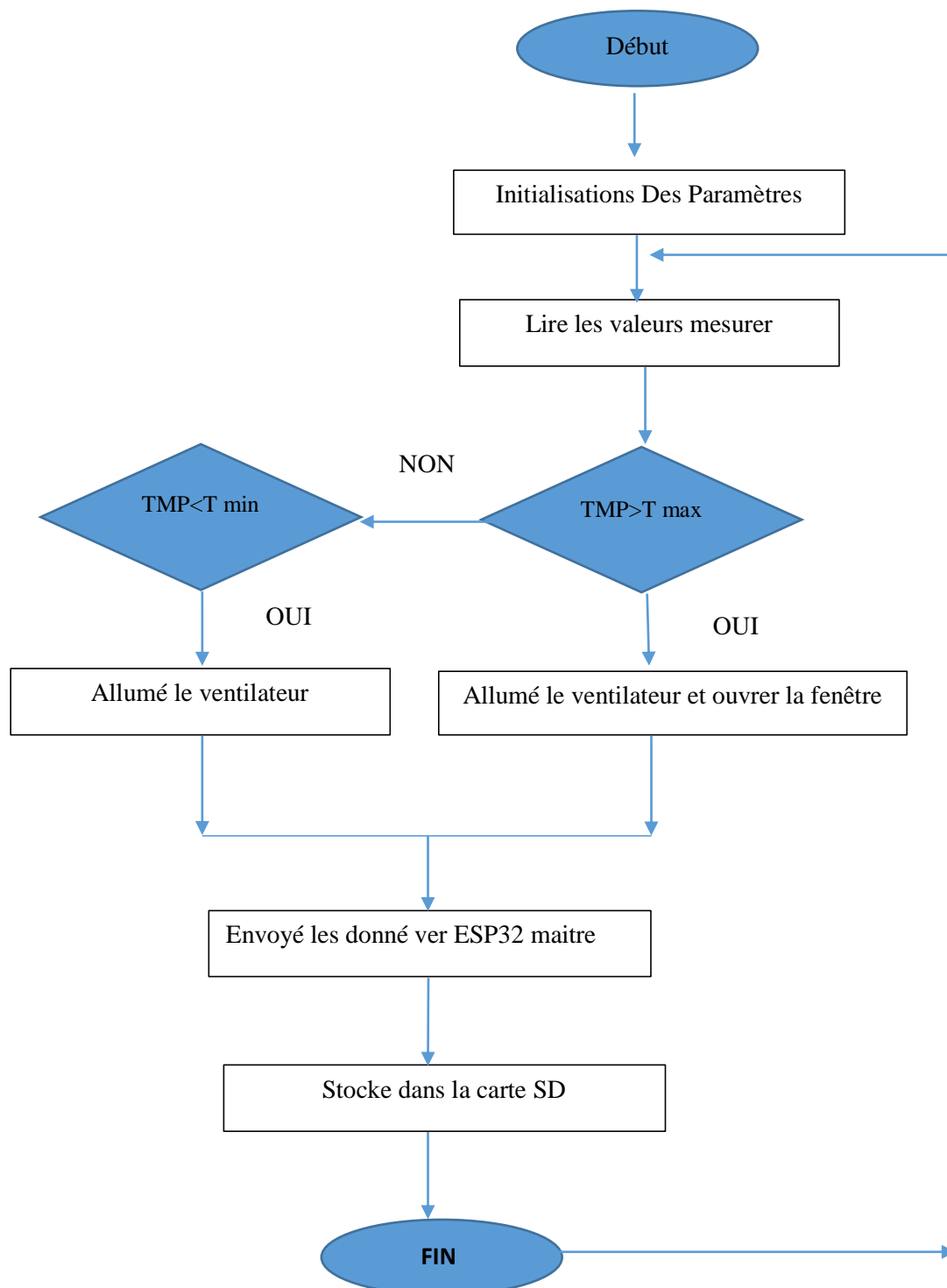
Le schéma synoptique général de notre réalisation est indiqué dans la figure ci-dessous.

III. Les organigrammes :

III.1. Système de contrôle de température

Lorsque le système est alimenté, l'ESP lit les valeurs de température et d'humidité du capteur DHT-11 dans le cas où la température monte à plus de T_{max} la ventilation s'allume et la fenêtre s'ouvre, lorsqu'elle descend à moins de T_{min} le chauffage s'allume, et si elle est entre $T_{min} < \text{Température} < T_{max}$ la ventilation, le chauffage s'éteint et la fenêtre se ferme

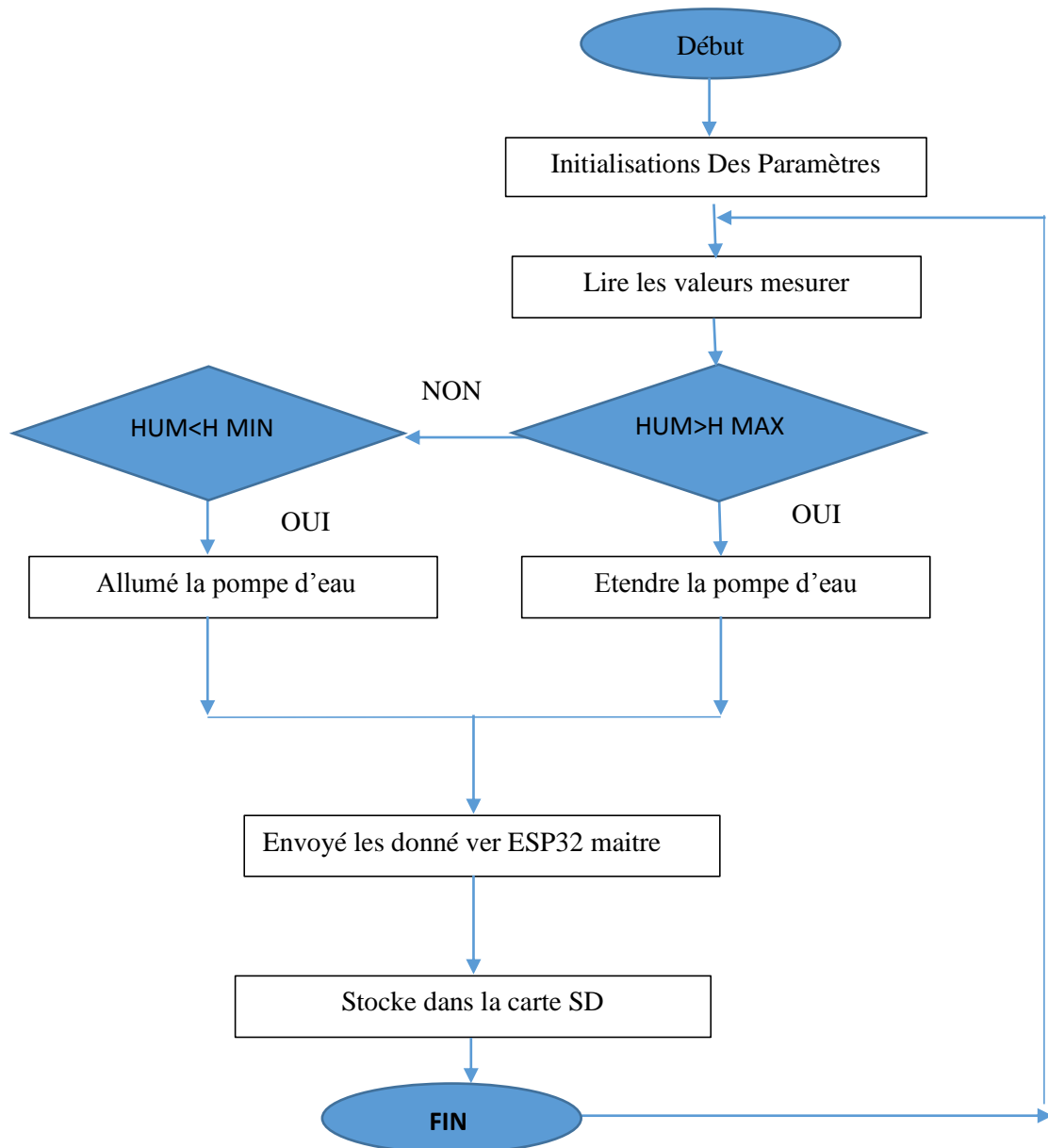
Représente l'organigramme contrôle de température et l'envoi des données mesurées par les capteurs.



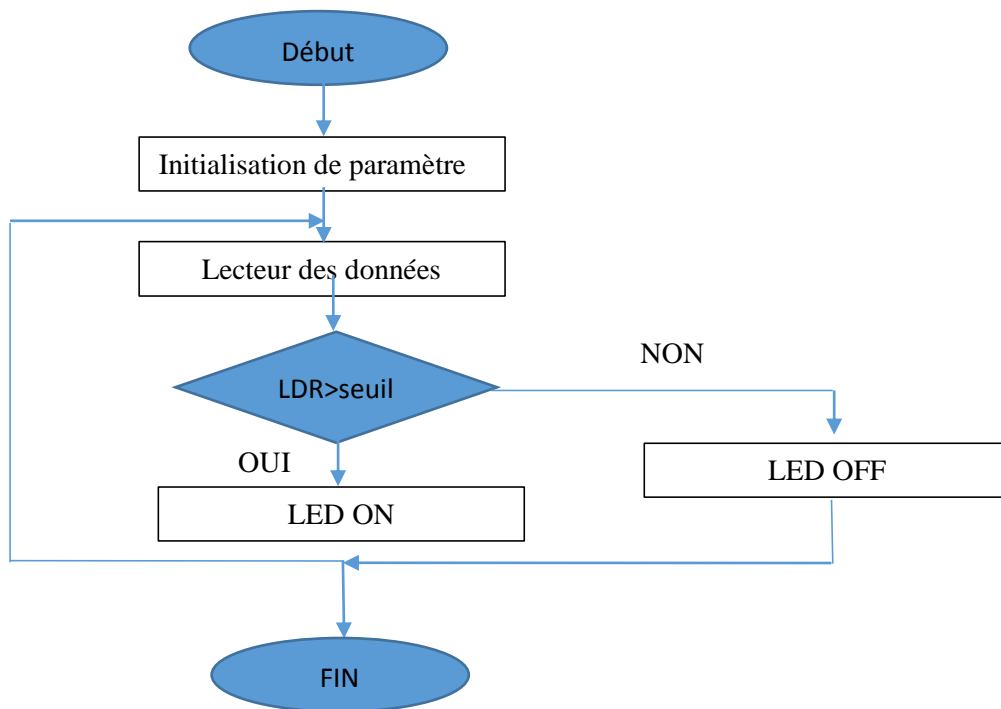
III.2. Système de contrôle d'irrigation :

Lorsque le système est alimenté, l'ESP lit la valeur d'humidité de sol du capteur Fc28 dans le cas où la température monte à plus de Hmax la pompe à eau s'allume, lorsqu'elle descend à moins de Tmin la pompe à eau s'éteint.

