

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

N° :.....



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
FILIERE : ELECTRONIQUE
OPTION : INSTRUMENTATION

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master académique**

Par:

LACHACHE Aroua

LOUGLAITHI Moussa

Intitulé

**Réalisation d'une serre agricole
intelligente**

Soutenu devant le jury composé de:

BENTOUMI Miloud	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Président
KEBAILI Farida	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Encadreur
MESSILI Oualid	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Co-encadreur
CHAABANE Rayane	Université Mohamed Boudiaf M'sila	Examineur

Année universitaire : 2022 / 2023

Remerciement

Nous offrons notre grande gratitude à Dieu qui nous a aidés à réaliser ce travail.

Nous remercions notre promoteur Dr.KEBAILI Farida pour les efforts qu'elle a déployés, pour nous aider, nous conseiller, nous encourager et nous corriger.

Nous présentons nos remerciements avec notre profond respect à notre Co-encadreur Dr.MESSILI Oualid Pour son suivi, sa patience, ses conseils et son aide, tout le long de la réalisation de ce travail

Nous voudrions également remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail, ainsi que tout le corps enseignant dans le département d'électronique qui a contribué à notre formation universitaire.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nous leur exprimons notre sincère reconnaissance.

Dédicace

À mes chers parents « **Madani & Linda** », qui m'ont toujours soutenue et encouragée à poursuivre mes rêves. Vous m'avez appris la valeur du travail acharné, de la persévérance et de la détermination. Je ne serais pas où je suis aujourd'hui sans votre amour inconditionnel.

À mes merveilleuses sœurs « **Chaima, Noussaiba, Maria, honaida** » et frères « **Baraa, Owais, Abdellah** », et à « **Khaira** » vous êtes mes complices et mes meilleurs amis. Les liens qui nous unissent sont indestructibles, et à travers nos différences, nous formons une équipe solide. Nous avons partagé des rires, des pleurs, des secrets et des rêves, créant ainsi des souvenirs qui resteront gravés dans nos cœurs pour toujours.

À mes amies les plus proches « **Houda, Manar, Aya, Sarah, Fati, Omaima, Douaa, Razika, Rokia** » Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A TOUTE MA FAMILLE aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Aroua

Dédicace

*Je dédie ce travail à **ma mère**, qui nous a quittés sans voir ce que son travail a produit, et pour son travail acharné avec moi tout au long de mon parcours universitaire, et à **mon père**, qui a été mon soutien tout au long de ma vie, et à toute la famille, du plus vieux au plus jeune, cher **Kénan**, qui s'est toujours tenu à mes côtés.*

Et à mes proches et amis qui m'ont toujours encouragé et qui m'ont donné amour et vitalité

J'ai été chaleureusement soutenu et encouragé tout au long de mon parcours, et à qui je souhaite encore plus de succès.

A tous ceux que j'aime.

Merci!

Moussa

ملخص :

كجزء من رسالة الماستر ، تم تصميم وبناء نظام بهدف تقليل الصوبات الزراعية والتحكم فيها عن بعد. كان الهدف الرئيسي هو تقليل عبء العمل على المزارعين وتحسين نوعية وكمية المحاصيل. يتكون المشروع من ثلاثة أجزاء متميزة :

في الجزء الأول ، تم تصميم نظام ذكي لاكتشاف الظروف المناخية في الدفيئة من البيانات التي تم جمعها بواسطة أجهزة الاستشعار. يمكنه أيضًا أن يقرر تشغيل المحركات من أجل الحفاظ على الظروف المناخية المثلى للنباتات.

تم تخصيص الجزء الثاني لتطوير واجهة بين الإنسان والآلة لتصور في الوقت الحقيقي المعلومات المناخية وتكوين عتبات الظروف المناخية التي لا يتم تجاوزها في الدفيئة. أخيرًا ، تم عمل نموذج أولي للاحتباس الحراري لاختبار أداء ووظائف النظام.

الكلمات المفتاحية : نظام ذكي ، الحساسات ، الظروف المناخية ، أجهزة الاستشعار ، المحركات

Résumé :

Dans le cadre d'un mémoire de fin d'études en master, un système a été conçu et réalisé dans le but d'automatiser et de contrôler à distance **les serres agricoles**. L'objectif principal était de réduire la charge de travail des agriculteurs et d'améliorer la qualité et la quantité des récoltes.

Le projet se compose de trois parties distinctes :

Dans la première partie, **un système intelligent** a été conçu pour détecter les conditions climatiques dans la serre à partir des données collectées par **des capteurs**. Il peut également décider de déclencher **des actionneurs** afin de maintenir les conditions climatiques optimales pour les plantes.

La deuxième partie a été consacrée au développement d'une interface homme-machine pour visualiser en temps réel les paramètres climatiques et configurer les seuils des conditions climatiques à ne pas dépasser dans la serre.

Enfin, un prototype de serre a été réalisé pour tester les performances et la fonctionnalité du système.

Mot clé : les serres agricoles, un système intelligent, des capteurs, des actionneurs.

Abstract:

As part of a master's thesis, a system was designed and implemented with the goal of automating and remotely controlling agricultural greenhouses. The primary objective was to reduce the workload of farmers and improve the quality and quantity of crop yields. The project consists of three distinct parts:

In the first part, an **intelligent system** was designed to detect the climatic conditions inside **the greenhouse** using data collected by **sensors**. It can also decide to trigger **actuators** to maintain the optimal climatic conditions for the plants.

The second part was dedicated to developing a human-machine interface to visualize real-time climatic parameters and configure the thresholds of the climatic conditions not to be exceeded inside the greenhouse.

Finally, a greenhouse prototype was built to test the performance and functionality of the system.

Keywords: the greenhouse, intelligent system, sensors, actuators

TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENTS	VII
Dédicaces	VII
ملخص	VII
Résumé	VII
Abstract	VII
Liste des Figures	IVII
Liste des tableaux	XII
Liste des abréviations	XVI
Introduction Générale	1
Chapitre I: Généralités sur l'agriculture et les serres agricoles intelligentes	4
1. Introduction	5
2. L'agriculture en Algérie	5
2.1 Les problèmes et les avantages de l'agriculture	6
3. Serre agricole intelligente	7
3.1 Définition	7
3.2 Avantages de serre intelligente	7
3.3 Structure et matériaux pour la serre	8
3.4 Les paramètres climatiques dans une serre	8
3.4.1 Lumière	9
3.4.2 Température	9
3.4.2.1 Chauffage	9
3.4.2.2 Ventilation	9
3.4.3 Humidité	10
3.4.4 Teneur en gaz carbonique	10

3.4.5 L'irrigation	11
4. Systèmes de contrôle automatique	11
4.1 Systèmes d'irrigation	11
4.2 Système d'ouverture des serres	12
4.3 Surveillance de l'environnement	12
5. Conclusion	12
Chapitre II: Composants et logiciel	13
1. Introduction	14
2. Partie la structure de serre	14
2.1 Conception de la serre intelligente	14
3. La partie matérielle.....	15
3.1 Bloc de Traitement	15
3.1.1 Cartes de développement	15
3.1.2 Microcontrôleurs STM32F1	15
3.1.3 Comparaison de carte STM32F1 et des autres cartes	16
3.1.4 Les entrées et sortis de STM32F1	16
3.1.5 Avantages de STM32F1	17
3.1.6 USB TTL	17
3.2 Modules et composants d'entrée-sortie	18
3.2.1 Le Module de détection de valeur PH 0-14 liquide	18
3.2.1.1 Caractéristique technique de module PH	19
3.2.2 Le module de conductivité de l'eau analogique TDS	19
3.2.2.1 Le paquet Contient	19
3.2.3 Le Capteur de Température DS18B20	20
3.2.3.1 Principe de fonctionnement le DS18B20	20
3.2.3.2 Câblage le capteur DS18B20 avec STM32F1.....	21
3.2.4 Le capteur de qualité de l'air (MQ-135).....	21
3.2.4.1 Définition	21

3.2.4.2	Caractéristiques de sensibilité MQ-135	22
3.2.4.3	Caractéristiques techniques du MQ-135	23
3.2.5	Capteur d'humidité et température DHT21	23
3.2.5.1	Définition	23
3.2.5.2	Caractéristiques technique	24
3.2.5.3	Principes de fonctionnement de capteur DHT21	24
3.2.6	La photorésistance	25
3.2.6.1	Principe de fonctionnement	25
3.2.7	Le module HC-SR04 ultrasonique	25
3.2.7.1	Câblage le module Hc-sr04 avec STM32F1	26
3.3	Partie des actionneurs	27
3.3.1	Pompe électrique.....	27
3.3.1.1	Caractéristiques	27
3.3.2	Évaporateur d'humidité ultrason	28
3.3.2.1	Caractéristiques technique.....	28
3.3.3	Servo moteur SG-90.....	29
3.3.3.1	Caractéristiques Servomoteur SG-90	29
3.4	Partie Ventilation et refroidissement	29
3.4.1	Ventilateur	29
3.4.2	Refroidissement.....	30
3.4.2.1	Le Condenseur.....	30
3.4.2.2	Le compresseur de Réfrigérateur	31
3.4.2.3	Caractéristiques de gaz R134a	31
3.4.2.4	Réfrigérateur évaporateur	32
3.5	Bloc d’Affichage	32
3.5.1	Écran OLD 0.92 inch	32
3.5.1.1	Caractéristiques technique	32
3.5.2	Écran LCD 16*2 + I2C	33

3.5.2.1	Caractéristiques technique	33
3.5.2.2	Interface I2C	34
3.6	Bloc d'éclairage	35
3.6.1	Série Led	35
3.7	Module d'horloge en temps réel DS1302	36
3.7.1	Câblage de DS1302 avec STM32F1	36
3.8	Adaptateur de carte micro SD	37
3.8.1	Câblage l'adaptateur SD avec STM32F1	37
3.9	Bloc d'alimentation	38
3.9.1	Chargeur d'alimentation	38
3.9.2	Convertisseur DC/DC LM2596	39
3.9.3	Convertisseur DC/DC XL4015	39
3.9.4	Relai 4 module	40
3.10	Partie de commande	41
3.10.1	Module de remonte control	41
4.	Partie logicielle	41
4.1	Plate-forme de programmation Arduino IDE	41
4.1.1	Programmation avec arduino IDE	42
4.1.2	Les étapes de téléchargement du programme dans STM32F1.....	43
4.2	Logiciel de Fritzing	44
5.	Conclusion	45
	Chapitre III: Conception et réalisation	46
1.	Introduction	47
2.	Objectif et description du système à réaliser	47
3.	La partie mécanique de la réalisation	48
3.1	Les étapes de la réalisation	49
3.1.1	La structure à l'extérieur	49
3.1.2	La structure à l'intérieur	55

4. La partie affichage et contrôle	57
4.1 Partie d'affichage	57
4.2 Partie calibration des capteurs	58
4.2.1 Calibration de Capteur MQ-135	58
4.2.2 Calibration du module de PH	59
5. Partie commande	60
5.1 Organigramme l'humidité	60
5.2 Organigramme de température	61
5.3 Organigramme de l'irrigation	62
5.4 Organigramme de CO2	63
5.5 Organigramme la luminosité	65
6. Le circuit du système intelligent	66
7. Le circuit d'alimentations	66
8. Principe de fonctionnement de système	67
9. Partie testes	69
9.1 Les résultats obtenus	73
9.1.1 La température	73
9.1.2 L'humidité	74
9.1.3 Le taux de Co2	74
9.1.3 L'éclairage	75
10. Conclusion	75
Conclusion générale	75

LISTE DES FIGURES

Figure1.1 : Exemple d'agriculture	6
Figure1.2 : La culture en sol	6
Figure1.3 : Une serre intelligente	7
Figure 2.1 : Conception de la serre intelligente	14
Figure 2.2 : Le microcontrôleur STM32F1	16
Figure 2.3 : Les pins de Microcontrôleurs STM32F1	17
Figure 2.4 : Câblage de USB avec le Microcontrôleurs STM32F1	18
Figure 2.5 : Le module de détection de valeur PH 0-14 liquide	18
Figure 2.6 : Le module de conductivité de l'eau analogique TDS	19
Figure 2.7 : Le Capteur de température DS18B20	20
Figure 2.8 : Câblage le capteur DS18B20 avec STM32F1	21
Figure 2.9 : Le capteur de qualité de l'air MQ-135	22
Figure 2.10 : Caractéristiques de sensibilité MQ-135	23
Figure 2.11 : Capteur d'humidité et température DHT21	24
Figure 2.12 : La photorésistance LDR	25
Figure 2.13 : Le module HC-SR04 ultrasonique	26
Figure 2.14 : Câblage le module HC-SR04 avec STM32F1	26
Figure 2.15 : Pompe électrique R385 12V	28
Figure 2.16 : Évaporateur d'humidité 24v DC	28
Figure 2.17 : Servo moteur SG-90	29
Figure 2.18 : Ventilateur 12v	30
Figure 2.19 : Le condenseur de réfrigérateur	30
Figure 2.20 : Le compresseur de réfrigérateur	31
Figure 2.21 : Réfrigérateur évaporateur	32
Figure 2.22 : Écran OLD 0.92 inch	33

Figure 2.23 : Écran LCD 16*2 + I2C	34
Figure 2.24 : Interface I2C	35
Figure 2.25 : Sérié des LED de TV	35
Figure 2.26 : Module d'horloge en temps réel DS1302	36
Figure 2.27 : Câblage de DS1302 avec STM32F1	36
Figure 2.28 : Adaptateur de carte micro SD	37
Figure 2.29 : Câblage l'adaptateur SD avec STM32F1	38
Figure 2.30 : Chargeur d'alimentation	38
Figure 2.31 : Convertisseur DC/DC LM2596	39
Figure 2.32 : Convertisseur DC/DC XL4015	40
Figure 2.33 : Relai 4 module	40
Figure 2.34 : Remonte control	41
Figure 2.35 : Plate-forme de programmation Arduino IDE	42
Figure 2.36 : Programmation avec arduino IDE	43
Figure 2.37 : Les étapes de téléchargement du programme dans STM32F1	44
Figure 2.38 : Logiciel de Fritzing	45
Figure 3.1 : Structure de système de contrôle réalisée	48
Figure 3.2 : Image réelle de la formation du fer	49
Figure 3.3 : La première couche de la peinture	49
Figure3.4 : La deuxième couche de la peinture	50
Figure3.5 : Installation des panneaux sandwich	50
Figure3.6 : Le refroidissement du mini serre agricole.....	51
Figure 3.7 : Image réel de réservoir d'eau	51
Figure 3.8 : La première fenêtre interface externe.....	52
Figure 3.9 : La première fenêtre interface interne	52
Figure 3.10 : Le ventilateur	53
Figure 3.11 : la deuxième interface interne	53
Figure 3.12 : La pompe d'eau	53

Figure 3.13 : Panneau de contrôle	54
Figure 3.14 : l'installation des LED	54
Figure 3.15 : La partie d'affichage	55
Figure 3.16 : Porte-pot avant la peinture	55
Figure 3.17 : porte-pot après la peinture	56
Figure 3.18 : Plantation et mise en place d'outils d'arrosage	56
Figure 3.19 : Afficher les connexions des pièces avec la carte STM32f1	57
Figure 3.20 : Calibration de Capteur MQ-135	58
Figure 3.21 : Calibration du module de PH	59
Figure 3.22 : Organigramme l'humidité	60
Figure 3.23 : Organigramme de température	61
Figure 3.24 : Organigramme de l'irrigation	62
Figure 3.25 : Organigramme de CO2	64
Figure 3.26 : Organigramme la luminosité	65
Figure 3.27 : Le montage de circuit de système sur fritzing	66
Figure 3.28 : Le circuit d'alimentations	67
Figure 3.29 : L'affichage de message bienvenue	69
Figure 3.30 : L'initialisation du système	69
Figure 3.31 : La configuration de la température	70
Figure 3.32 : La configuration d'humidité.....	70
Figure 3.33 : La configuration de l'éclairage	71
Figure 3.34 : La configuration de co2	71
Figure 3.35 : La configuration d'arrosage	72
Figure 3.36 : L'affichage des paramètres mesuré	72
Figure 3.37 : La courbe de température	73
Figure 3.38 : La courbe d'humidité.....	74
Figure 3.39 : La courbe de taux de CO2.....	74
Figure 3.40 : La courbe d'éclairage	75

LISTE DES TABLEUX

Tab2.1 : Comparaison de carte STM32F1 et des autres cartes 16

Tab2.2 : Caractéristiques de gaz R134a..... 31

LISTE DES ABRÉVIATION

PME - Petite et Moyenne Entreprise	DHT - Digital Humidity-temperature sensor
PVC - Chlorure de polyvinyle	HC-SR - Ultrasonic sensor
CO2 - Dioxyde de carbone	SG90 - Small, low-cost servo motor
IOT - Internet des objets	OLED - Organic Light-Emitting Diode
STM - STMicroelectronics	LCD - Liquid Crystal Display
LED - Light Emitting Diode	DC - Direct Current
NTC - Coefficient de Température Négatif	I2C - Inter-Integrated Circuit
CAN – Convertisseur Analogique Numérique	RTC - Real-Time Clock
CNA - Convertisseur Numérique Analogique	SCK - Serial Clock
USAR - Universal Synchronous Asynchronous Receiver	CS - Chip Select
USB - Universal Serial Bus	SDI - Serial Peripheral Interface
IDE - Integrated Development Environment	SD - Secure Digital
TDS - Total Dissolved Solids	FET - Field-Effect Transistor
°C - Degrees Celsius	PWM - Pulse Width Modulation
VCC - Alimentation	PH - Potentiel Hydrogène
GND - Refers to the ground	PPM - Parts Per Million
TRIG - Trigger sensor ultrasonic pulse Distance to an object	T.ref - Température référence
TTL - Transistor-Transistor Logic	T.RD - Température Read
	T.interne - Température intérieur
	RDS - Return divider setting

Introduction générale

Introduction générale

La crise économique mondiale a mis en lumière la vulnérabilité de notre économie qui dépend fortement des hydrocarbures, ce qui nous pousse à rechercher de nouveaux secteurs pour le développement du pays. Malheureusement, le secteur agricole n'a pas bénéficié de tous les moyens nécessaires pour sa croissance en exploitant toutes les ressources liées à l'agriculture en Algérie.

L'introduction de nouvelles technologies et la prise de conscience de la rareté d'une ressource vitale, l'eau potable, nous amènent à envisager une agriculture intelligente et la modernisation des pratiques agricoles conventionnelles. Certaines tâches fastidieuses, voire impossibles, pourraient être automatisées pour augmenter et améliorer le rendement agricole. [1]

Donc, Pour parvenir à une agriculture plus productive et plus résistante, il faut changer radicalement les pratiques de gestion de l'eau, des sols, des nutriments et des autres ressources agricoles pour promouvoir la production et les facultés d'adaptation de l'agriculture. À l'aide des techniques isotopiques comme les serres intelligentes.

En effet l'agriculture intelligente en utilisant les serres intelligentes présente plusieurs avantages indéniables, elle permet d'assurer la bonne croissance, minimiser le temps de croissance des plantes et donner une bonne qualité, Elle permet aussi d'augmenter le rendement de production et d'être plus facile à commander. Et enfin l'avantage le plus important est que cette technologie permet de contrôler à distance tous les terrains agricoles, en permettant à leur propriétaire d'être sûr que le terrain est en sécurité lorsqu'il est absent. [2]

Donc, Le principal objectif de l'agriculture intelligente est d'accroître la productivité et les revenus agricoles grâce à la possibilité de contrôler les conditions climatiques de la culture et de favoriser la production à toutes les saisons.

La serre intelligente est une révolution dans l'agriculture classique. Elle crée un microclimat auto régulé et adapté à la croissance des plantes grâce à l'utilisation des capteurs, des actionneurs et des systèmes de surveillance ainsi de contrôle. [3]

Notre but , est d' essayer de concevoir et réaliser une serre qui peut être entièrement équipée de systèmes d'irrigation, de réutilisation de l'eau, de contrôle et d'automatisation du climat et d'autres technologies.

- Contrôle et d'automatisation du climat
- Systèmes d'irrigation, de réutilisation des eaux
- Systèmes de contrôle de la pureté d'eau.
- Systèmes d'aération, de chauffage et d'humidité.

Introduction générale

Notre mémoire de fin d'études est organisé en trois chapitres distincts :

Dans le premier chapitre, nous allons aborder l'agriculture et les serres intelligente en générale et les différents paramètres climatiques dans une serre.

Ensuite dans le deuxième chapitre, nous allons parler de la carte Stm32f1, des différents capteurs ainsi que les autres composants utilisés pour la réalisation de notre serre, sans oublier la présentation du logiciel Arduino IDE.

Le dernier chapitre est divisé entre la programmation avec le logiciel Arduino IDE et la présentation détailler de la réalisation de notre serre intelligente.

Enfinement en couronne notre mémoire par une conclusion qui résume les différentes étapes de notre projet.

Chapitre I

Généralités sur l'agriculture et les serres agricoles intelligentes

1. Introduction :

L'agriculture actuelle doit relever plusieurs défis majeurs, notamment liés au changement climatique, à la croissance démographique, à l'intensification des cultures et à l'épuisement des ressources fossiles. Les enjeux environnementaux et sanitaires, tels que la préservation de la biodiversité et la lutte contre la pollution, imposent un besoin urgent d'adaptation et de changement de modèle pour atteindre une plus grande durabilité.

Dans ce contexte, la culture sous serre présente des avantages intéressants, notamment en termes de diversité des cultures, de prolongation de la saison de croissance, de protection contre les maladies et d'amélioration des rendements. Toutefois, les serristes doivent faire face à un marché concurrentiel exigeant des normes de qualité strictes, ce qui implique des investissements considérables dans des systèmes de production sophistiqués et coûteux.

