

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : 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 :

Télésurveillance d'une serre agricole

Présenté par : BENOUHIBA Mohamed

Encadreur : SAIDI Med Larbi

PROF

UBM.ANNABA

Jury de Soutenance :

LAFIFI Med Mourad	M.C.A	UBM.ANNABA	Président
SAIDI Med Larbi	PROF	UBM.ANNABA	Encadreur
ARBAOUI Fayçel	PROF	UBM.ANNABA	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# *Remerciement*

*Avant toute chose, je remercie Allah, le tout puissant de m'avoir donné toute la force, le courage et la patience pour élaborer ce travail.*

*Je remercie mon encadreur Mr Saidi pour sa supervision et ses conseils lors de la mise en œuvre de ce projet.*

*Mes remerciements vont également aux*

*Membres du jury*

*d'avoir accepté d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs propositions et remarques.*

*Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*A mes chers parents qui m'ont aidé et m'ont encouragé*

*durant toutes mes études*

*A toute ma famille,*

*A mes chers frères,*

*A tous mes amis et mes collègues,*

*Je n'oublie pas les gens qui m'ont aidé*

# Table des matières

<b>Introduction Générale</b> .....	1
------------------------------------	---

## **Chapitre 1 Généralités sur les serres agricoles**

I.1. Introduction.....	2
I.2. Définition d'une Serre.....	2
I.3. Intérêt de la serre .....	2
I.4. Les Avantages de la Production sous Serre .....	3
I.5. Construction de la Serre .....	3
I.6. Choix de la Serre et de sa Couverture.....	4
I.7. Les Différents Types de Serres.....	4
I.8. Classification des Serres.....	10
I.8.1. Serres à Faible Technologie.....	10
I.8.2. Serres à Technologie Moyenne.....	10
I.8.3. Serres de Haute Technologie.....	11
I.9. Type de Ventilation de la Serre .....	12
I.9.1. Ventilation Naturelle.....	12
I.9.2. Ventilation Forcée.....	12
I.10. Mise en Place des Serres.....	12
I.11. Paramètres a surveillé dans les serres agricoles.....	13
I.12. Conclusion .....	14

## **Chapitre 2 Télésurveillance d'une serre agricole**

II.1. Introduction .....	16
II.2. Le Microclimat.....	16
II.3. Principaux Paramètres Climatiques .....	16
II.4. Influence des Paramètres Climatiques.....	19
II.5. Les Equipements d'une Serre.....	20

II.5.1. Les Capteurs.....	20
II.5.1.1. Définition.....	20
II.5.1.2. Types de Capteurs.....	21
II.5.1.3. Type de Détection .....	22
II.5.1.4. Caractéristiques d'un Capteur .....	22
II.5.1.5. Nature de l'Information Fournie par le Capteur.....	23
II.5.1.6. Détection des Paramètres Bioclimatiques d'une Serre.....	23
a)-Capteur Capacitive d'Humidité du Sol V1.2 .....	24
b)-Capteur CO2.....	25
c)-Capteur d'Eclairement.....	25
d)-L'Anémomètre.....	26
e)-Le Pluviomètre.....	27
f)-Girouette.....	28
g)-Capteurs d'Humidité Volumétrique.....	29
h)-Température et Humidité Combinées (AFTF-35).....	29
i)-Sonde de Dioxyde de Carbone GMP252.....	30
II.5.2. Les Actionneurs .....	31
II.5.2.1. Générateur d'Air.....	31
II.5.2.2. Extracteurs.....	32
II.5.2.3. Double Paroi Gonflable.....	32
II.5.2.4. Le Système de Réfrigération .....	33
II.5.2.5. Brasseur d'Air.....	33
II.5.2.6. Le Fog System.....	33
II.5.2.7. Système d'Eclairage.....	34
II.5.3. La Relation Capteurs et Actionneurs.....	36
II.6. La Régulation Automatique.....	37
II.6.1. Notion de Système.....	37
II.6.2. La Régulation Numérique.....	38
II.6.3. Régulation PID.....	38
II.6.4. Régulation par Logique Floue.....	39
II.6.5. Régulation Tout Ou Rien.....	39
II.6.6. Fonctionnement du Régulateur TOR.....	40
II.7. Conclusion.....	41

## Chapitre 3

### Réalisation et Test

III.1. Introduction .....	43
III.2. Présentation d'Arduino.....	43
III.2.1. Définition.....	43
III.2.2. Applications .....	43
III.2.3. Bonnes Raisons de Choisir Arduino .....	43
III.2.4. Outils Arduino.....	44
III.2.5. Types de Cartes.....	44
III.2.6. Les Avantages de la Carte Arduino.....	46
III.2.7. Domaine d'utilisation.....	46
III.2.8. Principaux Fonctionnements.....	46
III.2.9. Plateforme Arduino IDE.....	46
III.2.10. Fenêtre Générale de l'Application Arduino.....	47
III.3. Matériels Utilisés.....	49
III.3.1. Arduino Méga 2560.....	49
III.3.1.1. Présentation.....	49
III.3.1.2. Caractéristiques.....	50
III.3.1.3. Description Générale.....	51
III.3.1.4. Synthèse des Caractéristiques.....	51
III.3.1.5. Alimentation.....	52
III.3.1.6. Mémoire.....	52
III.3.1.7. Entrées et Sorties Numériques.....	53
III.3.2. Capteur de Température et d'Humidité DHT22.....	53
III.3.3. La Carte d'Essai.....	54
III.3.4. Ventilateur de 12v.....	55
III.3.5. Batteries Rechargeables .....	55
III.3.6. Les Câbles.....	56
III.3.6.1. Câble Alimentation Arduino.....	56
III.3.6.2. Câble USB.....	56
III.3.7. Les Résistances .....	57
III.3.8. Les Transistors.....	57
III.3.9. Condensateur.....	58
III.3.10. Autocoupleur TLP250 .....	58

III.3.11. Régulateur lm7815.....	58
III.4. Assemblage de la partie matérielle.....	59
III.4.1. Montage de système.....	59
III.4.2. Partie programmation.....	60
III.4.2.1. Le programme.....	60
III.4.2.2. Résultats de simulation obtenue par le capteur.....	61
III.5. Le montage final de projet.....	63
III.6. Conclusion.....	64
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>65</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>66</b>