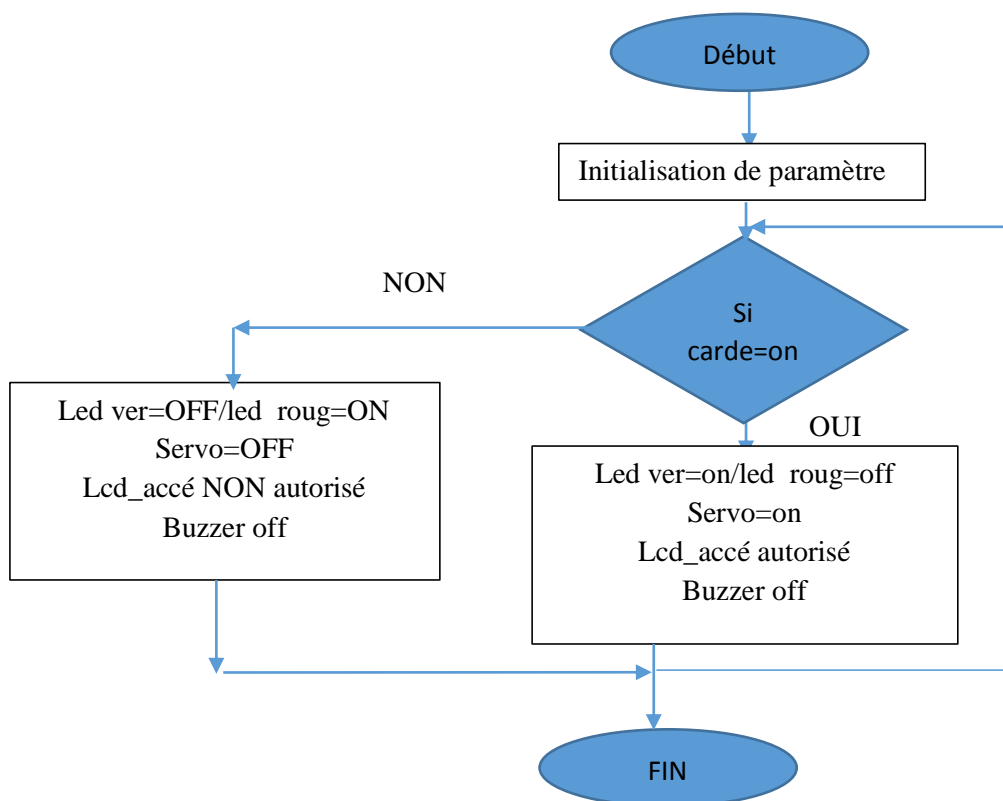
La figure III.2 représente l'organigramme de fonctionnement du système de contrôle de température et l'envoi des données mesurés par les capteurs.



III.3. Organigramme de systèmes de luminosité :

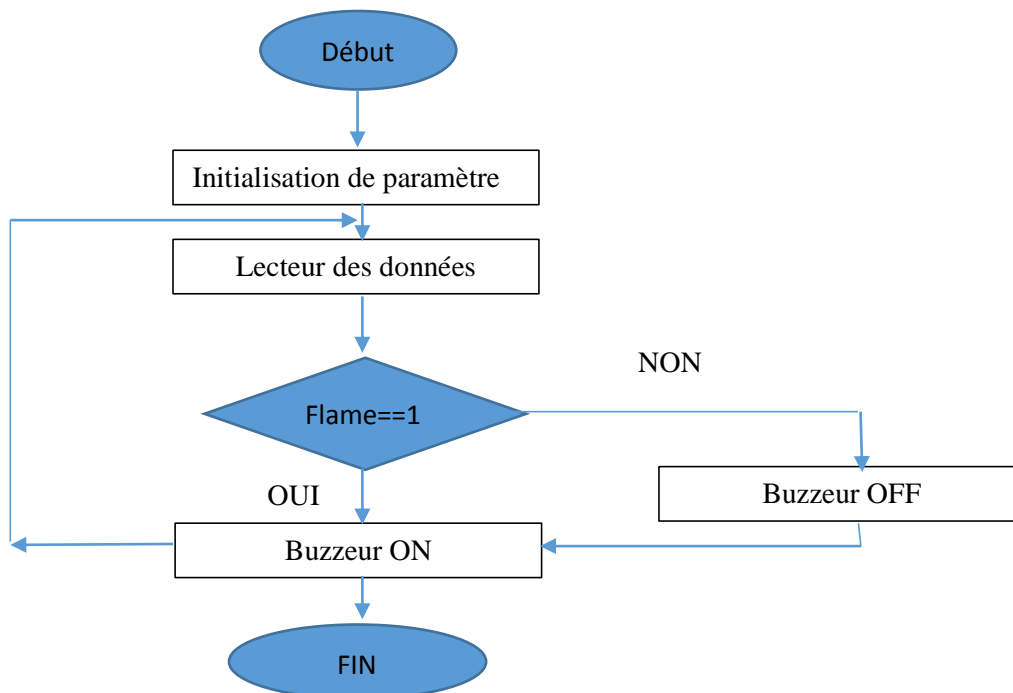


III.4. Organigrammes de systèmes d'accès :

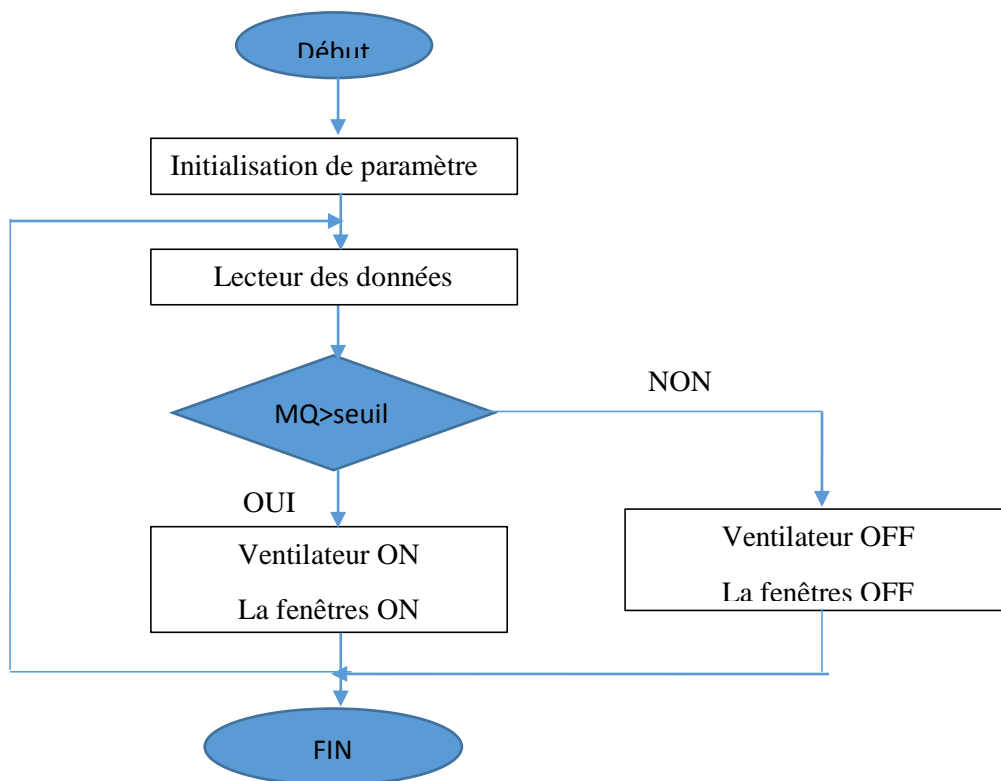


III.5. Organigramme de systèmes de sécurité :

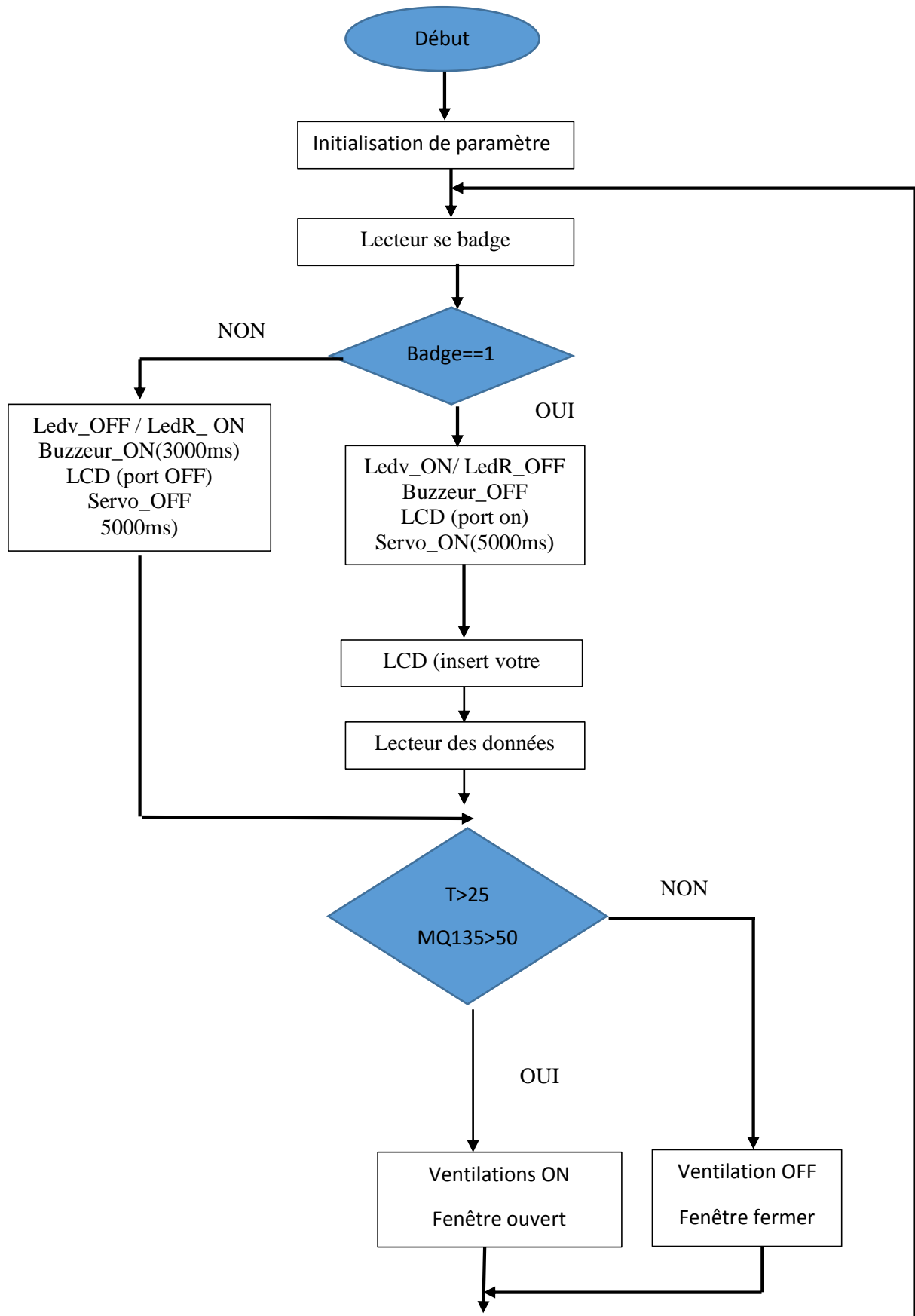
III.5.1.la flamme :