Il est donc essentiel d'optimiser ces investissements en ayant une meilleure maîtrise des conditions de production, afin d'assurer une rentabilité durable et de répondre aux enjeux actuels de l'agriculture. [4]

2. L'agriculture en Algérie :

L'Algérie étant en grande partie désertique, seules 20 % des surfaces sont utilisées pour l'agriculture, les parcours steppiques et la forêt. Les contraintes climatiques conjuguées à la rareté des ressources en terres fertiles et en eau ne permettent pas à l'agriculture du pays de répondre pleinement à ses besoins alimentaires. [5]

Le secteur agricole et agroalimentaire est prioritaire pour les autorités algériennes afin de réduire la dépendance et la facture alimentaires et diversifier l'économie, trop dépendante des hydrocarbures. Ce secteur bénéficie depuis le début des années 2000 d'ambitieux programmes de développement agricole et rural. Le plan d'action en vigueur met l'accent sur le développement de l'agriculture saharienne, au moyen de la création de grands périmètres irrigués. [5]

L'industrie agroalimentaire connaît aussi un important développement, tirée par un secteur privé formé de PME et de grands groupes industriels. Les industries agroalimentaires algériennes fonctionnent majoritairement avec des matières premières importées. Cependant, il y a une volonté du gouvernement de travailler davantage avec des matières premières locales, afin de réduire la facture des importations. [5]



Figure1.1 : Exemple d'agriculture

2.1 Les problèmes et les avantages de l'agriculture :

Ses effets négatifs sont graves et se incluent notamment la pollution et la dégradation des sols, de l'eau et de l'air, mais elle a aussi des effets positifs : les cultures et les sols absorbent les gaz à effet de serre, par exemple, et certaines pratiques agricoles atténuent les risques d'inondation. [6]



Figure1.2 : La culture en sol

3. Serre agricole intelligente :

3.1 Définition :

Une serre intelligente est une serre contrôlée et automatisée par un système intelligent. Ce système assure la surveillance et le contrôle de l'environnement et du microclimat de la serre. Dans une serre intelligente, différentes disciplines, telles que l'électronique, la physique, l'informatique et les télécommunications, sont intégrées à la domotique. Cela comprend l'automatisation de l'éclairage, des accès, l'installation d'alarmes, la programmation de l'arrosage et le réglage du chauffage en fonction de la température. Tous ces systèmes font partie de la domotique et ont pour objectif de minimiser la consommation d'énergie, offrant ainsi une autonomie confortable à l'utilisateur. [7]

L'objectif principal de l'utilisation des principes de la domotique dans une serre agricole est de la rendre autonome et de lui donner un système intelligent capable de prendre des décisions, ce qui la caractérise en tant que "serre intelligente". [7]

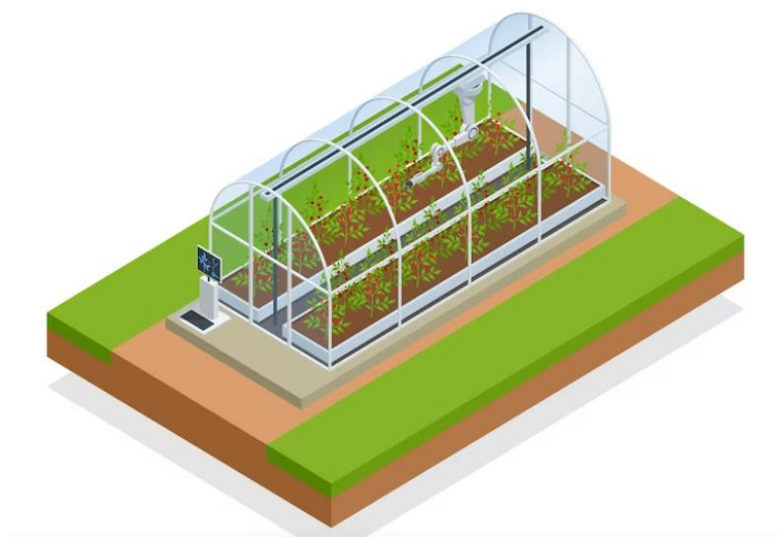


Figure1.3 : Une serre intelligente

3.2 Avantages de serre intelligente :

L'automatisation des serres permet d'assurer au moins les avantages suivants :

- Protégez les plantes contre les températures extrêmes. Le maintien d'une température intérieure contrôlée dans un environnement de serre est crucial pour éviter d'endommager ou tuer les plantes.
- Protégez les plantes contre les maladies. Garder les plantes en bonne santé et prospère requiert le meilleur environnement de croissance possible. Le système de contrôle automatique permet surveiller en temps réel tous les changements environnementaux et des statuts ou défaillances d'équipement. Il permet également de surveiller des conditions telles que les fluctuations de l'humidité, les failles de sécurité, le chauffage, le ventilateur, l'équipement et les pannes.
- 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 et en temps réel. [7]

3.3 Structure et matériaux pour la serre :

Il en existe quatre types pour la structure : le bois, le PVC, l'aluminium, et l'acier et le verre.

- **Le bois** : est le matériau le plus esthétique et le meilleur isolant thermique.
- **Le PVC** : est en outre un bon isolant, qui limite la condensation et permet des économies d'énergie, de plus, son entretien est aisé. Cependant il faut savoir que le PVC ternit avec le temps.
- **Le métal (aluminium ou acier)** : il n'est pas un très bon isolant mais il est utile pour la construction de très grandes serres car il est mécaniquement résistant.
- **Le verre** : plus lourd, est néanmoins plus translucide et meilleur vecteur de luminosité. [8]

3.4 Les paramètres climatiques dans une serre :

Jusqu'à présent, la température, l'humidité, la teneur en CO₂ et la durée d'ensoleillement (lumière) sont parmi les paramètres les plus influents dans la production des plantes. Afin d'améliorer leur rentabilité, il est essentiel d'optimiser le climat environnant pour les cultures. Il est donc important de contrôler les paramètres climatiques et de veiller aux exigences spécifiques de chaque culture. [8]

3.4.1 Lumière :

La croissance et le développement des plantes dépendent en grande partie de l'exposition aux rayonnements solaires qu'elles reçoivent quotidiennement. La durée d'ensoleillement joue un rôle crucial, car certaines cultures réagissent aux journées courtes tandis que d'autres nécessitent des journées plus longues (périodicité des cultures). Il est donc important de connaître la durée du jour tout au long de l'année. On peut prolonger la durée de la journée en utilisant des sources de lumière artificielle, ou la raccourcir en utilisant des stores (film en plastique noir). Cette pratique est courante, en particulier dans les pays tropicaux, afin de permettre aux cultures d'atteindre leur stade de développement final.

Il est essentiel de connaître la durée du jour afin de choisir les types de cultures appropriées à planter. La quantité totale d'ensoleillement influence le taux de croissance et le niveau de développement des plantes. La variation de la durée d'ensoleillement est étroitement liée aux saisons, tandis que la pluviométrie annuelle et la couverture nuageuse sont également des facteurs déterminants. La topographie du terrain, en particulier la présence de montagnes, affecte le taux de condensation des nuages et entraîne des conséquences en termes d'ombrage. [9]

3.4.2 Température :

La croissance des plantes est largement dépendante de la température. Chaque type de culture a une plage de températures optimales spécifique, connue sous le nom de plage de températures de consigne, qui est nécessaire pour favoriser leur croissance et leur développement. [9]

3.4.2.1 Chauffage :

Le chauffage permet d'adapter les apports thermiques aux besoins de la culture et d'éliminer l'humidité de l'air. Il fonctionne également sur la mesure de température. [8]

3.4.2.2 Ventilation :

Un ventilateur permet de renouveler l'air et d'apporter aussi le CO₂ nécessaire à la photosynthèse tout en garantissant une régulation de la température et de l'hygrométrie.

Le mouvement horizontal de l'air offre plusieurs avantages. Plus particulièrement, il réduit sensiblement la température dans la serre et enlève l'humidité dans le reste de la serre. [8]

3.4.3 Humidité :

Le taux d'humidité relative (HR) est exprimé en pourcentage et représente le rapport entre la pression effective de la vapeur d'eau et la pression maximale (saturante). Il a une influence sur la croissance et la santé des cultures de différentes manières. Un taux d'humidité relative élevé favorise le développement de maladies fongiques. Les fluctuations de température et l'évapotranspiration, qui se produisent principalement au début de la journée, peuvent entraîner une condensation d'eau sur les plantes, créant ainsi des conditions propices à la germination rapide des spores fongiques. Cela peut également affaiblir les cultures et les rendre plus sensibles aux changements climatiques. Cependant, dans une serre, il existe de nombreuses méthodes pour contrôler le taux d'humidité par rapport aux cultures en plein champ. Par exemple, les plantes ne se mouillent pas lorsqu'il pleut, la ventilation fait entrer de l'air frais et moins humide, et l'augmentation de la température intérieure réduit le taux d'humidité relative.

D'autre part, une faible humidité relative peut être défavorable à la croissance et favoriser une transpiration excessive des cultures. Dans ce cas, des mesures appropriées peuvent être prises, telles que la brumisation, l'arrosage, l'utilisation de bâches d'ombrage, la ventilation et le refroidissement intérieur. Une faible HR présente un avantage dans les climats chauds car elle facilite le refroidissement de la serre. Dans de telles situations, des décisions favorables à la croissance des cultures doivent être prises. Les données moyennes du taux d'humidité relative ne fournissent qu'une indication générale de l'humidité. En général, l'HR est élevée tôt le matin et faible en milieu de journée, ce qui représente des moments critiques pour le contrôle et la régulation du climat à l'intérieur de la serre. Un suivi permanent des conditions climatiques intérieures est essentiel pour faire face à ces fluctuations et assurer le succès de la production. [9]

3.4.4 Teneur en gaz carbonique :

Le CO₂ est essentiel aux plantes vertes pour la photosynthèse. Il est fixé par les feuilles vertes (chlorophylliennes) au niveau d'une structure cellulaire spécialisée appelée les stomates à pénétrer à travers des orifices nommés ostiole. Les stomates permettent l'absorption de CO₂ à différentes concentrations selon les besoins spécifiques de la plante. La photosynthèse représente l'inversion de la combustion du glucose. Cette réaction est endothermique et nécessite de l'énergie lumineuse :



La photosynthèse est un phénomène naturel qui permet la production de matière organique grâce à l'énergie lumineuse. Remarquons dans l'équation précédente que le dioxyde de Carbone est obtenu à partir de l'air puis converti en présence de l'eau et grâce à l'énergie lumineuse en glucose et en oxygène. [9]

3.4.5 L'irrigation :

L'irrigation est un processus consistant à apporter de l'eau artificiellement aux plantes cultivées à l'aide d'une pompe, afin de favoriser leur développement normal. [8]

4. Systèmes de contrôle automatique :

Le système de contrôle automatique permet de surveiller en temps réel tous les changements environnementaux et les statuts ou défaillances d'équipement. Il permet également de surveiller les conditions telles que les fluctuations de l'humidité, les failles de sécurité, le chauffage, le ventilateur, l'équipement et les pannes de courant.

Plusieurs techniques sont utilisées pour contrôler l'environnement des serres. Dans ce qui suit, nous présentons les techniques les plus utilisées pour contrôler les facteurs environnementaux. [10]

4.1 Systèmes d'irrigation :

L'arrosage est évidemment primordial dans la réussite des cultures. Le système d'irrigation idéale pour une culture en serre est influencé par divers facteurs, notamment le type de serre, le type de culture en question, le type de sol et le climat. C'est pourquoi plusieurs techniques d'irrigation sont mises en œuvre :

- **L'irrigation goutte à goutte** : Utilisée pour fournir à la plante la quantité exacte d'eau et de nutriments dont elle a besoin

- **L'irrigation souterraine** : Les tuyaux sont spécialement conçus pour fonctionner sous terre, ce qui permet de délivrer une proportion d'eau et de nutriments exactement à la racine de la plante.

• *L'irrigation par micro-aspersion* : Il s'agit d'un système d'irrigation moins précis car son alimentation en eau est aérienne et ne garantit pas l'alimentation exacte de la plante.

[10]

4.2 Système d'ouverture des serres :

Le système d'ouverture des serres permet d'aérer la serre afin de maintenir la température, de l'humidité, de CO₂, etc., aux valeurs requises pour les plantes. Par exemple, un système de contrôle automatique de température peut être réalisé en utilisant un capteur de température, qui transmet les valeurs captées à un circuit électronique. Ce dernier décide à partir de quelle et jusqu'à quelle température il faut maintenir le système ouvert (grâce à un petit moteur et un mécanisme de transformation du mouvement). [10]

4.3 Surveillance de l'environnement :

Dans les serres intelligentes automatisées, la surveillance de l'environnement et le climat est très importante. Cette opération est basée sur l'utilisation des divers capteurs déployés à l'intérieur et à l'extérieur de la serre. Ces derniers collectent en temps réel et d'une manière permanente des informations sur les normes environnementales.

Les informations fournies sont utilisées par la suite pour le contrôle automatique des déclencheurs. [10]

5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé l'agriculture en Algérie, les avantages et les problèmes auxquels l'agriculture est confrontée et certains moyens de réduire ses problèmes, tels que l'agriculture intelligente, et plus particulièrement nous avons parlé de la culture en sol dans les serres agricoles intelligentes.

Chapitre II

Composants et logiciel

1. Introduction :

Après nous être familiarisés dans la première partie avec l'agriculture et les problèmes auxquels elle est confrontée en termes de conditions climatiques, et nous nous sommes familiarisés avec la serre agricole intelligente, dans cette section, nous allons découvrir la structure de la serre ainsi que la structure des circuits électriques en termes d'éléments existants qui nous aideront à contrôler toutes les conditions climatiques telles que la température, l'humidité et autres.

2. Partie la structure de serre :

2.1 Conception de la serre intelligente :

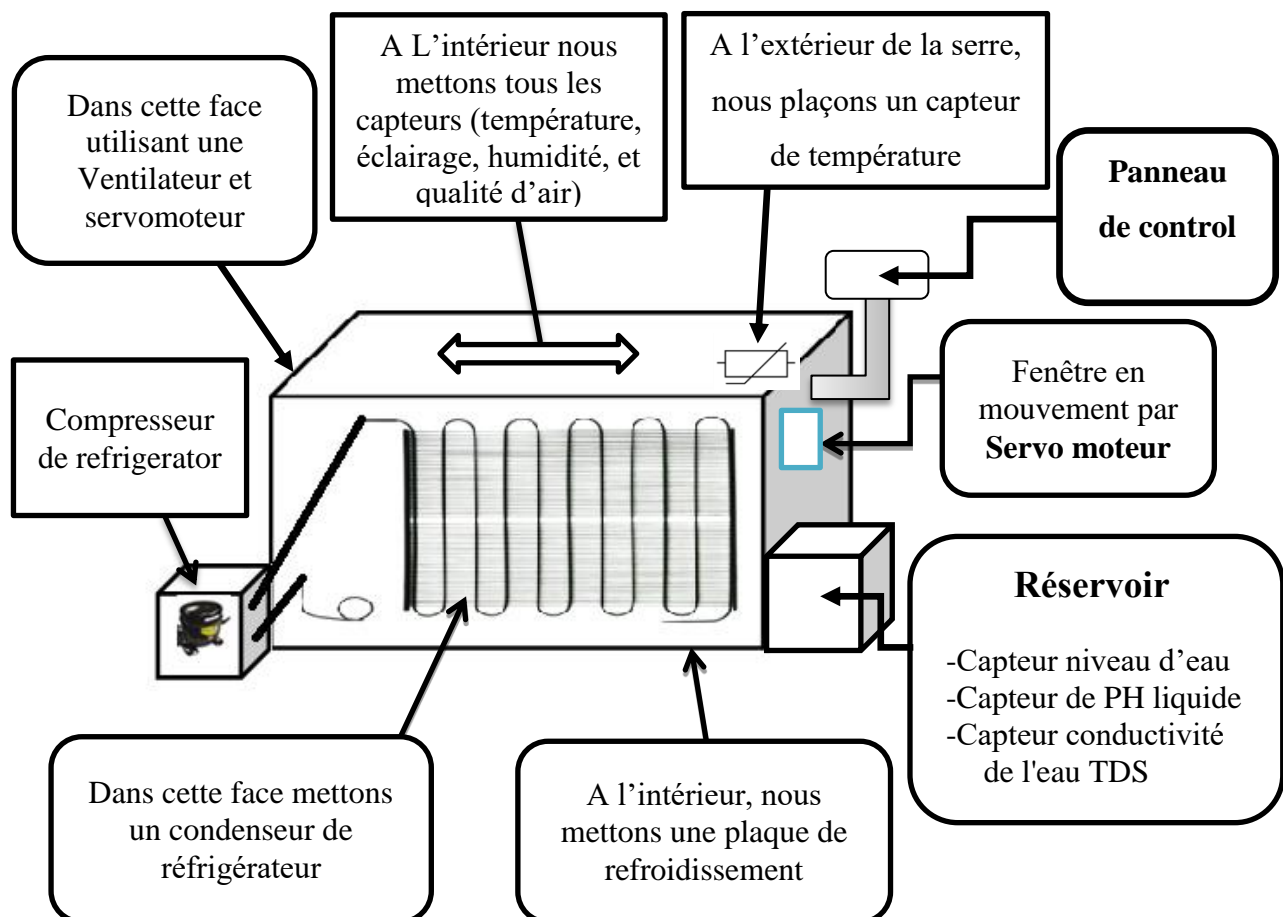


Figure2.1 : Conception de la serre intelligente

3. La partie matérielle :

3.1 Bloc de Traitement :

3.1.1 Cartes de développement :

Des cartes de développement pour prendre en charge les microcontrôleurs sont disponibles auprès des fabricants de microcontrôleurs ainsi que des fournisseurs d'outils tiers. Les cartes d'évaluation sont de simples cartes utilisées pour étudier les microcontrôleurs généraux et vérifier leurs opérations de base. Une carte de démonstration, ou plus communément "carte de démonstration", démontre le fonctionnement d'un microcontrôleur, généralement plus complexe, avec des LED clignotantes, des commutateurs et un écran LCD. Les cartes de développement sont utilisées pour le développement du matériel et du micro logiciel. [13]

En réalité, l'évaluation, la justification et le développement des noms ne sont pas standardisés et les utilisations prévues des cartes se chevauchent. Le nom d'une carte n'est pas aussi important que ses caractéristiques, et il est plus facile et plus clair de regrouper toutes les cartes sous le terme "cartes de développement". [13]

3.1.2 Microcontrôleurs STM32F1 :

Ce sont des circuits électroniques programmables utilisés pour contrôler les systèmes électriques et électroniques dans diverses applications. Les microcontrôleurs modernes ont des capacités de plus en plus avancées, et sont souvent utilisés dans des domaines tels que l'automatisation industrielle, la robotique, l'Internet des objets, l'électronique grand public, et bien d'autres encore. [14]

Ils offrent des performances élevées grâce à une combinaison de périphériques haut de gamme, une faible consommation d'énergie, une intégration élevée et une architecture simple. Ces caractéristiques permettent aux développeurs de créer des systèmes électroniques complexes avec des ressources limitées en termes de puissance de traitement, de mémoire et d'énergie. [14]

Il est également intéressant de noter que ces microcontrôleurs sont fournis avec une variété de périphériques intégrés, tels que USB, chronomètres, USART, capteurs thermiques, CAN et CNA, qui offrent une flexibilité et une polyvalence accrues pour répondre à une gamme de besoins de conception. [14]

En fin de compte, les microcontrôleurs modernes offrent des possibilités passionnantes pour les développeurs et les concepteurs de systèmes électroniques, permettant de créer des produits innovants avec des fonctionnalités avancées à des coûts abordables. [14]

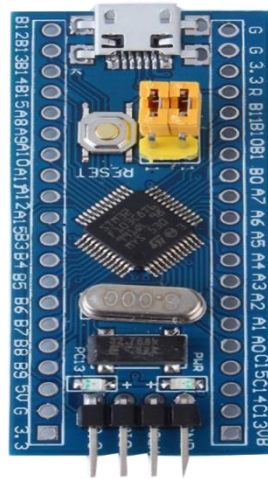


Figure2.2: Le microcontroller STM32F1. [15]

3.1.3 Comparaison de carte STM32F1 et des autres cartes :

Ce tableau est une comparaison entre le STM32F1 et d'autres microcontrôleurs en termes de caractéristiques et de besoins.

		<i>Arduino Uno</i>	<i>STM32F1</i>
Connectivity	I/O Pins	14	37
	PWM Pins	6	15
	Analog In Pins	6	10
Computing	Processor	ATMega328P	STM32F103C8T6
	Flash Memory	32 kB	64 kB
	SRAM	2 kB	20 kB
	Clock speed	16 MHz	72 MHz
	Voltage Level	5V	3.3V

Tableau 2.1 : Comparaison de carte STM32F1 et des autres cartes [16]

3.1.4 Les entrées et sorties de STM32F1 :

Le microcontrôleur STM32F1 dispose de plusieurs entrées et sorties (E/S) qui permettent de communiquer avec l'environnement extérieur. Voici les principales entrées/sorties disponibles sur ce microcontrôleur

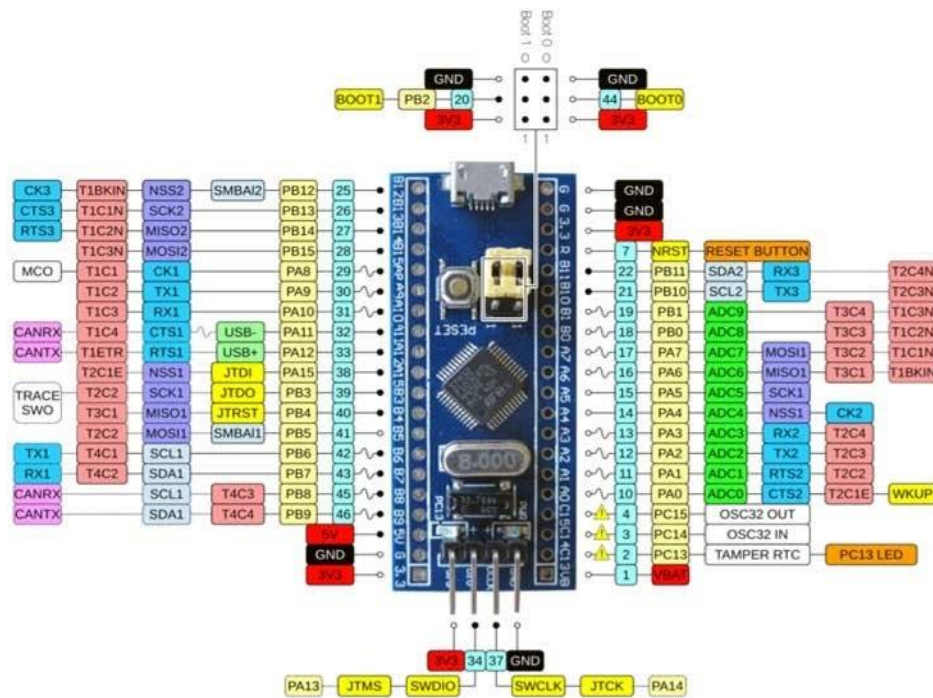


Figure2.3 : les pins de Microcontrôleurs STM32F1. [17]

3.1.5 Avantages de STM32F1 :

- Temps de lecture et d'exécution le plus bas et excellent comportement en temps réel.
- Efficacité énergétique exceptionnelle.
- Accessoires supérieurs et innovants.
- Il a 40 pins d'entrées et de sorties.
- La carte contient une RAM
- Intégration maximale.
- Compatibilité avec les périphériques et les logiciels de la famille.
- Moins cher par rapport aux autres cartes. [14]

3.1.6 USB TTL :

Un câble USB-TTL peut être utilisé pour la programmation et la communication avec un microcontrôleur STM32F1. Voici à quoi ressemble l'installation du câble USB-TTL pour la programmation du microcontrôleur STM32F1 :

Lancez l'exécution du programme sur le microcontrôleur à l'aide du logiciel de programmation. Vous pouvez également utiliser un débogueur pour surveiller l'exécution du programme et corriger les erreurs.

