

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : de TECHNOLOGIE
Département : Electronique
Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Automatique
Spécialité : Automatique et Système

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Thème:

Etude et conception d'une serre agricole autonome

Présenté par : *Fraga Iskander*
Aggoun Mohamed Chems Eddine

Encadrant : *Lakel Rabeh*

Professeur

Badji Mokhtar-Annaba

Jury de Soutenance :

SAIDI Mohamed Larbi	Prof	Ubma	Président
LAKEL Rabeh	Prof	Ubma	Encadrant
ARBAOUI Faycel	Prof	Ubma	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciement

Nos remerciements, avant tout, à DIEU tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années d'études afin qu'on puisse arriver à ce stade.

On tient d'abord à remercier Mr. RABEH LAKEL, qui nous a offert l'opportunité de travailler sur ce thème. On le remercie pour la grande confiance qu'il nous a accordée tout au long de ce projet. Sa rigueur scientifique, son esprit visionnaire et ses qualités humaines ont beaucoup contribué à la réalisation de ce travail.

Enfin on souhaite témoigner également nos profonds remerciements à tous les membres et les étudiants de notre promo en Automatique.

DÉDICACE

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui. Que dieux vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je puisse vous combler de bonheur.

Je dédie aussi ce travail à :

- *Mes grands-parents.*
- *Mon grand frère et mes sœurs.*
- *Toute la famille FRAGA et la famille*

NEGHRA.

- *Tous mes amis et mes collègues.*

Iskander

DÉDICACE

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes chers parents, pour leur patience, leur encouragement et leur soutien. J'espère qu'un jour, je puisse leurs rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi. Que dieu leur prête bonheur et longue vie.

Je dédie aussi ce travail à :

- *Mon cher père Allah Yarhmou.*
 - *Mes grands-parents.*
 - *Mes frères.*
- *Toute la famille AGGOUN*
- *Tous mes amis et mes collègues.*

Chemsou

Résumé :

L'objectif principal de la production végétale sous serres est d'optimiser les revenus financiers des agriculteurs; Ceci est réalisé en trouvant un juste équilibre entre L'amélioration de la qualité et de la quantité des produits horticoles et la maîtrise des coûts financiers indispensables pour obtenir le microclimat nécessaire à la croissance de la plante. La croissance de la plante est influencée principalement par les variables climatiques, la quantité d'eau.

Alors que la serre est un milieu fermé dans lequel les variables climatiques et l'irrigation fertilisante peuvent être contrôlés Ce mémoire est structuré en trois chapitres, Le premier chapitre est réservé à la présentation d'un modèle de connaissance de la croissance de la plante : cas de la tomate. Le deuxième chapitre est réservé à la présentation des matériels et les logiciels utilisés. Le troisième chapitre est réservé à la présentation de notre projet.

المخلص:

الهدف الرئيسي من إنتاج محاصيل الدفيئة هو تحسين الدخل المالي للمزارعين. ويتحقق ذلك من خلال تحقيق التوازن الصحيح بين تحسين نوعية وكمية المنتجات البستانية ومراقبة التكاليف المالية الضرورية للحصول على المناخ المحلي اللازم لنمو النبات.

يتأثر نمو النبات بشكل رئيسي بالمتغيرات المناخية وكمية الماء في حين أن الدفيئة هي بيئة مغلقة حيث يمكن التحكم في المتغيرات المناخية والري.

هذه الأطروحة مقسمة إلى ثلاثة فصول

الفصل الأول مخصص لعرض نموذج المعرفة لنمو النبتة: حالة الطماطم.

الفصل الثاني محجوز لعرض الأجهزة والبرامج المستخدمة.

الفصل الثالث مخصص لعرض مشروعنا.

Abstract:

The main objective of plant production in greenhouses is to optimize financial income farmers; this is achieved by striking the right balance between Improving the quality and quantity of horticultural products and control of financial costs essential to obtain the microclimate necessary for the growth of the plant. The plant growth is influenced primarily by climatic variables, the amount of water.

While the greenhouse is a closed environment in which climatic variables and irrigation fertilizing can be controlled this thesis is structured in three chapters, the first chapter is reserved for the presentation of a knowledge model of the growth of the plant: case of the tomato. The second chapter is reserved for the presentation of the hardware and the software used. The third chapter is reserved for the presentation of our project

Table des matières

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

CHAPITRE 1

Généralité sur les serres agricoles et la croissance de la plante

I.1 Introduction.....	3
I.2. Les serres agricoles	
I.2.1. Importance de la serre	
I.2.2. Avantages de la production sous serre	4
I.3. Description de la serre	
I.3.1. Le climat de la serre	5
I.3.1.1. La température	
I.3.1.2. L'humidité	
I.4. Exemples des serres agricoles	6
I.4.1. Choix de la plante	
I.4.2. Exigences climatiques de la tomate.....	7
I.4.2.1 Température idéale pour cultiver des tomates dans une serre	
A) Températures diurnes	
B) Températures nocturnes	
I.4.2.2 L'Humidité du sol	
I.4.2.3 L'Humidité d'air	
I.5 Composantes essentielles de gestion des paramètres climatiques de la serre	8
I.5.1 Capteur de température	
I.5.2 Capteur d'humidité	
I.5.3 Chauffage	
I.5.4 Ventilation	
I.6. Gestion du climat	9
I.6.1. Contrôle de la température et de l'humidité	
I.6.2 Réseau de capteurs	
I.7 Conclusion	10

CHAPITRE 2

Présentation des matériels et les logiciels

II. Introduction	12
II) Matériels utilisés	
II.2.1. La carte Arduino	
II.2.1.2 Carte Arduino Uno	13
II.2.1.2.2 Shields Ethernet.....	14
II.2.1.3. Microcontrôleur	15
II.2.1.4 Entrées analogiques d'une carte Arduino	16
II.2.1.5. Entrées/Sorties numériques d'une carte Arduino	
II.2.2.1. Capteur de température et d'humidité DHT21	17
II.2.2.2. Capteur d'humidité YL-69	18
II.2.2. 3. Ventilateur	19
II.2.2.4. Le relais	
II.2.2.5. Chauffage	20
II.2.2.6. Pompe d'arrosage	
II .2.2.7 Plaque d'essai ou breadboard/protoboard	
II .2.2.8 : Un écran LCD I2C-1602	
II.2.2.9 : Le servomoteur	21
II.2.2.10 : Module de pilotage de moteurs L298N	22
II.3. Partie logicielle	23
Introduction	
II.3.1. L'environnement de programmation (IDE Arduino)	
II.3.2 Structure générale de l'environnement.....	23-24
II.4. Conclusion	25

CHAPITRE 3

Réalisation et Simulation de la serre

Introduction	27
III.2 Réalisation de la serre	
III.2.1 Dimension de la structure	
III.2.2 Montage des capteurs et actionneurs	28
III .3 schéma électrique	29
III.3.1 Définition d'un schéma électrique	
III.3.2 Simulation avec Fritzing	
III.3.2.1. Définition de logiciel Fritzing	
III.3.2.1. Schéma électrique de notre serre	
III.4 Schéma synoptique.....	30
III.4.1 Définition d'un schéma synoptique	
III.4.2 Schéma synoptique de notre serre	
II.5 : La programmation Arduino de la serre	31
III.6 Application utilisé dans notre projet	36
III.6.1 Remote XY	
III.6.2 La communication Arduino avec Remote XY	
III.6.3 Résultat obtenue	37
III.7 Conclusion.....	38
Conclusion générale	39
Bibliographie	40

Liste des figures

CHAPITRE 1

Généralité sur les serres agricoles et la croissance de la plante

Figure I.1 : fonctionnement d'une serre intelligente	4
Figure I.2 : une serre intelligente.....	5
Figure I.3 : La croissance de la plante (Tomate).....	6

CHAPITRE 2

Présentation des matériaux et les logiciels

Figure II.2 : Fonctionnement de la carte Arduino Uno.....	12
Figure II.2.1 : Conception de la carte Arduino Uno.....	13
Figure II.3 : Shield Ethernet.....	14
Figure II.4 : Microcontrôleur.....	15
Figure II.5: Schéma des Entrées/Sorties numériques d'une carte Arduino.....	16
Figure II.6 : Un Capteur de température et d'humidité DHT21.....	17
Figure II.7 : Capteur d'humidité YL-69.....	18
Figure II.8 : Ventilateur.....	19
Figure II.9 : Le relais.....	19
Figure II.10 Pompe d'arrosage.....	20
Figure II.11 : Un servomoteur 360°.....	21
Figure II.12 : Module de pilotage de moteurs L298N.....	22
Figure II.13 : Structure Arduino.....	23

CHAPITRE 3

Réalisation et Simulation de la serre

Figure III. 1 : Notre conception de la serre.....	27
Figure III.2 : Capteurs et Actionneurs de la serre.....	28
Figure III.3 : Montage électrique de la serre.....	29
Figure III.4 : les librairies ARDUINO correspond à la serre.....	30
Figure III.5 : Programme ARDUINO (partie des capteurs et conditions température ethum)....	
Figure III.6 : Programme ARDUINO (partie des actionneurs)	31
Figure III.7 : Programme ARDUINO si la température supérieure à la température max.....	32
Figure III.8 : Programme ARDUINO si la température inférieure à la température min.....	
Figure III.9 : Programme ARDUINO si la température est stable.....	33
Figure III.10 : Programme ARDUINO pour l'arrosage de la plante	
Figure III .11: la programmation entre l'application remote XY et l'Arduino....	34
FigureIII.12: La communication Arduino avec Remote XY.....	35
Figure III.13 : Résultat obtenue par application.....	36

Liste des tableaux

CHAPITRE 1

Généralité sur les serres agricoles et la croissance de la plante

tableux I: caractéristiques de Capteur DHT21.....	9
--	----------

CHAPITRE 2

Présentation des matériels et les logiciels

tableux II.1: caractéristiques d'arduino uno	13
tableux II.2 : caractéristiques de shields Ethernet	14
tableux II. 3 : caractéristiques de Microcontrôleur	15
tableux II.4: caractéristiques de Capteur DHT21.....	17
tableux II.5: caractéristiques de Servomoteur.....	21
tableux II.6: caractéristiques de module L298N	22

Introduction Générale

Ces dernières années, on assiste à une évolution spectaculaire des nouvelles technologies dans différents domaines d'application. En effet, avec l'avancée technologique, l'homme a pour ambition de se faciliter la vie quotidienne en s'offrant un certain confort tout en observant des règles de sécurité conformes aux normes technologiques actuelles.