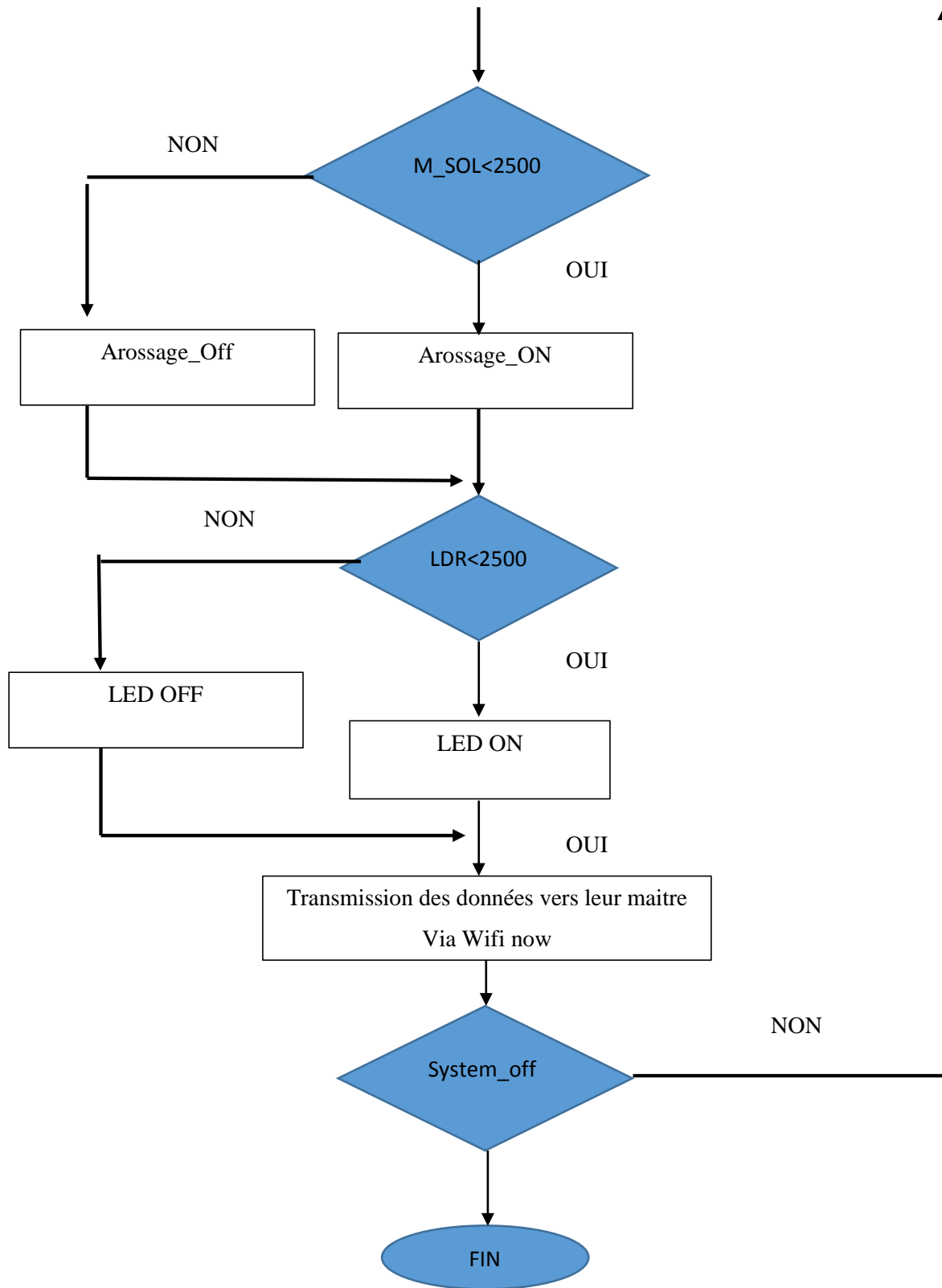


III.5.2.gaz :

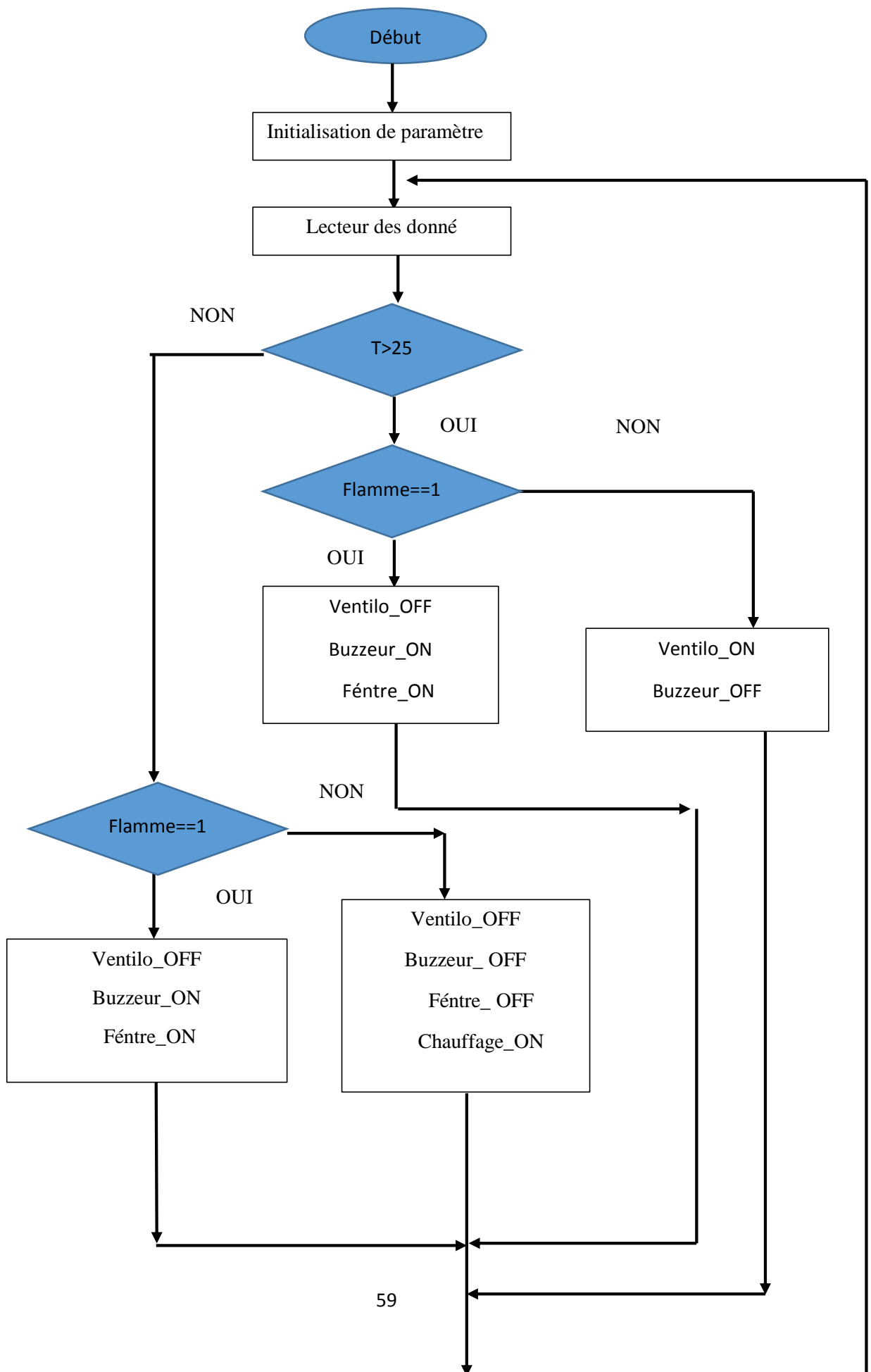


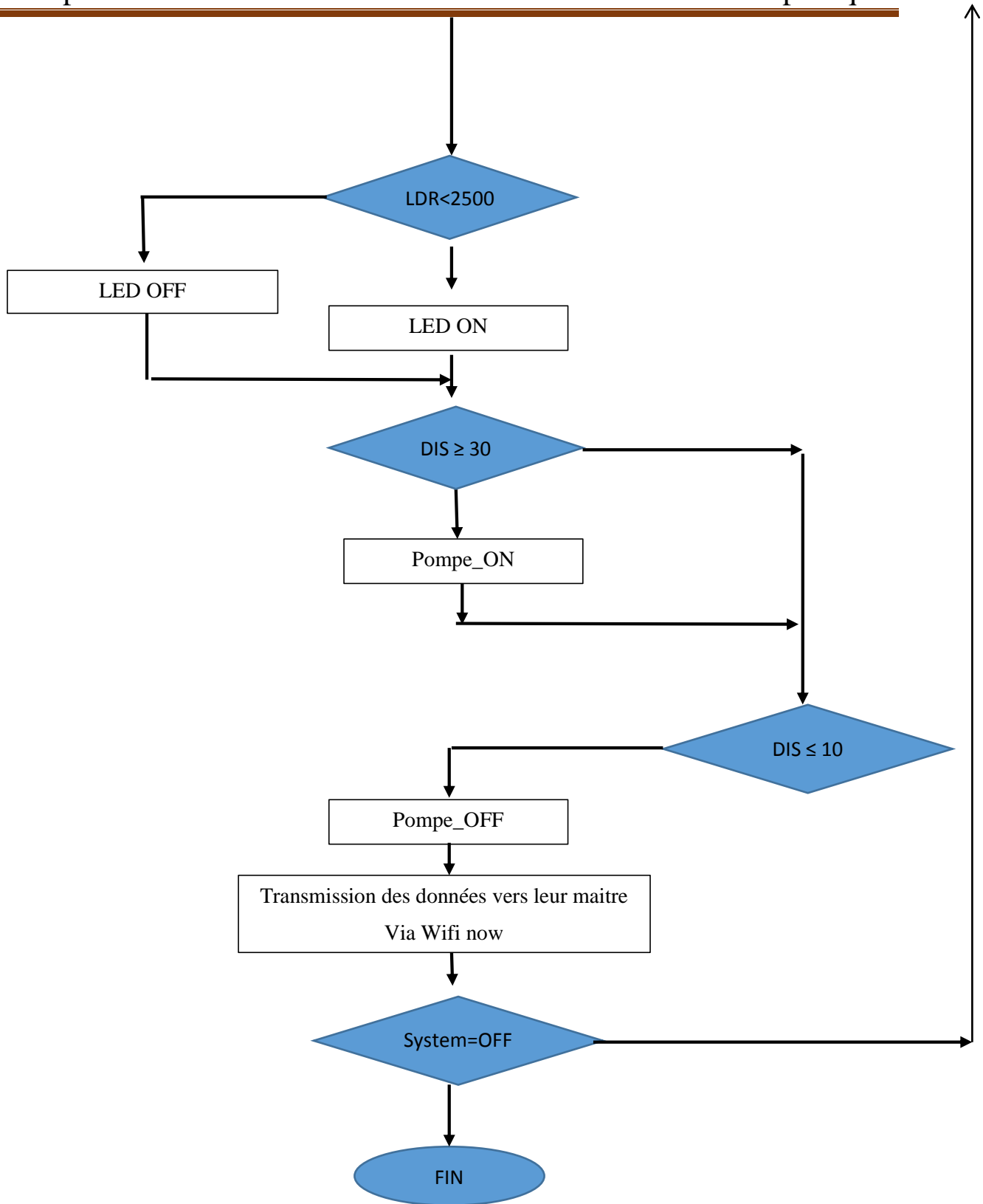
III.6. Organigramme de la serre agricole.