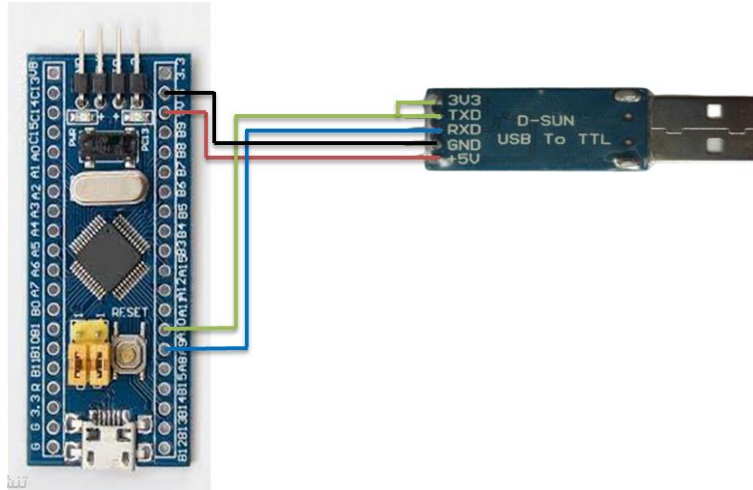


Figure2.4 : Câblage USB avec la carte STM32F1

3.2 Modules et composants d'entrée-sortie :

3.2.1 Le Module de détection de valeur PH 0-14 liquide :

Un capteur de pH est un dispositif qui permet de mesurer le niveau d'acidité ou d'alcalinité d'une solution. Les capteurs de pH sont utilisés dans de nombreuses industries, notamment dans l'industrie pharmaceutique, chimique, alimentaire et des boissons, l'énergie et les semi-conducteurs, ainsi que pour le traitement de l'eau. Les capteurs de pH sont également utilisés en laboratoire pour des analyses chimiques précises. [18]



Figure2.5 : Le module de détection de valeur PH 0-14 liquide. [18]

3.2.1.1 Caractéristique technique de module PH:

- Tension de chauffage : $5\text{ V} \pm 0,2\text{ V}$ (DC)
- Courant de fonctionnement : 5 –10 mA
- Gamme de concentration détectable : PH0–14
- Detection plage de température : 0–80 °C
- Temps de réponse : $\leq 5\text{S}$
- Température de fonctionnement : -10 ~ 50 °C (température nominale 20 °C)
- Humidité : 95% HR (humidité nominale 65% RH). [18]

3.2.2 *Le module de conductivité de l'eau analogique TDS :*

L'utilisation d'une sonde TDS (Total Dissolved Solids) pour mesurer la quantité de solides dissous dans l'eau. [18]

Il est mentionné que la sonde TDS ne peut pas être utilisée dans une eau supérieure à 55 °C, car cela pourrait endommager la sonde ou affecter la précision de la mesure.

Il est également conseillé de ne pas placer la sonde TDS trop près du bord du conteneur, car cela pourrait affecter l'affichage de la mesure. [18]

En ce qui concerne l'étanchéité de la sonde, la tête et le plomb sont imperméables et peuvent être immergés dans l'eau sans problème. Cependant, il est important de noter que l'interface de connexion et la carte d'adaptation de signal ne sont pas étanches, donc il faut faire attention à leur utilisation pour éviter tout dommage ou dysfonctionnement. [18]

3.2.2.1 Le paquet Contient :

- _ Carte d'adaptateur de signal TDS
- _ Sonde TDS étanche
- _ Ligne de capteur analogique



Figure2.6 : Le module de conductivité de l'eau analogique TDS. [18]

3.2.3 Le Capteur de Température DS18B20 :

Le DS18B20 est un capteur de température numérique populaire qui utilise le protocole à 1 fil, ce qui lui permet de communiquer avec un microcontrôleur à l'aide d'un seul fil (plus la terre). Cela facilite la connexion de plusieurs capteurs à une seule broche de microcontrôleur, en utilisant le code série 64 bits unique de chaque capteur pour les adresser individuellement. Le capteur peut mesurer des températures de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$ avec une précision de $\pm 5\%$ et fournit des données dans la plage de 9 bits à 12 bits, donnant une résolution de $0,5^{\circ}\text{C}$ à $0,0625^{\circ}\text{C}$, selon les paramètres. Dans l'ensemble, le DS18B20 est un capteur polyvalent et fiable largement utilisé dans diverses applications, notamment les systèmes de surveillance et de contrôle de la température. [19]

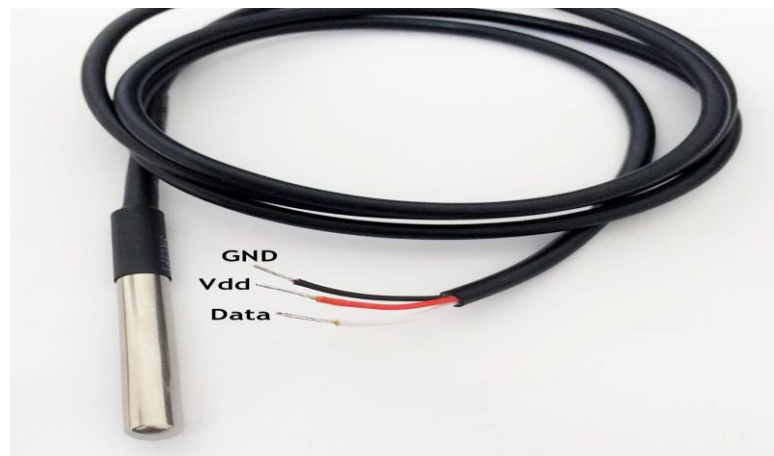


Figure2.7 : Le Capteur de température DS18B20. [20]

3.2.3.1 Principe de fonctionnement le DS18B20:

Le DS18B20 est un capteur de température numérique qui fonctionne sur un principe appelé "interface 1-Wire". Il utilise un seul câble de données pour communiquer avec le processeur, qui alimente également le capteur. Voici comment cela fonctionne:

- Le processeur envoie un signal pour démarrer le processus de conversion.
- Le capteur démarre le processus de conversion et mesure la température à l'aide de son convertisseur analogique-numérique intégré.
- Une fois la conversion terminée, le capteur renvoie la valeur numérique de la température au processeur via le même fil de données.
- Le processeur reçoit la valeur de température numérique et l'interprète en fonction de la résolution en bits définie. [21]

- Le processeur peut ensuite utiliser cette valeur de température à diverses fins, comme l'afficher sur un écran, contrôler un système de chauffage ou de refroidissement, ou l'enregistrer pour une analyse future.

Le DS18B20 possède une fonction unique appelée "résolution variable", qui permet à l'utilisateur de choisir la résolution en bits de la valeur de température. Cela signifie que l'utilisateur peut sélectionner le nombre de bits de la valeur de température qu'il souhaite recevoir du capteur, ce qui détermine la précision de la lecture de la température. [21]

3.2.3.2 Câblage le capteur DS18B20 avec STM32F1:

Le câblage du capteur de température DS18B20 avec le STM32F1 est utilisé pour la prise en charge du capteur et l'affichage des valeurs de température dans le logiciel Arduino IDE. Le schéma de câblage correspondant est illustré dans la figure suivante.

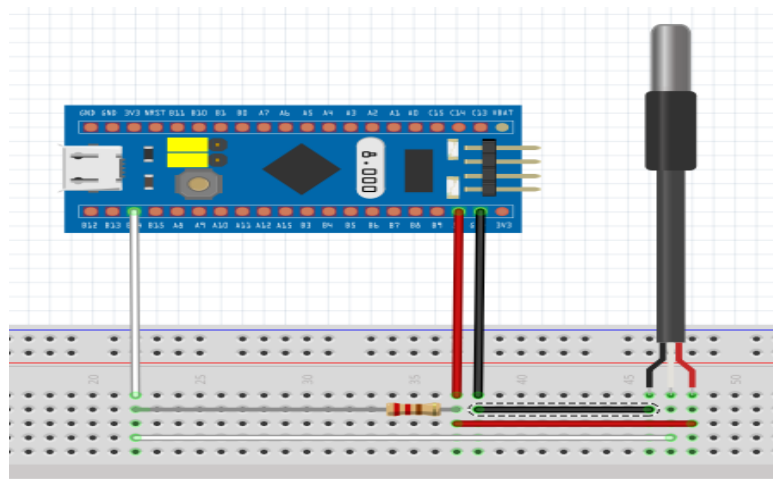


Figure2.8 : Câblage le capteur DS18B20 avec STM32F1 par Fritzing

3.2.4 *Le capteur de qualité d'air (MQ-135):*

3.2.4.1 Définition :

Le capteur de gaz MQ-135 est utilisé pour évaluer la qualité de l'air et détecter ou mesurer divers polluants tels que le NOx, le Nh3, le CO2, le benzène, etc. Il est capable de détecter ou mesurer des substances telles que l'alcool et la fumée. Le capteur MQ-135 est équipé d'une broche numérique qui lui permet de fonctionner avec ou sans microcontrôleur, ce qui est très pratique lorsque l'on souhaite détecter un gaz spécifique. Pour mesurer les gaz en parties par million (PPM), il est nécessaire d'utiliser la broche

analogique. Cette broche fonctionne en mode TTL analogique à 5 volts, ce qui permet une compatibilité avec la plupart des microcontrôleurs couramment utilisés. [22]



Figure2.9 : Le capteur de qualité de l'air MQ-135. [22]

3.2.4.2 Caractéristiques de sensibilité MQ-135:

Le capteur MQ-135 est un capteur de qualité d'air qui peut détecter différents types de gaz tels que l'ammoniac, le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone et les vapeurs organiques. La sensibilité du capteur est définie comme la variation de la résistance du capteur (R_S) en fonction de la concentration du gaz détecté.

Le rapport de résistance R_S/R_0 est utilisé pour déterminer la concentration du gaz dans l'air. R_0 représente la résistance du capteur dans l'air frais ou dans un environnement avec une concentration de gaz connue. Plus la concentration de gaz augmente, plus la résistance du capteur augmente, ce qui entraîne une diminution du rapport R_S/R_0 . [23]

Les résistances R_L dans le circuit sont utilisées pour mesurer la résistance du capteur et convertir cette résistance en une tension. En utilisant une équation de conversion, la tension peut être convertie en une mesure de la concentration de gaz. [23]

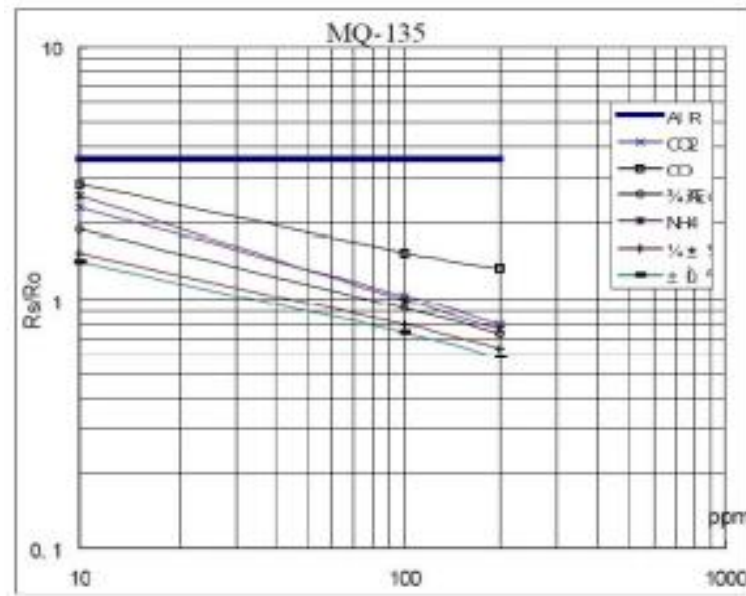


Figure 2.10 : Caractéristiques de sensibilité MQ-135. [22]

3.2.4.3 Caractéristiques techniques du MQ-135:

- Alimentation : 3.3 V - 5 V
- Sortie : analogique (et une sortie numérique).
- Plage de détection : 10 ~ 1000 PPM
- Gaz détecté : NH₃, NO_x, alcool, benzene, fumée et CO₂
- Le temps de réponse : ≤ 1 s
- Dimensions : 32x22x27mm. [23]

3.2.5 Capteur d'humidité et température DHT21:

3.2.5.1 Definition:

Le DHT21 est un capteur de température et d'humidité numérique qui utilise un capteur de température à base de NTC (Coefficient de Température Négatif) et un capteur d'humidité résistif pour mesurer les paramètres environnementaux. Le capteur utilise un microcontrôleur intégré pour effectuer les mesures, les convertir en valeurs numériques et les transmettre au système de contrôle. [24]

Le DHT21 est calibré en usine, ce qui signifie que les paramètres de calibration sont réglés de manière précise lors de sa fabrication. Cela garantit une précision et une fiabilité élevées dans les mesures de température et d'humidité. Les données de calibration sont

stockées dans la mémoire interne du capteur, ce qui permet de réduire les erreurs de mesure et d'améliorer la stabilité de la sortie de données. [24]

Le DHT21 est souvent utilisé dans des applications telles que la surveillance de l'environnement, la surveillance des conditions climatiques, la surveillance de l'humidité du sol, la gestion de l'air conditionné, etc. Il est apprécié pour sa précision, sa fiabilité, sa facilité d'utilisation et son coût abordable. [25]



Figure2.11 : Capteur d'humidité et température DHT21. [25]

3.2.5.2 Caractéristiques technique:

- Tension d'alimentation : 3.3 à 5,5V DC
- Connectivité : signal digital Bus (3 broches)
- Précision : Humidité + -3%, Température + - 0,5
- Résolution : Humidité 0.1%, Température 0,1
- Dimensions : 59,2 mm x 27 mm x 13,5 mm. [25]

3.2.5.3 Principes de fonctionnement de capteur DHT21:

Le capteur DHT21 contient deux éléments de détection :

- Un élément de détection d'humidité capacitif composé d'un condensateur à deux électrodes et d'un substrat stabilisant l'humidité qui sert de diélectrique entre les deux. La valeur de la capacité varie en fonction du taux d'humidité. [26]

- Un thermistor de détection de la température utilise un thermistor à coefficient de température négatif.

Les valeurs des résistances variables des deux composants sont traitées par le circuit intégré de l'appareil de mesure et converties sous forme numérique. [26]

3.2.6 La photorésistance :

Un composant électronique connu sous le nom de photorésistance a une résistivité qui change en fonction de la quantité de lumière incidente. Il est également appelé cellule photoconductrice ou résistance photo-dépendante (LDR). [27]



Figure 2.12: La photorésistance LDR. [27]

3.2.6.1 Principe de fonctionnement :

À basse température, un cristal semi-conducteur contient peu d'électrons libres. Sa conductivité est très faible, similaire à celle d'un isolant. Cependant, à mesure que la température du cristal augmente, de plus en plus d'électrons, qui étaient auparavant immobilisés dans les liaisons covalentes, s'échappent et deviennent disponibles pour la conduction électrique. Dans des conditions de température constante, si le même cristal semi-conducteur est exposé à une radiation lumineuse, l'énergie apportée par les photons peut libérer certains électrons des liaisons covalentes entre les atomes du cristal. Plus le flux lumineux est intense, plus le nombre d'électrons disponibles pour la conduction sera élevé. Par conséquent, la résistance de la photorésistance est inversement proportionnelle à la quantité de lumière reçue. [28]

3.2.7 Le module HC-SR04 ultrasonique :

Le HC-SR04 est un capteur à ultrasons couramment utilisé pour la mesure de distance. Il a quatre broches, VCC, GND, TRIG et ECHO, chacune avec une fonction spécifique.

Les broches VCC et GND sont utilisées pour alimenter le capteur. Ils doivent être connectés à une source d'alimentation + 5V et à la terre, respectivement.

La broche TRIG est la broche de contrôle, et elle est utilisée pour envoyer une rafale ultrasonore. Lorsque la broche TRIG est réglée sur HIGH pendant 10 microsecondes, le HC-SR04 enverra une rafale sonore de 8 cycles à 40 kHz.

La broche ECHO est la broche de données sont utilisée pour la mesure de distance. Après l'envoi de la rafale sonore, la broche ECHO passe à HIGH et reste HIGH jusqu'à ce que la rafale ultrasonique soit détectée en retour. Une fois que la rafale ultrasonore est détectée, la broche ECHO passe au niveau BAS. [29]

Le temps nécessaire à l'émission et à la réception de la salve ultrasonore peut être utilisé pour calculer la distance à un objet. Le HC-SR04 fournit une sortie de largeur d'impulsion proportionnelle à la distance de l'objet par rapport au capteur.

Le HC-SR04 est couramment utilisé dans la robotique, l'automatisation et d'autres applications où la mesure de distance est requise. Il est populaire en raison de son faible coût, de sa précision et de sa facilité d'utilisation. [29]



Figure2.13 : Le module HC-SR04 ultrasonique. [29]

3.2.7.1 Câblage le module Hc-sr04 avec STM32F1:

Dans cette image, nous présentons l'installation du capteur HC-SR04 avec le microcontrôleur STM32F1.

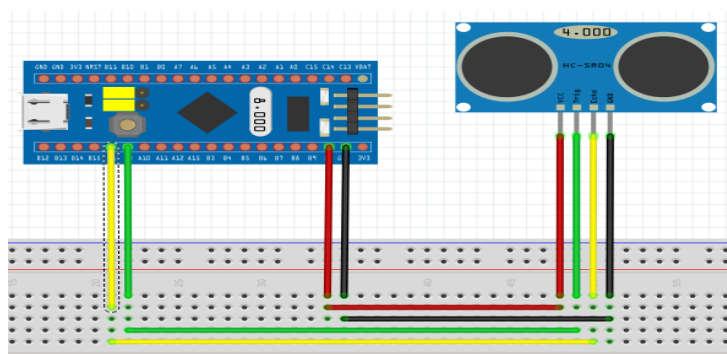


Figure 2.14: Câblage le module HC-SR04 avec STM32F1

3.3 Partie des actionneurs :

3.3.1 Pompe électrique :

Le R385 12V DC est une petite pompe à diaphragme utilisée dans diverses applications, notamment dans les aquariums, les modèles expérimentaux, les piscines gonflables, le lavage de voiture, l'arrosage et le remplissage de calendrier d'eau minérale.

[30]

Elle fonctionne en utilisant un moteur électrique 12V DC pour actionner un diaphragme qui pompe l'eau ou tout autre liquide. Cette pompe est petite et compacte, ce qui la rend facile à utiliser dans des espaces restreints. Elle est également très efficace et peut pomper jusqu'à 3 mètres de hauteur, ce qui la rend utile pour les aquariums et autres applications similaires.

Cette pompe est souvent utilisée pour le pompage d'eau propre, mais elle peut également être utilisée pour d'autres liquides, tels que les huiles et les carburants légers. Cependant, il est important de vérifier que la pompe est compatible avec le liquide avant de l'utiliser pour éviter tout dommage à la pompe. [30]

En résumé, la pompe à diaphragme R385 12V 3M DC est une petite pompe efficace et polyvalente utilisée dans une variété d'applications, en particulier dans les aquariums, les piscines gonflables et les projets expérimentaux. [30]

3.3.1.1 Caractéristiques :

- Tension de fonctionnement : 6-12V DC.
- Courant de fonctionnement de charge : 0,5-0,7A.
- Débit maximal : 1-3L/Min.
- Tête maximale : 3 m.
- Plage d'aspiration maximale : 2 m.
- Température : 80.
- Diamètre du tuyau d'entrée : 6mm.
- Dimensions : 86 x 43 m. [30]



Figure2.15 : Pompe électrique R385 12V. [31]

3.3.2 *Évaporateur d'humidité ultrason :*

Découvrez le nouveau brumisateuse électrique à ultrasons qui nous permettra de filtrer les mauvaises odeurs de manière efficace et simple. Il suffit de mettre l'appareil dans l'eau et la brume apparaîtra instantanément, créant une atmosphère relaxante magique.

Grâce à sa tension de 24 volts, nous pouvons utiliser cet appareil en toute sécurité, que ce soit à la maison, au bureau, dans un aquarium ou un vase, ou encore dans un bassin ou une rocaille. L'atomiseur à ultrasons produit des ions négatifs en même temps, ce qui augmente l'humidité de l'air.

Cet appareil est idéal pour être utilisé dans notre réalisation, et il jouera le rôle de l'évaporateur, et il a à voir avec le capteur d'humidité précédent. [32]

3.3.2.1 Caractéristiques technique :

- Matériel: plastique
- Profondeur: 50-70mm
- Taille du transducteur: 20mm
- Tension: 24V DC. [32]



Figure2.16: Évaporateur d'humidité 24 V. [32]

3.3.3 Servo moteur SG-90

Le SG90 est un servomoteur petit et léger, avec un type d'engrenage en plastique et un poids de seulement 9 grammes. Il fonctionne sur une tension typique de +5V et a un couple de 2,5kg/cm. La vitesse de fonctionnement est de 0,1 s/60° et peut tourner de 0 à 180 degrés. Le forfait comprend également des cornes d'engrenage et des vis pour une installation facile. [33]



Figure2.17: Servo moteur SG-90. [33]

3.3.3.1 Caractéristiques Servomoteur SG-90

Les fils de brochage pour un servomoteur (SG90) sont les suivants :

- Fil marron - Masse (GND)
- Fil rouge - Alimentation (+5V)
- Fil jaune ou orange - Broche de signal ou de contrôle
- Courant de décrochage : 500 mA
- Température de fonctionnement : -30°Cà +60°C. [34]

3.3 Partie Ventilation et refroidissement

3.4.1 Ventilateur :

Un ventilateur de 12 volts est utilisé pour assurer efficacement le flux d'air et la ventilation de la serre. Ce ventilateur est alimenté par une source de 12 volts telle qu'une batterie de 12 volts ou un adaptateur CC de 12 volts.