Dans le domaine agricole, la recherche permanente d'un meilleur rendement et de procédés les plus efficaces, fait qu'aujourd'hui, on remarque un engouement spectaculaire pour l'utilisation des moyens technologiques des plus avancées.

De nos jours, surtout dans les pays les plus développées, les rendements agricoles sont optimisés. Ceci est le résultat de l'approche techno-agricole.

Cette approche permet de surveiller avec les moyens technologiques les plus modernes de manière rigoureuse toutes les étapes de la production.

La fonction principale d'une serre agricole est de créer un microclimat pour assurer le bon déroulement de l'évolution des plantes. La température, l'humidité et le rayonnement, représentent les paramètres les plus importants pour la gestion du climat d'une serre. Ainsi pour élaborer une stratégie de contrôle, on doit être équipé d'un système muni de différents capteurs qui permettent à la fois l'acquisition des données, et le contrôle automatique des paramètres de l'environnement pour favoriser un meilleur développement des plantes, et d'un système de vidéo-surveillance pour le suivi de celle-ci.

Dans le cadre de notre projet, le bon déroulement de la croissance des plantes et leurs sécurités est primordiale. Par conséquent, On doit mettre on œuvre un système de surveillance en utilisant ; comme dans notre cas, une carte Arduino, avec la possibilité de contrôler la serre via une application que nous allons Créer, y compris également un système automatisé qui contrôle l'évolution des plantes en temps réel.

Cette thèse se compose de trois chapitres dont la conception reflète L'approche utilisée et les étapes de conception.

Le premier chapitre est consacré à la présentation des serres et la croissance de la plante.

Le deuxième chapitre est consacré à la description des différents matériels et logiciels utilisés dans notre étude.

Le troisième chapitre est réservé exclusivement à la réalisation pratique et la simulation de la serre.

Et on termine avec une conclusion générale.

Chapitre I

Présentation de la serre et la croissance de la plante tomate

I.1. Introduction :

La pénurie alimentaire est l'un des plus grands problèmes auxquels l'humanité est confrontée au 21^{ème} siècle. Le réchauffement de la planète et d'autres facteurs climatiques ont réclamé une masse de terres substantielle disponible pour la culture. À fin de résoudre ce problème, les pratiques en serre qui existent depuis très longtemps sont maintenant modernisées et déployées dans de nombreuses régions du monde.

Ce chapitre est consacré à l'état de l'art visant à présenter les serres et ses différents types, ainsi que les exigences climatiques qui nous permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatiques.

I.2. Les serres agricoles :

Les serres sont des structures fermées ou semi-ouvertes translucides en verre ou en plastique, soutenues par des structures métalliques ou en bois, généralement destinées à faire pousser ou à protéger des végétaux grâce au rayonnement solaire. Il s'agit d'un bâtiment industriel de matériels de production végétale qui tente de s'adapter à l'environnement familier des cultures. Améliorez la productivité et la qualité en vous affranchissant du climat extérieur, des sols locaux et même des saisons.[1]

I.2.1. Importance de la serre :

L'agrandissement des serres permet de s'affranchir des contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid). Il est conçu pour émuler un environnement spécifique (microclimat). Il permet le chauffage de l'air et des racines, le contrôle de l'irrigation et de la fertilisation, la concentration en CO₂ et le contrôle de l'humidité. Il joue un rôle économique en amenant le produit sur le marché hors saison.

Ainsi, les serres permettent de produire des plantes dans de meilleures conditions que celles qui existent naturellement, ceci grâce à la meilleure qualité du produit. Pour atteindre ces résultats, il faut répondre avec soin aux exigences culturelles des différents facteurs qui interviennent dans la croissance et le développement de la culture. Cela passe par la connaissance des interactions entre ces différents paramètres.

I.2.2. Avantages de la production sous serre :

Par rapport à la culture en plein air, la production en serre présente les caractéristiques suivantes :

- Fournir des légumes et des fleurs en dehors de la saison naturelle et en cas d'absence.
- Réduire ou prévenir les pertes dues aux conditions météorologiques changeantes afin que, lorsqu'elles sont gérées avec succès, elles soient considérées comme une protection contre les symptômes de l'environnement naturel.
- Accroître la production en contrôlant les conditions climatiques de la culture et en favorisant potentiellement la production en toutes saisons.
- Améliorer la qualité des récoltes.
- La productivité de l'unité de surface est beaucoup plus élevée que l'agriculture de plein air.

I.3. Description de la serre:

La première étape pour permettre l'automatisation et la surveillance de la mini serre a été de sélectionner d'abord le modèle avec lequel travailler pendant la session. (Figure I.1)

Donc on a décidé de construire une serre d'environ (70 cm de long, 30 cm de large, 40 cm de haut) en bois pour être transportable, puis de mettre nos matériaux dessus et de commencer la programmation. Nous devons pouvoir installer facilement des capteurs et des actionneurs dans la serre et retirer les câbles de connexion.

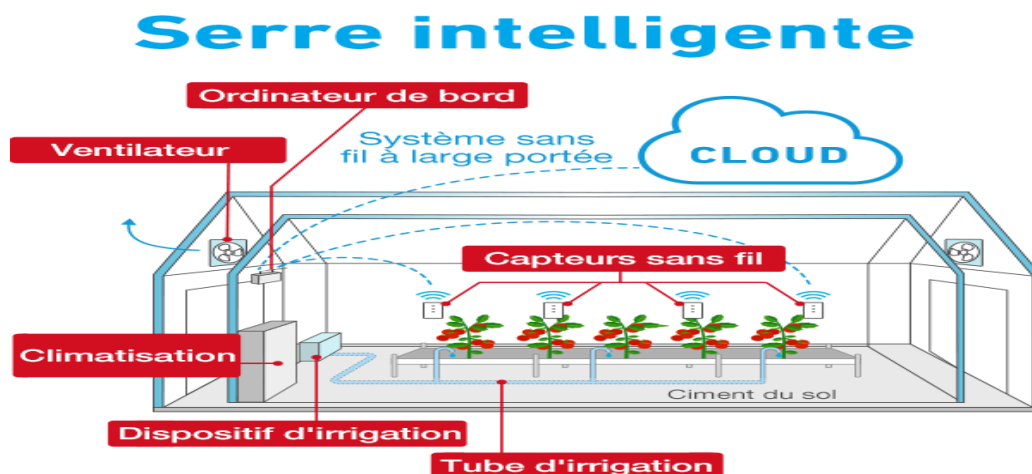


Figure I.1 : fonctionnement d'une serre intelligente.

I.3.1. Le climat de la serre :

I.3.1.1. La température :

Un bon contrôle de la température est le facteur le plus important pour une bonne croissance des plantes. En fait, la température est l'un des paramètres les plus importants dans la gestion du climat et est le plus difficile à contrôler. La température optimale varie d'une culture à l'autre et affecte plusieurs phénomènes bioénergétiques (respiration, photosynthèse, etc.) selon le stade de culture. L'attention est portée sur l'importance de ce paramètre dans les systèmes de gestion des serres agricoles, car de grands écarts de température par rapport à la température normale de la plante peuvent entraîner un ralentissement et une dégradation de la croissance dans certains cas. [2]

I.3.1.2. L'humidité :

L'humidité est la présence d'eau et de vapeur d'eau dans l'air ambiant, qui affecte la croissance des plantes et la progression de la maladie. En fait, lorsque nous parlons de mesurer l'humidité, nous entendons l'humidité, qui s'exprime en %, ce qui signifie humidité relative. L'humidité et la température ont une bonne relation. En fait, la capacité de l'air qui retient la vapeur d'eau double pour chaque 10 degrés d'augmentation de température. Maintenir des niveaux d'humidité et de température optimaux dans la serre permet de bonnes performances de croissance. Le contrôle de tous ces paramètres se fait au travers de nombreux dispositifs, des plus simples aux plus complexes, tels que : Exemple : hotte, radiateur, vapeur. (Figure I.2) .[3]



Figure I.2 : une serre intelligente.

I.4. Exemples des serres agricoles :

I.4.1. Choix de la plante :

Après plusieurs suppositions, nous avons décidé de choisir la plante de tomate parce que la tomate d'origine tropicale a des exigences particulières : est sensible au froid, craint beaucoup le gel, craint les vents chauds et très exigeants en température. (Figure I.3)

Les tomates se distinguent l'une par autres en fonction de plusieurs critères.

La forme : ronde, allongée, côtelée.

Le goût: sucré, acidulée, peau épaisse ou fine.

La couleur : rouge, rose, verte, jaune, orange, blanche... Taille : Très grosses (tomates russes), tomates cerise, tomates cocktail, tomates grappe...

Le choix dépend de l'utilisation prévue (farce, apéritif, salade, etc.).



Figure I.3 : La croissance de la plante (Tomate).

I.4.2. Exigences climatiques de la tomate :

I.4.2.1 Température idéale pour cultiver des tomates dans une serre :

La température idéale pour cultiver des tomates sous serre se situe entre 20° et 25° en journée. Mais qu'en est-il de la température de la serre la nuit ? Il est recommandé de maintenir la température du tunnel à 15-20°C.

- Le maintien de ces températures permet d'atteindre des performances élevées. Cependant, gardez à l'esprit qu'une température trop élevée ou trop basse peut être nocive. La chaleur extrême peut entraîner des tomates invendues, mais le froid peut affecter la santé de vos plantes [4]

A) Températures diurnes :

Les tomates poussent efficacement à des températures diurnes comprises entre 20° et 25°. Idéalement, il peut prendre au moins 20 degrés les jours nuageux et jusqu'à 25 degrés les jours ensoleillés, selon la quantité d'ensoleillement extérieur.