## Liste des figures

Figure I.1 : Quelques types de serres.....	5
Figure I.2 : Une serre tunnel.....	5
Figure I.3 : Serres multi chapelle.....	6
Figure I.4 : Serres en verre.....	7
Figure I.5 : Serre châssis.....	7
Figure I.6 : Serre de balcon.....	8
Figure I.7 : Serre mobile.....	8
Figure I.8 : Les différents types des serres selon la forme et la structure.....	9
Figure I.9 : serre à faible technologie.....	10
Figure I.10 : serres de moyenne technologie.....	11
Figure I.11 : serre de haute technologie.....	11
Figure II.1 : Production de tomate basée sur éclairage par LED.....	18
Figure II.2 : principe général des capteurs.....	21
Figure II.3 : Capteur capacitive d'humidité du Sol V1.2.....	24
Figure II.4 : Capteur CO2.....	25
Figure II.5 : Capteur LDR.....	26
Figure II.6 : Un anémomètre et son schéma de fonctionnement.....	26
Figure II.7 : Un pluviomètre à augets électronique.....	27
Figure II.8 : Une girouette.....	28
Figure II.9 : Un capteur d'humidité volumique d'un substrat.....	29
Figure II.10 : Capteur de température et d'humidité combinés (AFTF-35).....	30
Figure II.11 : Une sonde de dioxyde de carbone GMP252.....	30
Figure II.12 : Principe de fonctionnement d'un capteur de CO2.....	31
Figure II.13 : Un chauffage d'air.....	31
Figure II.14 : Un Extracteur.....	32
Figure II.15 : Une double paroi gonflable.....	32
Figure II.16 : Un brasseur d'air.....	33
Figure II.17 : Un fog système.....	34
Figure II.18 : Eclairage LED dans une serre agricole.....	34
Figure II.19 : Une lampe de sodium haute pression (SHP).....	35

Figure II.20 : Une lampe fluorescente.....	36
Figure II.21 : Présentation générale d'une régulation en boucle fermée.....	37
Figure II.22 : Présentation générale d'un système en boucle ouverte.....	37
Figure II.23 : schéma fonctionnel du mode de fonctionnement d'une régulation numérique ...	38
Figure II.24 : Schéma fonctionnel d'un processus réglé par un régulateur PID classique où on y trouve les perturbations V(t) et W(t).....	38
Figure II.25 : Organigramme d'un exemple de régulation TOR.....	40
Figure II.26 : Le régulateur TOR avec ses 4 entrées et ses 4 sorties.....	41
Figure III.1 : Carte Arduino Uno.....	44
Figure III.2 : Carte Arduino Méga.....	44
Figure III.3 : Carte Arduino NANO .....	45
Figure III.4 : carte Arduino LEONRDO.....	45
Figure III.5 : Arduino IDE .....	47
Figure III.6 : Arduino 1.8.1.....	47
Figure III.7 : Arduino Méga 2560.....	50
Figure III.8 : Boitier de l'Arduino Méga 2560.....	51
Figure III.9 : Figure. III.9 : Capteur DHT22 et son schéma de brochage.....	54
Figure III.10 : Breadboard 400 .....	54
Figure III.11 : Ventilateur .....	55
Figure III.12 : Batterie 9V .....	56
Figure III.13 : Batterie12V.....	56
Figure III.14 : Câble alimentation Arduino pour piles 9V .....	56
Figure III.15 : Cable USB.....	56
Figure III.16 : Résistance électrique .....	57
Figure III.17 : Résistance 30 $\Omega$ .....	57
Figure III.18 : Transistor .....	57
Figure III.19 : Transistor IRFP150.....	57
Figure III.20 : Condensateur .....	58
Figure III.21 : Autocoupleur TLP250.....	58
Figure III.22 : Regulateur lm7815.....	58
Figure III.23 : Test de système.....	59
Figure III.24 : Circuit de commande .....	59
Figure III.25 : Variation de la température et d'humidité(Cas1) .....	61

Figure III.26 : Variation de la température et d'humidité(Cas2) .....	62
Figure III.27 : Maquette final .....	63
Figure III.28 : Signal de commande de transistor .....	63

## **Liste des tableaux**

Tableau II.1 : Type de matériau utilisé et caractéristique électrique des capteurs passifs.....	21
Tableau II.2 : Grandeurs d'entrée et de sortie et effet utilisé pour les capteurs actifs.....	22
Tableau II.3 : Comparaison entre Capteur SKU : SEN0193 & yl-38.....	24
Tableau II-4 : Exemple de capteur et d'actionneur.....	36
Tableau III.1 : Tableau comparatif des différentes cartes Arduino.....	45
Tableau III.2 : Barre d'actions.....	49
Tableau III.3 : Synthèse des caractéristiques.....	51
Tableau III.4 : Résultat en absence de ventilateur et de résistance.....	61
Tableau III.5 : Résultat en présence de ventilateur et de résistance.....	62

## Introduction Générale

La culture sous serre connaît depuis plusieurs années, un développement important dans tous les pays concernés par la volonté d'augmenter la qualité et la quantité des produits agricoles, destinés à la consommation alimentaire des populations et à leurs cadres de vie.

Afin de faire face à un marché de plus en plus concurrentiel, les systèmes de production sous serre deviennent considérablement sophistiqués. C'est grâce à la mécanisation des outils, et l'augmentation des surfaces irriguées, mais surtout grâce à l'intervention de l'automatique que cet objectif a pu être réalisé.

Il est important de choisir un contrôle des paramètres climatiques qui correspondent aux besoins visés. Pour améliorer la rentabilité, on doit faire croître les cultures dans des environnements optimaux. Il est donc important de bien contrôler les paramètres climatiques qui constituent le micro climat à l'intérieur de la serre.

L'automaticien est très sollicité pour réaliser cette gestion bioclimatique, il est confronté aux difficultés les plus grandes qu'il puisse rencontrer dans le cadre de sa science. En effet, il lui est demandé de mettre en place des régulateurs pour une classe de systèmes parmi les plus difficiles à contrôler.

Dans le cadre de ce travail, nous souhaitons développer une plateforme composée d'une carte de commande ARDUINO pour la mesure et le contrôle des paramètres bioclimatiques d'une serre.

Cette plateforme permettra de contrôler uniquement deux paramètres fondamentaux :

- l'humidité et la température de l'air dans la serre.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre portera sur une étude générale de la serre, différents types de serres, équipements de la serre comme le système de ventilation ...etc.

- Le deuxième chapitre portera sur la télésurveillance de la serre en général à travers ses équipements et les différents paramètres climatiques qui constituent son micro climat ainsi que la régulation automatique.

- Le troisième chapitre sera consacré à l'exposition du dispositif expérimental utilisé et à la réalisation de la plateforme de contrôle du système bioclimatique de la serre.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

# **Chapitre 1**

## **Généralités sur les serres**

### **I.1. Introduction :**

La plupart des plantes qui poussent en plein air dans un jardin sont rustiques, c'est-à-dire qu'elles sont adaptées au cycle des conditions météorologiques auxquelles on peut s'attendre dans la région.