Un tel ventilateur est de petite taille et silencieux en fonctionnement, et est très utile dans les endroits où l'air est inactif et où les températures augmentent rapidement, et son utilisation aide à maintenir la température et l'humidité idéales à l'intérieur de la serre pour fournir un environnement de croissance approprié pour les plantes. Et cultures. [35]



Figure2.18: Ventilateur 12v. [36]

3.4.2 Refroidissement :

3.4.2.1 Le Condenseur :

Le condenseur est un élément clef dans le fonctionnement de la chambre froide, son rôle est similaire à celui d'un radiateur de voiture.

Le gaz ou fluide frigorigène pénètre dans le condenseur en état vapeur et il doit en ressortir en état liquide. Le fluide à l'entrée du condenseur est à une température de 70°C et à sa sortie il avoisine les 35°C.

Lors de son passage dans le condenseur le gaz change d'état grâce son refroidissement. [37]

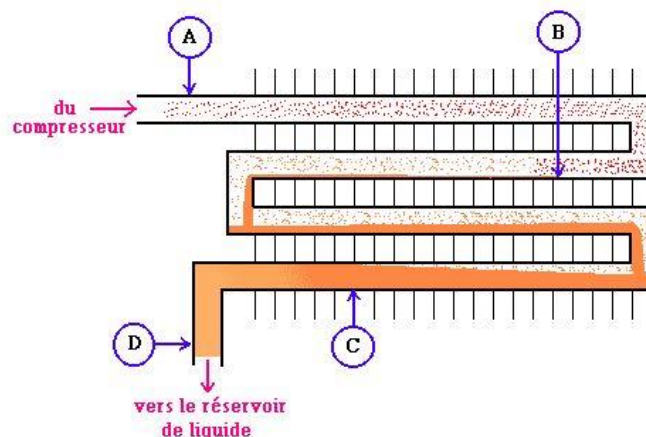


Figure2.19: Le condenser de réfrigérateur. [37]

3.4.2.2 Le compresseur de Réfrigérateur :

Un compresseur de gaz est un dispositif utilisé pour comprimer des gaz ou des réfrigérants dans un système de réfrigération, de climatisation ou de chauffage. Son rôle est de pomper le gaz dans le système de refroidissement ainsi que dans le système de chauffage. Il aspire le gaz ou le fluide frigorigène à l'état de vapeur lorsqu'il sort de l'évaporateur, puis le comprime à haute pression. [38]

Ce processus concerne tout liquide qui peut s'évaporer et se condenser, c'est-à-dire passer de l'état liquide à l'état gazeux et inversement. Lors de l'évaporation, le liquide doit absorber suffisamment de chaleur latente pour se vaporiser. Ce phénomène se produit du côté de l'espace à refroidir. [38]



Figure2.20: Le compresseur de réfrigérateur. [39]

3.4.2.3 Caractéristiques de gaz R134a :

Nature	Hydrofluorocarbone
<i>Mélange</i>	Fluide pur
<i>Composition</i>	C ₂ H ₂ F ₄ , tétrafluoroéthane
<i>Glissement</i>	Nul
<i>Couleur</i>	Incolore
<i>Odeur</i>	Ethérée légèrement
<i>Température critique</i>	+ 101,1°C
<i>Température ébullition</i>	- 26,1 °C (pression atmosphérique)
<i>Pression critique</i>	40,67 Bar.

Tableau2.2 Caractéristiques de gaz R134a. [40]

3.4.2.4 Réfrigérateur évaporateur :

C'est le panneau responsable du refroidissement interne de la serre, car il maintient la fraîcheur pendant de longues heures et est installé dans le sol intérieur de la serre.



Figure2.21: Réfrigérateur évaporateur. [41]

3.4 Bloc d’Affichage

3.5.1 Écran OLD 0.92 inch:

OLED est en fait plus efficace. Les écrans LCD nécessitent un rétroéclairage tandis que les OLED eux-mêmes émettent de la lumière en unités de pixels, et c'est précisément à une résolution de 128 x 64 pixels. Cela permet d'avoir une structure plus fine et d'obtenir un contraste plus élevé. [42]

Cet écran de 0,96 pouce (1 sur 1 pouce) en fait l'une de nos versions plus petites ; Parfait pour les petits projets, les appareils portables et autres appareils portables. Vous pouvez voir ses graphismes bleus nets à partir d'un grand angle de 160 degrés. Il a une consommation d'énergie faible et faible de 0,06 W dans des conditions de fonctionnement normales. Les températures extrêmes ne font pas le poids face à cet appareil qui peut fonctionner à des températures de -30 à 70 degrés Celsius. [42]

3.5.1.1 Caractéristiques technique :

- Résolution : 128x64 pixels
- Tension d'entrée : 3-5V DC
- Très basse consommation : 0,08W
- Angle de vue : >160°
- Température de fonctionnement : -30°C à 70°C

- Interface série : I2C/IIC (nécessite seulement 2 broches d'entrée/sortie)
- Couleur : Bleu/Blanc
- Adresse I2C : 0x3C
- Type : Graphique. [42]



Figure2.22: Écran OLD 0.92 Inch. [42]

3.5.2 Écran LCD 16*2 + I2C :

Les afficheurs LCD sont fabriqués à partir de cristaux liquides qui sont enfermés entre deux plaques polarisantes. Lorsqu'une tension électrique est appliquée aux cristaux liquides, leur orientation change, ce qui permet de contrôler la quantité de lumière qui passe à travers l'afficheur. En conséquence, des segments individuels de l'afficheur peuvent être activés ou désactivés, permettant ainsi d'afficher des chiffres, des lettres et des symboles. [43]

Les afficheurs LCD sont des composants très utiles et polyvalents, qui sont largement utilisés dans de nombreuses applications électroniques. Ils offrent des avantages tels que la faible consommation d'énergie, la simplicité d'utilisation et la compacité, ce qui les rend populaires dans les conceptions électroniques modernes. [43]

3.5.2.1 Caractéristiques technique :

- Dimensions : 80mm x 35mm x 11mm
- Résolution : 16 caractères x 2 lignes
- Tension d'entrée : 5V DC
- Consommation d'énergie : moins de 2mA
- Interface de communication : I2C
- Adresse I2C : 0x27 ou 0x3F (selon le module)

- Angle de vue : $> 90^\circ$
- Température de fonctionnement : -20°C à 70°C . [43]



Figure 2.22 : Écran LCD 16*2 avec I2C. [44]

3.5.2.2 Interfaces I2C:

I2C peut être étendu sur de nombreuses cartes dans un système fermé et convient pour interagir avec des appareils sur une seule carte. Une illustration est l'utilisation d'I2C par un processeur hôte sur une carte intégrée principale pour se connecter à des composants d'interface utilisateur sur une carte de panneau avant séparée. I2C est un bus série à deux fils qui peut être implémenté facilement et à peu de frais dans le matériel car il ne nécessite pas de logique de sélection de puce ou d'arbitrage. L'horloge série (SCL) et les données série (SDA) sont les deux signaux I2C. Ensemble, ces signaux permettent la prise en charge d'un bus série à deux fils pour le transfert en série d'octets de données 8 bits, d'adresses de périphérique 7 bits et de bits de contrôle. [45]

Le système de signalisation I2C offre un indicateur de lecture/écriture, un adressage de périphérique et une simple procédure de reconnaissance. L'appel général (diffusion) et l'adressage étendu 10 bits sont d'autres composants du protocole I2C.

Les appareils I2C fonctionnent généralement jusqu'à 100 Kbps, les appareils en mode rapide peuvent transmettre des données jusqu'à 400 Kbps. Le processeur ou le microcontrôleur du système est souvent le maître I2C. Même certains microcontrôleurs sont livrés avec du matériel pour la mise en œuvre du protocole I2C. Une paire de broches d'E/S à usage général peut également être utilisée pour créer une implémentation entièrement logicielle. Le protocole de bus n'impose aucune demande supplémentaire en

temps réel à la CPU au-delà de celles imposées par l'application, car le maître I2C contrôle la synchronisation des transactions. Les logiques haute et basse sont fixées à 3,0 V et 1,5 V, respectivement, pour un I2C fixe. [45]

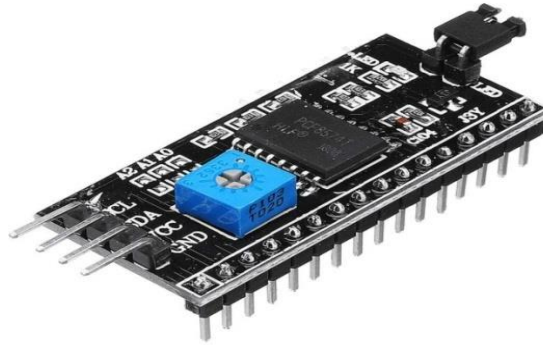


Figure2.24: interface I2C. [45]

3.5 Bloc d'éclairage :

3.6.1 Série LED :

Dans l'unité d'éclairage, nous avons utilisé la série LED sur le téléviseur au moindre coût et le meilleur éclairage à l'intérieur de la serre, où le pourcentage de température perdue par la série est faible.



Figure2.25 : Série des LED de TV. [46]

3.6 Module d'horloge en temps réel DS1302 :

Le DS1302 RTC est un module très utile pour les projets qui nécessitent de garder une trace du temps. Il peut y avoir des problèmes avec le cristal de quartz et le voltage, qui peuvent affecter sa précision. [47]



Figure2.26: Module d'horloge en temps réel DS1302. [47]

3.7.1 Câblage de DS1302 avec STM32F1 :

Une minuterie est installée dans la serre afin d'optimiser le temps et éviter les pertes. Contrairement au microcontrôleur, elle est chargée de gérer les données horaires qui sont ensuite affichées sur l'écran.

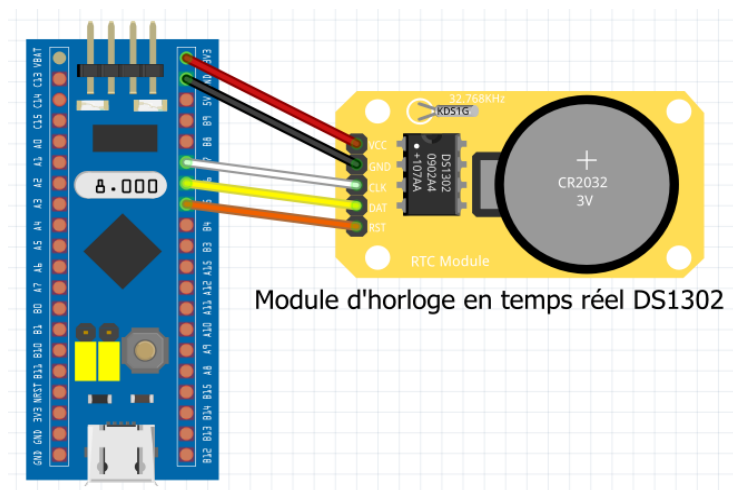


Figure2.27 : Câblage de DS1302 avec STM32F1 par Fritzing

3.7 Adaptateur de carte micro SD :

La carte SD est une solution pratique pour stocker des données numériques dans des projets électroniques, et il est possible de l'utiliser avec le STM32F1 en utilisant un module de carte SD. Ce module est équipé de FET pour le changement de niveau de vitesse et d'un régulateur de tension pour convertir la tension de 5V de STM32F1 en une tension de 3,3V pour la carte micro SD. La communication entre STM32F1 et le module de carte SD se fait via l'interface SPI, qui utilise quatre broches: MOSI, MISO, SCK et CS. Le MOSI est utilisé pour envoyer des données du maître à l'esclave, tandis que le MISO est utilisé pour envoyer des données de l'esclave au maître. L'horloge système (SCK) est utilisée pour synchroniser la transmission de données, et la sélection de puce (CS) est utilisée pour sélectionner la carte SD. Le module de carte SD utilise également des FET pour le décalage de niveau, ce qui facilite la communication entre la carte SD et STM32F1. Avec cette configuration, il est possible de lire et d'écrire des données sur la carte SD à partir du STM32F1. [48]



Figure2.28 : Adaptateur de carte micro SD. [48]

3.8.1 Câblage l'adaptateur SD avec STM32F1 :

Un lecteur de carte SD est utilisé pour stocker toutes les données à l'intérieur de la serre, telles que la température, l'humidité, etc. La capacité de stockage dépend de l'espace disponible sur la carte SD. Voici comment installer l'adaptateur de carte SD avec le microcontrôleur STM32F1.

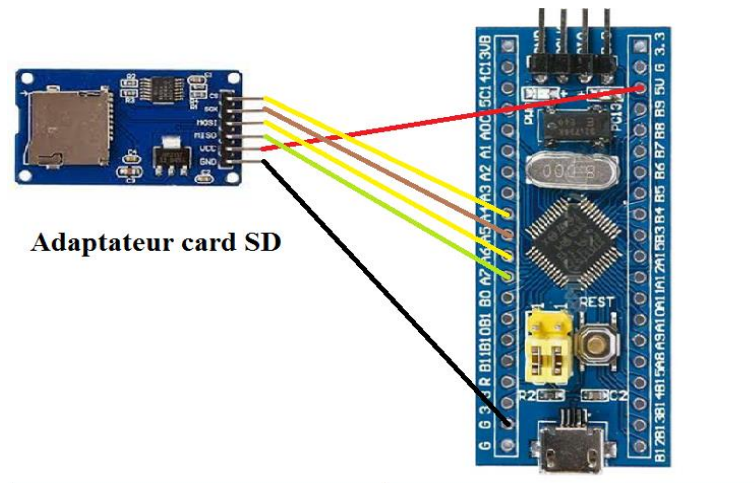


Figure2.29 : Câblage l'adaptateur SD avec STM32F1

3.9 Bloc d'alimentation :

3.9.1 Chargeur d'alimentation :

Dans le processus d'alimentation du système, nous avons utilisé un adaptateur de chargeur destiné aux ordinateurs portables. Cet adaptateur convertit la tension de 230 V à la tension requise pour faire fonctionner l'évaporateur d'humidité. Nous avons une prise de chargeur de 18,5 V avec un courant de 3,8 A pour cette application spécifique.



Figure2.30 : Chargeur d'alimentation 18.5 V

3.9.2 Convertisseur DC/DC LM2596 :

La série de régulateurs LM2596 est un circuit intégré monolithique fournissant toutes les fonctionnalités actives d'un régulateur abaisseur à découpage capable de piloter une charge de 3A avec une excellente régulation de ligne et de charge. Ces dispositifs sont disponibles en versions à tension de sortie fixe de 3,3 V, 5 V, 12 V, ainsi qu'en version à sortie réglable. [49]

Grâce à leur conception nécessitant un nombre minimal de composants externes, ces régulateurs sont simples à utiliser. Ils intègrent une compensation de fréquence interne et un oscillateur à fréquence fixe. [49]

La famille LM2596 fonctionne à une fréquence de commutation de 150 kHz, permettant ainsi l'utilisation de composants de filtre de taille plus réduite par rapport à un régulateur à découpage basse fréquence. [49]



Figure2.31 : Convertisseur DC/DC LM2596. [49]

3.9.3 Convertisseur DC/DC XL4015 :

Le XL4015 est un convertisseur DC/DC abaisseur PWM à fréquence fixe de 180 kHz. Il est capable de piloter une charge de 5A avec une haute efficacité, une faible ondulation et une excellente régulation de ligne et de charge. Ce convertisseur nécessite un nombre minimal de composants externes, ce qui le rend facile à utiliser. Il intègre un contrôleur avec une compensation de fréquence interne et un oscillateur à fréquence fixe. [50]

La fréquence de fonctionnement peut être réduite de 180 kHz à 48 kHz en utilisant un bloc de compensation interne intégré ou en ajoutant des composants externes. [50]

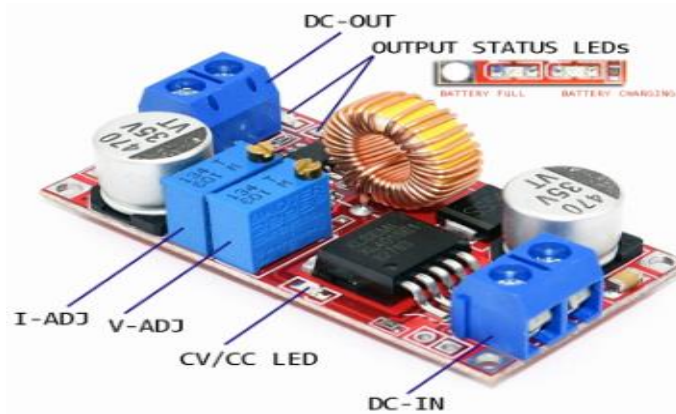


Figure2.32 : Convertisseur DC/DC XL4015. [50]

3.9.4 Relai 4 module :

Le module relais à 4 canaux est un dispositif qui permet de contrôler facilement et de commuter des charges élevées à l'aide d'un microcontrôleur tel que le Raspberry Pi ou l'Arduino. Il fonctionne avec une tension de 5 V. Toutes les connexions peuvent être réalisées à l'aide de bornes à vis, facilitant ainsi le raccordement à une carte à l'aide de fils. Chaque relais peut être activé ou désactivé individuellement grâce à une entrée numérique opto-isolée, qui peut être directement connectée à une broche de sortie du microcontrôleur. Ce module est conçu pour commuter jusqu'à 4 charges simultanément. Il trouve une large gamme d'applications, notamment dans les contrôles des microcontrôleurs, le secteur industriel, les systèmes de contrôle programmables (PLC) et la domotique. [51]



Figure2.33: Relai 4 module. [51]

3.10 Partie de commande :

3.10.1 Module de remote control :

Dans la partie de la demande, un petit contrôleur est utilisé en conjonction avec son propre capteur. L'agriculteur saisit les données de température, d'humidité et la quantité de CO2 requise pour la croissance et le développement de la plante.

La figure ci-dessous montre un module de remote contrôle.



Figure2.34 : Remote control. [52]

4. Partie logicielle :

4.1 Plate-forme de programmation Arduino IDE

L'IDE Arduino n'est pas adapté pour programmer les cartes STM32F1, car ces cartes sont basées sur une architecture différente de celle de l'ATMEGA328P utilisé dans les cartes Arduino. Cependant, il existe des alternatives à l'IDE Arduino pour programmer les cartes STM32F1. [53]

Une option courante est d'utiliser l'IDE de développement intégré STM32CubeIDE, qui est spécifiquement conçu pour les cartes STM32. Cet IDE offre une interface utilisateur similaire à celle de l'IDE Arduino, avec un éditeur de code, une barre d'outils rapide, une barre de menus et une console pour afficher les résultats de la compilation et du débogage.

En outre, l'IDE STM32CubeIDE offre de nombreuses fonctionnalités avancées, telles que la possibilité de générer automatiquement du code à partir d'un modèle, des outils de débogage avancés et des bibliothèques de périphériques prêtes à l'emploi pour les cartes STM32F1. [53]

En résumé, bien que l'IDE Arduino ne soit pas compatible avec les cartes STM32F1, il existe des alternatives telles que l'IDE STM32CubeIDE qui offrent une interface utilisateur similaire et des fonctionnalités avancées pour programmer ces cartes. [53]



Figure2.35 : Plate-forme de programmation Arduino IDE. [54]

4.1.1 Programmation avec Arduino IDE

L'environnement de développement Arduino est un logiciel intégré (IDE) dédié au langage Arduino. Cet IDE permet d'écrire des programmes, appelés "sketches", de les compiler et de les télécharger vers la carte Arduino via une connexion USB. Il offre également une interface de surveillance en temps réel. [53]

L'avantage du langage Arduino est qu'il est basé sur les langages C/C++ et prend en charge toutes les syntaxes standard du langage C, ainsi que des outils spécifiques au C++. De plus, de nombreuses bibliothèques sont disponibles, ce qui facilite l'utilisation de différents composants (écrans LCD, afficheurs 7 segments, capteurs, servomoteurs, etc.).

Pour écrire un programme avec le langage Arduino, il est important de respecter certaines règles. En effet, l'exécution d'un programme Arduino se fait de manière séquentielle, ce qui signifie que les instructions sont exécutées les unes après les autres. Le programmeur doit prendre en compte deux structures essentielles dans un programme Arduino :

- La configuration et la manipulation des entrées/sorties.
- La boucle principale qui s'exécute en boucle. [53]

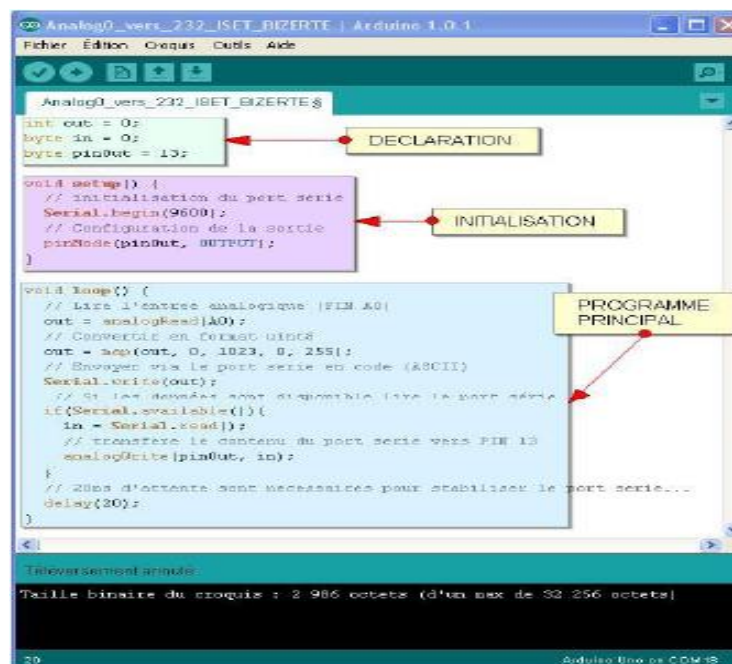


Figure2.36 : Programmation avec arduino IDE. [53]

4.1.2 Les étapes de téléchargement du programme dans STM32F1

Les étapes pour télécharger un programme sur une carte STM32F1 sont légèrement différentes de celles pour une carte Arduino, voici les étapes à suivre :

- 1- On conçoit ou on ouvre un programme existant avec un logiciel de développement intégré tel que STM32CubeIDE.
- 2- On vérifie ce programme avec l'IDE en utilisant la fonction de compilation.
- 3- Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- 4- On configure les options de programmation, telles que le type de carte, le port USB, le mode de programmation, etc.
- 5- On charge le programme sur la carte en utilisant un outil de programmation tel que ST-Link ou J-Link.
- 6- On câble le montage électronique.
- 7- On alimente la carte avec une source d'alimentation appropriée.
- 8- On vérifie que notre montage fonctionne. [48]

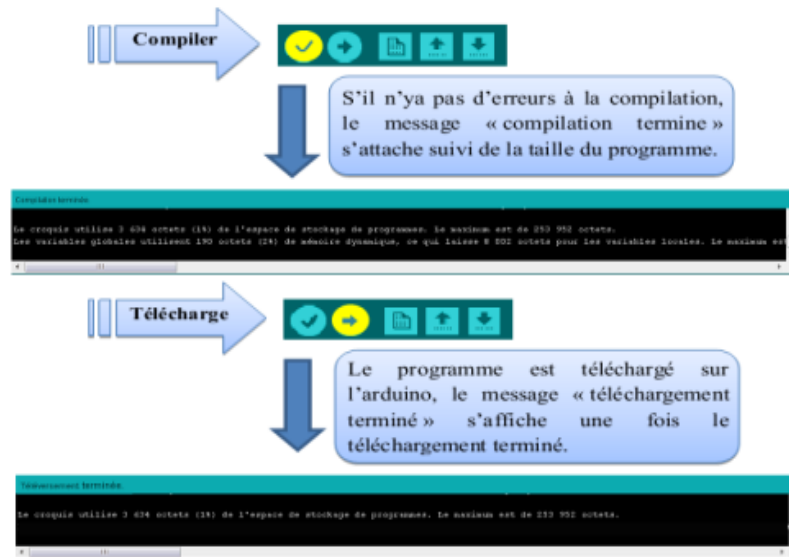


Figure2.37 : Les étapes de téléchargement du programme dans STM32F1. [48]

4.2 Logiciel de Fritzing :

Fritzing est en effet un logiciel de conception électronique qui permet aux fabricants et aux amateurs de créer facilement des schémas de circuits électroniques et des circuits imprimés. Il offre une interface utilisateur conviviale et une bibliothèque de pièces électroniques avec de nombreux composants couramment utilisés. [48]

Le logiciel Fritzing permet de dessiner des schémas de circuits électroniques en utilisant des icônes de composants et des fils connectant ces composants. Ensuite, ces schémas peuvent être convertis en circuits imprimés prêts pour la production.