B) Températures nocturnes :

La plage de température idéale pour les serres la nuit doit se situer entre 15° et 20°. Gardez à l'esprit que les tomates en particulier sont plus sensibles aux basses températures que les autres cultures.

I.4.2.2 L'Humidité du sol :

Le niveau d'humidité idéal pour la culture de tomates en serre est de 65 à 75 %. Ces taux aident à prévenir la croissance de moisissures et d'autres maladies. L'humidité joue également un rôle dans la régulation de la température de la serre, alors vérifiez régulièrement votre système de ventilation.

I.4.2.3 L'Humidité d'air :

L'humidité est généralement exprimée en humidité relative ou en absence de saturation. L'humidité détermine la transpiration globale et les échanges gazeux des plantes.

Une humidité relative de 70% convient à tous les stades de développement. Ceci est particulièrement important pendant la période de floraison où il y a un risque de mauvaise absorption du stigmate et de mauvaise répartition du pollen par temps sec si l'humidité est trop élevée.

I.5 Composantes essentielles de gestion des paramètres climatiques de la serre :

Pour obtenir les données dans la serre, vous devez installer un capteur météo. C'est un Composant électronique qui convertit une quantité physique en une quantité Électrique.[5]

I.5.1 Capteur de température :

Un appareil qui convertit les effets des composants de chauffage ou de refroidissement en signaux électriques. Et aussi des Différents types de capteurs sont utilisés pour mesurer la température. Dans les serres, la précision des capteurs de température est un facteur supplémentaire à considérer.

I.5.2 Capteur d'humidité :

Le capteur d'humidité peut mesurer l'humidité de l'environnement. Un outil utile en météorologie. L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ou la substance. La teneur en humidité dépend de la teneur en humidité de l'air à l'équilibre.

I.5.3 Chauffage :

Le chauffage permet de déshumidifier l'air en adaptant l'apport de chaleur nécessaire aux besoins des cultures cultivées en intérieur. Il agit à la fois sur la carte psychrométrique et sur la température de l'air. La hausse des températures favorise la déshumidification des serres. L'intensité du chauffage dépend de l'éclairage.

I.5.4 Ventilation :

La ventilation dans la serre maintient un climat intérieur avec un mouvement d'air uniforme et empêche l'air chaud de s'accumuler dans la partie supérieure de la serre. Cela réduit considérablement la condensation de l'eau et favorise la transpiration et l'absorption du CO₂ par les plantes.

I.6. Gestion du climat :

Le contrôle climatique est la raison pour laquelle les serres peuvent créer un environnement idéal pour la croissance des plantes :

I.6.1. Contrôle de la température et de l'humidité :

L'humidité est directement liée à la température à l'intérieur de la serre. Plus il est élevé, plus l'air peut être humide. Dans ce cas, le réseau de capteurs que nous utilisons agit comme un régulateur de température et d'humidité. C'est un système qui régule la température dans une zone spécifique en allumant et en éteignant les appareils de chauffage et de refroidissement en fonction de la température et de l'humidité. Peut être connecté à des ventilateurs et des radiateurs. Les appareils doivent être allumés et éteints selon les besoins. L'automatisation décrite dans cet article est basée sur un contrôleur Arduino.

I.6.2 Réseau de capteurs:

Pour l'air de la serre, il suffit de contrôler la température, et le réseau de capteurs utilisé est configuré comme suit.

Un fer à souder (représente le chauffage).	Ventilateur (unité de refroidissement).
Capteurs de température et d'humidité	Microcontrôleur Arduino
Servo moteur (ouvre une fenêtre).	.

I.6.3 Réseau de capteurs d'humidité du sol :

Pour le sol, il suffit de privilégier le sol dans la serre et de contrôler la valeur d'humidité. Ainsi, le réseau utilisé est configuré comme suit :

- Capteur d'humidité du sol.
- Eau (tube).
- Microcontrôleur Arduino.

I.7 Conclusion :

Il s'agit de la dernière technologie de production hors saison avec climatisation et utilisation de matériaux améliorant la productivité. L'utilisation de serres multi-chapelles permet également des conditions de croissance optimales, une meilleure organisation des métiers et la lutte contre les parasites, les maladies et les exigences climatiques qui affectent leur croissance.

Chapitre II

Présentation des matériaux et logiciels

II. Introduction :

Dans les serres d'aujourd'hui, de nombreuses mesures de paramètres sont nécessaires pour surveiller et contrôler la bonne qualité et la productivité des plantes. Mais pour obtenir les résultats souhaités, certains facteurs très importants entrent en jeu, tels que la température, l'humidité, la lumière et l'eau, qui sont nécessaires à une meilleure croissance des plantes. En gardant ces paramètres à l'esprit, j'ai construit un système de contrôle et de surveillance automatique des serres sur à l'aide d'Arduino. Ce système est très efficace pour faire pousser des plantes de bonne qualité. L'autre partie importante de ce projet est qu'il est entièrement automatique. Arduino s'allume et s'éteint automatiquement les appareils. Tout d'abord, pour réaliser ce projet, le lecteur a besoin de connaissances sur la mise en route d'Arduino et de l'interface LCD avec Arduino.

II) Matériel utilisée :

II.2.1- La carte Arduino :

Les cartes Arduino sont des cartes électroniques programmables (appelées microcontrôleurs) utilisées pour fabriquer des composants électroniques. Elle permet de s'initier aisément à l'électronique et à la programmation. Vous devez être connecté à votre ordinateur pour pouvoir télécharger et exécuter des commandes (code ou programmes). Actuellement, il existe 13 modèles de microcontrôleurs Arduino [6]:

La Uno ; la Mega 2560 possède plus d'entrées/sorties et de mémoire.

Due est similaire à Mega, mais le processeur est plus rapide.

La Nano est une version miniature. Léonard, 101 ans, l'Esprola, la Micro

- Dans notre projet on va utiliser l'Arduino Uno



Figure II.2 : Fonctionnement de la carte Arduino Uno

II.2.1.1-Carte Arduino Uno :

La carte Arduino UNO est une petite carte électronique (5.33 x 6.85 cm) équipée d'un microcontrôleur (ATMega328) programmable permettant de faire (clignoter une LED, afficher des caractères sur un écran, envoyer des données à un ordinateur, mettre en direction ou arrêter un moteur...). Elle a des ports permettant par exemple de se connecter à un ordinateur ou de s'alimenter

Caractéristiques principales :

Alimentation : - via port USB où - 7 à 12 V sur connecteur d'alimentation 5,5 x 2,1 mm	Microprocesseur : ATMega328 Mémoire flash : 32 kB Mémoire SRAM : 2 kB Mémoire EEPROM : 1 kB
Interface : - 14 broches d'E/S dont 6 PWM - 6 entrées analogiques 10 bits - Courant bus série, I2C et SPI	Intensité par I/O: 40 mA
Cadencement : 16 MHz Gestion des interruptions Fiche USB B	Version : Rev. 3

tableaux II.1: caractéristiques d'arduino uno

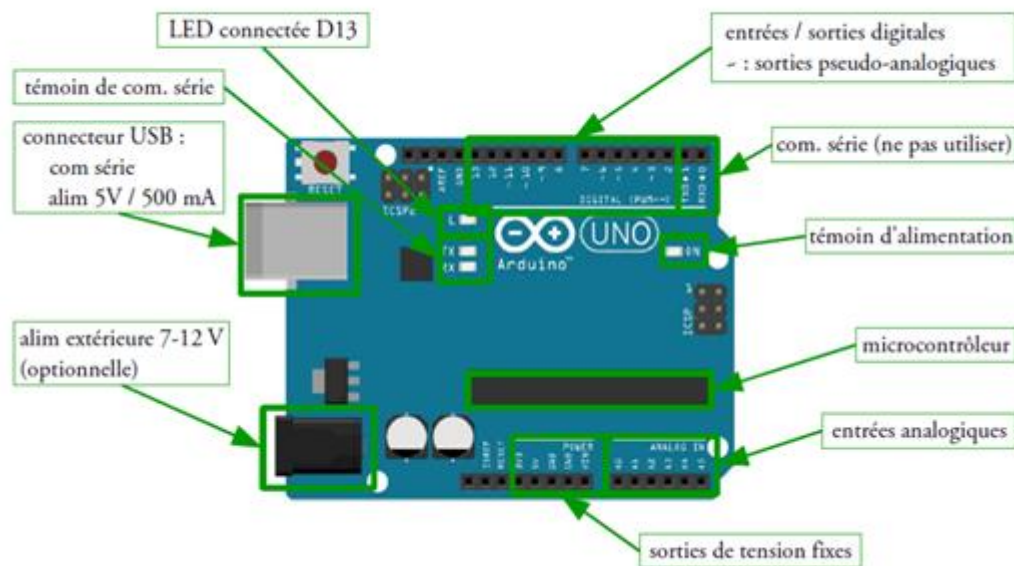


Figure II.2.1: Conception de la carte Arduino Uno

II.2.1.2- Shields Ethernet

Le module Arduino Ethernet Shield 2 vous permet de connecter votre carte Arduino à Internet. Il est basé sur le composant Wiznet 5500 et communique sur le bus SPI.

Le module est équipé d'un support pour carte mémoire microSD, d'un connecteur RJ45, d'un bouton de réinitialisation et d'un voyant d'état. Il est également équipé de 6 connecteurs pour le module du kit de bricolage.

Caractéristiques:

Alimentation: 5 Vcc via la carte Arduino	Circuit intégré: Wiznet 5500
Indications leds: ON, LINK, FDX, 100M, ACT	Support pour micro-SD
Connecteur Ethernet RJ45	Vitesse: 10/100 Mbps
Interface: SPI Version 2	Dimensions: 73 x 53 x 30 mm

tableau II.2 : caractéristiques de shields Ethernet



Figure II.3: Shield Ethernet

II.2.1.3. Microcontrôleur :

Le microcontrôleur Arduino UNO utilise le microprocesseur ATmega328P. Le processeur fonctionne à une fréquence d'horloge de 16 MHz. 2 Ko de RAM, 1 Ko d'EEPROM et 32 Ko de mémoire flash (pour la programmation et l'enregistrement des données) ...