Quant à la serre, elle est destinée à fournir un milieu plus propice pour la culture des plantes moins rustiques qui auraient du mal à se développer dans les conditions ambiantes locales normales. Les plantes cultivées sous serre ou sous tout autre abri du même genre ne sont généralement pas rustiques et leur réussite uniquement de la couverture de verre ou de plastique et de la source de chaleur artificielle, faute de quoi elles mourraient. La différence essentielle entre la culture en plein air et la culture sous abri repose donc sur une maîtrise totale de l'environnement.

### **I.2. Définition d'une Serre :**

La serre est un espace réduit qui peut être entre 1 m<sup>2</sup> Jusqu'à 100 m<sup>2</sup> ,elle est en général fermé ou partiellement ouvert, et destinée en général à la production agricole, ou une enceinte destinée à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire.

Elle est devenue un local industriel de production de la matière végétale ou l'on tente d'adapter l'environnement immédiat de la plante, de façon à améliorer sa productivité et sa qualité, en l'affranchissant du climat extérieur, du sol local et même des saisons.

### **I.3. Intérêt de la Serre :**

La serre de culture offre la possibilité de s'affranchir des contraintes climatiques extérieures (pluie, vent, froid), elle est conçue pour recréer un environnement donné (microclimat). Elle permet le chauffage de l'air et des racines, le contrôle de l'irrigation et de la fertilisation, l'enrichissement en CO<sub>2</sub> et le contrôle de l'humidité. Elle joue un rôle économique en présentant des produits sur le marché en contre saison.

La serre permet ainsi d'obtenir une production végétale dans des conditions meilleures que celles existant naturellement par conséquent une meilleure qualité, du produit. Pour aboutir à ces résultats, il faut répondre minutieusement aux exigences de la culture pour les différents facteurs intervenant dans sa croissance et son développement, ceci suppose la connaissance des interactions entre ces divers paramètres.

#### **I.4. Les Avantages de la Production sous Serre :**

La production sous serre permet de palier les problèmes rencontrés lors d'une culture en plein air :

- Les besoins des cultures sont limités dans le climat local.
- Les conditions climatiques externes entravent la production sous serre.
- La serre permet de gérer aisément les facteurs climatiques qui ne sont pas le cas

Parmi les avantages majeurs d'une production sous serre, nous citons :

- Assure des récoltes précoces ou retardées.
- Production plus élevée grâce à la possibilité de contrôler les conditions climatiques de la culture et de favoriser la production à toutes les saisons.
- Augmentation du rendement et de la qualité de la récolte.
- Précocité et retard de la production.
- Réduction de la consommation de fongicides et insecticides.

Ainsi, la serre agricole contribue largement à la modernisation du secteur agricole par l'implémentation de nouvelles technologies.

#### **I.5. Construction de la Serre :**

Les serres se déclinent sous différentes formes et matériaux et leur choix n'est pas à négliger selon l'utilité que vous en aurez.

Les matériaux fréquemment utilisés pour l'armature de la serre sont :

1. Les structures en aluminium.
2. Les structures en acier.
3. Les structures en bois.
4. Les structures en PVC.

**1-L'aluminium** est la structure la plus courante, elle apporte une grande résistance notamment aux vents violents. Léger, il nécessite peu d'entretien et ne rouille pas. Les serres en aluminium haut de gamme peuvent avoir une durée de vie d'une centaine d'années. Côtés inconvénients, l'aluminium n'est pas un très bon isolant.

**2-L'acier** : est idéal quant à lui, pour la construction de très grandes serres car, il est souple et résistant, il est rarement destiné à l'usage des particuliers et doit être galvanisé pour éviter la rouille.

**3-Le bois :** est le matériau le plus esthétique et le meilleur isolant thermique, la qualité du bois est un critère de longévité, une serre en bois devra être isolée du sol par un support en briques, évitant ainsi tous les problèmes de dégradation de la base.

**4-Le PVC :** est le moins cher de tous les matériaux, c'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, sa longévité est moindre par rapport au bois ou à l'aluminium et il ne supporte pas un poids très élevé, ce qui l'écarte pour la construction de grandes structures.

Les matériaux fréquemment utilisés pour les panneaux de la serre sont :

**a. Le verre :** plus lourd, est néanmoins plus translucide et meilleur vecteur de luminosité, il y'a deux types : verre horticole et verre trempé.

**b. Le polycarbonate alvéolaire :** plus léger et plus isolant, il est aussi plus résistant aux chocs en cas de grêle. Mais il craint les vents violents et il faudra le changer au bout d'une dizaine d'années car, il a tendance à devenir opaque.

#### **I.6. Choix de la Serre et de sa Couverture :**

Les principaux critères de choix d'une serre et sa couverture sont les suivants :

- La transmission du rayonnement utile à la photosynthèse (elle détermine le potentiel de production).
- La solidité et la durabilité (avec prudence aux zones comportant des risques climatiques).
- La fonctionnalité et la facilité de maintenance (elle joue un rôle dans les coûts de main-d'œuvre).
- Les économies d'énergie (quand il faut chauffer).
- Le prix.

#### **I.7. Les Différents Types de Serres :**

Les serres sont de tailles, de forme et de type très divers. Pour répondre à tous les besoins, il existe une multitude de modèle en fonction de la surface disponible au sol et du nombre de plantes à mettre dans la serre, parmi : la serre en verre, la serre multi chapelle et la serre tunnel.



**Figure I.1 : Quelques types de serres**

### **I.7.1. Serres Tunnel :**

La serre tunnel est formée de beaucoup d'arches métalliques et bien planté dans la terre, recouverts d'un film souple en plastique (généralement blanc transparent ou jaune transparent) et c'est ce qui lui donne la forme d'un tunnel, Ce type est célèbre en Algérie.



**Figure I.2 : Une serre tunnel**

#### **Caractéristique des Serres Tunnel :**

- La hauteur varie généralement entre 2 et 2,50 mètres.
- La largeur se situe entre 3 et 5mètres.
- Une surface au sol minimal de 6 m2.
- Généralement existe deux portes.

### **I.7.2. Serres Multi-Chapelle :**

Les serres Multi-chapelle (Figure I-3) sont conçues pour être parfaitement assemblées grâce à des joints vissés qui simplifient le montage tout en absorbant idéalement les différentes forces qui ont un impact sur la structure. Elles sont très demandées pour leur robustesse et leur grande capacité d'adaptation aux dimensions et aux caractéristiques du terrain.



**Figure I.3 : Serres multi-chapelle**

### **Caractéristique des Serres Multi-Chapelle :**

1) Matériaux utilisés dans la couverture :

- film plastique.
- matériaux semi rigides.
- plaque rigide.