Fritzing est populaire auprès des utilisateurs d'Arduino et de Raspberry Pi, car il offre une compatibilité avec ces cartes et une bibliothèque de composants associée. Il est également largement utilisé dans l'éducation et le bricolage créatif, car il permet aux utilisateurs de visualiser facilement les connexions électroniques et de documenter leurs projets. [48]

En utilisant Fritzing, les utilisateurs peuvent tester des prototypes de circuits électroniques, améliorer leur compréhension des circuits et documenter leurs projets. De plus, Fritzing permet également de préparer les circuits électroniques pour la production en générant des fichiers de fabrication de circuits imprimés. [48]

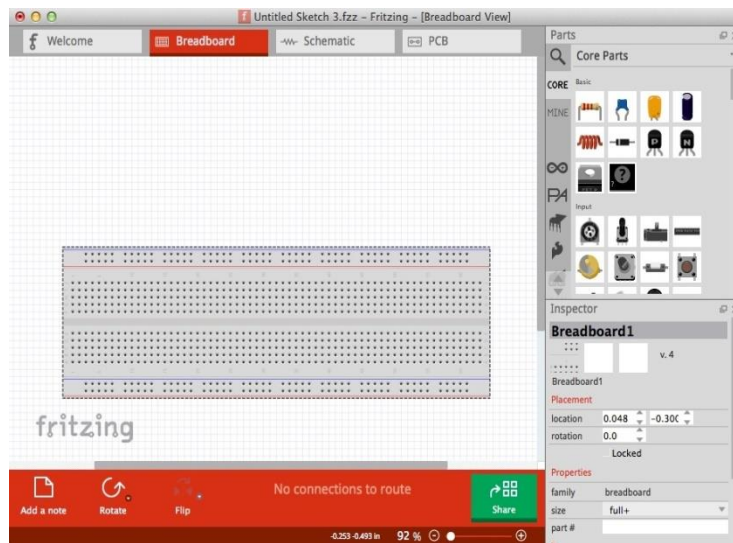


Figure2.38 : Logiciel de Fritzing

5. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons présenté les différents composants, cartes et logiciels utilisés pour la conception d'une serre intelligente agricole. Nous avons passé en revue les capteurs de température, d'humidité, de CO₂, ainsi que les actionneurs tels que les pompes, les vannes et les ventilateurs. Nous avons également discuté des microcontrôleurs, tels que le STM32F1, et des plateformes de développement, utilisés pour le contrôle et la gestion des composants de la serre.

De plus, nous avons abordé les logiciels tels que l'IDE Arduino et les environnements de programmation pour microcontrôleurs, qui sont essentiels pour développer et télécharger les programmes nécessaires au fonctionnement de notre serre intelligente.

Cette présentation exhaustive des composants, cartes et logiciels constitue une base solide pour la conception et la réalisation de notre serre intelligente agricole. Dans le chapitre suivant, nous explorerons en détail la partie conception et réalisation, en intégrant ces éléments pour créer un système automatisé et efficace qui optimisera la croissance et le rendement des cultures.

Chapitre III

Conception et réalisation

1. Introduction :

L'agriculture intelligente est de plus en plus reconnue comme une réponse essentielle aux défis de la production alimentaire future. Dans ce contexte, la conception et la réalisation de serres agricoles intelligentes revêtent une importance capitale pour une agriculture durable et efficace. Le présent chapitre a pour objectif de fournir une vue détaillée des étapes nécessaires à la conception et à la réalisation d'une telle serre.

Nous commencerons par l'élaboration du cahier des charges, qui permettra de définir précisément les objectifs et les besoins de la serre intelligente. Ensuite, nous aborderons le choix des technologies appropriées en fonction des contraintes spécifiques du projet, en mettant l'accent sur l'utilisation de capteurs, d'actionneurs et de systèmes de contrôle adaptés.

La modélisation et la simulation joueront également un rôle clé dans notre approche, en nous permettant d'évaluer les différentes solutions envisagées et de prendre des décisions éclairées. Nous nous pencherons également sur la mise en place des organigrammes, qui nous aideront à visualiser de manière claire et synthétique les interactions entre les différents composants de la serre.

Enfin, nous accorderons une attention particulière à la validation des performances de la serre intelligente. Nous mettrons en œuvre des tests et des mesures pour nous assurer que le système fonctionne de manière optimale, en respectant les critères établis dans le cahier des charges.

En résumé, ce chapitre nous guidera à travers les étapes essentielles de la conception et de la réalisation d'une serre agricole intelligente. En suivant ce processus rigoureux, nous serons en mesure de créer une serre efficace, durable et adaptée aux enjeux de l'agriculture moderne.

2. Objectif et description du système à réaliser :

L'objectif de notre travail est de réaliser un système d'automatisation autonome d'une serre agricole. Pour se faire, il est primordial, de prendre en compte certains paramètres tel que : la température, l'humidité du sol, la lumière, l'arrosage (la quantité d'eau requise aux plantes) et la qualité de l'air (le taux de CO₂).

Notre système contrôlera tous ces paramètres automatiquement, et pourra prendre une décision de déclencher les actions nécessaires. La catégorie des espèces cultivées à

l'intérieur de la serre, les conditions climatiques requises et les seuils des différents paramètres, le système développé les prendra en compte lors du contrôle de la serre.

Notre système peut fournir les services suivants :

- Arrosage des plantes et gestion de l'irrigation
- Gestion de ventilation
- Gestion de réservoir « quantité de l'eau et le PH et TDS »
- Gestion de l'éclairage

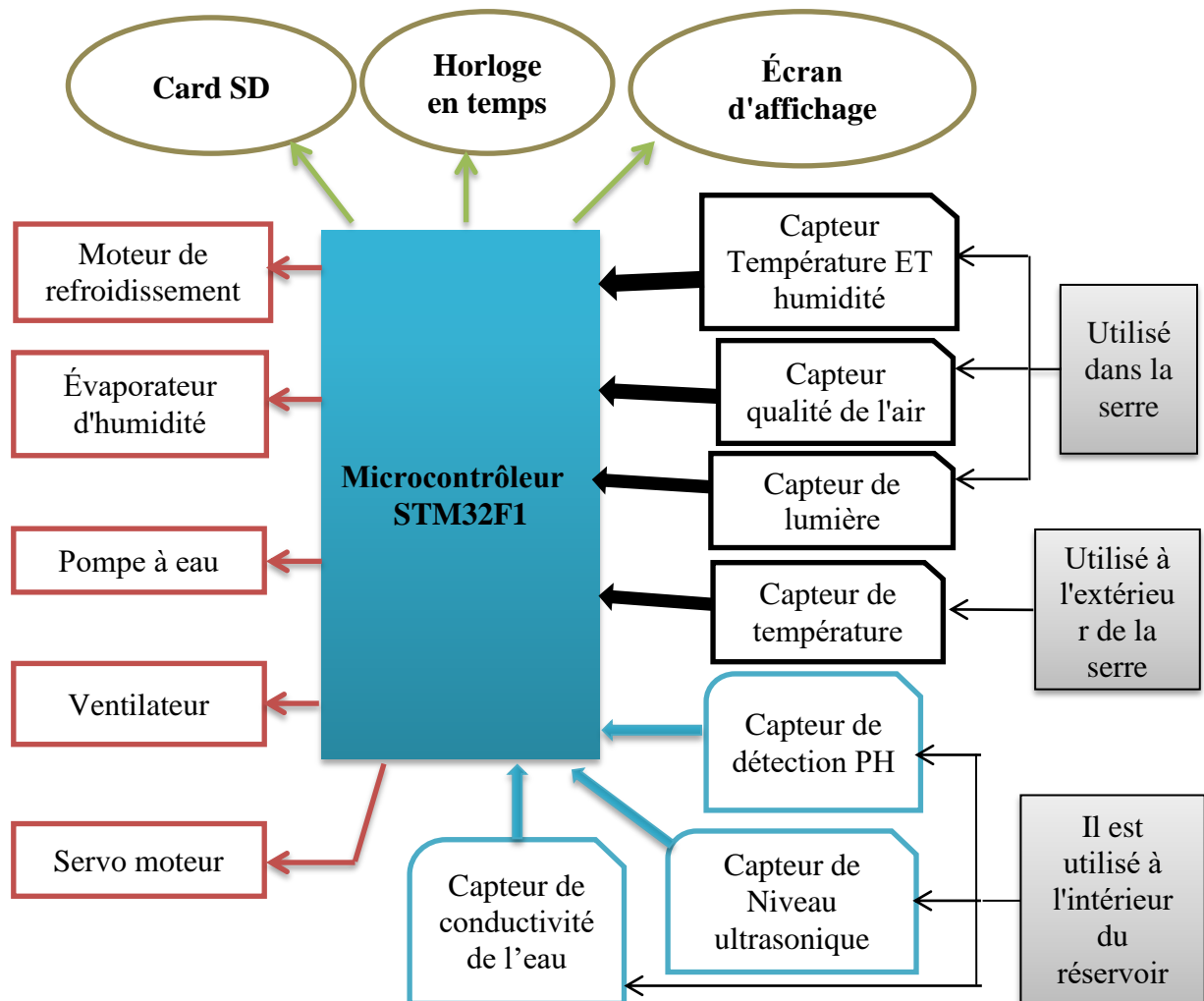


Figure3.1: Structure de système de contrôle réalisée

3. La partie mécanique de la réalisation :

La construction de notre serre agricole intelligente a impliqué plusieurs étapes, au cours desquelles nous avons utilisé des matériaux tels que des panneaux sandwich et du fer tube

carré. Les dimensions de notre serre sont de 105 cm en longueur, 75 cm en largeur et 75 cm en hauteur.

3.1 Les étapes de la réalisation :

3.1.1 La structure à l'extérieur :

Tout d'abord, nous avons transformé le fer en une structure cubique pour lui donner l'apparence d'une serre agricole.



Figure3.2: Image réelle de la formation du fer

1-Ensuite l'étape de peindre la structure avec une peinture blanche qui résiste à la rouille et à l'humidité, après avoir appliqué la première couche on laisse sécher la structure pendant 24 heures, puis on repeint la structure avec une deuxième couche pour obtenir la couleur blanche désirée.



Figure3.3: La première couche de la peinture



Figure3.4: La deuxième couche de la peinture

- 2- Puis, nous avons installé des panneaux sandwich d'une épaisseur de 1,5 cm, car ils sont reconnus par leur capacité d'isolation thermique efficace.



Figure3.5: Installation des panneaux sandwich

- 3- Par la suite, nous avons procédé à l'installation du compresseur de 1/4 chevaux, qui fonctionne avec du gaz R134a. Pour assurer un fonctionnement optimal, nous avons équipé le compresseur d'un double radiateur et d'une plaque de refroidissement mesurant 75 cm sur 45 cm.



Figure3.6: Le refroidissement de la mini serre agricole

- 4- Durant cette étape, nous avons incorporé plusieurs capteurs dans un réservoir d'une capacité de 6,2 litres. Le premier de ces capteurs est un capteur de pH, qui permet de mesurer l'acidité de l'eau. Nous avons également installé un capteur TDS, qui permet de déterminer la concentration des éléments solides dissous dans l'eau. Enfin, un capteur de niveau d'eau a été ajouté pour indiquer le taux de remplissage du réservoir.

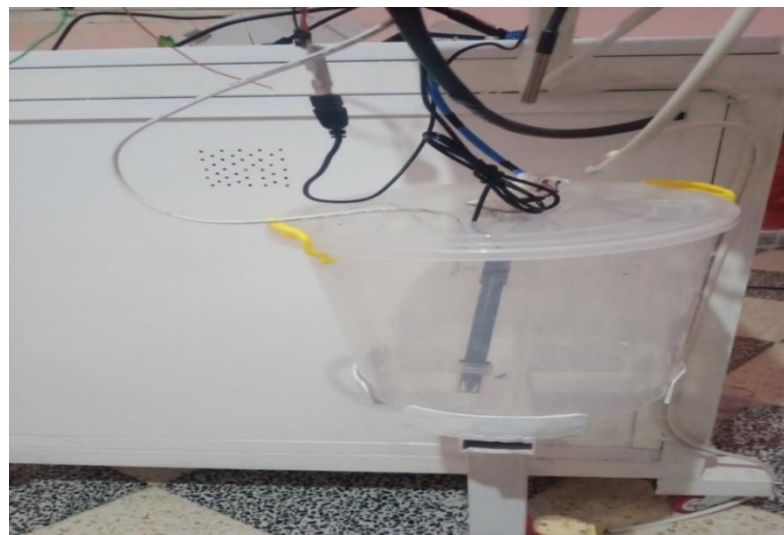


Figure3.7: Image réel de réservoir d'eau

- 5- En ce qui concerne l'aération, nous avons prévu deux fenêtres. La première, contrôlée, sert de point d'entrée de l'air. La seconde, également contrôlée, est équipée d'un ventilateur de 12 volts pour favoriser la circulation de l'air.

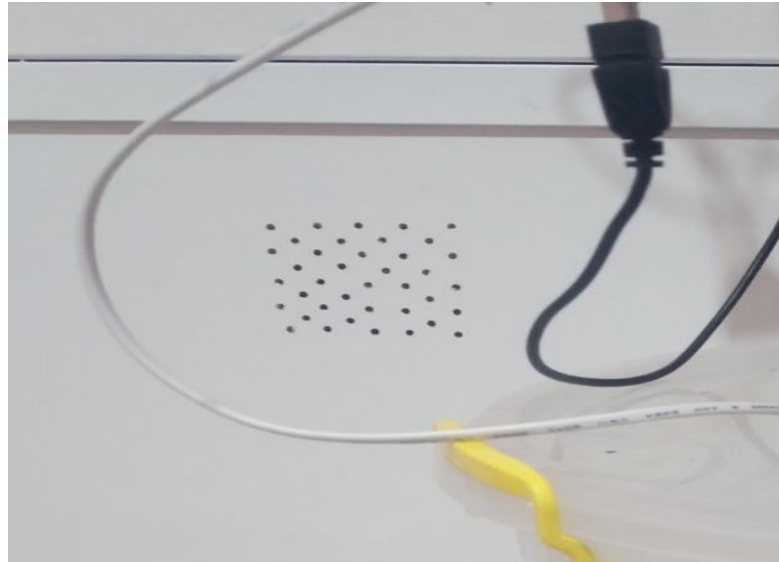


Figure3.8 : La première fenetre interface externe

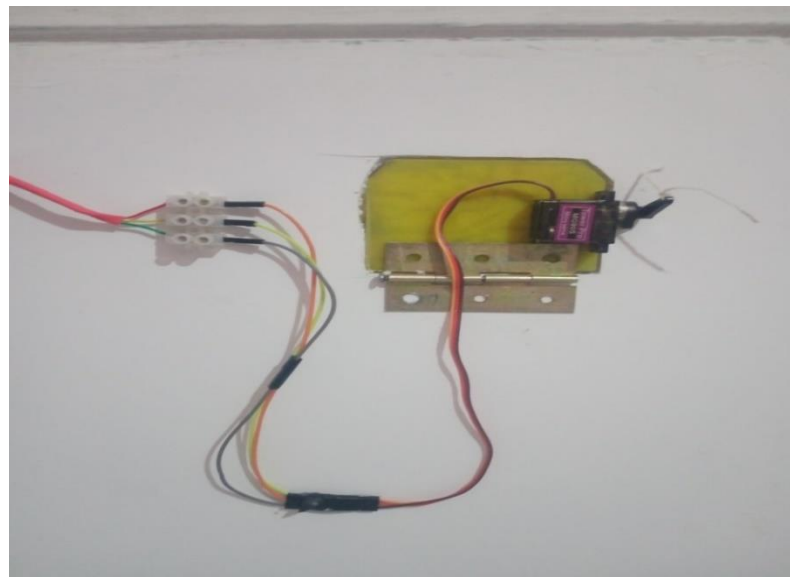


Figure3.9 : La première fenetre interface interne



Figure 3.10: Le ventilateur

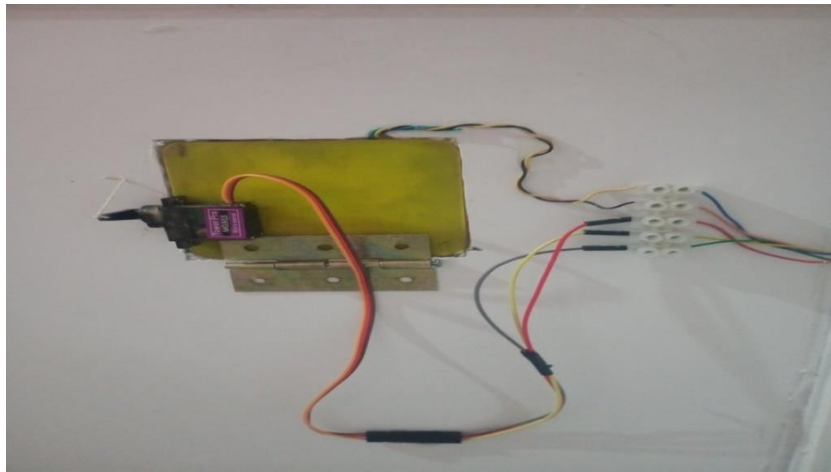


Figure 3.11: La deuxième interface interne

6- L'installation d'une pompe à eau a été nécessaire pour faciliter l'arrosage des plantes.



Figure 3.12: La pompe d'eau

- 7- Nous avons fixé le panneau de contrôle en plastique au-dessus de la serre, qui abrite le contrôleur ainsi que certains de ses éléments électroniques. Il s'agit d'un panneau de commande statique qui ne peut pas être déplacé à travers la serre, comme le montre la figure correspondante.



Figure3.13: Panneau de contrôle

- 8- Pour que la plante pousse bien, nous avons installé des LED pour les éclairer en l'absence de lumière.



Figure3.14 : L'installation des LED

- 9- En outre, les écrans d'affichage sont fixés au-dessus du panneau de commande en plastique afin d'être contrôlés à distance par une télécommande. Cela permet à tout utilisateur de lire les données et les mesures relatives à l'atmosphère à l'intérieur de la serre, ainsi que la qualité et le niveau d'eau dans le réservoir.

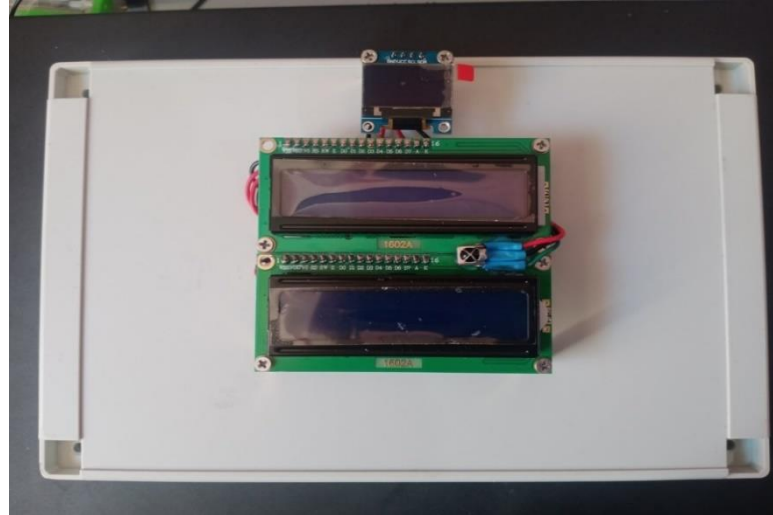


Figure3.15: La partie d'affichage

4.1.2 La structure à l'intérieur :

Nous avons créé un support de pot en utilisant du fer tube carré de dimensions 90cm*60cm. Ce support est divisé en trois sections, chacune pouvant transporter cinq pots. La distance entre chaque pot est de 8cm.



Figure3.16: Porte-pot avant la peinture



Figure3.17 : Porte-pot après la peinture

Après avoir préparé le support de plantation, nous remplissons les pots de terre et plaçons soigneusement les plantes. Ensuite, nous avons installé un système d'irrigation à l'aide d'un tuyau fin relié à une pompe à eau pour distribuer l'eau à chaque pot. Cela garantit que chaque plante reçoit la quantité d'eau nécessaire.