Microcontrôleur Caractéristiques	
Nom	Arduino UNO
Marque	Arduino
CPU	ATmega328P
Tension d'alimentation :	7-12V
Tension logique :	5V
E/S digitales :	14
Entrées analogiques :	6
Flash :	32kB
SRAM : 2kB	EEPROM : 1kB
Fréquence d'horloge	16 MHz

tableux II. 3 : caractéristiques de Microcontrôleur

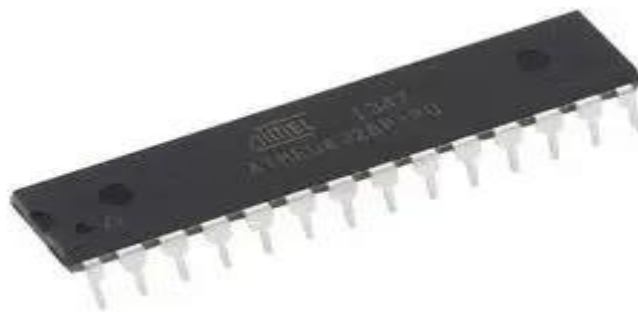


Figure II.4 : Microcontrôleur

II.2.1.4 Entrées analogiques d'une carte Arduino :

La carte UNO dispose de six entrées analogiques (A0 à A5), chacune pouvant fournir des mesures à une résolution de 10 bits via la fonction `analogRead()` du langage Arduino avec une résolution de 10 bits (0 à 1023). Par défaut, ces broches mesurent la tension entre 0V, qui correspond au niveau 0, et 5V, qui correspond au niveau 1023. .

II.2.1.5. Entrées/Sorties numériques d'une carte Arduino :

La carte comporte 14 broches numériques (numéros de 0 à 13) qui peuvent être programmées à l'aide des instructions `pinMode()`, `digitalWrite()` et `digitalRead()`. Ces broches fonctionnent à 5V, peuvent chacune fournir ou absorber jusqu'à 40mA de courant, et ont une résistance interne (pull-up) de 20KOhm (déconnectée par défaut). De 20-50KOhms. Activez cette résistance interne sur la broche d'entrée à l'aide de la commande `digitalWrite(pin, high)`.

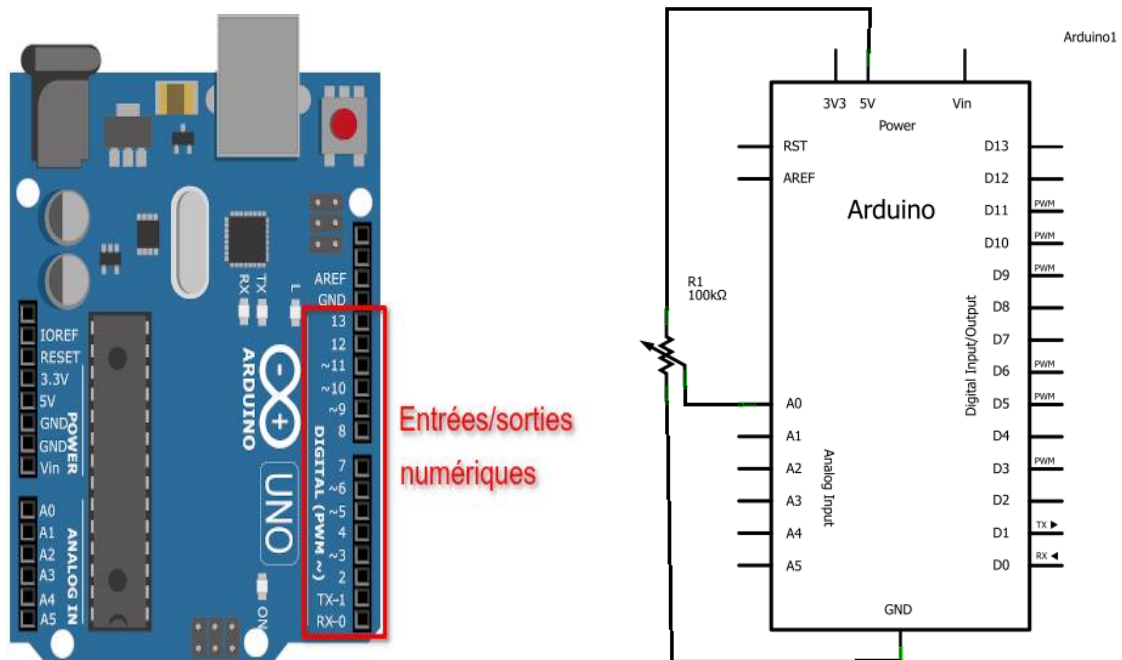


Figure II.5: Schéma des Entrées/Sorties numériques d'une carte Arduino.

II.2.2.1. Capteur de température et d'humidité DHT21 :

Un capteur DHT21 intégré dans un boîtier pré-câblé pour détecter la température et l'humidité de votre circuit Arduino ou Raspberry (maintenant appelé AM2301, mais le DHT21 est très simple d'utilisation). Ce capteur de température et d'humidité est l'un des capteurs Arduino les plus précis. Il offre une plage de détection de 40°C à +80°C et une plage d'humidité de 0-99,99%, ce qui le rend beaucoup plus polyvalent que le DHT11. Ce capteur embarqué préinstallé comprend un capteur numérique de température et d'humidité AM2301 préconfiguré (équivalent DHT11). Le signal est stable pendant très longtemps. Temps de réponse très courts, protection contre les chocs, accumulation réduite, très faible consommation, et faible coût font de ce capteur une référence pour les projets domotiques ou de surveillance environnementale nécessitant une plage de mesure très large. [7]

- L'interfaçage série du capteur AM2301/DHT21 utilise seulement 3 câbles, [(-), (+) et out (signal)] rend l'utilisation de ce module facile.
- Le fil noir est moins, le rouge est plus et le jaune est le signal.
- Un capteur abordable, pré-câblé et versatile et facile à utiliser. Installez la librairie "DHT.h"

Tension d'alimentation : 3.3 à 5,5V DC	bus de signal numérique (broche 3)
Plage de mesure Humidité : 0 % -99,99 %,	Champ de mesure de Température -40 à +80 °C
Précision d'Humidité + -3%	Température + - 0,5 °C
Dimensions : 59,2 mm x 27 mm x 13,5 mm	Résolution d'Humidité 0.1% et de Température 0,1 °C

tableux II.4: caractéristiques de Capteur DHT21



Figure II.6 : Un Capteur de température et d'humidité DHT21

II.2.2.2. Capteur d'humidité YL-69 :

Le choix se portera sur le capteur d'humidité du sol (YL-69), ce capteur mesure l'humidité du sol à partir des changements de conductivité électrique de la terre (La résistance du sol augmente avec la sécheresse) se compose d'une plaque représentant le conditionnement et d'une fourche résineuse qui protège de l'oxydation et est plantée perpendiculairement au sol. Le fonctionnement électrique de ce capteur est basé sur l'immersion des deux tiges, qui en contact avec le sol permettent la circulation d'un courant, ce qui permet la lecture du niveau d'humidité par rapport à la résistance. Plus y'a d'eau dans la terre, plus la conduction de courant entre les tiges est meilleure, en raison de la faible résistance, ce qui permet à la tension au niveau du capteur d'approcher 5V. Alors que la conductivité d'un sol sec est faible en raison d'une résistance élevée, résultant en un signal proche de 0V.

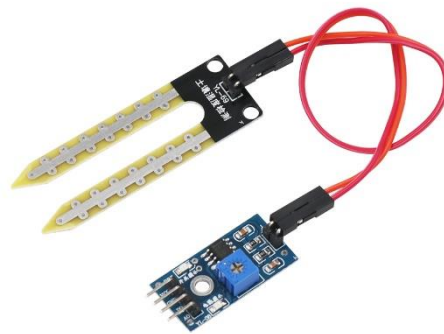


Figure II.7 : Capteur d'humidité YL-69.

Branchement d'un capteur d'humidité YL-69 Arduino :

Le capteur est simplement relié à la carte de mesure (GND et signal) avec deux fils.

La carte de mesure est alimentée en 5V directement depuis Arduino et dispose de deux sorties indépendantes, analogique et numérique.

Capteur --> Carte Arduino Uno

Vcc --> +5V Arduino

GND --> masse GND Arduino

A0 (sortie analogique) --> pin A0 Arduino

D0 (sortie digitale) --> pin 3 digitale Arduino

II.2.2. 3. Ventilateur :

Dans notre projet on a besoin d'un système de refroidissement avec Arduino. Il utilise principalement un capteur de température DTH21, un ventilateur et un afficheur LCD. Lorsque la carte Arduino détecte une température $> 25^{\circ}\text{C}$ le ventilateur se met à tourner jusqu'à la température devient $< 25^{\circ}\text{C}$.



Figure II.8 : Ventilateur

II.2.2.4. Le relais :

Les relais électromécaniques ont des enroulements comme dispositif de contrôle. La tension appliquée à cette bobine provoque un courant électrique, qui provoque un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (électroaimant). Ce champ magnétique peut déplacer des éléments mécaniques métalliques attachés à l'axe de déplacement, déplaçant ainsi des contacts électriques. La fonction de relais est quand il reçoit un signal qu'il fonctionne comme un interrupteur. Nous avons besoin de deux relais pour notre projet (pompe et ventilateur).



Figure II.9 : Le relais

Les principales caractéristiques techniques du relais :

- Signal de commande 5V.
- Le courant AC et le voltage maximum : 10A 250VAC.
- Courant et tension CC maximum : 10A30VDC.
- Il y a un contact normalement ouvert et un contact normalement fermé.