2) Les éléments en aluminium ou fer :

- Poteaux d'installation.
- Arches en tôle d'aluminium.

3) Grande volume intérieur : Sa hauteur atteint 6 mètres et la superficie peut dépasser 100 m<sup>2</sup>.

4) La nature de la structure permet la bonne exploitation du rayonnement solaire

5) Elles procurent une aération uniforme de l'installation Les différents modèles sont conçus pour résister à des conditions climatiques déterminées.

6) Aérations au faîtage ou latérales.

### **I.7.3. Serres en Verre :**

Les serres en verre comme les serres multi-chapelle dans la structure la seule différence est dans la couverture où les plaques de verre sont utilisées dans ce type à la place du film plastique



**Figure I.4 : Serres en verre**

#### **I.7.4. Mini serres « Balcon et Châssis » :**

Les minis serres ont été inventés pour répondre aux besoins des logements modernes. Ne disposant pas d'un jardin, on peut profiter des avantages d'une serre grâce à ces produits. Très compactes, ces serres permettent tout de même en général de faire pousser différents légumes (type tomates). Le plaisir du jardinage, même en appartement ! Souvent rehaussées, elles permettent de travailler à hauteur.

##### **I.7.4.1. Les Serres Châssis :**

De petite taille, la serre châssis sert à la levée des semis, à la culture de plantes aromatiques ou encore pour la protection des fleurs. Elle est efficace contre les intempéries. Elle fait partie des « serres froides », c'est-à-dire qu'on ne chauffe pas. Les serres châssis sont généralement en bois ou en aluminium, avec des panneaux en verre ou en polycarbonate. Leur couvercle se soulève pour accéder facilement au contenu de la serre, mais également pour un renouvellement efficace de l'air. Ces serres sont non chauffées, mais vous pouvez améliorer l'isolation et la protection en période très froide avec des paillasses, des voiles d'hivernage ou encore des plaques de polystyrène. Généralement dédiées à la culture en pleine terre (le châssis recouvrant la zone de culture), il existe également des serres châssis équipées d'un fond pour une utilisation sur un balcon ou une terrasse, ou encore en intérieur en tant que décoratif.



**Figure I.5 : Serre châssis**

#### **I.7.4.2. Les Serres de Balcon :**

Les serres de balcon ou serres de terrasses sont la plupart du temps de serres adossées. Elles sont surtout destinées à la protection des plantes les plus frileuses en périodes froides. Elles peuvent être souples, c'est-à-dire avec un film plastique, généralement transparent, recouvrant une structure en acier à étages, ou plus solides avec une armature en aluminium ou en bois, avec des panneaux de verre ou de polycarbonate. En cas de froid intense, il est possible de chauffer l'intérieur de ces serres en utilisant des petits chauffages électriques.



**Figure I.6 : Serre de balcon**

#### **I.7.4.3. Serre Mobiles :**

Les exploitants commerciaux utilisent des serres mobiles qui peuvent être déplacées au-dessus des cultures sur un système de rails, cela facilite leur programme de rotation.



**Figure I.7 : Serre mobile**

### I.7.5. Types de serre basés sur les espèces cultivées :

- **La serre froide** : dont la température peut descendre jusqu'à 4°, à réserver aux plantes non gélives.
- **La serre tempérée** : où l'on peut cultiver des espèces subtropicales non frileuses.
- **La serre chaude** : ou serre tropicale dont la température se situera entre 18 et 26° qui permet de cultiver nombres d'espèces tropicales et autres plantes rarissimes.

### I.7.6 Types de serre basés sur le matériau de revêtement :

Voici les types de serres basées sur le matériau de revêtement :

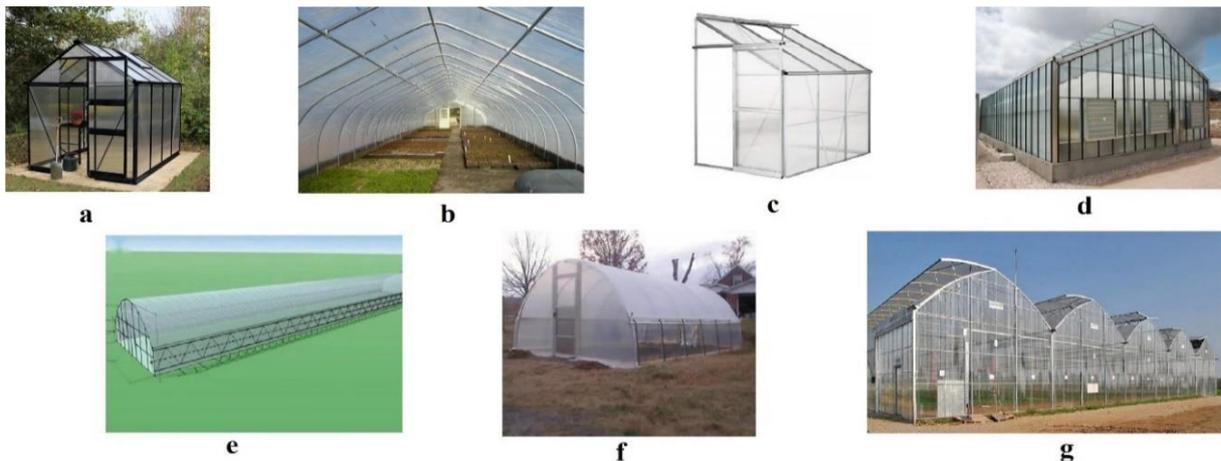
1. Polyhouse
2. Maison en plastique renforcée de fibres
3. Serre

#### I.7.6.1- Types de serre basés sur le coût :

Faible coût, Coût moyen ou élevé.

#### I.7.6.2. Types de serre basés sur la forme et la structure :

Voici les types de serre selon la forme et la structure (figure I-8) :



- a) Gable      b) Arc gothique      c) Appentis      d) Envergure uniforme  
e) Portée unique      f) Quonset      g) Double-span ou multi-span.

**Figure I.8 : Les différents types des serres selon la forme et la structure**

#### I.7.6.3. Types de Serres Basés sur le Contrôle Environnemental :

Voici les types de serres basés sur le contrôle environnemental :

1. Serres à ventilation naturelle
2. Serres refroidies par évaporation
3. Serres de haute technologie

## **I.8. Classification des Serres :**

Les serres sont un investissement basé sur la technologie. Plus le niveau de technologie utilisé est élevé, plus le potentiel des conditions de croissance étroitement contrôlées est élevé.