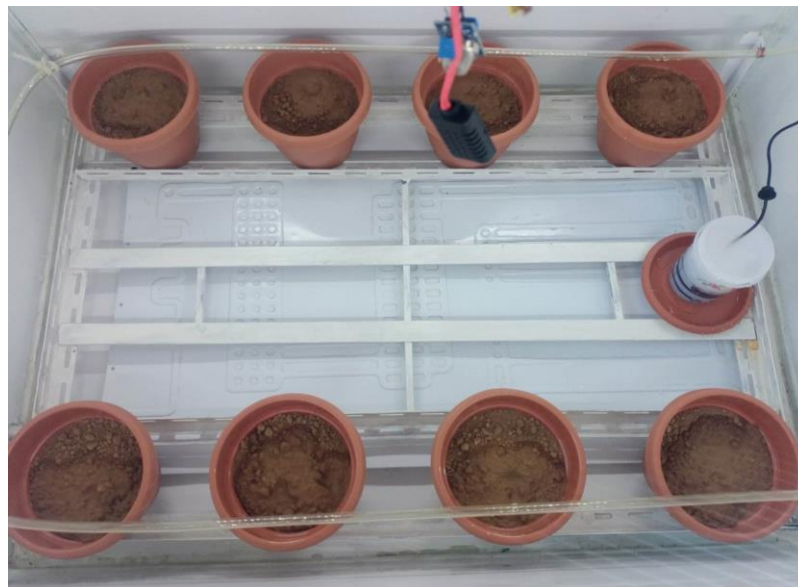


Figure3.18 : Plantation et mise en place d'outils d'arrosage

4. La partie affichage et contrôle :

4.1 Partie d'affichage

Le système affiche toutes les valeurs des capteurs électroniques à travers trois petits écrans situés au-dessus du panneau de commande. Nous avons utilisé un écran OLED de 0,96 pouces pour afficher le premier message du système pendant une courte période, afin que celui-ci se prépare. Pour les deuxième et troisième écrans, de type LCD 16x2, nous avons utilisé une interface I2C pour chacun d'eux, ce qui nous permet de ne prendre que deux pins pour l'affichage et de simplifier le câblage. La figure suivante montre comment les écrans sont installés.

Voici la figure ci-dessous qui illustre comment connecté tous les écrans en mode I2C. Le panneau de commande identifie chaque écran à travers sa source, où l'interface I2C fonctionne avec les sources de chaque appareil connecté dans le réseau.

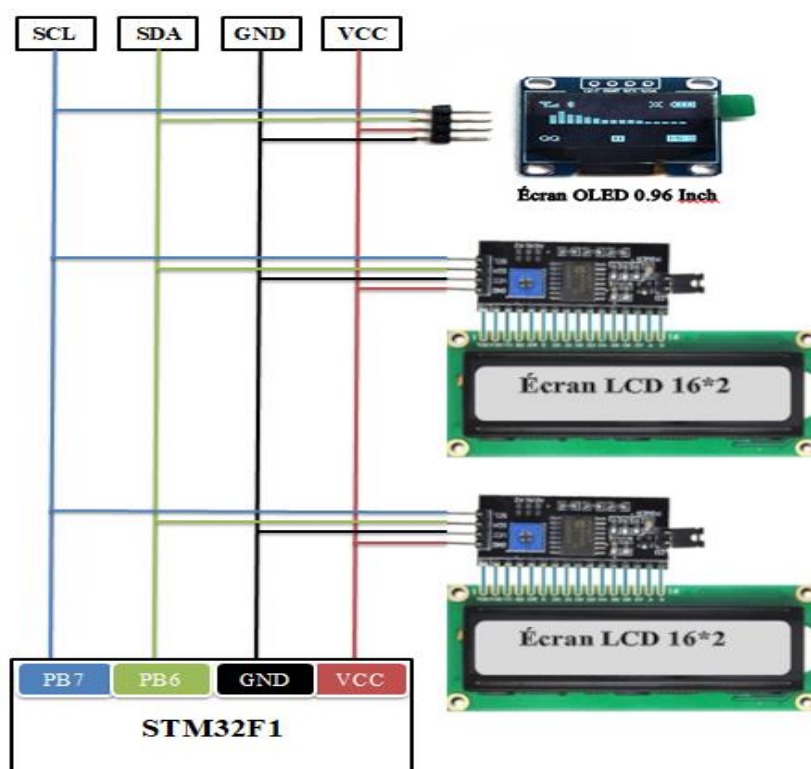


Figure3.19: Afficher les connexions des pièces avec la carte STM32f1

4.2 Partie calibration des capteurs

4.2.2 Calibration de Capteur MQ-135:

En utilisant la fiche technique pour calibrer le capteur MQ-135, nous pouvons établir une relation de la forme $y = a \cdot x^b$.

Où y représente la concentration en ppm (parties par million) du gaz mesuré et x correspond à la valeur de résistance R_s/R_o du capteur. [55]

En utilisant la méthode de régression de puissance, nous pouvons déterminer les valeurs du facteur d'échelle (a) et de l'exposant (b) pour le gaz spécifique que nous souhaitons mesurer.

Pour calibrer le capteur en vue de la détection du CO₂, nous avons obtenu la fonction suivante en utilisant la régression de puissance :

$$\text{PPM} = 116,6020682 \cdot (R_s/R_o)^{-2,769034857}.$$

La concentration actuelle de CO₂ dans l'atmosphère étant de 392 ppm, nous pouvons utiliser cette information pour déterminer la valeur de R_o . En chauffant le capteur pendant 24 heures et en le laissant à l'air libre, si nous mesurons une résistance de 26954 ohms (R_s), nous pouvons calculer que R_o devrait être de 41763. [55]

La fiche technique fournit peu d'informations sur la détection de la concentration de ce gaz spécifique, indiquant une plage de 10 à 200 ppm. Cependant, nous pouvons supposer une plage plus large allant de 10 à 2000 ppm pour couvrir une gamme plus étendue de mesures. [55]

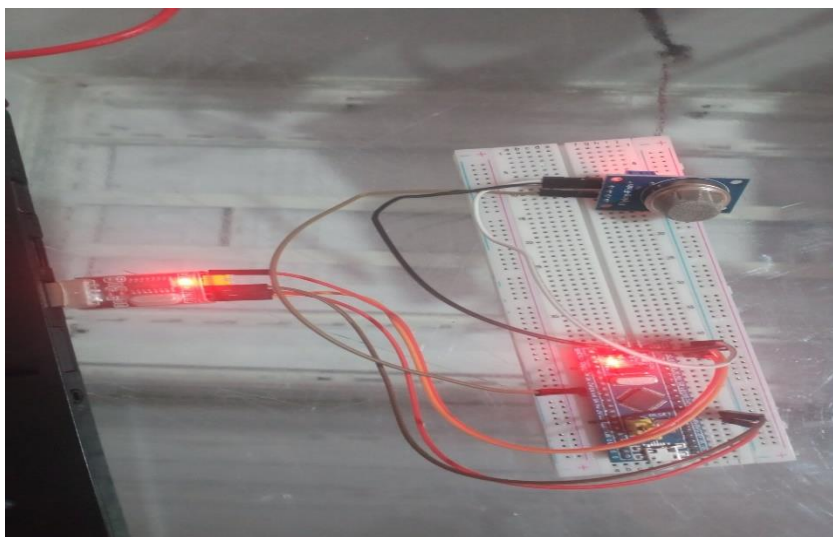


Figure3.20: Calibration de Capteur MQ-135

4.2.3 Calibration du module de PH :

Nous avons utilisé une méthode simple et efficace pour calibrer notre capteur.

Tout d'abord, nous avons utilisé la carte STM32F1 pour calibrer le capteur de pH. Pour calibrer nous avons besoin d'un fil pour court-circuiter la partie externe et le centre du connecteur de la sonde. Cela provoque une tension de 1.66 volts sur la broche de sortie analogique Po. [56]

Nous avons commencé par connecter la partie externe du connecteur BNC avec le centre du connecteur de la sonde BNC.

Nous Connectons la broche V + au 3.3 v de la carte STM32F1. Ensuite la broche de terre du circuit d'interface avec la broche de terre de la carte STM32F1, et enfin la broche de sortie analogique Po avec la broche PA0 de la carte STM32F1.

Une fois le capteur de pH parfaitement calibré, nous avons procédé à la mesure de la valeur du pH. [56]

Pour commencer, nous avons testé le pH du vinaigre, sachant que sa valeur de pH est de 2.

La valeur affichée sur l'écran était également proche de 2, ce qui indique une calibration précise. Ensuite, nous avons nettoyé la sonde du capteur de pH et mesuré la valeur du pH de l'eau, et là aussi, nous avons obtenu une valeur de pH correcte. [56]

Et aussi nous avons testé le ph de l'eau de javel sachant que sa valeur de pH est de 10, et nous avons obtenu le même résultat.



Figure3.21: Calibration du module de PH

5. Partie commande :

5.1 Organigramme de l'humidité :

L'organigramme de régulation de l'humidité joue un rôle essentiel dans le maintien d'un niveau d'humidité optimal au sein de notre serre agricole intelligente. En combinant des capteurs de mesure d'humidité, des microcontrôleurs et des actionneurs, nous sommes en mesure de surveiller et de contrôler précisément le taux d'humidité, ce qui favorise une croissance saine et productive des plantes.

Notre système intègre une fonctionnalité d'humidification entièrement automatisée, conçue pour protéger les plantes d'un environnement excessivement sec. Pour ce faire, nous utilisons un évaporateur, qui diffuse de l'eau sous forme de fines particules dans la serre. Cette vaporisation permet d'augmenter l'humidité de l'air, créant ainsi des conditions idéales pour la croissance des plantes, comme schématiser sur la **figure 3.22**.

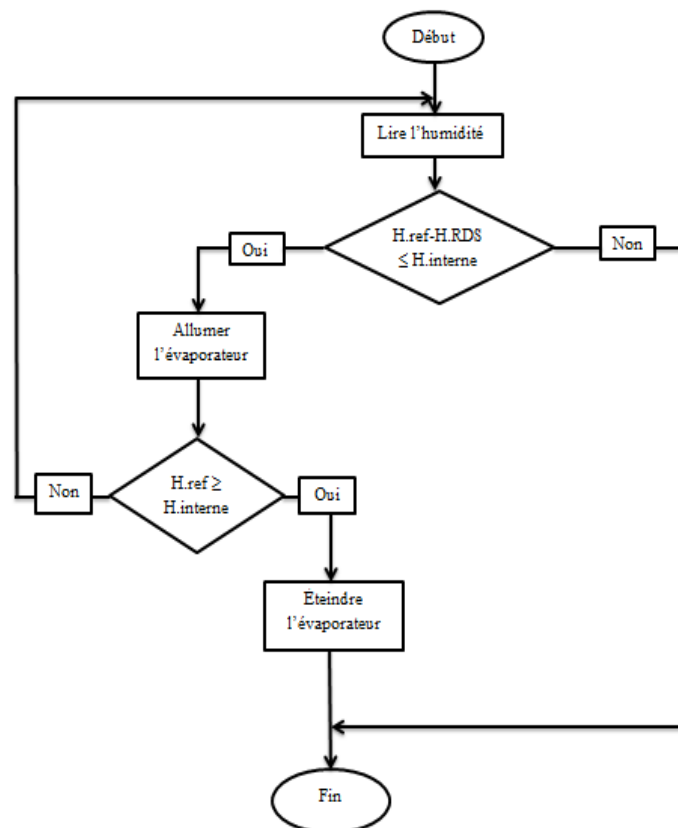


Figure 3.22: Organigramme l'humidité

5.2 Organigramme de température :

Dans notre serre intelligente, nous avons mis en place un mécanisme de régulation de la température. Lorsque la température extérieure dépasse la valeur souhaitée, nous procédons à l'ouverture des fenêtres et du ventilateur afin de réduire la consommation d'énergie.

En revanche, si la température extérieure est inférieure à celle requise, nous activons le refroidissement en l'ouvrant, voir **figure 3.23**.

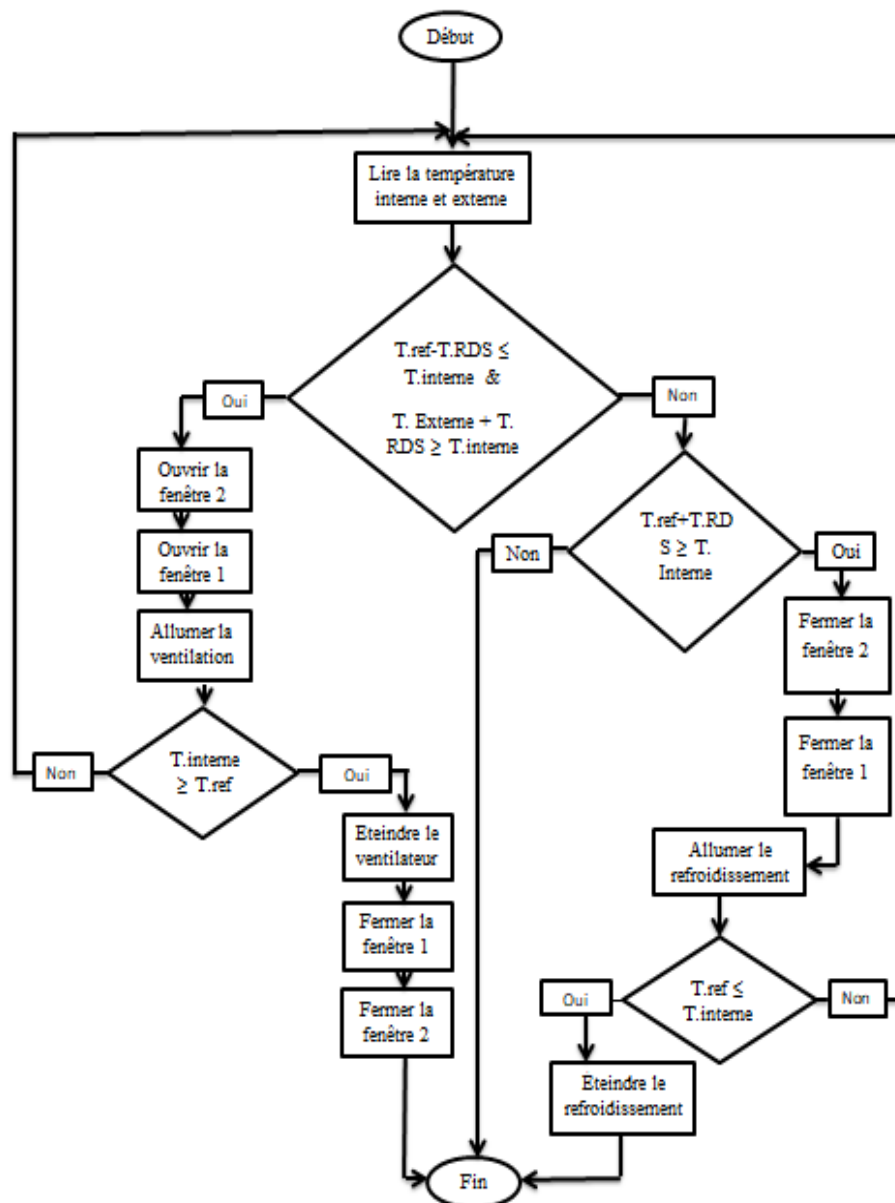


Figure3.23: Organigramme de température

5.3 Organigramme de l'irrigation:

Dans le cadre de l'organigramme d'irrigation, il est impératif de respecter précisément l'heure et la durée nécessaires à chaque session d'arrosage.

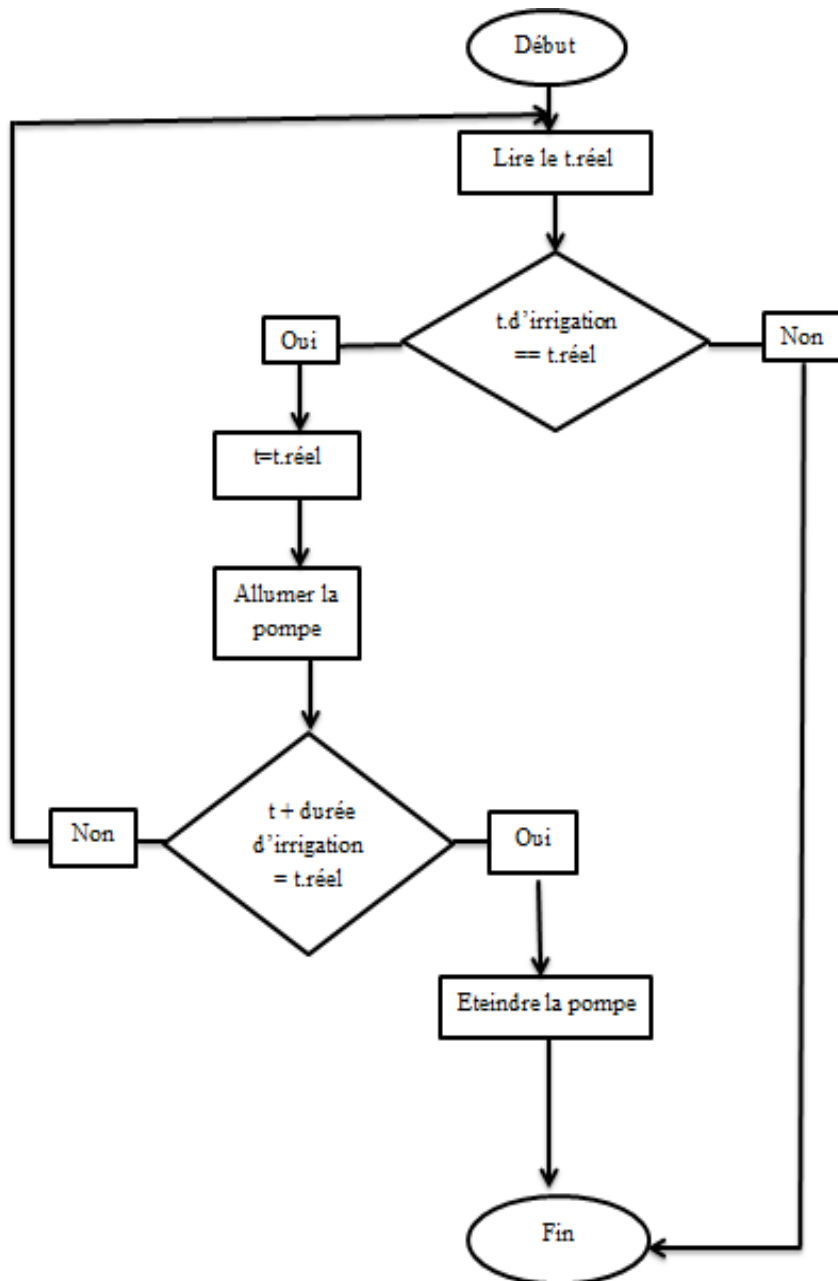


Figure3.24: Organigramme de l'irrigation

5.4 Organigramme de CO₂ :

Le détecteur de gaz revêt une importance cruciale dans notre travail, car il permet de fournir à nos plantes la quantité appropriée de dioxyde de carbone (CO₂) nécessaire à la photosynthèse. Pour garantir un apport adéquat en CO₂, nous avons installé un capteur spécifique dédié à la mesure de ce gaz dans notre serre.

Lorsque le pourcentage de CO₂ dans la serre est inférieur à la valeur requise, notre système prend en considération la température ambiante et procède à l'ouverture des fenêtres, comme illustré dans la figure 3.25. Cette action permet d'augmenter l'entrée d'air frais contenant du CO₂ provenant de l'extérieur, contribuant ainsi à maintenir un niveau adéquat de ce gaz vital pour la croissance des plantes.

L'organigramme de régulation du CO₂ est conçu pour surveiller en continu la concentration de CO₂ dans la serre. Le capteur de gaz mesure en temps réel le taux de CO₂ et transmet ces informations au système de contrôle. Le microcontrôleur analyse les données et, lorsque la valeur est inférieure à celle définie, déclenche l'ouverture des fenêtres à l'aide d'actionneurs appropriés.

En garantissant un apport adéquat en CO₂ grâce à notre système automatisé, nous favorisons la croissance vigoureuse et saine des plantes. Un taux de CO₂ adéquat améliore l'efficacité de la photosynthèse, stimule la production de biomasse et contribue à des rendements plus élevés.

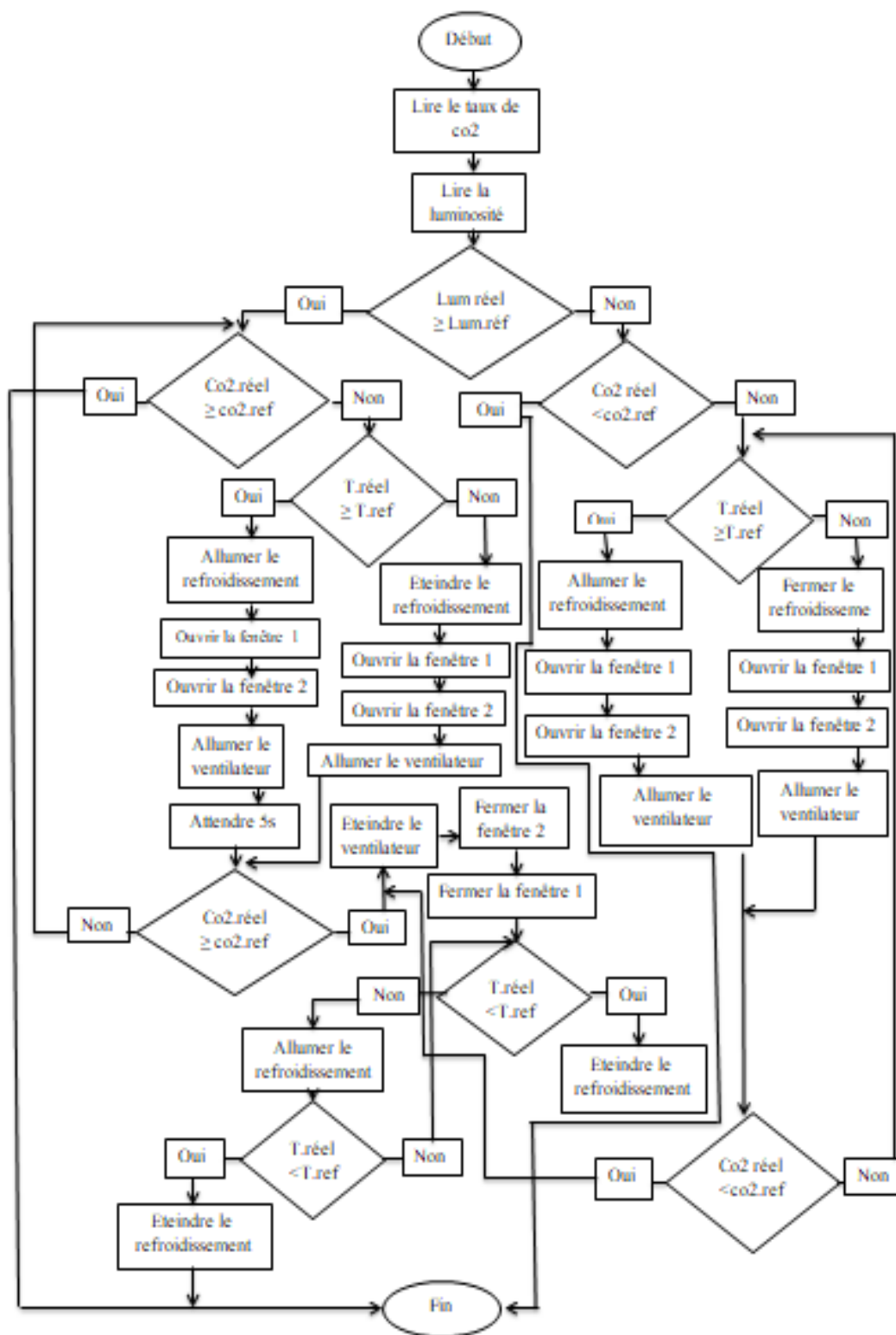


Figure3.25: Organigramme de CO2

5.5 Organigramme la luminosité :

L'éclairage joue un rôle essentiel dans la croissance des plantes, en raison de sa relation avec le processus de photosynthèse. Si les heures d'éclairage naturel nécessaires pour une plante ne sont pas atteintes, nous utilisons l'éclairage artificiel pour compenser jusqu'à ce que les heures requises soient complétées.