II.2.2.5. Fer à souder :

Le deuxième point est le chauffage pour mieux contrôler la température à l'intérieur de la serre. En tant que type de chauffage, le chauffage par un fer à souder peut être installé dans la serre pour chauffer directement l'environnement de la plante.

Dans notre serre on a utilisé un fer à souder pour réchauffer la serre si la température inférieure à 20.

II.2.2.6. Pompe d'arrosage :

La pompe est un dispositif d'aspiration et de refoulement du liquide, il existe une gamme de pompes adaptée à chaque besoin, le choix de la pompe est toujours fonction de son utilisation et de la détermination des paramètres de performance Irrigation, pompe d'irrigation nécessaire, sol Arrosage de l'irrigation est un organe nécessaire aux plantes pour maintenir l'humidité du sol à des niveaux définis. Le prototype utilisait une mini pompe à eau à moteur alimentée par une alimentation 12V.



Figure II.10 Pompe d'arrosage

II .2.2.7 Plaque d'essai ou breadboard/protoboard :

Une plaque d'essai est une carte composée de trous connectés électriquement en interne. Des éléments électroniques et des fils pour l'assemblage et le prototypage de circuits électroniques peuvent être insérés dans cette carte. Il relie électriquement les trous et se compose de deux matériaux, un isolant et un conducteur qui suivent un modèle horizontal ou vertical.

II .2.2.8 : Un écran LCD I2C-1602 :

L'écran LCD c'est un cristal liquide qui peut être tourné en fonction de la tension appliquée, il est donc plus ou moins inactif avec l'incidence de la lumière. L'écran LCD nécessite des données série et une alimentation 5V.

II.2.2.9 : Le servomoteur :

Les servomoteurs sont des moteurs légèrement spéciaux qui tournent avec un degré de liberté d'environ 180 ° et peuvent maintenir l'angle de rotation souhaité de manière relativement précise.

Les servomoteurs sont largement utilisés en modélisation pour contrôler des systèmes mécaniques (gouvernails d'avion, accélérateurs de moteurs thermiques, etc.). Les servomoteurs sont également largement utilisés en robotique pour créer des minirobots, des actionneurs ou des indicateurs de rotation [8].



Figure II.11 : Un servomoteur 360°

O Élément visible :	O Éléments non visibles :
<ul style="list-style-type: none">• rouge : pour l'alimentation positive (4.5V à 6V en général).• marron : pour la masse (0V).• orange, G : entrée du signal de commande.	<ul style="list-style-type: none">- Un moteur à courant continu.
L'axe de rotation sur lequel est monte un accessoire en plastique ou en métal attachés	<ul style="list-style-type: none">• Des engrenages pour former un réducteur (en plastique ou en métal).• Un capteur de position de l'angle d'orientation de l'axe (un potentiomètre bien souvent).

tableux II.5: caractéristiques de Servomoteur

II.2.2.10 : Module de pilotage de moteurs L298N :

Le module de commande de moteur L298N (pont en H) vous permet de gérer la vitesse et la direction de deux moteurs à courant continu ou moteurs pas à pas de manière très simple.

Un pont en H ou pont en H est une structure électronique composée de quatre transistors qui peuvent inverser le sens du courant et le sens de rotation du moteur. [9]

Caractéristiques :

Circuit intégré L298N, pilote à double pont en H	Borne de puissance VMS (dans la partie puissance) : + 5 V a + 35 V
Courant de sortie crête : 2A par pont.	Le courant de la partie logique est de 0 à 36mA.
Tension d'alimentation (de la partie logique) : Vss de 4,5 à 5,5V	Signal de commande : niveau haut = 4,5 à 5,5 V, niveau bas = 0 V
Consommation électrique maximale : 20W.	Température de stockage : 25°C à + 130°C
Taille de la plaque : 55 mm x 60 mm x 30 mm	Poids : 33g

tableux II.6: caractéristiques de module L298N

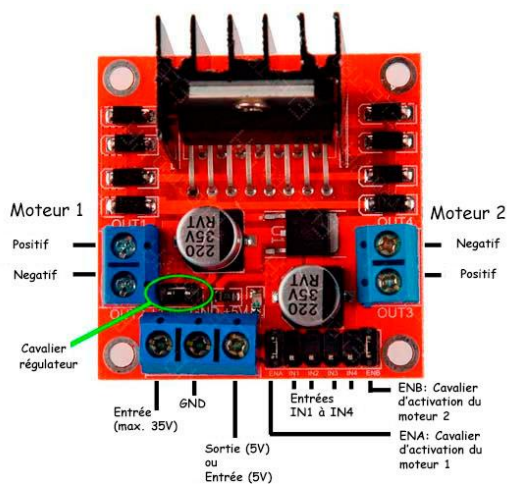


Figure II.12 : Module de pilotage de moteurs L298N

II.3. Partie logicielle :

Introduction :

Lors de notre réalisation, nous sommes basés sur le logiciel, Arduino IDE, nous a servi à programmer et configurer notre carte Arduino pour le bon fonctionnement de notre application.

II.3.1. L'environnement de programmation (IDE Arduino) :

Le logiciel de programmation de la carte Arduino fait office d'éditeur de code (langage proche du C). Lorsque vous entrez ou modifiez un programme avec le clavier, il est transféré sur la carte via la connexion USB et y est enregistré. Le câble USB alimente la carte et transmet les informations à ce programme appelé Arduino IDE. [10]

II.3.2 Structure générale de l'environnement :

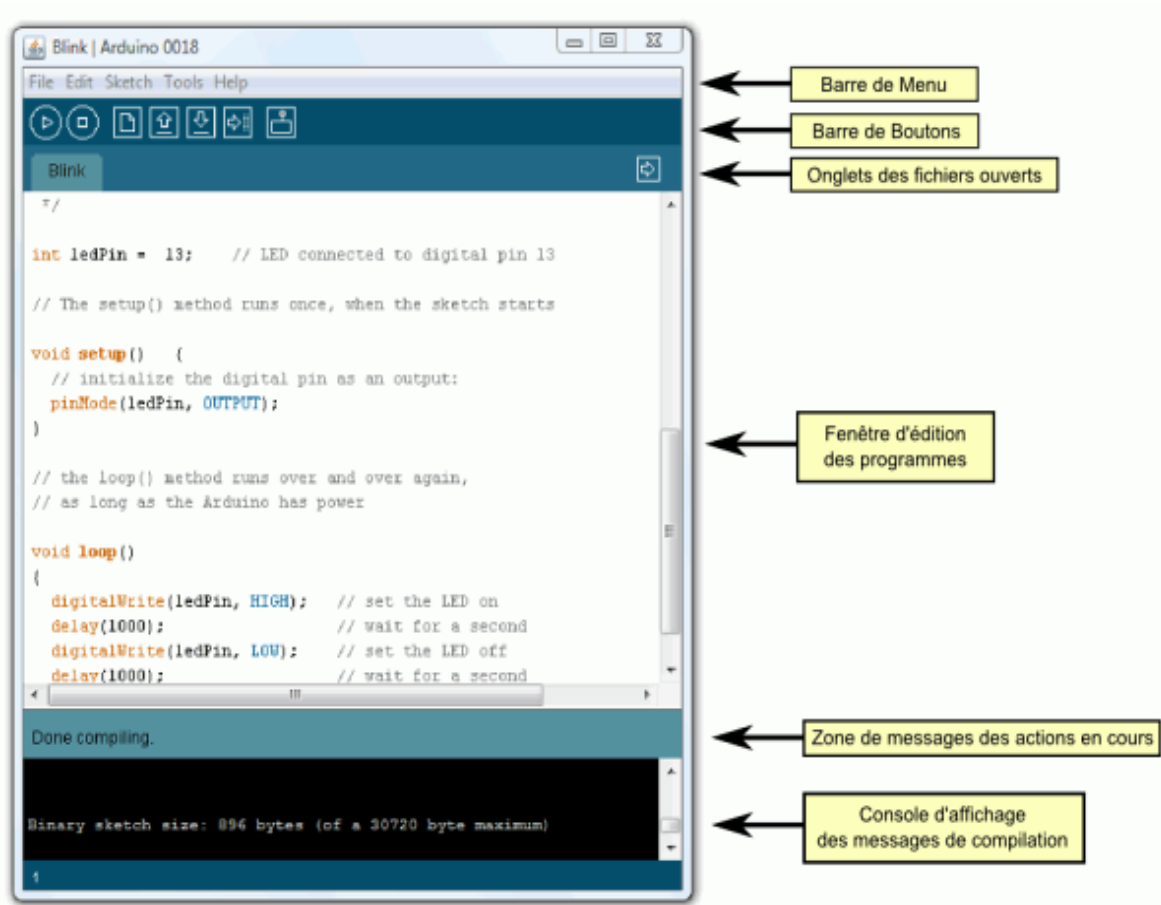


Figure II.13 : Structure Arduino.

Le programme Arduino se compose de trois parties principales :

1. Partie de déclaration variable (facultative).
2. Composants d'initialisation et d'E / S: fonction setup ().
3. La partie principale exécutée dans la boucle : fonction Loop().

II.4. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les outils de travail avec lesquels nous avons réalisé notre projet. A travers cette liste d'outils, nous avons constaté que notre projet est en relation avec l'automatisme, l'informatique et même l'électronique appliquée. Cela nous a aidé pour enrichir le savoir et nous a permis d'avoir une idée sur tous ces domaines.

Ce qui va être introduit dans le chapitre prochain est tout ce qui est en relation avec le développement, la programmation et les étapes de réalisation du programme de gestion de la serre automatisée.

Chapitre III

Réalisation et Simulation de la serre

Introduction :

Après avoir expliqué la partie matérielle du système. Ici, nous allons présenter la réalisation d'une serre, le placement des capteurs et actionneurs, et la structure jusqu'à la programmation Arduino. Vient ensuite la partie programmation où la serre est contrôlée par Arduino, la température et l'humidité de l'air sont affichées en valeurs numériques, et le sol est affiché en valeurs analogiques. Vous pouvez également modifier les valeurs de température et d'humidité pour contrôler la condition. Sortie (ventilateurs, pompes, fenêtres, chauffage).