### **I.8.1. Serres à Faible Technologie :**

Une proportion importante de l'industrie utilise actuellement des structures à faible technologie. Ces serres mesurent moins de 3 mètres de hauteur totale. Les maisons tunnel, ou "igloos", sont le type le plus courant. Ils n'ont pas de parois verticales. Ils ont une mauvaise ventilation. Ce type de structure est relativement peu coûteux et facile à monter. Peu ou pas d'automatisation est utilisée. La figure I-9 représente une serre à faible technologie.



**Figure I.9 : serre à faible technologie**

### **I.8.2. Serres à Technologie Moyenne :**

Les serres de niveau moyen sont généralement caractérisées par des murs verticaux de plus de 2 m mais de moins de 4 mètres de haut et une hauteur totale généralement inférieure à 5,5 mètres. Ils peuvent avoir une ventilation sur le toit ou les parois latérales ou les deux. Les serres de niveau moyen sont généralement recouvertes d'un film plastique simple ou double peau ou de verre et utilisent divers degrés d'automatisation. Les serres de niveau moyen offrent un compromis entre coût et productivité et représentent une base économique et environnementale raisonnable pour l'industrie. La figure I-10 représente une serre à moyenne technologie.



**Figure I.10 : serres de moyenne technologie**

### **I.8.3. Serres de Haute Technologie :**

Les serres de haut niveau ont une hauteur de mur d'au moins 4 mètres, le sommet du toit pouvant atteindre 8 mètres au-dessus du sol. Ces structures offrent des performances culturales et environnementales supérieures. Les structures de haute technologie auront une ventilation sur le toit et peuvent également avoir des événements sur les parois latérales. Le revêtement peut être un film plastique (simple ou double), une feuille de polycarbonate ou du verre. Les contrôles environnementaux sont presque toujours automatisés. Ces structures offrent d'énormes possibilités de durabilité économique et environnementale. L'utilisation de pesticides peut être considérablement réduite. Les structures de haute technologie offrent une vue généralement impressionnante et, à l'échelle internationale, participent de plus en plus aux opportunités de l'agro-industrie. La figure I-11 représente une serre à haute technologie.



**Figure I.11 : serre de haute technologie**

## **I.9. Type de Ventilation de la Serre :**

La température et le taux d'humidité à l'intérieur d'une serre dépendent de son aération. Il s'agit d'un processus complexe qui participe à l'essentiel des échanges de chaleur avec l'extérieur, sa maîtrise permet donc de contrôler certains paramètres essentiels au bon fonctionnement de la serre tels que la température, l'humidité, ou les concentrations de gaz comme le CO<sub>2</sub>.

### **I.9.1. Ventilation Naturelle :**

La ventilation naturelle est le système le plus économique pour réguler le microclimat interne de la serre. Il s'agit des ouvrants disposés sur la structure. Les ouvertures doivent représenter environ 20% de la surface au sol et avoir un angle d'ouverture assez important pour permettre à l'air de bien circuler. Par le toit, une installation de l'ouvrant côté Nord est préconisée, les ouvertures au plafond permettent à l'air de se mélanger correctement dans la serre.

Ne négligez pas les ouvertures sur les côtés au niveau des plantes qui augmenteront l'efficacité de l'ouvrant du toit et qui moduleront la ventilation. La circulation de l'air sera alors optimale, créant un circuit interne autorégulé.

Au printemps et en été on peut bien évidemment, ajouter l'ouverture totale des portes pour faire encore baisser la température interne.

### **I.9.2. Ventilation Forcée :**

La ventilation forcée nécessitera une installation électrique spécifique dans la serre : boîtiers électriques avec protection des circuits, démarreurs, lignes, canaux électriques ... etc. Par la suite vous pourrez installer votre ventilateur : Il s'agit habituellement de ventilateurs de type hélicoïdal avec des persiennes, fonctionnant en mode extracteur d'air.

Par son action ces types de ventilateurs fournissent le renouvellement du volume d'air logé dans la serre et permettent l'extraction du CO<sub>2</sub> et le rééquilibrage du climat général.

Ces ventilateurs doivent de préférence être installés à l'opposé des vents dominants.

Ce type d'installation est adéquat pour suppléer le fonctionnement de l'aération naturelle dans les serres, garantissant l'aération à des moments déterminés pendant lesquels les conditions environnementales ne conviennent pas aux cultures (fort enneigement empêchant l'ouverture, vent violent).

## **I.10. Mise en Place des Serres :**

Le choix du site d'implantation des serres est essentiel. L'ensoleillement et le potentiel de production sont beaucoup plus faibles dans les régions septentrionales que dans les régions méditerranéennes. Et, ils sont plus faibles dans ces dernières que sous les tropiques. Il est bon de se rappeler aussi que les saisons sont inversées d'un hémisphère à l'autre, et que la différence de rayonnement journalier cumulé entre les régions du nord et du sud est beaucoup plus marquée en hiver qu'en été. Les régions du nord et du sud sont en fait assez complémentaires : les premières ont une vocation naturelle pour la production estivale de qualité, et les secondes ont l'avantage en hiver.

Il faut enfin garder à l'esprit que l'objectif de la production sous serre, comme de toute production, n'est pas d'atteindre le rendement maximal de produits de qualité mais de générer la marge la plus élevée possible, ce qui est infiniment plus subtil. D'autres considérations que l'ensoleillement entrent donc en ligne de compte à l'heure du choix du site d'implantation d'une serre, comme la proximité des marchés, le contexte socioéconomique, l'environnement scientifique et technique.

Les serres sont des environnements fermés dans lesquels les conditions sont optimisées pour la croissance des plantes. Les contrôles optimaux requièrent des informations provenant à la fois des environnements intérieurs et extérieurs. En général, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'humidité relative et la température sont mesurés dans les serres. Les paramètres de mesure extérieurs incluent la vitesse et la direction du vent, la pluie et le rayonnement solaire.

Les plantes ont besoin de dioxyde de carbone pour se développer, les glucides étant formés à partir du CO<sub>2</sub> et de l'eau. Les plantes utilisent le dioxyde de carbone pour la photosynthèse. Dans les serres, la productivité peut être accrue avec une fertilisation correcte au CO<sub>2</sub>, en utilisant du CO<sub>2</sub> en bouteille ou du CO<sub>2</sub> produit par des brûleurs, pendant les heures du jour ou en cas de lumière artificielle. Les conditions optimales en CO<sub>2</sub> varient selon la plante et la luminosité dans la serre. Lorsque l'intensité lumineuse baisse dans la serre, la photosynthèse ralentit et la consommation de CO<sub>2</sub> chute. Utiliser trop de CO<sub>2</sub> augmente inutilement les coûts et peut endommager la récolte.