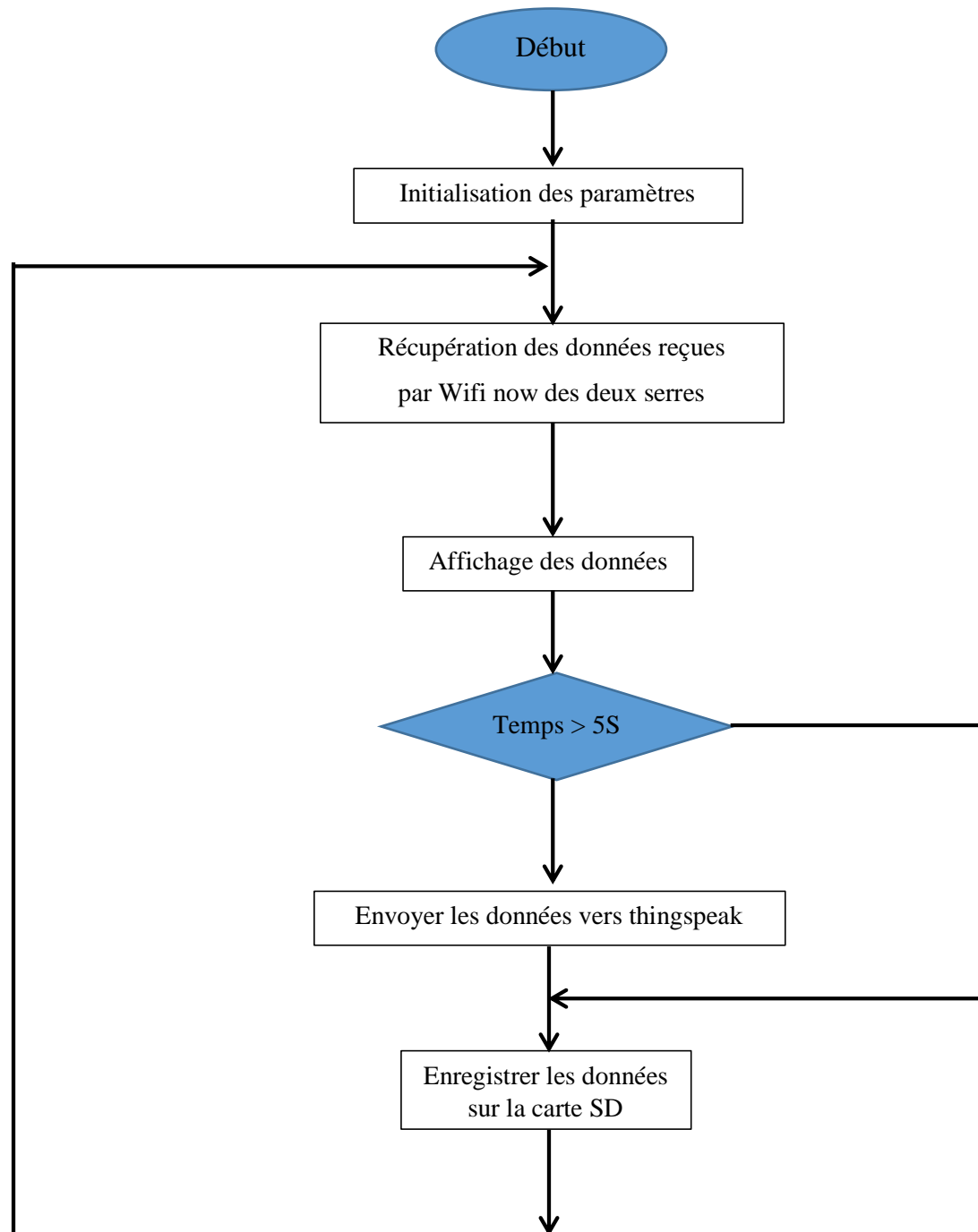


III.7. Organigramme de la serre animale.





III.8. Organigramme de la carte maître:



III.9. Réalisation de la serre :

III.9.1. Construction de la structure :

La structure de notre serre a été réalisée en plusieurs étapes minutieuses. Tout d'abord, nous avons conçu et assemblé la base en bois de la surface 70*70 cm, garantissant une surface stable et solide. Ensuite, nous avons construit les cadres arqués en bois pour former la structure des toits, en les fixant fermement à la base. Après cela, nous avons ajouté des barres transversales pour renforcer la stabilité de l'ensemble. Enfin, des panneaux transparents ont été posés sur les toits pour permettre la pénétration de la lumière tout en protégeant l'intérieur de la serre



Figure 52 : La structure de notre serre prototype.

Nous avons découpé 8 pièces en plexiglass que nous avons fixé sur la structure en Bois, ces pièces vont constituer la paroi externe de la serre (figure 51).

IV-Partie logiciel:

IV.1. Langage Arduino :

IV.1.1. Définition :

Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. On retrouve notamment des similarités avec le C, le C++ [28].

Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée. La programmation se fait de manière séquentielle c'est-à-dire une suite d'instruction élémentaire. [27]



IV.1.2- IDE Arduino :

Cet environnement contient tout ce dont on a besoin pour :

- Ecrire le programme
- Le compiler (vérifier les erreurs)
- Le charger vers la mémoire Flash du microcontrôleur
- Interagir avec la carte
- ✓ Le langage de programmation utilisé est le C/C++
- ✓ Le programme est dit croquis (ou sketch en Anglais)
- ✓ Pour télécharger IDE d'Arduino, aller dans www.arduino.cc [28].
- ✓ Pour programmer les cartes Arduino, on utilise un environnement de développement spécifique dit Arduino IDE (Integrated Développement Environnement)

IV.1.3- Interface d'utilisateur :

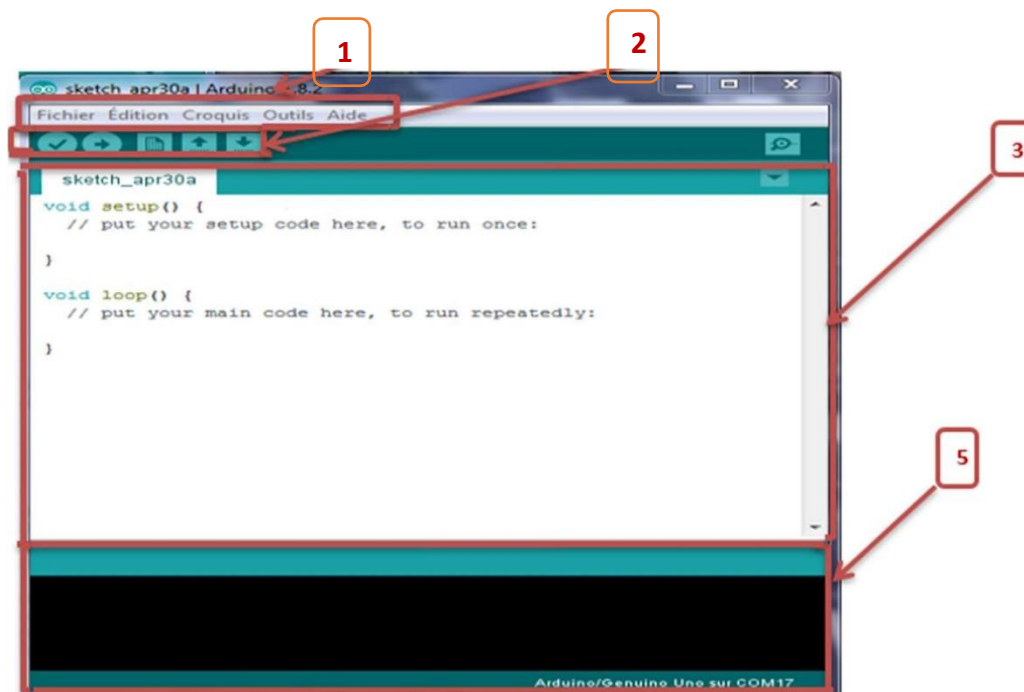


Figure 53 : Interface d'utilisateur

Le cadre numéro 1 : ce sont les options de configuration du logiciel

Le cadre numéro 2 : il contient les boutons qui vont nous servir lorsque l'on va programmer nos cartes

Le cadre numéro 3 : ce bloc va contenir le programme que nous allons créer

Le cadre numéro 4 : celui-ci est important, car il va nous aider à corriger les fautes dans notre programme. C'est le débogueur.

Un programme (ou "sketch") Arduino est constitué de 2 fonctions distinctes :

- La fonction de configuration "**void setup**" exécutée une seule fois au lancement du Programme. On appelle aussi cette fonction : **fonction d'initialisation**.

- La fonction "**void loop**" qui est ensuite exécutée indéfiniment en boucle

IV.1.4- Etapes de développement sur Arduino

1-Choisir la carte sur laquelle développer

- Outils → types de Carte → esp Dev module

1. Ecrire le programme sur la fenêtre d'édition de code

2. Compiler le code pour vérifier s'il n'y a pas d'erreurs

- Les erreurs sont affichées dans la fenêtre console

3. Si le code est correct, l'envoyer vers la mémoire flash de l'Arduino

✓ L'exécution se lance immédiatement après

4. On surveille à chaque étape les infos (ou éventuellement les erreurs) sur la console.

IV .2. Outils de conception de circuit imprimé ARES :

IV.2.1. présentation générale :

ARES est un module de conception de circuit imprimé.

Il permet :

- Le placement des composants en mode automatique, manuel ou semi-automatique
- Le routage des liaisons sur 16 couches en mode automatique manuel ou semi-automatique. Il incorpore des algorithmes de remise en cause qui améliorent le pourcentage d'achèvement. Une passe supplémentaire, dite de nettoyage, permet de réduire la longueur des connexions et de minimiser le nombre de traversées afin d'améliorer l'esthétique du circuit. Il intègre un générateur de plan de masse.

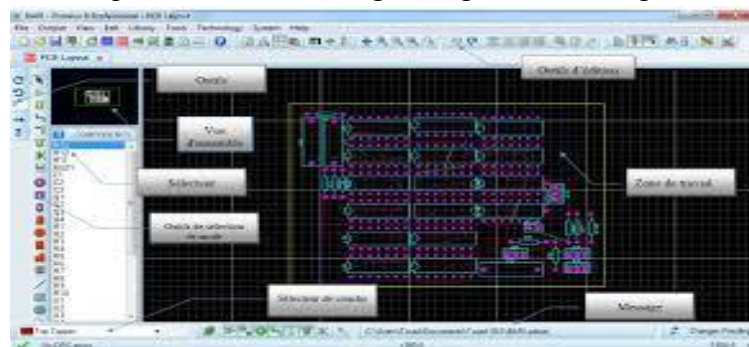


Figure 54: conception de circuit imprimé.

IV.2.2. utilisation du module ARES :

- ✓ Lancement direct (ARES est utilisé comme une planche à dessin informatisée). Dans le menu Démarrer sélectionner Programme puis Proteus 6 professionnel puis ARES 6.
- ✓ Lancement à partir du module de saisie de schéma ISIS.

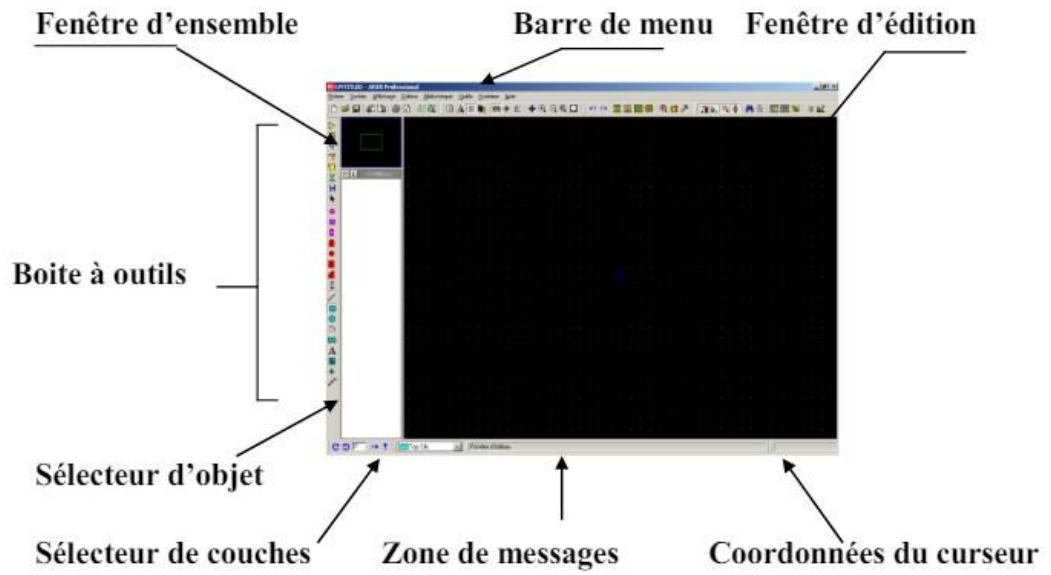


Figure 55: utilisation du module ares.