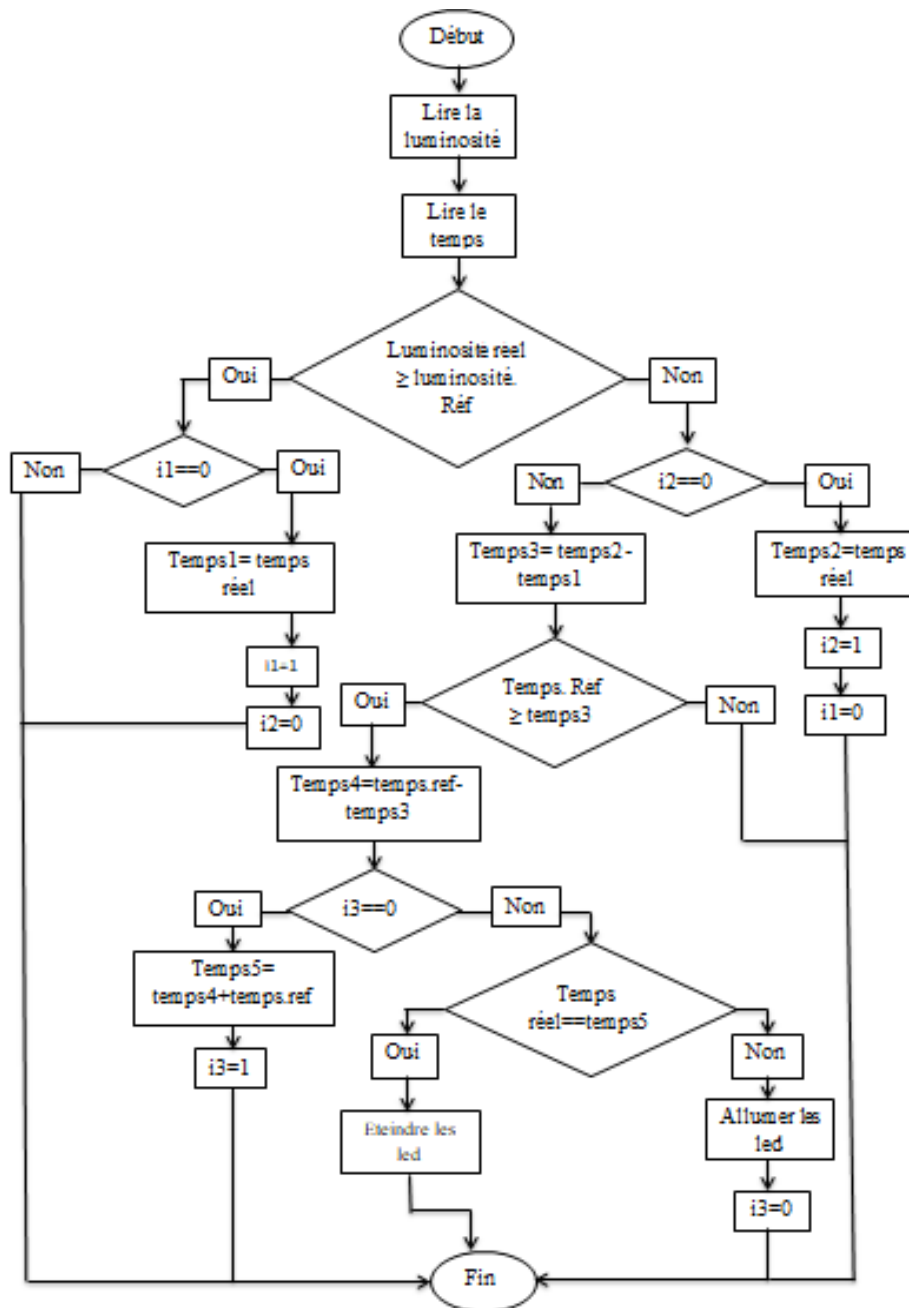


Figure3.26: Organigramme la luminosité

6. Le circuit du système intelligent :

Le circuit électrique de notre système est représenté sur la figure 3.27 de manière schématique à l'aide du logiciel fritzing, offrant ainsi une visualisation claire et précise de toutes les connexions et composants utilisés.

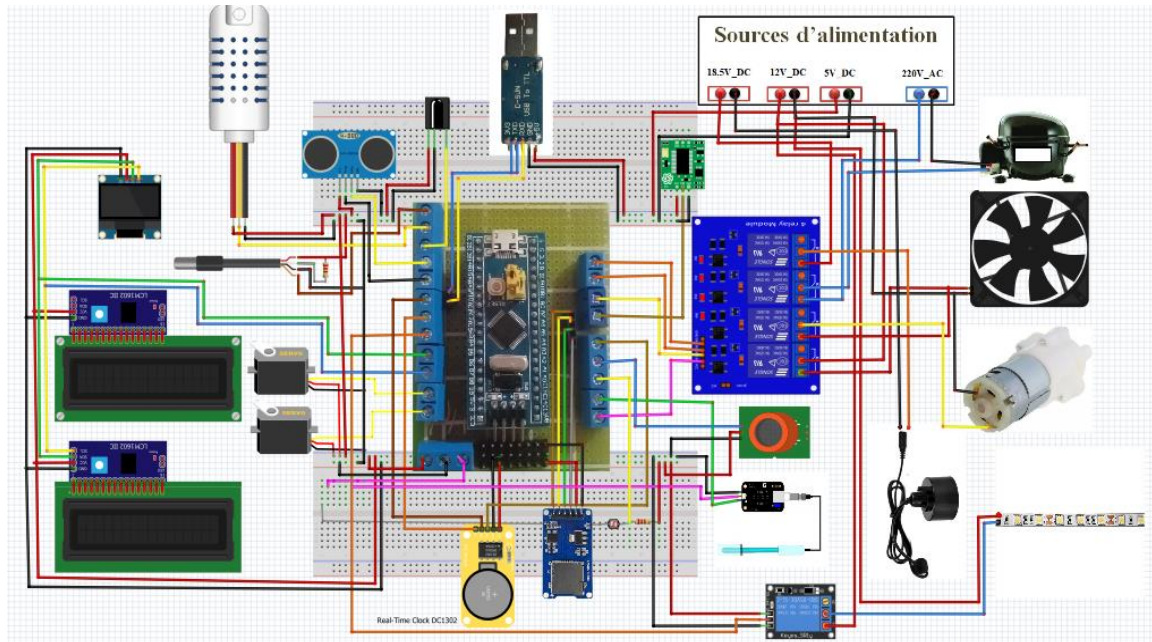


Figure3.27: Le montage de circuit de système sur fritzing

7. Le circuit d'alimentations :

Le circuit d'alimentation est essentiel pour fournir une source d'énergie stable et fiable à tous les composants de notre système, assurant ainsi un fonctionnement optimal et continu de notre serre agricole intelligente, représenté dans la figure3.28.

- 220V_AC → Pour alimenter le système de refroidissement
- 18.5V_DC → Pour alimenter l'évaporateur d'humidité
- 12V_DC → Pour alimenter le ventilateur et pompe d'eau
- 5V_DC → Pour alimenter la carte STM32F1

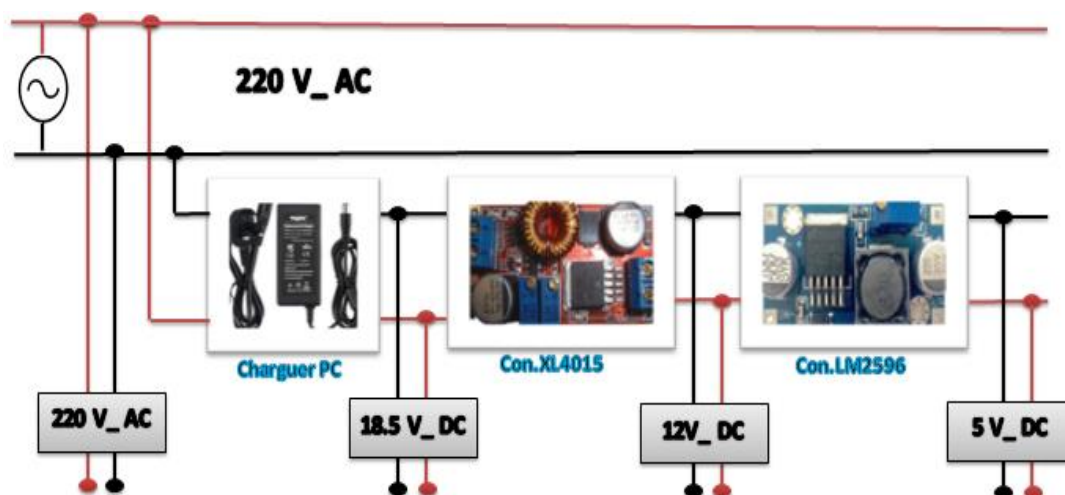


Figure3.28: Le circuit d'alimentations

8. Principe de fonctionnement du système :

Ce système a été conçu pour maintenir les conditions météorologiques optimales en termes de température, d'humidité et de taux de dioxyde de carbone, éléments essentiels à la croissance et au développement des plantes. De plus, il intègre différents capteurs d'eau tels qu'un capteur d'acidité et un capteur de la concentration de solides dissous dans l'eau. Ce système permet également de surveiller le niveau d'eau dans le réservoir.

Pour alimenter ce système, il est nécessaire d'utiliser une prise électrique avec une tension alternative de 220 volts, ainsi qu'un chargeur fournissant une tension continue de 18,5 volts. À partir de ce chargeur, une tension de 18,5 volts est prélevée et convertie en une tension continue de 12 volts à l'aide du convertisseur XL4015. Ensuite, cette tension de 12 volts est acheminée vers le convertisseur LM2596, qui la convertit en une tension de 5 volts utilisée par le système.

Nous avons mis en place un système qui affiche toutes les données concernant la serre. Trois écrans ont été utilisés pour afficher la température, l'humidité, le pourcentage de gaz carbonique et le pourcentage d'éclairage à l'intérieur de la serre. Pour simplifier le câblage, nous avons utilisé l'interface i2c qui est reliée avec i2c1 de la carte STM32, ce qui nous a permis de n'utiliser que deux fils pour tous les écrans.

Dans la partie des capteurs:

- Le capteur de température et d'humidité interne DHT21 est connecté à la carte Stm32 dans la broche numérique PB13 et ce capteur est alimenté à 5v.

- Le capteur de la température extérieure DS18B20, il est connecté au microcontrôleur dans la broche numérique PB12 et est également alimenté à 5v.
- le capteur de qualité de MQ-135, où ce capteur est calibré pour détecter uniquement le gaz Co2, et il est connecté à Pin A0 de l'entrée analogique de la carte PA3.
- la photorésistance, est reliée à une résistance, et on prend la broche analogique à la carte en PA1, et elle est alimentée à 5V DC.

Pour ce qui est des capteurs pour l'eau et le réservoir à l'extérieur de la serre :

Nous avons utilisé le pH mètre du module de pH de l'eau. Nous connectons la broche analogique P0 du module ph mètre avec le PA0 de la carte. Le module est alimenté par la carte avec 3.3V, où le pourcentage de pH est affiché dans le troisième écran.

Nous avons utilisé le module TDS pour mesurer la densité des solides dans l'eau, car il a trois pins, y compris VCC et GND, qui sont installées en 5v et GND du microcontrôleur STM32F1, et la broche de signal est installée avec PB0 du microcontrôleur, le pourcentage de densité des solides est affiché dans le troisième écran.

Nous avons également utilisé le capteur de distance à ultrasons SR-CH04 et il a quatre pins, y compris VCC, qui est connecté à 5V, et il y a le pin TRIG qui est connectée à PB16, et aussi le pin ECHO qui est reliée au PB8 de la carte, c'est spécifique à ce que l'on met dans le réservoir d'eau.

D'autre part, les actionneurs dans la serre sont connectés au contrôleur et via un relais, et le récepteur de télécommande est connecté à la carte avec le pin PB14.

On a la carte de traitement, elle reçoit donc des données et des informations des capteurs interrogés et donne un signal aux actionneurs afin d'effectuer leur travail, de sorte que nous mettons la télécommande par l'utilisateur pour entrer les données de référence.

Pour conserver les données affichées par les écrans à chaque instant, nous avons utilisé un adaptateur carte SD qui est connecté avec la carte STM32F1 par un protocole.

Nous mettons également un élément important, qui est l'horloge en temps réel DC1302, et elle fonctionne pour toujours garder l'heure, elle a une petite batterie pour garder l'heure quand il n'y a pas d'électricité, car elle a cinq pins, les pins d'alimentation sont connectées à 5V et GND dans la carte, ainsi que la pin CLK que nous connectons avec la pin PA3 et la pin DAT que nous connectons avec la pin PA11, la pin RST que nous connectons avec la pin PA12 de la carte.

Au final, c'est le principe de fonctionnement du système intelligent, qui repose sur la préservation des données environnementales et atmosphériques à l'intérieur de la serre, que

l'utilisateur saisit avec l'outil de contrôle des fuites de chaleur, d'humidité et de gaz CO2 dans la serre

8. Partie testes :

Au début, le processus démarre en activant le panneau de contrôle, ce qui affiche un message de bienvenue à l'écran, comme illustré dans la figure.



Figure3.29 : l'affichage du message bienvenu

Ensuite, le système demande de patienter afin de tester les capteurs et les actionneurs.

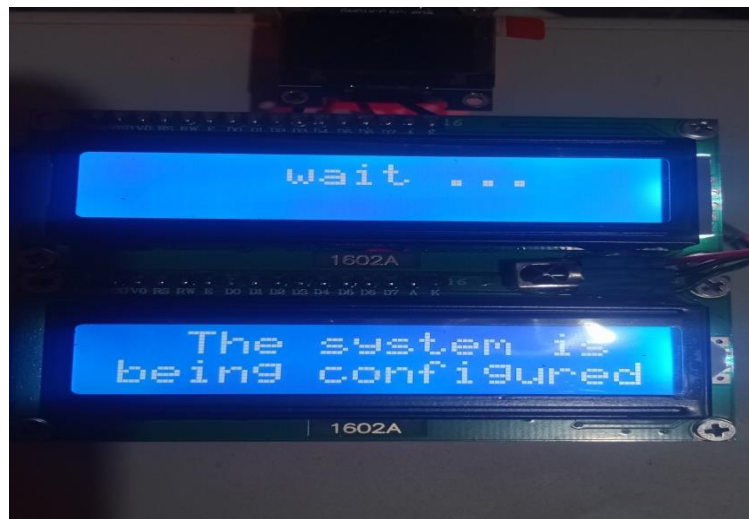


Figure3.30 : l'initialisation du système

Après cela, nous entamons la phase de configuration du système, où nous saisissons tous les paramètres requis selon les instructions données.

- 1- Pour commencer, nous avons saisi la température nécessaire à la croissance des plantes en prenant en compte le coefficient RDS.



Figure3.31 : la configuration de la température

- 2- Ensuite, étant donné que le niveau d'humidité est l'un des facteurs essentiels pour la croissance des plantes, nous avons également saisi le ratio approprié en fonction du coefficient RDS.



Figure3.32 : la configuration d'humidité

- 3- La configuration de l'éclairage pour favoriser la croissance des plantes varie en fonction du type de plante, de son stade de croissance et de ses besoins spécifiques en termes d'éclairage. Il est important de prendre en compte la quantité de lumière requise et la durée d'exposition quotidienne. Dans notre système, nous avons inclus

le pourcentage de lumière nécessaire pour notre plante, ainsi que la valeur RDS, afin de répondre à ses besoins spécifiques en éclairage.



Figure3.33 : la configuration de l'éclairage

- 4- La photosynthèse est essentielle à la croissance des plantes. Nous veillons à maintenir un niveau adéquat de dioxyde de carbone (CO₂) pour favoriser ce processus. Lorsque le CO₂ est insuffisant pendant la journée ou dans l'obscurité, nous ajoutons du CO₂ supplémentaire. En cas de production excessive de CO₂ par la plante, nous ouvrons les fenêtres de la serre pour réduire son accumulation. Ainsi, nous maintenons un équilibre approprié de CO₂ à l'intérieur de la serre, favorisant ainsi une croissance optimale des plantes .

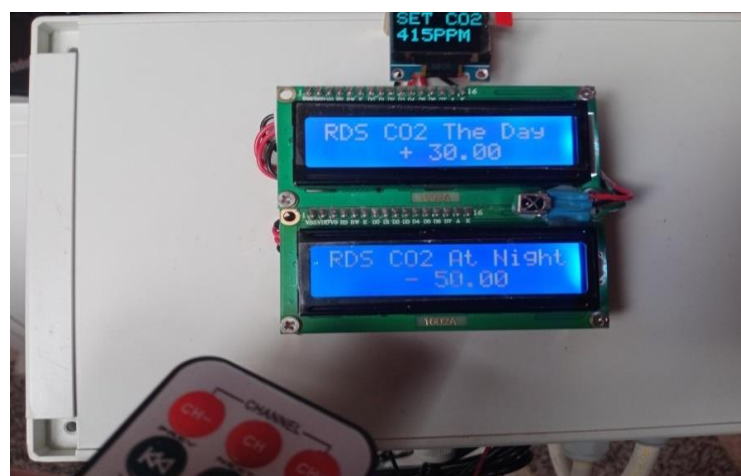


Figure3.34 : la configuration du CO₂

- 5- Pour minimiser le gaspillage d'eau, nous avons instauré un système d'arrosage automatisé qui fournit à chaque plante la quantité d'eau nécessaire. Ce système est programmé pour régler l'heure et la durée de l'arrosage de manière précise. Ainsi, nous assurons un arrosage efficace et économique, en évitant les excès d'eau inutiles.

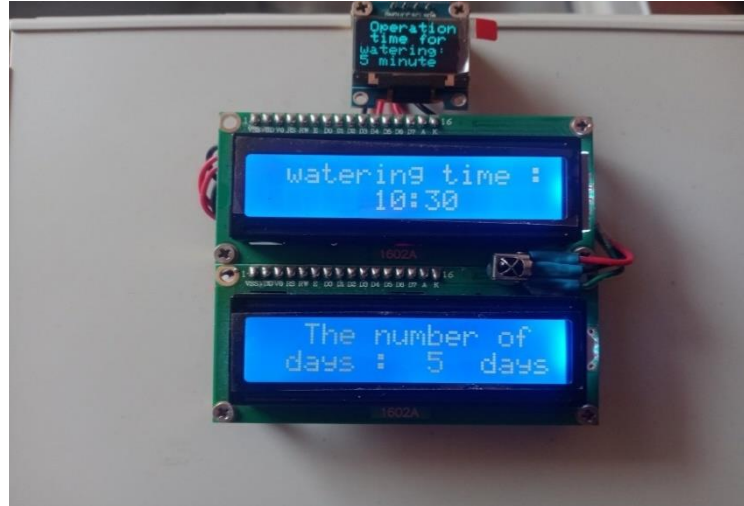


Figure3.35 : la configuration d'arrosage

À la fin du processus de configuration du système, les écrans du panneau de contrôle affichent les paramètres de température, d'humidité, de luminosité, de Ph et CO₂, le niveau d'eau dans le réservoir et de densité des solides dans l'eau.

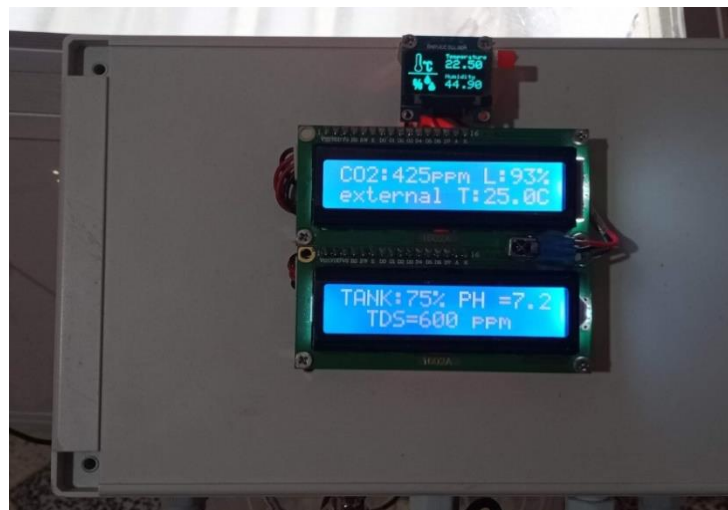


Figure3.36 : l'affichage des paramètres mesuré

9. Les résultats obtenus :

Après une surveillance de presque 3 heures, le système commence à collecter des données sur les paramètres climatiques, le niveau d'eau, le pH, la densité des solides dans l'eau et le pourcentage de lumière. Ces résultats sont ensuite enregistrés sur une carte SD et convertis en courbes graphiques à l'aide d'un logiciel Excel.