La ventilation joue un rôle clé dans les applications agricoles sous serre, la ventilation contrôlée à la demande (VCD) offre ainsi des avantages substantiels en rendement énergétique puisque qu'elle garantit l'activation du système de ventilation uniquement pendant une période définie le jour. Non seulement le recours à une VCD permet d'économiser l'énergie, mais elle évite également toute ventilation excessive. On obtient ainsi une ventilation suffisante et optimale en utilisant le moins d'énergie possible.

L'idée même peut être appliquée aux serres. Le jour, lorsque les plantes sont exposées à plus de lumière et que la photosynthèse fonctionne bien, les niveaux de CO<sub>2</sub> peuvent être optimisés à l'aide de la VCD pour favoriser la croissance. La nuit, les plantes hibernent et la photosynthèse s'arrête. Si nous connaissons les meilleures conditions pour une plante donnée, nous pouvons toujours optimiser la ventilation et le niveau de CO<sub>2</sub> en conséquence. En comparaison, un système de contrôle uniquement temporel sans mesure du CO<sub>2</sub> fournit la même quantité de CO<sub>2</sub> en fonction de l'heure du jour sans chercher à savoir si la plante en a un besoin ou pas.

### **I-11-Paramètres à surveiller dans les serres agricoles :**

Il existe plusieurs paramètres importants à prendre en considération dans une serre agricole, tels que :

- la température
- l'humidité

- le taux de CO<sub>2</sub> dans la serre
- la pression atmosphérique
- le taux de CO dans la serre
- la luminosité
- l'irrigation
- le taux d'humidité du sol

Donc, c'est pour cela qu'il est nécessaire d'avoir un contrôle permanent sur la serre.

### **I-12-Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons présenté une vue générale sur les serres agricoles « les critères de choix, les types et la classification des serres » ainsi que les différents types de ventilations.

Fournir un meilleur environnement agricole qui donne un bon rendement, nécessite des systèmes de contrôle à distance.

# **Chapitre 2**

## **Télésurveillance d'une serre agricole**

## **II.1. Introduction :**

La connaissance de l'environnement climatique des cultures, constitue un facteur d'optimisation des processus agricoles. En effet, dans ce chapitre nous allons voir comment acquérir davantage d'information sur l'environnement.

Dans ce chapitre, nous présenterons une vue globale sur les équipements et outils qui nous permettent de contrôler et de gérer les paramètres climatiques, en les maintenant aux voisinages des consignes tout en s'affranchissant des paramètres climatiques externes afin de maximiser la production sous serre.

## **II.2. Le Microclimat :**

Un microclimat est un ensemble de conditions atmosphériques qui caractérise un espace homogène de faible étendue. On l'utilise souvent pour définir le climat de certains petits sites géographiques.

Le déroulement de la croissance et du développement des différents organes d'une plante, d'une culture, obéit étroitement aux conditions climatiques qui peuvent causer des dégâts énormes.

Pour cela, on considère le climat comme un facteur de rendement qu'il faut essayer de maîtriser afin d'avoir des rendements optimaux de diverses cultures.

### **II.2.1. Composantes du Microclimat :**

La température, l'humidité, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et la durée d'éclairement sont les éléments principaux sur lesquels il faut veiller pour commander au mieux l'atmosphère d'une serre. Ceci a des conséquences sur la croissance, l'initiation florale, la fructification, la précocité de maturité, la qualité des récoltes et les problèmes parasitaires.

## **II.3. Principaux Paramètres Climatiques :**

### **II.3.1. La Température dans la Serre :**

Si la serre peut rendre de grands services au jardinier, celui-ci doit pouvoir, cependant, contrôler un certain nombre de paramètres. La température est l'un d'eux. Trop élevée ou trop froide, cette dernière peut ralentir le développement des plantes cultivées à l'intérieur, voire les mettre en péril 35°C à l'ombre.

### **II.3.2. Faire Circuler l'air :**

L'été, l'atmosphère dans la serre peut vite se transformer en fournaise. L'objectif, pour le jardinier, est de maintenir une température au-dessous de 35°C. Le premier réflexe à avoir est d'ouvrir toutes les ouvertures (porte et fenêtres), voire de relever les côtés de votre serre tunnel, si ceux-ci ne sont pas enterrés, pour faire circuler l'air. Il est donc important d'avoir au moins deux ouvertures dans une serre.

### **II.3.3. Tamiser les Rayons du Soleil :**

Une autre possibilité, pour faire baisser les températures, est de limiter l'impact des rayons du soleil en installant un écran.

### **II.3.4. Degrés Zéro :**

La plupart des plantes que l'on place sous serre l'hiver sont celles qui ne supportent pas les températures descendant en dessous de 0°C. L'objectif, à cette saison, est donc de protéger les cultures du gel. Suivant le modèle de la serre et, notamment, le matériau utilisé pour sa couverture, il est plus ou moins difficile de retenir le froid à l'extérieur et de garder le chaud à l'intérieur.

### **II.3.5. L'Isolation :**

Il est possible d'installer, provisoirement, un isolant à l'intérieur d'une serre : le plastique à bulle est un incontournable (les 3 couches semblent avoir le même pouvoir isolant qu'un double vitrage).

### **II.3.6. Le Chauffage :**

Selon la rusticité des plantes abritées, la mise en place d'un chauffage peut s'avérer utile (à installer, uniquement, dans une serre bien isolée).

Les chauffages au pétrole ou au gaz ne demandent pas d'installation particulière, mais ont tendance à apporter de l'humidité dans la serre. Le premier ne dispose pas de thermostat, il est donc difficile de contrôler les variations de température, et dans les deux cas, il faut aérer régulièrement. Les radiateurs électriques demandent, cela va de soi, un raccordement au réseau électrique. Contrairement aux précédents, ils assèchent l'air ambiant et les thermostats les rendent faciles d'utilisation. Certains radiateurs électriques sont munis d'un ventilateur qui assure une bonne répartition de la chaleur dans la serre. Pour une petite structure, un chauffage électrique à bain d'huile peut suffire.

### **II.3.7. L'Humidité dans la Serre :**

L'humidité de l'air est un des facteurs importants très difficile à contrôler. Les niveaux d'humidité fluctuent en fonction de la température en serre, plus celle-ci est élevée et plus l'air peut être humide.

### **II.3.8. Transpiration :**

De plus, les plantes transpirent ce qui rajoute de la vapeur dans la serre. En effet les plantes en poussant, absorbent de l'eau par la racine et la rejettent sous forme de vapeur d'eau par leurs pores. L'hygrométrie correspond à un pourcentage définissant la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à la saturation, à une température donnée. Quand on parle d'humidité de l'air, on parle d'humidité relative.

En général, les plantes cultivées en serre exigent une humidité entre 40 et 75% pendant leur phase de croissance.