IV .2.3. Typon de la serre agricole :

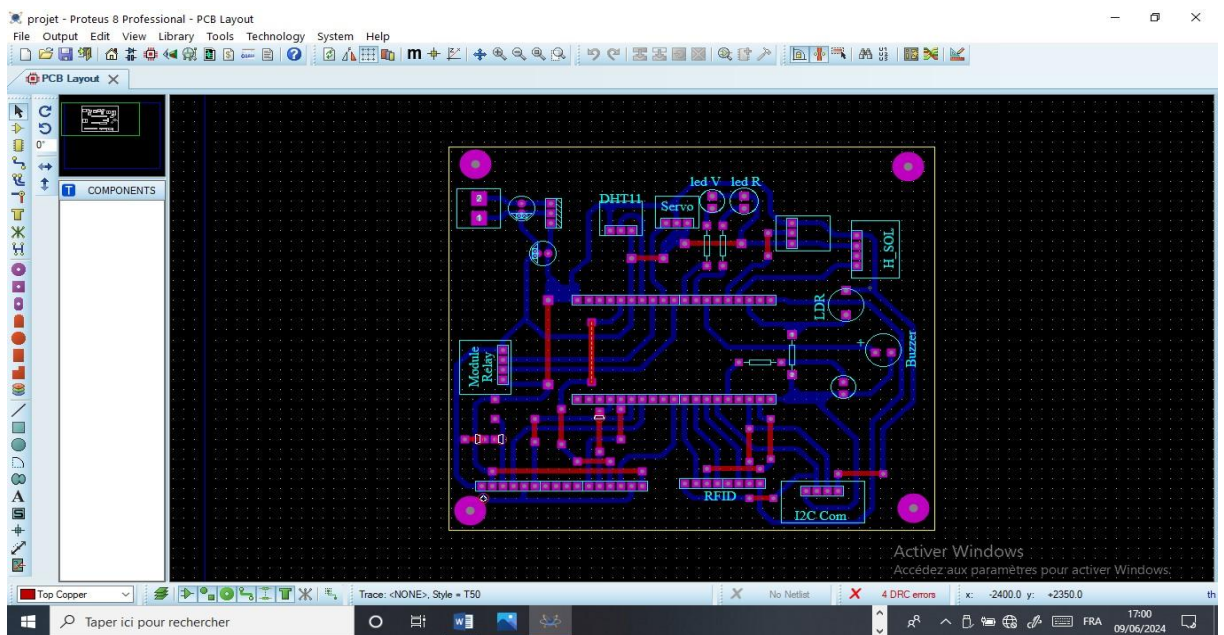


Figure 56: typon de la serre agricole.

IV.2.4 Typon de la serre animale:

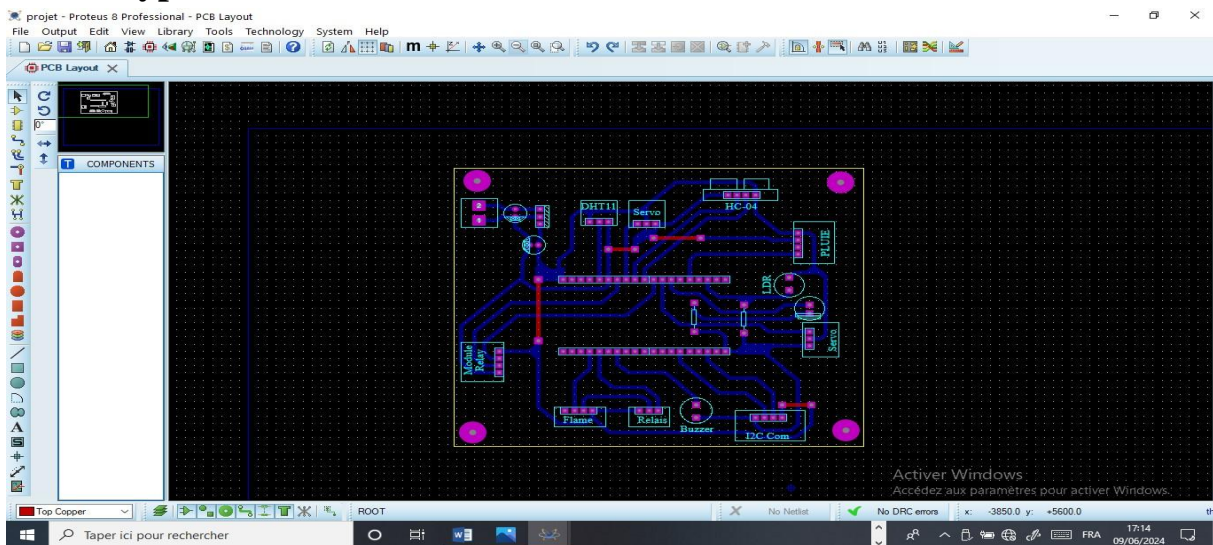


Figure 57: typon de la serre animale.

IV .2.5. - Impression du typon :

- Utiliser impérativement une imprimante laser, et du papier photo, car il faut utiliser un papier "couché" c'est-à-dire doté d'une surface très lisse, et il ne faut pas qu'il soit trop épais ;
- Mettre le cuivre à nu en éliminant toute trace d'oxydation en le frottant vigoureusement la plaque avec une éponge abrasive et il ne faut pas toucher le cuivre avec les doigts ;
- Scotcher le typon sur la plaque avec du scotch (**Figure 59**).



Figure 58: Nettoyage de la plaque en cuivre

IV.2.6- Transfert du circuit :

- On pose le recto du typon sur la face cuivrée de la carte en veillant à aligner les deux pièces. Mettant en route notre fer électrique, en attendant qu'il chauffe bien (**Figure 60**).
- Une fois que le fer à repasser est chaud, on le pose sur le typon et en le laisse en place de façon à transférer le toner sur le circuit.



Figure 59: transfert du circuit à l'aide d'un fer à repasser

IV.2.7. - La gravure :

Cette étape consiste à plonger la plaque obtenue dans un bain de perchlorure de fer afin d'éliminer le cuivre non protégé par la résine et en Remue la solution pendant 15 à 20 min, Ensuite, on la rince bien avec de l'eau.

- Une fois rincée on la nettoie avec un diluant nitré de façon à faire disparaître la couche (Figure 61)



Figure 60: la gravure

IV .2.8. - Le perçage et la Vérification :

Nous utilisons une perceuse électrique (Figure 62) et nous fixons d'abord la plaque afin d'éviter tout mouvement de cette dernière pendant le perçage, et on choisit le foret qui convient pour les diamètres des trous.



Figure 61: le perçage.

IV.2.9. - L'implantation des composants :

Une fois que tout est vérifié on monte les composants dans leur place (Figure 63).

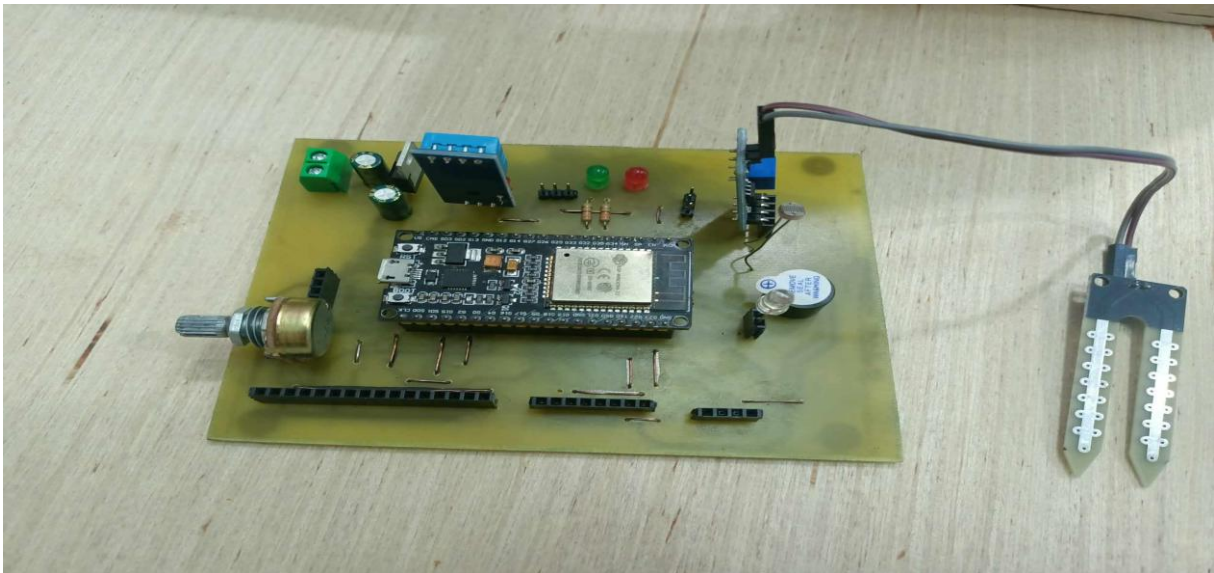


Figure 62: implantation des composants

V. Gestion des serres :

V.1. La plateforme « ThingSpeak »

ThingSpeak est une API (interface de programmation d'application), une application open source pour « 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.

ThingSpeak peut être intégré aux plates-formes arduino, ESP 32, Raspberry Pi, aux applications mobiles/Web, aux réseaux sociaux et aux analyses de données avec MATLAB (Figure.64). [29]



Figure.63. thingspeak

V.1.2. Fonctions de ThingSpeak

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

V .2. Les étapes pour utiliser ThingSpeak

Etape 1 : Créer compte

Pour pouvoir télécharger les données sur ThingSpeak à des fins d'analyse et de traitement, il faut créer un compte. Comme c'est présenté la figure Figure 65.

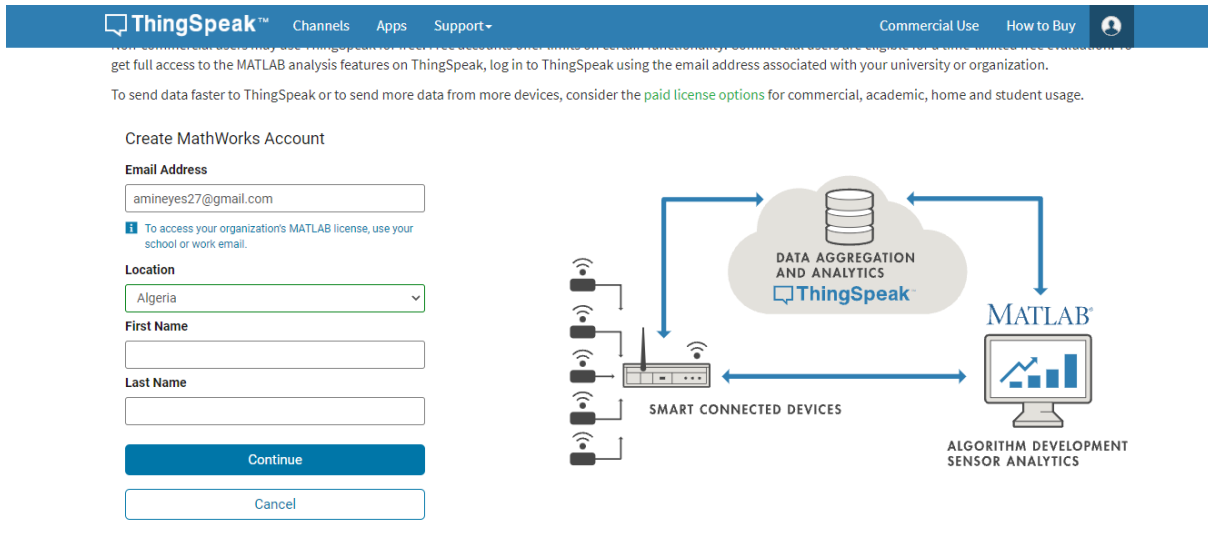


Figure.64. Création d compte ThingSpeak

Étape 2 : Créer un nouveau canal.

La création d'un nouveau canal est présenté la figure Figure.66.