Enfin, la partie distante s'exécute dans l'application remote XY, qui affiche la température et l'humidité.

III.2 Réalisation de la serre :

III.2.1 Dimension de la structure :

La structure de la serre est solide et légère, avec des coins en bois et trois fenêtres en verre, elle est conçue pour être de la taille de la serre (70 * 30 * 40) cm. (Figure III.1)



Figure III. 1 : Notre conception de la serre.

III.2.2 Montage des capteurs et actionneurs :

Nous avons installé :

- les capteurs : DHT21, capteur d'humidité de sol YL-69.
- les actionneurs servo- moteur, pompe d'arrosage, ventilateur, fer à souder.

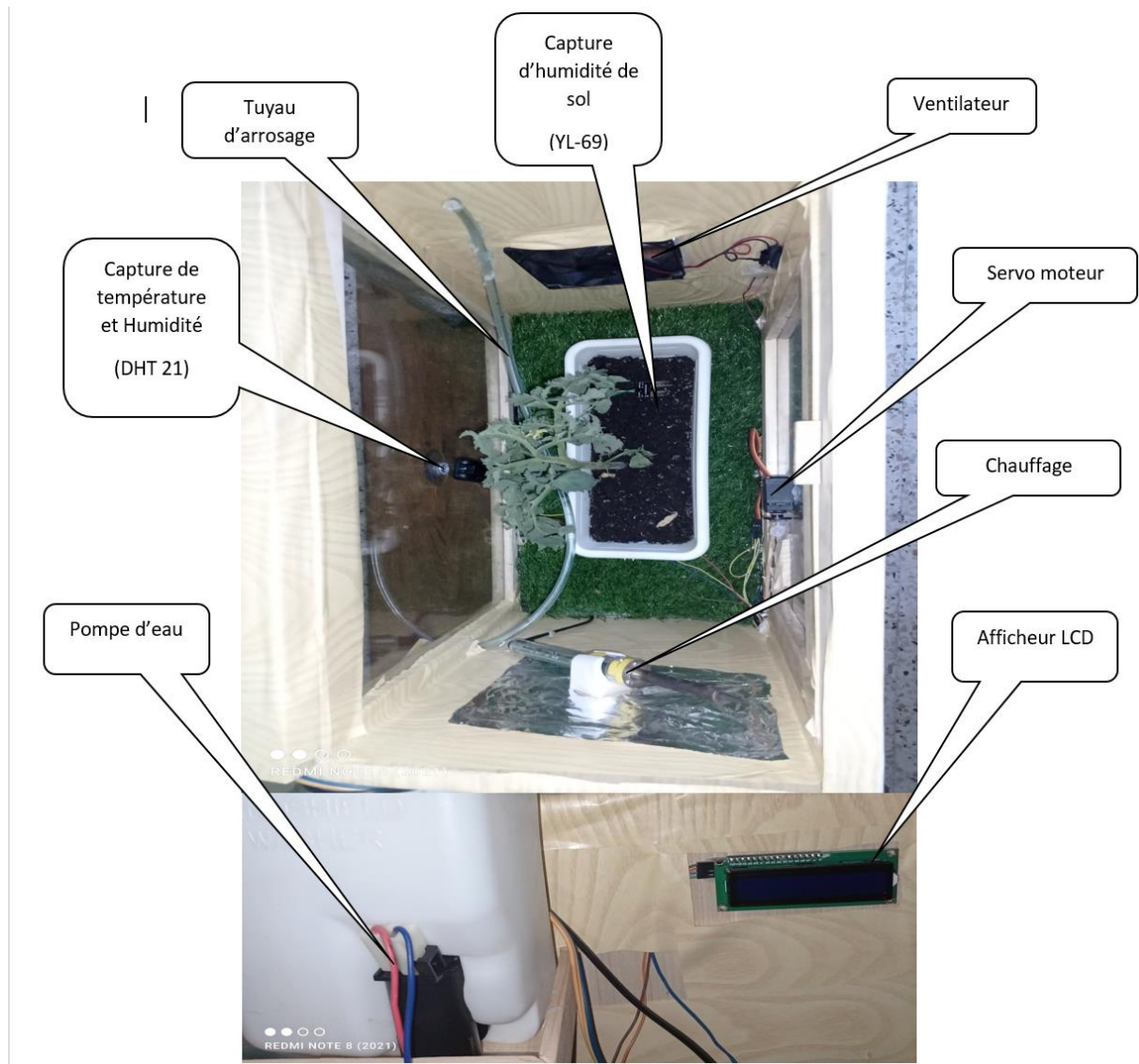


Figure III.2 : Capteurs et Actionneurs de la serre

III .3 schéma électrique :

III.3.1 Définition d'un schéma électrique :

Un schéma électrique est une représentation graphique d'un circuit électrique basée sur une convention. Il traduit les composants du circuit, ainsi que les alimentations et les signaux qui relient ces composants, sous forme de symboles normalisés. L'emplacement graphique des composants et leurs connexions ne reflètent pas nécessairement leur emplacement physique, contrairement à l'emplacement indiqué sur les schémas fonctionnels et les schémas.

III.3.2 Simulation avec Fritzing :

III.3.2.1. Définition de logiciel Fritzing :

Fritzing est un outil complet d'automatisation du processus de conception électronique qui vous permet de choisir la meilleure configuration de circuit pour créer des schémas électriques, assembler des prototypes sur des planches à pain virtuelles ou créer des PCB.

III.3.2.1. Schéma électrique de notre serre :

Notre schéma électrique concernant la serre (Figure III.3)

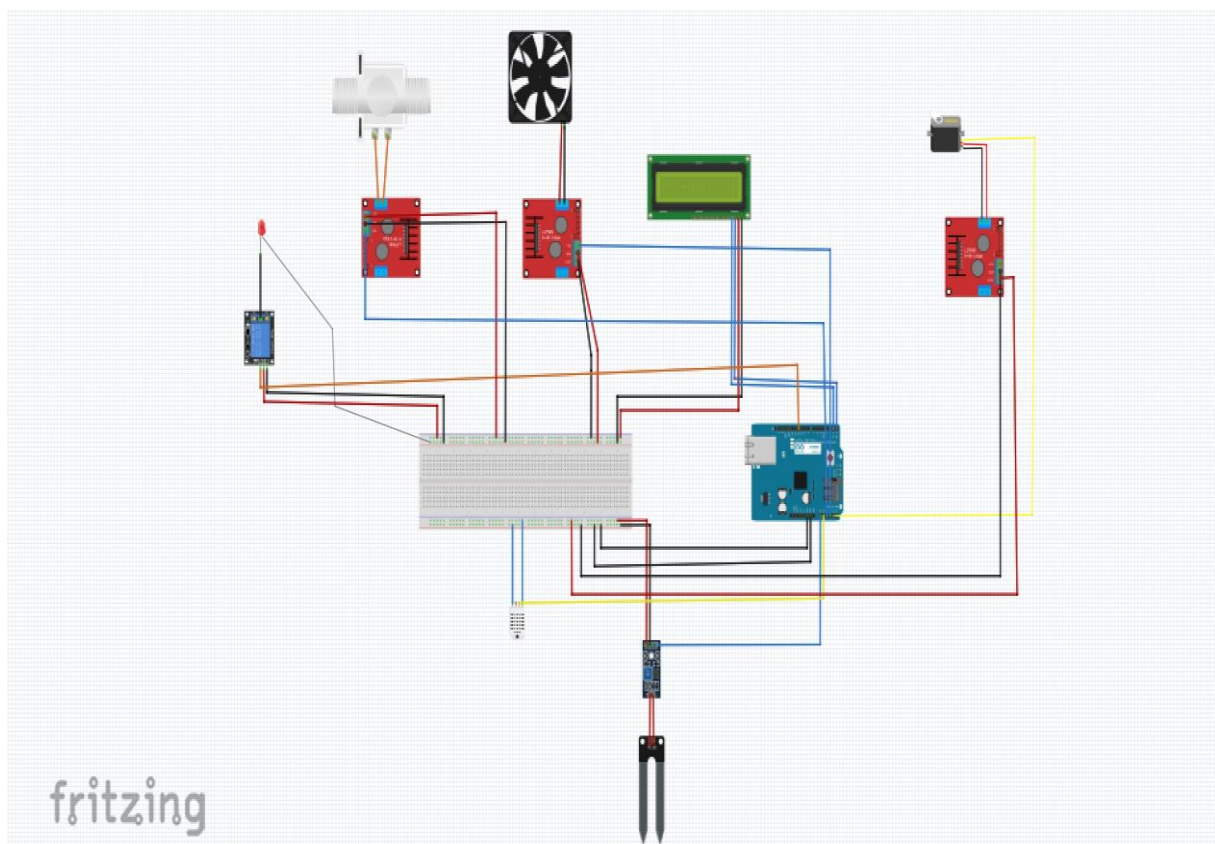


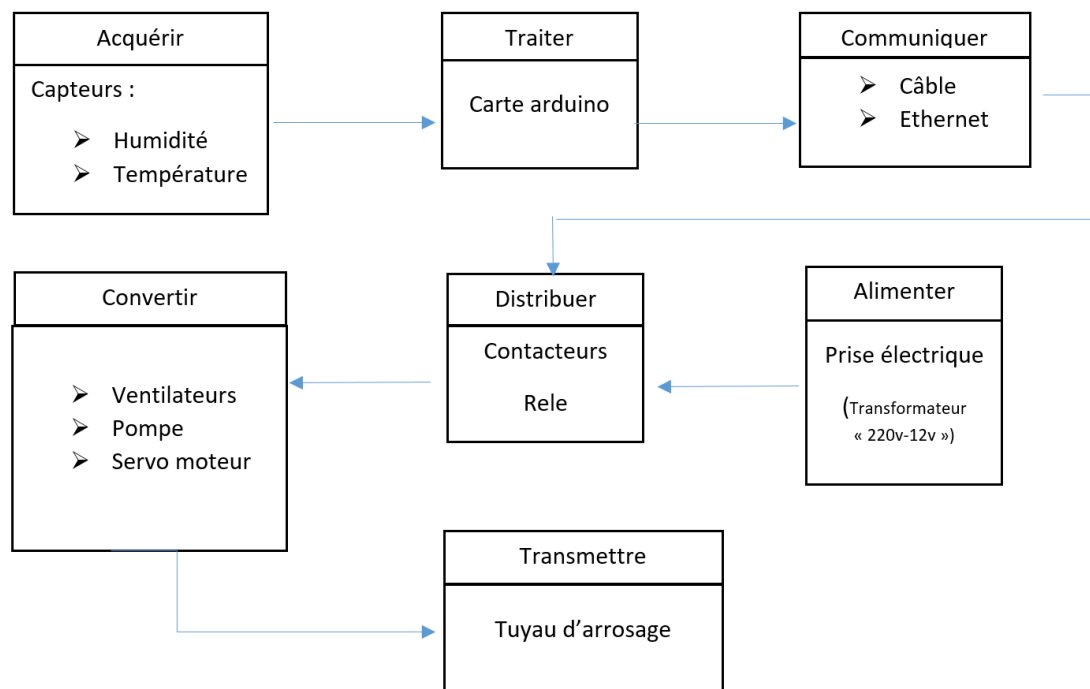
Figure III.3 : Montage électrique de la serre