### **II.3.9. Éclairage dans la Serre :**

Toutes les plantes vertes ont besoin de lumière pour que le processus de photosynthèse puisse se produire, mais l'intensité et la durée des besoins diffèrent d'une espèce à l'autre. En général, les plantes à fleurs ont besoin de deux fois plus de lumière que celles cultivées pour leurs feuilles. Les qualités essentielles pour la lumière de la serre sont l'intensité reçue et sa durée. L'intensité est déterminée par la force de la source lumineuse elle-même et sa distance par rapport aux plantes.

Lorsque la lumière frappe la surface de la feuille, l'énergie de la lumière du soleil se combine avec le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'air et l'eau du sol. Au moyen de la photosynthèse, ces éléments sont convertis en oxygène et en sucre. L'oxygène est rejeté dans l'air sous forme de vapeur d'eau, tandis que le sucre est oxydé (brûlé) dans la plante pour lui fournir toute l'énergie nécessaire à sa croissance.

La figure II.1 représente la production de tomate basée sur éclairage par LED.



**Figure II.1 : Production de tomate basée sur éclairage par LED**

Les avantages des lampes à LED ont une température de surface peu élevée. Cela veut dire qu'on peut les placer directement dans le couvert d'une culture sans endommager les plantes, contrairement aux lampes SHP conventionnelles qui sont habituellement suspendues au-dessus des cultures. En plaçant les lampes à LED à l'intérieur du couvert végétal, on permet à une plus grande quantité de lumière d'atteindre les plantes tout en assurant l'utilisation la plus efficace possible de l'énergie. Les lampes à LED sont de 30 à 80 pour cent plus efficaces que les lampes SHP.

### **II.3.10. Dégagement de Gaz Carbonique CO2 :**

Les serres agricoles utilisent généralement du CO2 générateurs pour maximiser la production. Quel que soit le type des plantes, le CO2 est un élément déterminant de la croissance. En stimulant la photosynthèse, il accroît les rendements et augmente de façon significative la qualité de la production. L'enrichissement de l'atmosphère en CO2 peut être effectuée par le rejet direct des produits de combustion de propane.

Le CO2 peut être obtenu par la combustion de carburants tels que le gaz naturel, le propane, le kérosène ou encore directement à partir de réservoirs contenant du CO2 à l'état pur. Chaque source a ses avantages et ses inconvénients.

### **II.3.11. L'Irrigation :**

L'irrigation est une opération qui consiste à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés en utilisant une pompe pour permettre leur développement normal.

## **II.4. Influence des Paramètres Climatiques :**

### **II.4.1. Influence de la Température :**

L'élévation de la température obtenue naturellement grâce aux rayons solaires peut se révéler insuffisante à certaines périodes de l'année (il faut réduire aux les pertes de chaleur) et excessive à d'autre moment (il faut abaisser la température).

Il serait donc préférable pour une régulation des températures de prendre en compte : l'appréciation des exigences thermiques de jour et de nuit des cultures réalisées sous serre ; la réalisation d'un équilibre entre les conditions de température d'air et de sol ; la nécessité d'un ajustement aux conditions d'éclairage.

### **II.4.2. Influence de l'Humidité :**

En période nocturne, les serres étant généralement fermées, l'humidité relative de l'air y est élevée. Des considérations se produisent fréquemment au niveau des parois et peuvent tomber sur la végétation créant ainsi des conditions particulièrement favorables au développement des maladies cryptogamiques. En période diurne, l'élévation de la température de l'air peut déterminer un abaissement exagéré de son humidité relative de l'air et provoque un véritable « stress hydrique » au niveau de la végétation. Donc lorsque l'humidité relative de l'air est faible on peut l'augmenter en faisant des nébulisations (le fractionnement en fines gouttelettes assure une meilleure efficacité à l'apport de l'eau). Au contraire, lorsqu'il s'agit d'abaisser le degré d'hygrométrie, l'aération où la ventilation s'impose.

### **II.4.3. Influence de la Lumière :**

Sous abri, les conditions d'éclairage sont sous l'étroite dépendance du climat lumineux naturel. La meilleure utilisation de ce climat naturel sera liée par le choix du matériau de couverture. La recherche d'un éclairage maximale est la règle générale pendant la période

à faible ensoleillement par contre, en cas de fort ensoleillement il est souvent nécessaire de réduire les apports lumineux (ombrage) pour éviter les risques d'échauffement excessif de la culture et du déséquilibre dans l'alimentation hydrique par suite de la forte demande d'évaporation. En revanche l'effet de l'abri va avoir un rôle par une diminution de lumière par rapport à l'extérieur c'est-à-dire diminution de la photosynthèse par la présence de la couverture qui tend à diminuer la lumière. Une réduction de la photosynthèse va éventuellement entraîner une durée de la culture plus longue.

#### **II.4.4. Influence du Gaz Carbonique CO<sub>2</sub> :**

La teneur en CO<sub>2</sub> est l'un des trois facteurs nécessaires pour la photosynthèse, qui n'est autre que la concentration en gaz carbonique. Plus la présence de CO<sub>2</sub> est élevée meilleure est la photosynthèse. Durant la nuit, par rapport à l'extérieur, l'effet de l'abri va avoir comme conséquence une augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub>. En effet comme le signale, le taux de gaz carbonique dans une serre varie au cours d'un cycle de 24 heures. Les plantes continuent de respirer, durant la journée, il y a absorption du CO<sub>2</sub> par la fonction chlorophyllienne et la teneur en gaz carbonique très élevée au petit jour est réduite en fin d'après-midi. Lorsque les quantités de CO<sub>2</sub> dégagées et absorbées se trouvent en équilibre on définit alors le point de compensation. Le point de compensation est l'intensité lumineuse pour laquelle les quantités de CO<sub>2</sub> dégagées et absorbées sont exactement identiques. Au-delà de ce point de compensation, la plante fabrique plus de glucides qu'elle n'en dégage par respiration.

#### **II.5. Les Equipements d'une Serre :**

##### **II.5.1. Les Capteurs :**

###### **II.5.1.1. Définition :**

Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande.