9.1.1 La température :

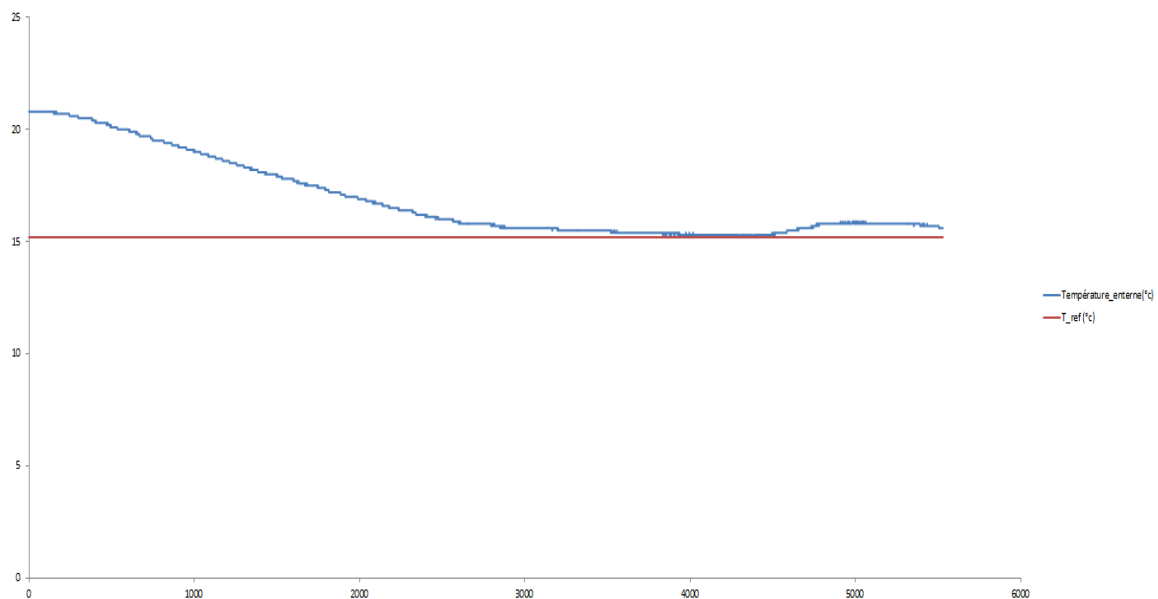


Figure3.37: la courbe de température

Il est remarqué que la température a nécessité un laps de temps considérable pour atteindre la valeur de consignation. Une fois atteinte, elle s'est maintenue à ce niveau, avec une légère augmentation qui peut être attribuée à la taille de la serre, et aussi nous avons remarqué que le compresseur de gaz fonctionnait normalement lors de sa première utilisation, mais lorsqu'il était arrêté puis redémarré dans un court laps de temps, il ne fonctionnait plus. La raison en est que le relais thermique était en position "Circuit ouvert" en raison de la température élevée de l'enroulement du compresseur. Cependant, lorsque la température du relais thermique diminue, le refroidissement reprend et le compresseur recommence à fonctionner normalement.

9.1.2 L'humidité :

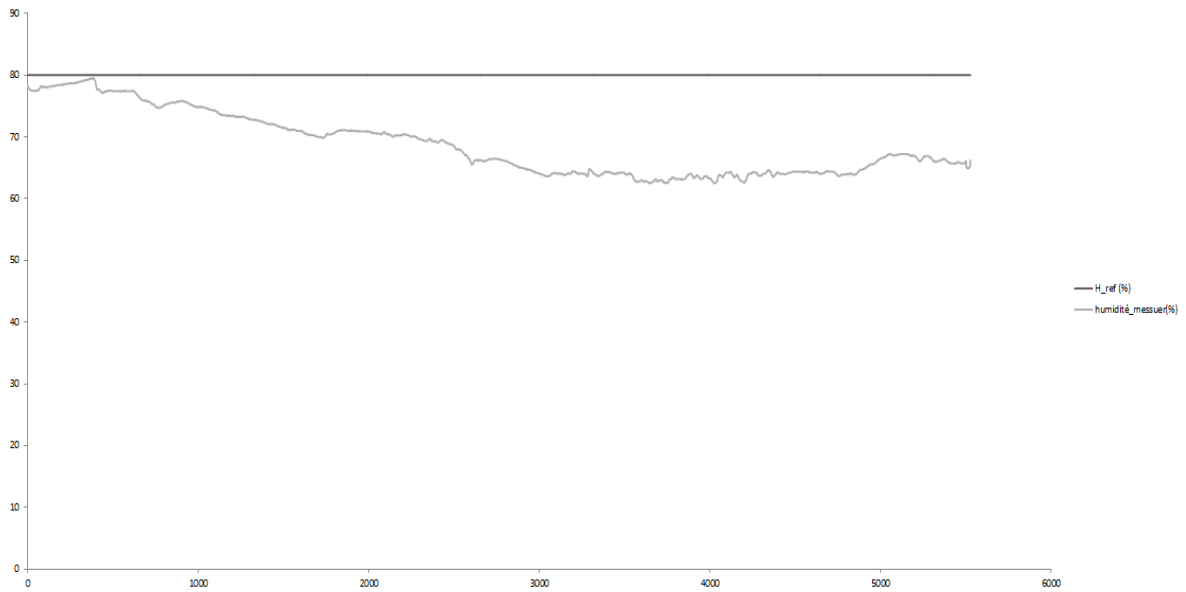


Figure3.38: la courbe d'humidité

Initialement, il était constaté que le taux d'humidité se situait en-dessous de la consigne, mais il a progressivement augmenté jusqu'à atteindre cette dernière. Toutefois, au fil du temps, il a commencé à diminuer de manière relative en raison de l'état de refroidissement de la serre, ce qui a eu un impact négatif sur le niveau d'humidité. Il convient de noter que la température est proportionnelle au taux d'humidité, ce qui explique cette relation.

9.1.3 Le taux de Co2 :

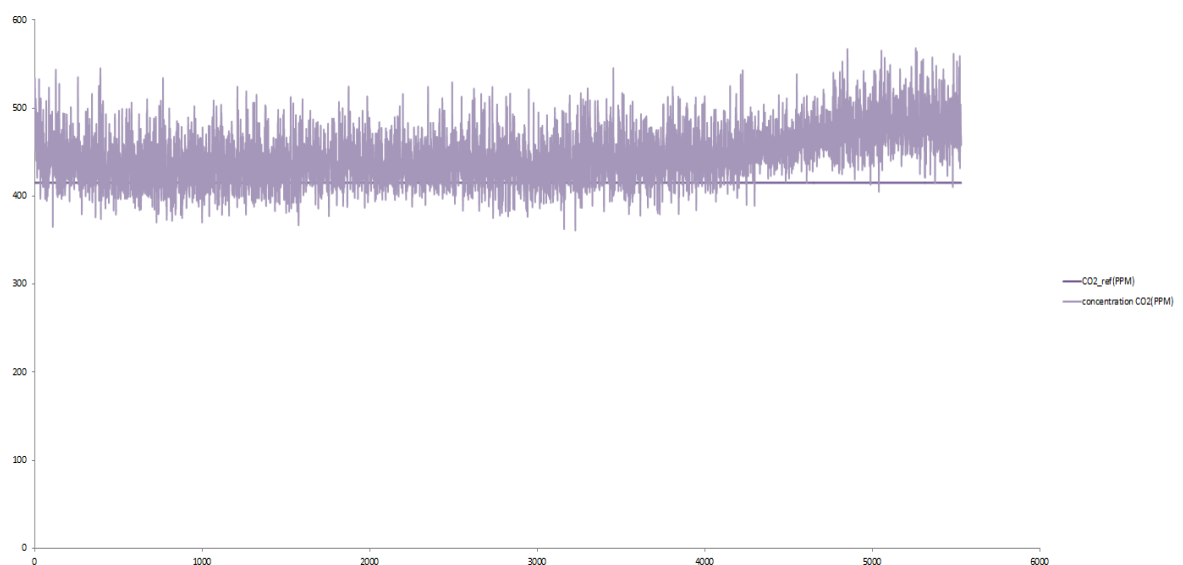


Figure3.39: la courbe de taux de CO2

D'après l'analyse de la courbe de concentration de CO₂ mesurée dans l'environnement intérieur et en comparaison avec la valeur de référence. la mesure de CO₂ est influencée par la présence ou l'absence du processus de photosynthèse. Des pics de mesure de gaz CO₂ se manifestent, ce phénomène étant attribué à la qualité du capteur utilisé. De plus, les réglages de la température du fluide ont un impact sur la concentration en CO₂.

9.1.4 L'éclairage :

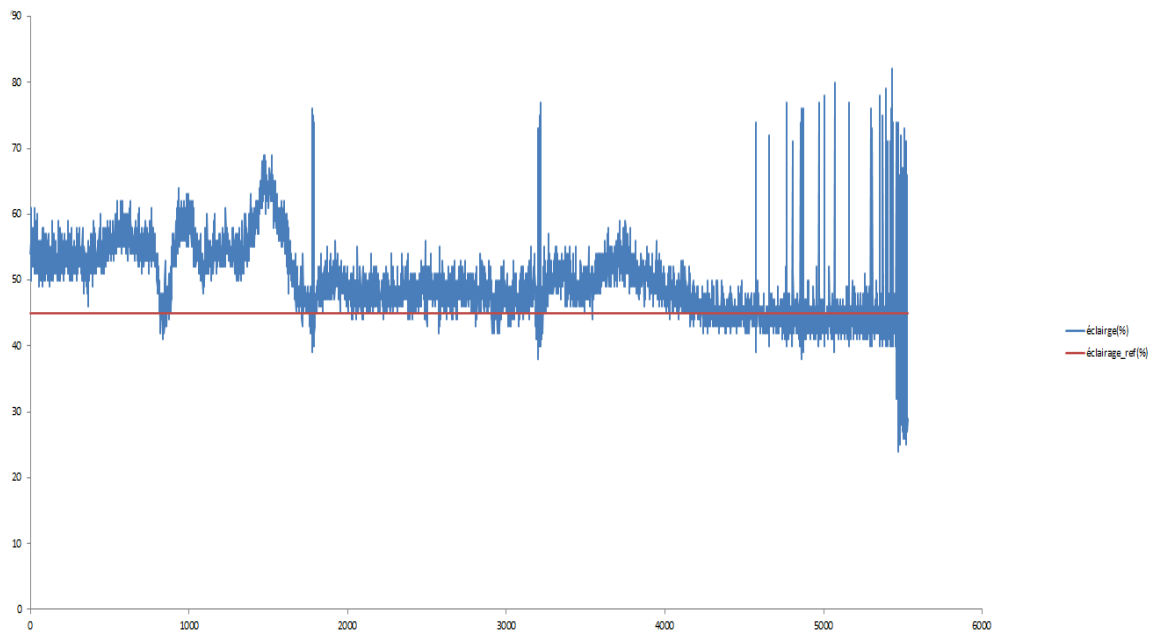


Figure3.40: la courbe d'éclairage

D'après l'analyse de la courbe graphique, il a été observé que le ratio d'éclairage dépasse la valeur de consigne. Dans ce cas, l'utilisation de l'éclairage artificiel n'est pas nécessaire. Cependant, lorsque le ratio d'éclairage atteint la consigne, le système commence à ajuster ce dernier en prenant en compte les considérations d'économie d'énergie. En revanche, pendant les heures restantes de la nuit, la plante n'a pas besoin d'éclairage.

10. Conclusion :

En conclusion, notre étude a porté sur la conception et la réalisation d'une serre agricole équipée d'un système de contrôle automatisé. Nous avons présenté les différentes étapes de la conception, et la mise en place des différents composants électroniques. Nous avons également effectué des mesures pour valider notre travail, en vérifiant les

performances de chaque composant et en comparant les résultats avec les normes en vigueur. Nous espérons que notre étude pourra contribuer à la diffusion de la culture de l'automatisation dans l'agriculture et encourager d'autres chercheurs à poursuivre dans cette voie.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ces dernières années, les nouvelles technologies ont été de plus en plus utilisées dans l'agriculture en raison de leurs nombreuses innovations, notamment dans les systèmes d'irrigation et le contrôle climatique des serres. Cette automatisation accrue des serres permet d'obtenir un rendement maximal à moindre coût.

Ce mémoire porte sur la conception et la réalisation d'une serre agricole équipée d'un système électronique de mesure et de gestion du climat intérieur. Nous avons utilisé plusieurs capteurs tels que de la température et d'humidité ambiante et un capteur de PH. Aussi, En tant qu'actionneurs, une pompe à eau et un ventilateur ont été utilisés. Le système est contrôlé par un microcontrôleur STM32F103 et un programme spécifique développé dans Arduino IDE en utilisant la carte STM32F1 comme outil de programmation.

Nous avons décrit en détail les étapes de création d'une serre agricole, depuis l'étude bibliographique jusqu'au prototypage. Les différentes étapes comprennent la conception, le dimensionnement et le montage de la structure mécanique, ainsi que l'intégration d'un réseau de capteurs et d'actionneurs. Enfin, des tests ont été effectués pour valider le fonctionnement de la serre.

La réalisation pratique est souvent accompagnée de problèmes et de difficultés. Lors de l'exécution de ce projet, nous avons été confrontés à plusieurs défis. Tout d'abord, nous avons rencontré des difficultés lors de la collaboration avec la carte STM32F1 et la recherche des bibliothèques requises pour effectuer les acquisitions. De plus, nous avons également dû résoudre des problèmes liés à la connexion des capteurs analogiques fonctionnant à 5V à la carte STM32F1, dont les entrées sont à 3,3V. Par ailleurs, le calibrage des capteurs de CO₂ et de pH a posé des problèmes, de même que les défis liés au hachage du fer et au soudage. Notre manque d'expérience dans ces domaines a également constitué un défi supplémentaire.

Malgré ces obstacles, nous considérons que ce projet a été bénéfique pour nous, car il nous a permis de consolider nos connaissances théoriques acquises pendant nos études universitaires et d'ouvrir la voie à de futures études.

Dans une perspective d'amélioration, nous proposons d'intégrer l'utilisation de panneaux solaires afin de réduire la consommation d'énergie de notre projet, nous suggérons également d'intégrer la possibilité de contrôler toutes les variables du projet via une application sur téléphone. De cette manière, les utilisateurs pourront ajuster et surveiller facilement les paramètres de la serre de manière pratique et à distance. Une

Conclusion générale

autre proposition consiste à passer de la culture en terre à la culture hydroponique, ce changement permettrait une utilisation plus efficace des ressources en eau et en nutriments, ainsi qu'une meilleure maîtrise des conditions de croissance des plantes.

Références

- [1] _ Paul. Rolley ; « Amélioration agricoles-irrigation. » ; Ed. Lavoisier, 2005.
- [2] _ Françoise Conac ; « irrigation et développement agricole. » ; Ed. DUNOD ,2010.
- [3] _ AMIR Souhila, ''Conception et réalisation d'un système d'irrigation intelligent''. Mémoire Magister, université MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU, 2019/2020.
- [4] _ LAMZAOUI Melissa « Contrôle à distance et automatisation d'une serre agricole », Mémoire Magister, université MOULOUD MAMMARI DETIZI-OUZOU (2018/2019).
- [5] _ <https://agriculture.gouv.fr/algerie>.
- [6] _ <https://www.pexels.com/fr-fr/chercher/agriculture/>.
- [7] _ <https://www.oecd.org/fr/agriculture/sujets/agriculture> ".
- [8] _ <https://fr.freepik.com/photos-premium/plus-plus-petits-arbres-differentes-tailles-concept-protection-environnement-journee-mondiale-environnement>.
- [9] _ <https://maferme.ma/serre-intelligente-maroc/>.
- [10]_ MEMMADI-Mehdi « Réalisation d'une mini serre agricole connectée », », Mémoire Magister, université BADJI MOKHTAR ANNABA (2019).
- [11] _Mr DIDI Faouzi « Optimisation de la gestion du microclimat de la serre par l'introduction de l'intelligence artificielle », Thèse doctorat, université ABOU-BEKR BELKAID - TLEMEN (2018).
- [12] _ SADOON Tassadit et AIT OUFELLA Kahina « Conception et réalisation d'une serre Intelligente », Mémoire Magister, université MOULOUD MAMMARI DETIZI-OUZOU (2019).
- [13] _ <https://www.mouser.fr/new/stmicroelectronics/stm32f1/>.
- [14] _ Geoffrey Brown Discovering the STM32 Microcontroller livre page: 18 ©2012 June 5, 2016.
- [15]_ <https://www.casadarobotica.com/placas-embarcadas/outras-placas/placa-de-desenvolvimento-microcontrolador-stm32f103-c6t6-arm-stm32f> .
- [16] _ <https://www.tutorialspoint.com/arduino-uno-vs-stm32duino-blue-pill>
- [17] _ <https://deviot.vn/tutorials/stm32f1.23165131/gioi-thieu-ve-stm32f103c8t6.10428544>
- [18] _ Jichao Zhao Device Design Based on TDS Water Quality Detection, Tianjin University of Science and Technology Journal of Advances in Artificial Life Robotics, Vol. 1, No. 1 (June 2020).
- [19] _ Vishesh Pamadi and Bradford G. Nickerson, 3Getting started with 1-wire bus Devices University of New Brunswick Fredericton, Canada August 25, 2015

- [20] _ <https://mhtronic.com/produit/capteur-de-temperature-ds18b20/>
- [21]_ Rishi Kant and Shantanu Bhattacharya / Sensors for Air Monitoring Microsystems Fabrication Laboratory, Mechanical Engineering Department, Indian Institute of Technology Kanpur, _Oct 2016.
- [22] _ Datasheet MQ-135: Air Quality Gas Sensor (Model:MQ135) Manual Version: 1.4 Valid from: Zhengzhou Winsen Electronics Technology. 2015-03-10.
- [23] _ Mr BENDIDANI Sohbi et Mr MILOUD ABID Aboubakr Essedik « Système Automatisé Cas d'une Serre », Mémoire Magister, Universitaire BELHADJ Bouchaib d'Ain-Temouchent (2017/2018).
- [24] _ Datasheet: HM2301 Digital-output humidity and temperature sensor.
- [25]_ <https://electropeak.com/learn/interfacing-dht21-am2301-temperature-humidity-sensor-with-arduino/>.
- [26] _ Rechem Djamil « Étude et réalisation d'un système intelligent pour la commande d'éclairage publique et surveillance de quelques paramètres atmosphériques », Mémoire Magister université LARBI BEN M'HIDIOUM EL BOUAGHI Juin 2018.
- [27] _OULARBI Chemseddine SADOUNE Gaya, « Etude et conception d'une serre agricole intelligente (Smart Green House) », Mémoire Master, Université Akli Mohand Oulhadje-Bouira 2019.
- [28] _ <https://interface-z.fr/pronfiture/fr/lumiere-visible/160-lumiere-ldr.html>.
- [29] _ Datasheet: HCSR04 Ultrasonic Sensor Elijah J. Morgan Nov. 16 2014.
- [30] _ M. BELHADAD Yahia ADOUI Ibtissem LAOUAMRI Asma « Etude et réalisation d'un système d'irrigation intelligente », Mémoire Master, Univ-BBA 15 Septembre 2021.
- [31] _ <https://www.ouedkniss.com/composants-materiel-electronique-mini-pompe-a-eau-dc6-12v-r385-arduino-blida-algerie-d22502592>.
- [32] _ <https://powertech-dz.net/products/single/humidificateur-brumisateur-super-ultrasons-dc-24v-46-mm-vente-composants-electronique-blida-algerie-555>.
- [33] _ KhaldunI.Arif, Hind Fadhil Abbas Design and Implementation a Smart Greenhouse 'International Journal of Computer Science and Mobile Computing A Monthly Journal of Computer Science and Information Technology ', Education College, Thi-Qar, Iraq.
- [34] _ Ammar Asyraf Ismail , Muhammad Arief Azizi , Asnazulfadhli Zariman – article ' Smart Water Level Indicator ' Université Pendidikan Sultan Idris, Malaysia. 05.01.2020.
- [35] _ <https://www.didactico.tn/produit/ventilateur-5v-0-2a-30x30x7mm-pour-raspberry-ref-3007/>.
- [36] _ <https://fr.aliexpress.com/item/32605239437.html>.
- [37] _ Dr. Said Brahimi-Zahra Dafri « 'Réalisation d'un système basé sur Internet des Objets pour le contrôle des serres intelligentes' » Mémoire Master, Université de 8 Mai 1945 – Guelma -Juillet 2019.
- [38]_ <https://www.ef4.be/fr/pompes-a-chaleur/technique-generalites/principe-de-fonctionnement.html>
- [39] _ <https://www.cddiscount.com/electromenager/tous-nos-accessoires/compresseur-r134a-1-6-cv-gl60aa- pour-refrigerateur/f-1102905-auc3662894158389.html>.

- [40] _ <https://www.abcclim.net/caracteristiques-et-utilisations-du-r134a.html>.
- [41]_ <https://www.h2r-equipements.com/groupe-froid-et-evaporateur-bateau/2848-vitrifrigo-groupe-froid-nd35-cfs-gr.html>.
- [42] _ <https://www.smart-prototyping.com/OLED-0.96inch-12864-display-module-blue.html>.
- [43] _ <https://www.elprocus.com/lcd-16x2-pin-configuration-and-its-working/>.
- [44] _ <https://www.flipkart.com/16x2-lcd-i2c-module-display/p/itm039d0e20b69ad>.
- [45] _ <http://www.embedded.com/story/OEG20010718S0073>).
- [46]_ <https://www.shellyfrance.fr/bande-led-12v-145w-m-dc-smd5050-60led-m-5m-serie-ip20-pro/>.
- [47] _ Datasheet: DS1302 Trickle Charge Timekeeping Chip.
- [48] _ Messili Oualid & Faïd Djelloul « Conception et réalisation d'un système de contrôle et surveillance des paramètres d'un poulailler », Mémoire Master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA 2019 /2020.
- [49] _ Datasheet LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator.
- [50] _ Datasheet 5A 180KHz 36V Buck DC to DC Converter XL4015>
- [51] _ <https://www.mybotic.com.my/module/relay-module/4-channel-5v-relay-module>
- [52] _ <https://www.lextronic.fr/kit-telecommande-ir-40733.html>
- [53] _ Mohamed Ali ZERZRI « Arduino et Simulink/Matlab un outil innovant à coût réduit Pour le prototype » ,Institut Supérieur des Etudes Technologiques (ISET) de Bizerte, Tunisie.2013
- [54] _ <https://nl.pinterest.com/pin/447967494158826744/>
- [55] _ <https://atmega32-avr.com/cheap-co2-meter-using-mq135-sensor-avr-atmega/>
- [56] _ https://www.electronicclinic.com/ph-meter-arduino-ph-meter-calibration-diymore-ph-sensor-arduino-code/?fbclid=IwAR0M3XYRHispFGgaT5dSh0fcqwcYw0FIIPqT6-5pDhX_BVzWDPTkd6gO_Ag.