III.4 Schéma synoptique :

III.4.1 Définition d'un schéma synoptique :

Le synoptique correspond au schéma électrique unifilaire d'une installation. Cette représentation permet d'appréhender l'installation électrique dans son ensemble. Un synoptique comporte le nombre et le type des dispositifs de protection (disjoncteur, différentiel, fusibles...)

III.4.2 Schéma synoptique de notre serre :



III.5 : La programmation Arduino de la serre :

On a écrit notre programme dans IDE divisé en 5 étapes (Figure III.4):

1ère étape :

Dans cette étape on a téléchargé les bibliothèques nécessaires pour commander notre serre (Figure III.4).

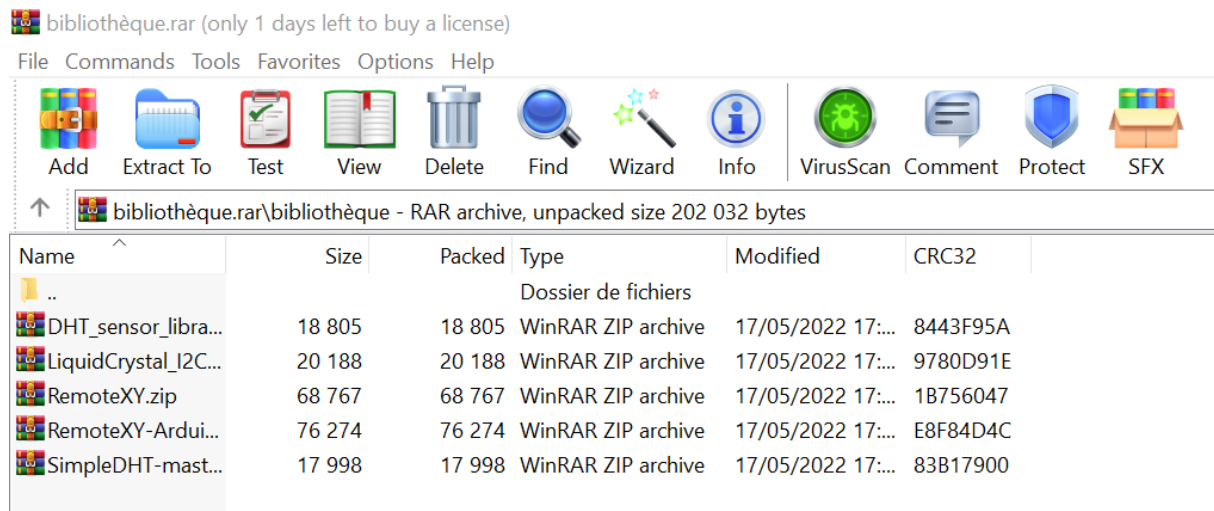


Figure III.4 : les bibliothèques ARDUINO correspondent à la serre

2ème étape :

Dans cette partie nous allons énoncer les capteurs et mettre les conditions de température et d'humidité nécessaires (Figure III.5).

```
float hum;  
float temp;  
float temp_max = 25;  
float temp_min = 20;  
  
char CCW = 'z';  
char stp = '[';  
char CW = 'A';  
  
// motor one  
//int enA = 6;  
int in1 = 2;  
int in2 = 3;  
// motor two  
//int enB = 9;  
int in3 = 4;  
int in4 = 5;  
  
int msensor = 7;  
int relay = A0;  
boolean flag = false;
```

Figure III.5 : Programme ARDUINO (partie des capteurs et conditions température et hum)

Dans cette partie nous allons énoncer les actionneurs utilisés dans notre serre (Figure III.6):

- Fan : le ventilateur
- Pump : Pompe d'arrosage

```
void moveClockwise_FAN() {
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    //analogWrite(enA, 255); // Speed Range 0-255
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, LOW);
    // analogWrite(enB,255);
}

void moveCounterClockwise_FAN() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    //analogWrite(enA, 125); // Speed Range 0-255
    digitalWrite(in3, LOW);
    digitalWrite(in4, LOW);
    //analogWrite(enB,125);
}

void moveClockwise_PUMP() {
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, LOW);
    //analogWrite(enA, 255); // Speed Range 0-255
    digitalWrite(in3, HIGH);
    digitalWrite(in4, LOW);
    // analogWrite(enB,255);
}
```

Figure III.6 : Programme ARDUINO (partie des actionneurs)

3^{ème} étape :

Dans cette partie de programme on va voir que ce passe-t-il si la température est supérieure ou inférieure à les conditions donnée (Figure III.6):

- Si la température est supérieure à la température minimale ($T < 20^{\circ}\text{C}$) on a :
 - Le fer à souder qui s'allumera pour chauffer la serre.
 - Le servomoteur va faire une rotation de 90° dans le sens inverse pour fermer la fenêtre.
 - Le ventilateur dans cette condition va rester éteint.

```
if ( temp > temp_max ) {
  moveClockwise_FAN();
  if ( toggle1 == 0 ) {
    window.attach(10);
    window.write(CW);
    analogWrite(relay, 0);

    delay(3200);
    window.detach();
    toggle1 = 1;
    toggle2 = 0;
  }
}
```

Figure III.7 : Programme ARDUINO si la température supérieure à la température max

- Si la température est inférieure à la température maximale ($T > 25^{\circ}\text{C}$) on a :
 - Le ventilateur va se déclencher pour refroidir notre serre
 - Le servomoteur va faire une rotation de 90° pour donner de l'aération à la serre.
 - Le fer à souder va rester éteint dans ce cas-là.

```
else if ( temp < temp_min ) {
  stop_FAN();
  if ( toggle2 == 0 ) {
    window.attach(10);
    analogWrite(relay, 1023);
    window.write(CCW);

    delay(3200);
    window.detach();
    toggle2 = 1;
    toggle1 = 0;
  }
}
```

Figure III.8 : Programme ARDUINO si la température inférieure à la température min

- Si la température est stable ou bien entre $20^{\circ}\text{C} < T < 25^{\circ}\text{C}$ on voit que la fenêtre restera ouvert jusqu'à la température ce diminue à la valeur de 20°C (Figure III.7)

```

else if ( temp_min <= temp <= temp_max ) {
    //toggle2 = 0;
    //toggle1 = 0;
    //window.write(stp);
    //analogWrite(relay, 0);
    stop_FAN();
    window.detach();
}

```

Figure III.9 : Programme ARDUINO si la température est stable

4^{ème} étape :

Dans cette partie de programme on va voir la programmation qu'on a mise pour voir l'arrosage de la plante à l'aide de capteur YL-69 (Figure III.8):

Le capteur utilisé dans notre serre affiche une valeur analogique si :

- Si val=1 (HIGH) la plante est sèche.
- Si val=0 la plante est irriguée.

```

if ( (digitalRead(msensor) == HIGH ) )//&& ( flag == false ) )
{
    moveCounterClockwise_PUMP();
    delay(500);
}
}

```

Figure III.10 : Programme ARDUINO pour l'arrosage de la plante

5^{ème} étape :

Dans cette partie on va voir la programmation entre l'application remote XY et l'Arduino (Figure III .9):

```
void loop()
{
  RemoteXY_Handler ();

  float chk = DHT.read21(DHT21_PIN);
  float hum = DHT.humidity;
  float temp = DHT.temperature;
  dtostrf(temp, 0, 1, RemoteXY.text_1);
  dtostrf(hum, 0, 1, RemoteXY.text_2);
  // TODO you loop code
  // use the RemoteXY structure for data transfer
  // do not call delay()
  RemoteXY.onlineGraph_1_var1 = float (temp) ;
  delay(10);
  RemoteXY.onlineGraph_1_var2 = float (hum) ;
  delay(10);
}
```

Figure III .11: la programmation entre l'application remote XY et l'Arduino:

- La première courbe dans le graphe affiche la température
- La deuxième courbe dans le graphe affiche l'humidité

III.6 Application utilisé dans notre projet :

III.6.1 Remote XY :

RemoteXY est un moyen simple de créer et d'utiliser une interface utilisateur graphique mobile pour votre carte contrôleur. L'éditeur d'interface graphique vous permet de créer votre propre interface graphique et de la télécharger sur votre carte. Avec cette application, vous pouvez vous connecter à la carte et la contrôler via l'interface graphique.