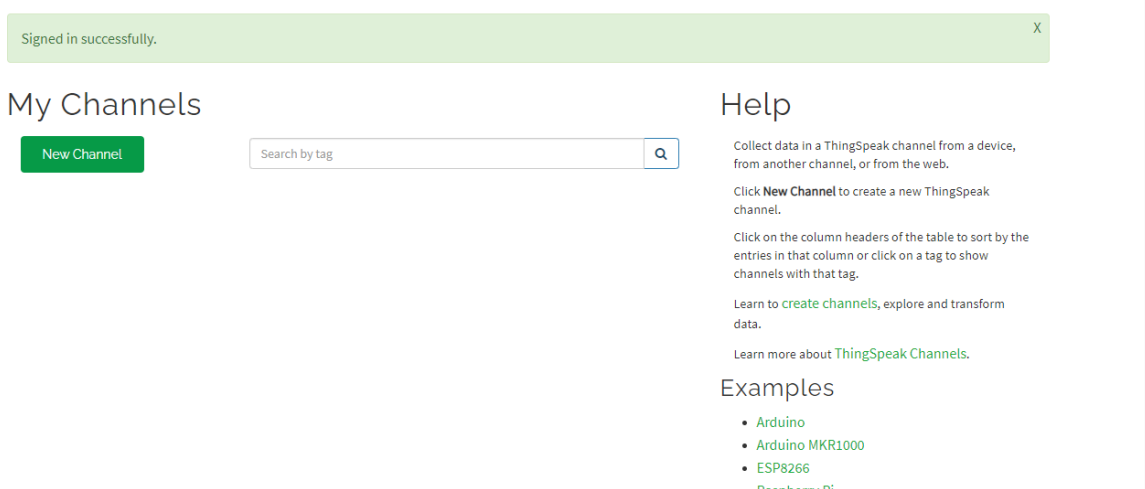


Figure.65: Création d'un nouveau canal

Il faut saisir les détails du nouveau canal créé. Par exemple, utiliser le nom du projet sur lequel on travaille comme nom du canal. En cas de doute, laisser certaines options vides. Les champs reflètent les données téléchargées. Par exemple, pour mesurer la température de la pièce, on peut définir le champ 1 comme Température de la pièce (Figure.67). À l'issue de cette opération, cliquer sur Enregistrer le canal.

Channel Settings

Percentage Complete 30%

Channel ID 2572876

Name

Description

Field 1

Field 2

Field 3

Field 4

Field 5

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Percentage complete:** Calculated based on data entered into the various fields of a channel. Enter the name, description, location, URL, video, and tags to complete your channel.
- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field#:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.

Figure 66: Les détails du nouveau canal pour la serre agricole.

Channel Settings

Percentage Complete 30%

Channel ID 2572878

Name

Description

Field 1

Field 2

Field 3

Field 4

Field 5

Field 6

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Percentage complete:** Calculated based on data entered into the various fields of a channel. Enter the name, description, location, URL, video, and tags to complete your channel.
- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field#:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.
- Show Channel Location:**
 - Latitude:** Specify the latitude position in decimal degrees. For example, the

Figure 67: Les détails du nouveau canal pour la serre animale.

Étape 3 : Rechercher la clé API :

La figure.68 présente la recherche de la clé API thingspeak.

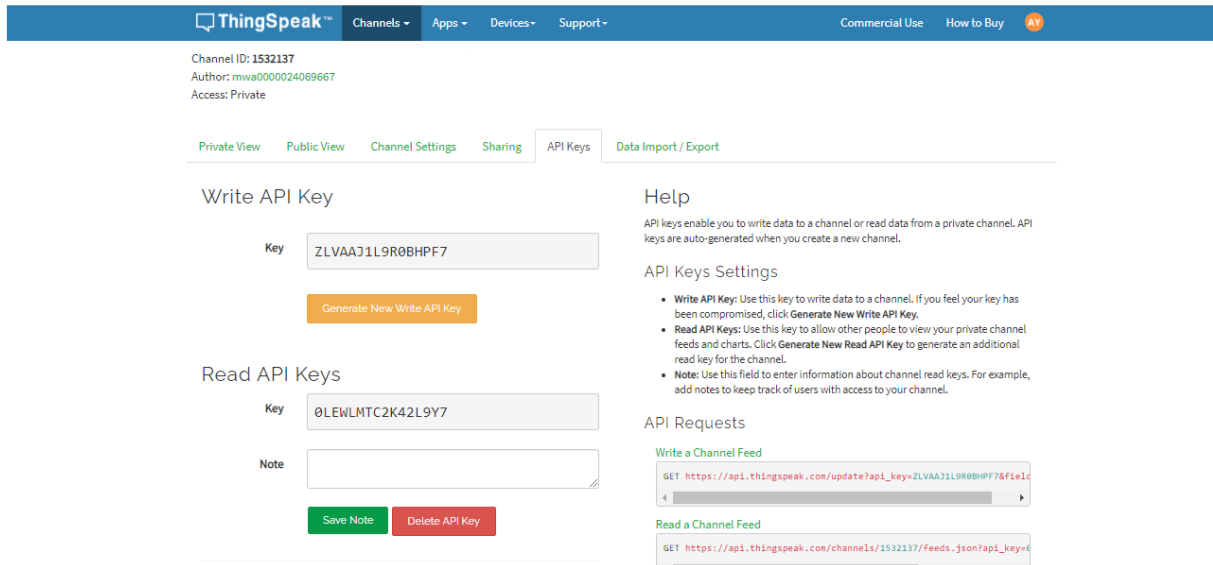


Figure.68: obtenir l’API thingspeak

V.2. Application WIFI:

V.2.1 Définition :

L’application Bluetooth contrôle le circuit électrique à distancé d’environ 30 à 45 mètre sans fils Vous pouvez utiliser le WIFI pour connecter certains appareils à votre téléphone sans aucun câble. Les appareils Bluetooth peuvent se connecter automatiquement à votre téléphone après leur première association. Lorsque votre téléphone est connecté à un appareil via le WIFI [30].

V.3.2 Créations d’une application Androïde WIFI:

Pour créer une application Bluetooth nous avons besoin de logiciel “ app inventor”

Logiciels	Matériels
App Inventor	Ordinateur
Mode de distribution	Format numérique

- Dans votre navigateur internet aller sur le site du logiciel : <http://ai2.appinventor.mit.edu/>

V.2.3 Logiciel app inventor:

V.2.3.1 Définition :

App Inventor est un outil de développement en ligne pour les téléphones et les tablettes qui fonctionnent avec le système d'exploitation Android. Il faut donc une liaison internet et un navigateur internet comme Mozilla Firefox ou Chrome. App Inventor est une application web open-source à l'origine fournie par Google, et maintenant maintenue par le Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cette plate-forme de développement est utilisable par toutes et tous à condition de posséder un compte Gmail. La programmation est réalisée sans taper une seule ligne de code, mais simplement en associant et en paramétrant des briques logicielles toutes faites (langage Scratch). Des connaissances en programmation orientée objet peuvent toutefois être nécessaires. Cependant, on pourra s'affranchir complètement de la connaissance des noms des propriétés et méthodes liées aux objets. En effet des blocs de propriétés, méthodes et événements seront directement proposés dès la création d'un objet sans que l'on s'en rende compte ce qui simplifie la programmation. La programmation orientée objet ne signifie pas que l'on travaille avec des objets graphiques mais plutôt que l'on manipule des objets informatiques appelés "objets" qui ont des propriétés, une classe et peuvent elles-mêmes avoir des héritiers, qui possèdent des méthodes ... L'utilisation de App Inventor rend assez facile la réalisation d'applications Android (en tout cas plus facile que l'utilisation du programme Google "Android Studio" qui nécessite de connaître la programmation en Java) mais les possibilités sont plus limitées [31].

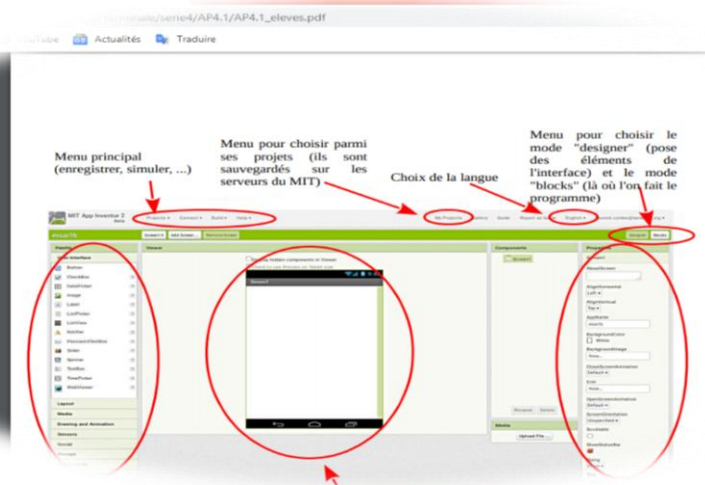
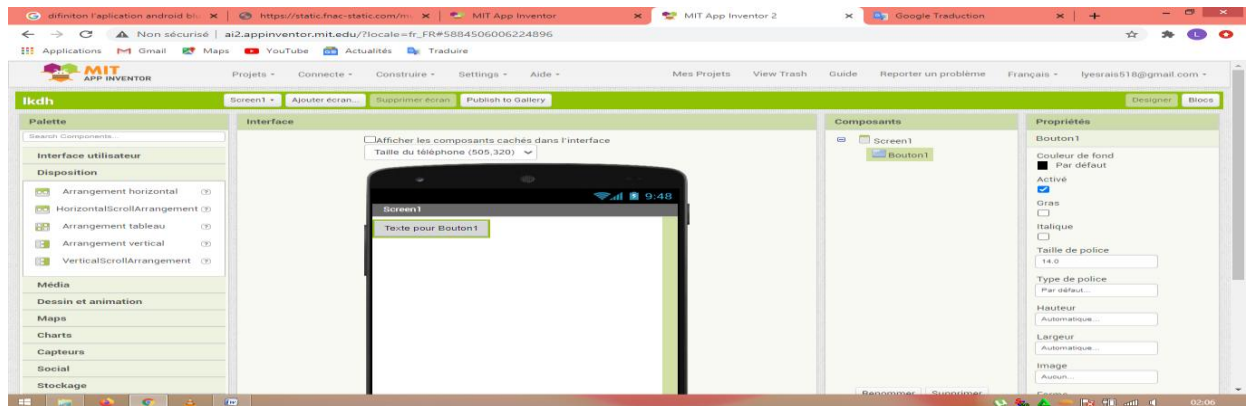


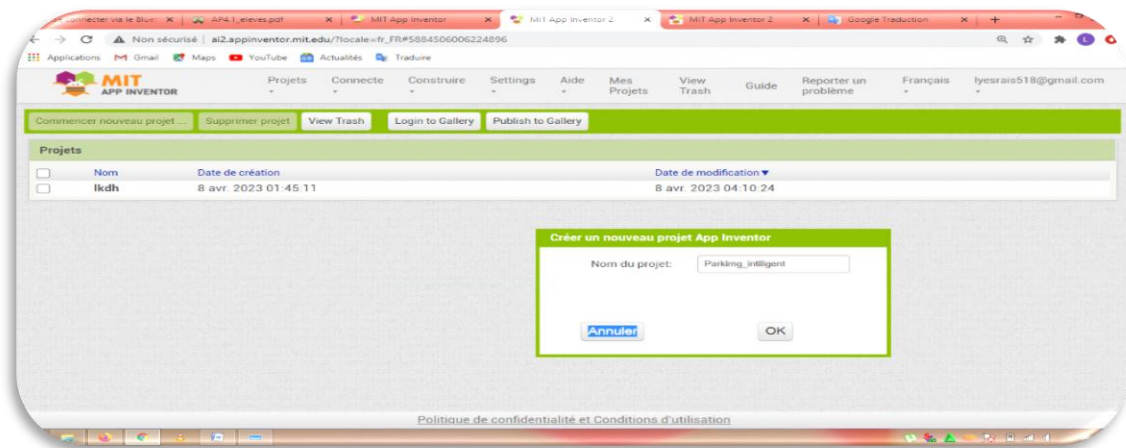
Figure 68: Logiciel APP inventor

V.6. L'étape de création de l'application Android WIFI avec logiciel "app inventor" :