III.6.2 La communication Arduino avec Remote XY :

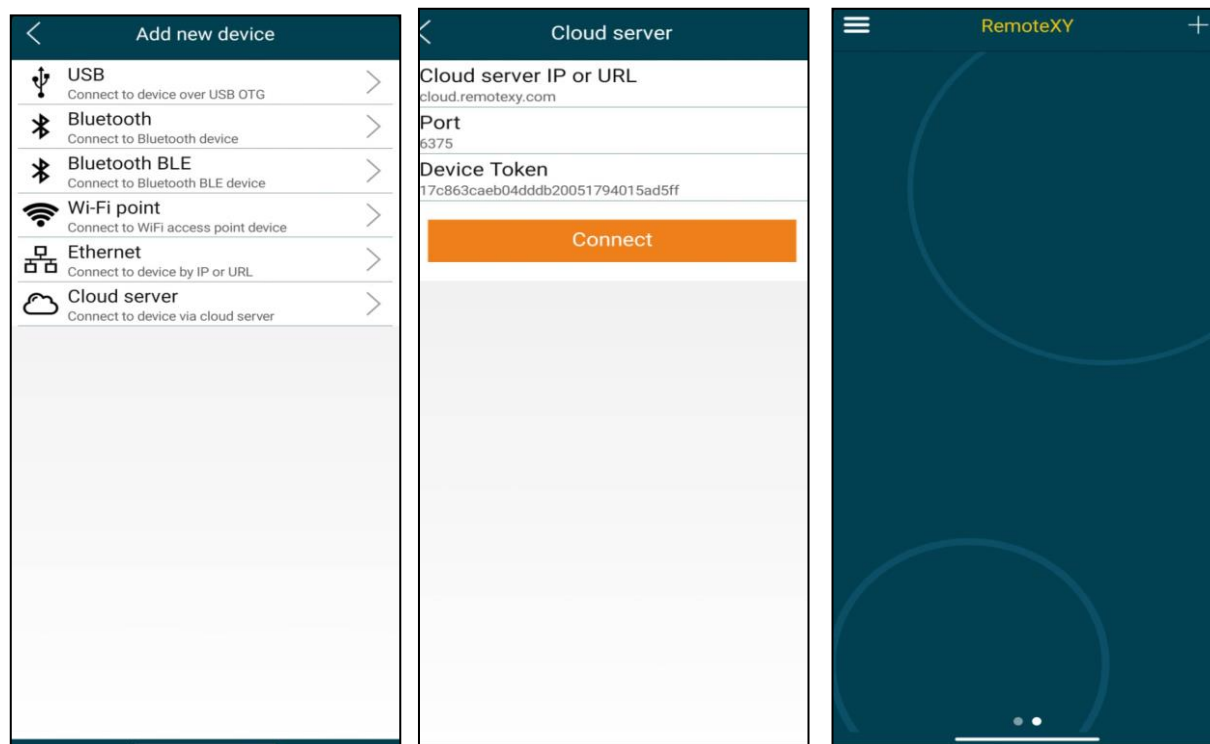
Le principe est simple. Une fois l'interface conçue avec un éditeur en ligne, le programme générera le code source ARDUINO. Téléchargez simplement ce code source sur ARDUINO via ARDUINO IDE. Lorsque le programme Remote XY est démarré sur le smartphone et que la connexion Ethernet avec Arduino est établie, le programme Arduino envoie les paramètres de configuration graphique à l'application XY distante du smartphone, et le smartphone affiche le graphique de communication à l'écran (FigureIII.10).

1^{ère} étape : Ouvrir l'application remote xy .

2^{ème} étape : Appuyez sur le nouveau bouton de connexion "+" en haut de l'application.

Dans la fenêtre qui s'ouvre, sélectionnez la connexion "Cloud server".

3^{ème} étape : Comment faire la liaison de notre serre.



FigureIII.12: La communication Arduino avec Remote XY

III.6.3 Résultat obtenue :

Après la liaison Shield Ethernet avec l'application RemoteXY on a obtenu un graphe qui nous affiche 2 courbes (Figure III.11):

- La 1^{ère} courbe avec la couleur rouge correspond à la température
- La 2^{ème} courbe avec la couleur verte correspond à l'humidité

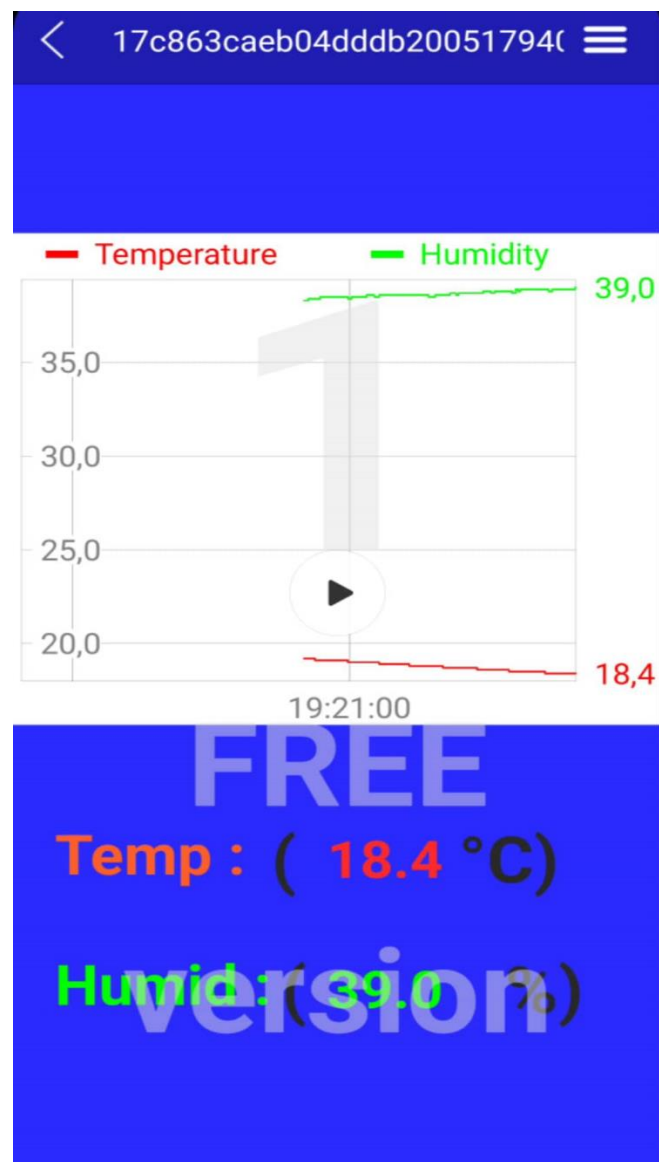


Figure III.13 : Résultat obtenue par application

III.7 Conclusion :

Ce chapitre détaille la réalisation de notre projet, Nous avons
Commencé par montage de la structure et l'installation des capteurs et actionneurs. Ensuite,
Nous décrivons le fonctionnement de la serre par a un schéma électrique qui décrit le
Fonctionnement de notre système. Enfin, nous avons conclu ce chapitre avec des
Résultats obtenus par l'application RemoteXY

Conclusion générale

Dans le cadre du projet, nous avons construit une serre automatisée fonctionnelle qui gère les différentes tâches effectuées en milieu agricole en assurant le climat favorable à la culture.

Tout d'abord, nous devons documenter la serre et son objectif. Ensuite, nous avons étudié les effets de la serre et de son climat environnant. De plus, autre étape importante du projet est le choix de l'Arduino comme outils de programmation de notre système qui nous a aidés dans l'utilisation du module précité conformément aux exigences. Enfin, le but ultime proposé est de gérer les différentes installations qui fonctionnent en fonction des données collectées et de leurs effets programmés.

Dans le premier chapitre, nous avons déterminé les paramètres agissants sur la croissance de la plante sous serre, nous avons effectué un état de l'art sur la présentation des serres et ses avantages, ainsi que les équipements et outils qui nous permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatique.

Dans le 2ème chapitre, nous avons présenté les différents composants et le logiciel que nous avons utilisés dans notre réalisation, et l'étude de leur caractéristique.

Dans le 3^{ème} chapitre, nous avons commencé à assembler la structure de la serre et l'équipement de conditionnement. Enfin nous avons mis en marche notre système et effectuer les premiers tests de fonctionnement qui nous ont donnés des résultats concluants.

Ce projet a approfondi nos connaissances théoriques et pratiques.

Pour l'avenir le bagage technique développé au cours de cette expérience qui va nous guidé a dégagé plusieurs pistes respectivement à savoir la réalisation de la maquette vers une réalisation officielle.

Bibliographie :

[1] Kamel MESMOUD. « Etude Expérimentale et Numérique de la Température et de l'Humidité de l'Air d'un Abri Serre Installé dans les Haut Plateaux d'Algérie, Région des Aurès ». Thèse de Doctorat. Batna. Décembre (2010).

[2] Youcef El Afou « contribution au contrôle des paramètres climatique sous serre ». Thèse de Doctorat. Lille 1 .juin (2014).

[3] R. Salazar, A. Rojano, I. Lopez, novembre 2010, "A Model for the Combine Description of the Temperature and Relative Humidity Regime in the Greenhouse," Ninth Mexican International Conference on Artificial Intelligence.

[4] SEKHOUNA, DJAMILA 2016. UTILISATION DES BIOENGRAIS A BASE DE QUELQUES ALGUES MARINES POUR L'AMLIORATION DES PRODUCTIONS VEGETALES CAS DE LA TOMATE.

Site : <https://agronomie.info/fr/exigences-pedoclimatiques-de-la-tomate/#:~:text=La%20tomate%20est%20une%20plante,inferieures%20%C3%A0%2015%20C%2%B0>.

[5] Youcef El Afou « contribution au contrôle des paramètres climatique sous serre ». Thèse de Doctorat. Lille 1 .juin (2014).

[6] Erik BARTMANN, 2015, « Le grand livre d'Arduino».

[7] Datasheet du DHT21. [En ligne]. <http://www.micropik.com/PDF/dht21.pdf>

[8] http://wiki.sps_pi.cz/index.php?title=Soubor:AVR_How_Servo_Motor_Control_Work

[9] <http://tiptopboards.com/100-module-de-pilotage-de-moteur-l298-pour-arduino.html>

[10] Le grand livre d'Arduino, Patrick Chantreau et Erik Bartmann, éd. Eyrolles, 2014 (ISBN 978-2212137019) <http://www.arduino.cc/en/main/software>