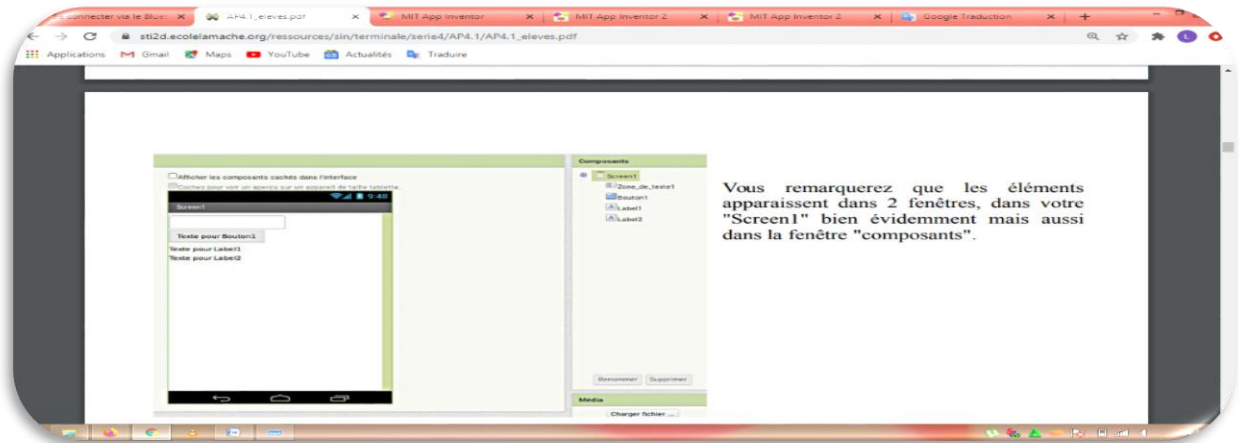
Étape 1 : création de l'application :

Allez dans le menu "Projets" puis choisir "Commencer nouveau projet ..." Choisir un nom de projet puis cliquer sur OK :



Étape 2 : placement des éléments sur l'écran :

Nous avons 4 éléments à placer sur notre écran (interface homme/machine): • une zone de texte à remplir ('zone de texte') • un bouton • 2 zones de texte où écrire ('Label') Placez les éléments pour obtenir l'écran ci-dessous. Pour placer un élément, cliquez dessus dans le menu de gauche et le déplacer, en gardant le clic enfoncé, à l'endroit où vous voulez le poser (dans le "Screen1" qui est le nom de votre fenêtre d'application)



Étape 3 :

Paramétrage des éléments Le paramétrage se passe dans la fenêtre de droite "propriétés" Pour la zone de texte, on va lui mettre un texte par défaut" : Pour le bouton, on va lui mettre un texte : Pour le 1er texte (Label1), on va écrire "conected " et le rendre invisible : Pour le 2ème texte (Label2), on ne va rien écrire et le rendre invisible aussi :

- **Il faut penser à faire régulièrement des sauvegardes (menu "Projets" puis "enregistrer le projet")**

V.3- Discussion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé les étapes de mise en œuvre de notre environnement de travail, nous avons testé et montrer les résultats de fonctionnement du système sur notre serre prototype.

La réalisation de ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques, et d'acquérir une certaine expérience au niveau de la réalisation pratique. Nous avons eu l'occasion d'étudier, de concevoir et d'utiliser une diversité de matériels et logiciels, et d'appliquer notre savoir et savoir-faire acquis lors de notre formation.

Chapitre IV :

Tests et résultats

I. Préambule :

Ce chapitre décrit les tests effectués sur les systèmes électroniques conçus pour surveiller et contrôler deux types de serres : une serre agricole et une serre dédiée aux animaux. Pour chaque serre, une carte électronique distincte a été développée et intégrée. Les cartes sont basées sur des microcontrôleurs ESP32 et sont équipées de divers capteurs pour mesurer des paramètres environnementaux tels que la température, l'humidité, la luminosité et le CO2. Les données collectées sont envoyées vers la plateforme ThingSpeak pour une visualisation en temps réel sous forme de graphiques, et sont également accessibles via une application mobile WiFi.

L'objectif principal de ces tests est d'évaluer la performance et la fiabilité des systèmes en termes de précision des capteurs, efficacité de la communication et réactivité des actuateurs. Nous présentons ici le plan de test, les résultats obtenus, ainsi qu'une analyse détaillée de ces résultats. Enfin, une discussion des points forts et des défis rencontrés, suivie de perspectives d'amélioration, conclura ce chapitre.

I.1. Branchement de Système global

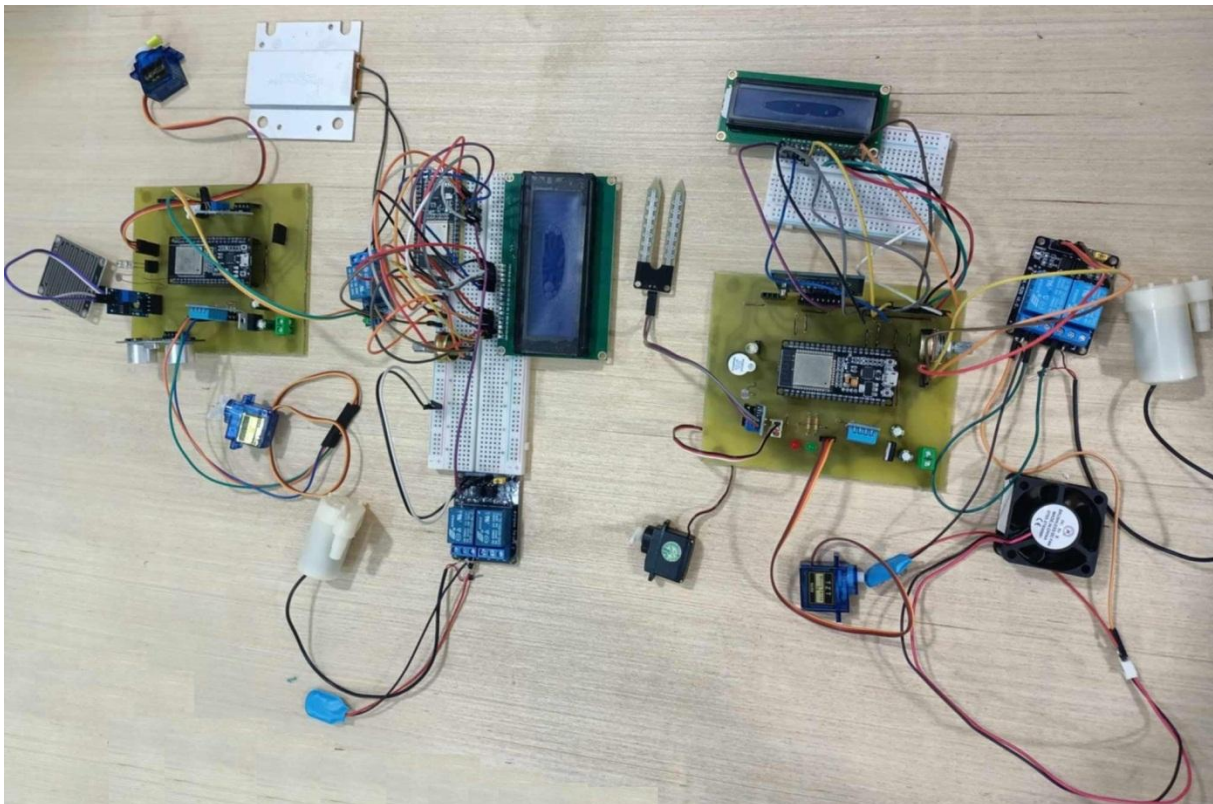


Figure 70 : Branchement de Système global

I.2. Résultats des tests :

I.2.1. Résultats sur le moniteur série :

```

COM8
Temperature2:27.00C/Humidity 2:46.00%/Luminosité 2:0.00/Humidity SOL 2:1191.00
Temperature2:27.00C/Humidity 2:46.00%/Luminosité 2:0.00/PUIE 2: 1191.00/Distance 2: 3.00cm
/Flame 2: 1.00
-----
Temperature2:27.00C/Humidity 2:46.00%/Luminosité 2:0.00/Humidity SOL 2:1018.00
Temperature2:27.00C/Humidity 2:46.00%/Luminosité 2:0.00/PUIE 2: 1018.00/Distance 2: 3.00cm
/Flame 2: 1.00
-----
Temperature1:28.00C/Humidity 1:47.00%/Luminosité 1:743.00/Humidity SOL 1:4095.00
Temperature1:28.00C/Humidity 1:47.00%/Luminosité 1:743.00/PUIE 1: 4095.00/Distance 1: 3.00cm
/Flame 1: 1.00
-----
Temperature2:27.00C/Humidity 2:46.00%

```

Figure 71 : résultat sur le moniteur sérié.

I.2.2. Collecte des données :

Les données ont été collectées sur une période de deux semaines avec des relevés toutes les 10 minutes pour chaque capteur. Les résultats sont présentés ci-dessous sous forme de tableaux et de graphiques.

I.2.3. Présentation des résultats :

I.2.3.1. Serre agricole :

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

Temps	Température (°C)	Humidité de l'air (%)
08:00	22	60
12:00	28	55
16:00	26	57
20:00	24	6

Tableau N°4 : Résultats des capteurs de température et d'humidité de l'air (Serre agricole)

Graphique 1 : Variations de température dans la serre agricole :**Commentaire sur les résultats de température et d'humidité de l'air (Serre agricole) :**

Les capteurs DHT11 ont montré une bonne précision et une réactivité adéquate aux variations environnementales. Les valeurs enregistrées suivent une tendance logique correspondant aux fluctuations diurnes attendues.

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

temps	Humidité du sol (%)	Luminosité (lux)
08:00	35	300
12:00	30	800
16:00	32	600
20:00	34	400

Tableau N°4 : Résultats des capteurs d'humidité du sol et de luminosité (Serre agricole)

Graphique 2 : Variations de l'humidité du sol et de la luminosité dans la serre agricole :**Commentaire sur les résultats de l'humidité du sol et de la luminosité (Serre agricole) :**

Les variations de luminosité enregistrées sont cohérentes avec les attentes pour une journée typique, avec des pics autour de midi. Les niveaux d'humidité du sol montrent une légère fluctuation, reflétant les cycles d'arrosage.

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

temps	Identifiant RFID	Accès autorisé/refusé
08:00	123456	Autorisé
12:00	654321	Refusé
16:00	123456	Autorisé
20:00	655478	Refusé

Tableau N°5 : Résultats du système RFID (Serre agricole)

Commentaire sur les résultats du système RFID (Serre agricole) : Le système RFID a fonctionné correctement, permettant ou refusant l'accès en fonction des identifiants autorisés. Cela montre la fiabilité du système de contrôle d'accès.

I.2.3.2. Serre Animale :

Dans le tableau suivant nous présentons les résultats :

temps	Température (°C)	Humidité de l'air (%)
08:00	21	65
12:00	27	60
16:00	25	62
20:00	23	66

Tableau N°6 : Résultats des Capteurs de Température et d'Humidité de l'Air

Graphique 3 : Variations de température dans la serre animale:



Commentaire : Les capteurs DHT11 ont montré une bonne précision et une réactivité adéquate aux variations environnementales. Les valeurs enregistrées suivent une tendance logique correspondant aux fluctuations diurnes attendues.

temps	Gaz (ppm)	Flamme (détection)	Luminosité (lux)
08:00	100	NON	250
12:00	110	OUI	800
16:00	105	NON	600
20:00	95	NON	300

Tableau N°7 : Résultats des Capteurs de Gaz, de Flamme et de Luminosité

Commentaire : Les capteurs de gaz et de flamme ont efficacement détecté les niveaux de gaz et la présence de flammes, déclenchant les alertes nécessaires. Les variations de luminosité enregistrées sont cohérentes avec les attentes pour une journée typique, avec des pics autour de midi.

I.3. Les résultats sur thingSpeak:

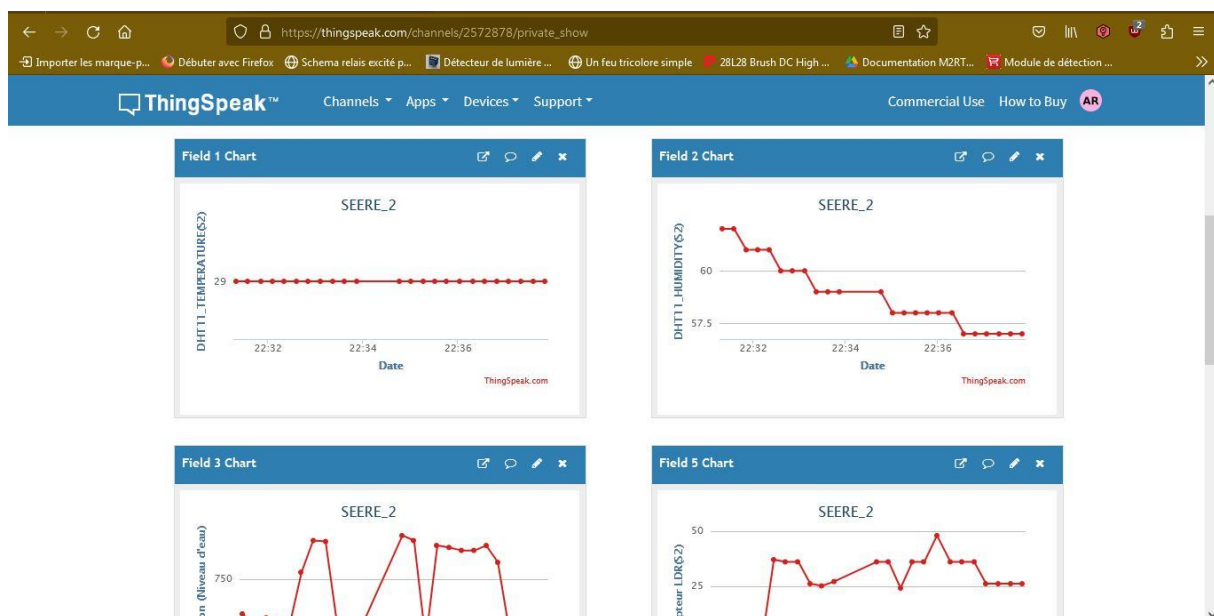


Figure 72 : résultat de thingSpeak.

I.4. Les résultats sur l'application WIFI (App inventor) :

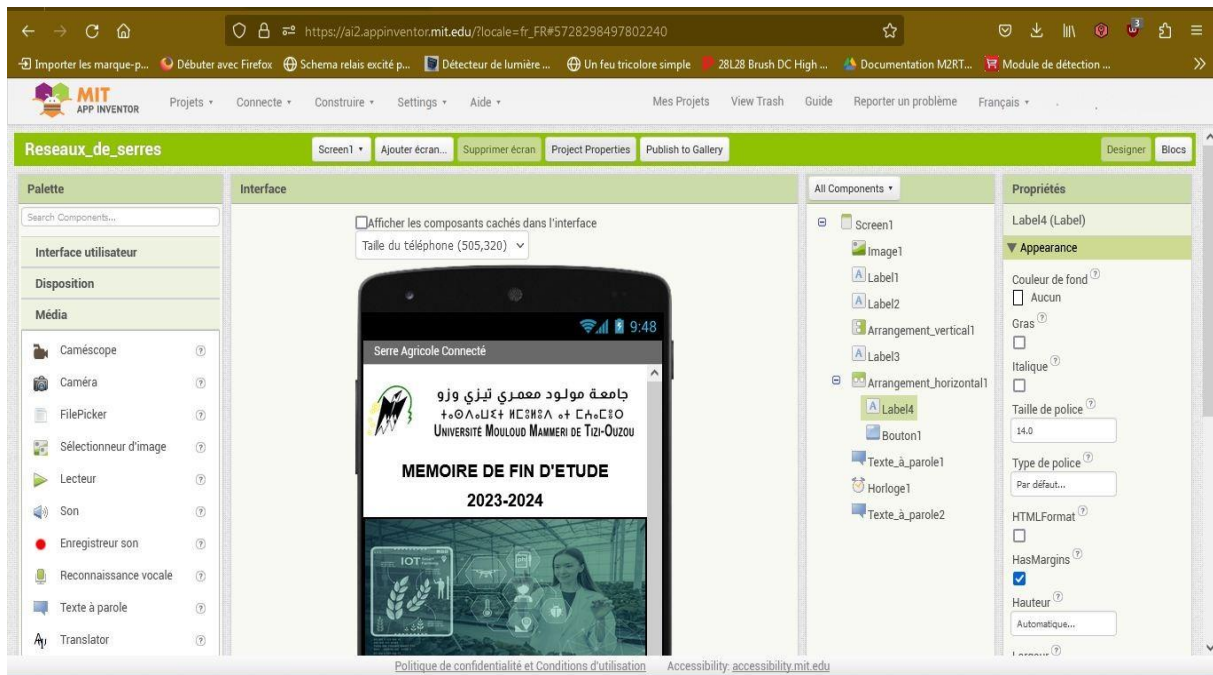


Figure 73 : application Mit inventor.

I.5. Discussion :

Les tests effectués ont montré que les systèmes de surveillance et de contrôle développés pour les serres agricoles et animales sont performants et fiables. Les capteurs, acteurs et systèmes de communication ont tous fonctionné comme prévu, permettant une gestion efficace des conditions environnementales. Les données transmises en temps réel vers ThingSpeak et l'application mobile ont permis une visualisation et une analyse précises, facilitant la gestion des serres. Les points forts et les défis rencontrés fournissent des bases solides pour de futures améliorations, visant à optimiser encore davantage ces systèmes pour une utilisation pratique et commerciale.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Notre projet de réseaux de serres intelligentes, a démontré la possibilité et l'efficacité de l'utilisation des microcontrôleurs ESP32 pour la surveillance et le contrôle de l'environnement de serres. En développant une solution intégrée combinant capteurs, et une plateforme de communication WiFi, nous avons permis aux agriculteurs de surveiller et de contrôler les conditions de leurs serres à distance et en temps réel.

Durant ce projet, nous avons appliqué les compétences acquises tout au long de notre cursus universitaire en automatisme, électronique appliquée et informatique. Cette expérience nous a permis de créer un model fonctionnel de serres intelligentes, capable de mesurer et de réguler des paramètres cruciaux tels que la température, l'humidité, la luminosité et le niveau de CO₂. Les données collectées sont envoyées vers ThingSpeak pour une visualisation en temps réel et sont également accessibles via une application mobile, facilitant ainsi la gestion et le contrôle à distance.

Cependant, ce projet n'a pas été sans défis.

- Nous avons rencontré des difficultés liées à l'approvisionnement en composants et à la réalisation des cartes électroniques. Malgré ces obstacles, les résultats obtenus montrent la fiabilité et l'efficacité de notre système, et ouvrent la voie à des améliorations futures.
- Nous avons essayé de développer ce travail sous protocole I2C, on utilisant nos connaissances, et en contactant beaucoup d'enseignants, malheureusement on a pas pu solutionner ce problème. D ou le recours au wifi. Nous souhaitons que le probleme de la communication I2C, sera traitée par les promotions futurs.

Perspectives d'amélioration

Pour renforcer et étendre notre projet, nous proposons les axes suivants :

- Utilisation de panneaux photovoltaïques pour réduire la consommation d'énergie.
- Adoption de protocoles sans fil supplémentaires (comme XBEE) pour minimiser les câbles.
- Mise en œuvre de capteurs numériques pour améliorer la précision des données.
- Développement d'une application Android pour une gestion mobile encore plus pratique.
- Extension de notre plateforme pour gérer des serres de plus grande taille.
- Intégration de systèmes d'irrigation fertilisante.
- Ajout de nouveaux actuateurs tels que le chauffage d'eau et l'enrichissement en CO₂.
- Surveillance de nouveaux paramètres comme la température du sol, le pH et la conductivité électrique.
- Exploration de commandes avancées utilisant des réseaux de neurones pour une gestion encore plus intelligente des serres.
- Solutionner le protocole de communication I2C.

En conclusion, ce projet représente une avancée significative vers des solutions agricoles plus intelligentes et durables. Nous espérons que notre travail servira de base pour de recherches et développements futurs, contribuant ainsi à l'optimisation de l'agriculture moderne.

Bibliographie

Bibliographie

- [1]: <https://Smart-akis.com/index.php/network/c-quoi-smart-farming>
- [2]: <https://altyor.fr/smart-farming-agriculture-intelligente/>
- [3]: <https://www.synox.io/cat-smart-agriculture/smart-farming-agriculture-futur/>
- [4]: <https://www.isaria-digitalfarming.com/fr/savoir/agriculture-intelligente>
- [5]: https://operaconnaissances.chambresagriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=156065
- [6]: <https://www.synox.io/cat-smart-agriculture/smart-farming-agriculture-numerique/>
- [7]: <https://ridder.com/fr/nouvelles/quatre-technologies-pour-une-serre-autonome/>
- [8]: <WWW.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel>
- [9]: LEMADANI, MALOUMAJMI, MEMOIRE DE MASTER, FILIERE: GENIE ELECTRIQUE, OPTION: AUTOMATIQUE, THEME « ETUDE, CONCEPTION ET REALISATION D'UNE PLATEFORME POUR L'AUTOMATISATION ET LE CONTROLE A DISTANCE DES SERRES AGRICOLES ». PROMOTION JUIN 2017,
- [10]: <http://www.vaisala.fr/fr/industrialmeasurements/applications/agriculture/Pages/greenhouses.aspx> UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES .
- [11] : HANENE GUEDMIM , MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE , CONCEPTION ET REALISATION D'UNE SERRE AGRICOLE CONNECTEE , 2019/2020, MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE UNIVERSITE MOULOUD MAAMRI DE TIZI OUZOU
- [12]: <https://iytwist.com/iot-in-agriculture-connected-farming-world>
- [13]: <https://maferme.ma/serre-intelligente-maroc/>.
- [14] : M. Kechir, H. Mahfoudi, "Acquisition et transmission sur bus CAN des paramètres bioclimatiques d'une serre agricole, " mémoire de master, Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene USTHB, 2012.
- [15] : <https://ridder.com/fr/nouvelles/quatre-technologies-pour-une-serre-autonome/>
- [16] http://labsticc.univ-brest.fr/~bounceur/cours_site/Cours-Android-et-IoT---ENSTA.html
- [17] <https://projetsdiy.fr/microcontrôleurs-mcu/esp32-iot>
- [18] : «Capteurs,» [En ligne]. Available: <http://www.mytopschool.net>.
- [19] <https://www.google.com/search?ei=vmSJX>
- [20] https://www.academia.edu/36370856/Projet_de_fin_d%C3%A9tudes_R%C3%A9ali
- [21] https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9tecteur_de_pluie
- [22] <https://apprendre.youpilab.com/capteur-dhumidite-du-sol/>

Bibliographie

- [23] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/systeme-embarque-page-2.html/>
- [24] <https://www.google.com/search?ei=y3eJX9j8J4aKlwSoroHwCQ&q=ventilateur++de+definition&oq>
- [25] <http://bib.univ-oeb.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/8108/1/memoire-pdf.pdf>
- [26] <https://randomnerdtutorials.com/>
- [27] <https://www.arduino.cc/en/software>
- [28] http://infarab.free.fr/doc_09-12_2014/Cours-ARES.pdf
- [29] <https://fr.mathworks.com/help/thingspeak/>
- [30] https://fr.wikipedia.org/wiki/App_Inventor/