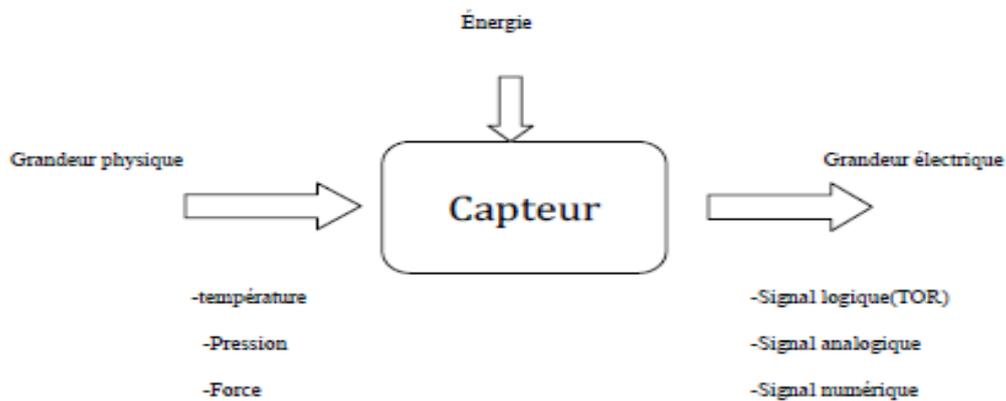


Figure II.2 : principe général des capteurs

### II.5.1.2. Types de Capteurs :

Les capteurs se classent selon leur principe de fonctionnement, on distingue deux types :

#### a)- Capteurs Passifs :

Il s'agit généralement d'impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée. La variation d'impédance résulte :

- Soit d'une variation de dimension du capteur, c'est le principe de fonctionnement d'un grand nombre de capteur de position, potentiomètre, inductance à noyaux mobile, condensateur à armature mobile.
- Soit d'une déformation résultant de force ou de grandeur s'y ramenant, pression accélération (Armature de condensateur soumise à une différence de pression, jauge d'extensomètre liée à une structure déformable).

Grandeur mesurée	Caractéristique électriques	Types de matériaux utilisés
Température	Résistivité	Métaux : platine, nickel, cuivre...
Très basse température	Constante diélectrique	Verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité	Alliage de Nickel
	Perméabilité	Alliage ferromagnétique
Position (aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto résistant : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Tableau II.1 : Type de matériau utilisé et caractéristique électrique des capteurs passifs

## b)-Capteurs Actifs :

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie à la grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement.

Grandeur physique mesurée	Effet Utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photoémission	Courant
	Effet photovoltaïque	Tension
	Effet photo-électrique	Tension
Force	Piézo-électricité	Charge électrique
Pression		
Accélération	Induction électromagnétique	Tension
Vitesse		
Position	Effet Hall	Tension
Courant		

**Tableau II.2 : Grandeurs d'entrée et de sortie et effet utilisé pour les capteurs actifs**

### II.5.1.3. Type de Détection :

Détection avec contact (le capteur doit entrer en contact physique avec un phénomène pour le détecter).

Détection sans contact (le capteur détecte le phénomène à proximité de celui-ci).

### II.5.1.4. Caractéristiques d'un Capteur :

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur :

**a)- L'étendue de la mesure :** c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

**b)- La sensibilité :** c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur

**c)- La précision :** c'est la culpabilité de respectabilité d'une information position, d'une vitesse, etc.

**d)- Sa bande passante :** est un intervalle de fréquences pour lesquelles l'amplitude de la réponse d'un système correspond à un niveau de référence.

**e)-Résolution :** plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

**f)-Linéarité :** représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure sa reproductibilité.

#### **II.5.1.5. Nature de l'Information Fournie par le Capteur :**

Les capteurs et leurs conditionneurs peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie.

##### **a)-Analogique :**

La sortie est une grandeur électrique dont la valeur est une fonction de la grandeur physique mesurée par le capteur.

La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues. Le signal de capteurs analogiques peut être du type :

- Sortie tension.
- Sortie courant.
- Etc.

##### **b)-Logique :**

Ou capteur TOR (tout ou rien). La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre ces deux valeurs. Le signal des capteurs logiques peut être du type :

- Courant présent/absent dans un circuit ; Potentiel, souvent 5V / 0V ;
- Etc.

##### **c) Numérique :**

La sortie est séquence d'état logique qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peut être de type :

- Train d'impulsion, avec un nombre précis d'impulsions ou avec fréquence précise.
- Code numérique binaire.
- Etc.

#### **II.5.1.6. Détection des Paramètres Bioclimatiques d'une Serre :**

Une bonne gestion de la serre demande la connaissance de certaines grandeurs bioclimatiques, qui nécessitent un nombre de capteurs pour détecter l'humidité de l'air, la

température et la luminosité (rayonnement) qui contribuent dans l'évaporation de l'eau, l'humidité du sol,... etc.

#### a)-Capteur Capacitive d'Humidité du Sol V1.2 :

Le capteur d'humidité du sol analogique capacitif mesure les niveaux d'humidité du sol par détection capacitive, plutôt que par des capteurs de résistance comme d'autres types de capteurs d'humidité.

Il est fait d'un matériau résistant à la corrosion, ce qui lui confère une longue durée de vie, et possède une puce de régulateur de tension intégrée qui a une plage de tension de travail de 3,3 Jusqu'à 5,5 volts. Il est parfait pour les microcontrôleurs 3,3 volts et 5 volts.

Ce capteur est compatible avec l'interface "gravité" à trois voies, qui peut être connectée directement .E / S du bouclier de gravité. La figure II.3 présente le capteur de sol et le tableau 3 représente une comparaison entre 2 modèles de capteur capacitive de sol.

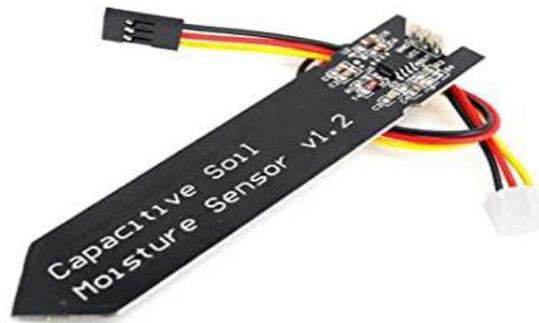


Figure II.3 : Capteur capacitive d'humidité du Sol V1.2

Capacitive Soil Moisture Sensor SKU : SEN0193	Soil Moisture Sensor yl-38
- Tension de fonctionnement : 3,3~ 5,5 VDC	- Tension de fonctionnement :
- Tension de sortie : 0 ~ 3.0VDC	- Signal de tension de sortie :
- Courant de fonctionnement : 5mA	- Courant : 35mA
- Interface : PH2.0-3P	- LED : indicateur d'alimentation (rouge) et indicateur de sortie de commutation
- Dimension : 3,86 * 0.905 pouces (L*1)	numérique (vert)
- Poids : 15g	-Taille : 60*20*5 mm

Tableau II.3 : Comparaison entre Capteur SKU : SEN0193 & yl-38

### **b)-Capteur CO2 :**

Ce module de capteur intègre un MG-811 comme composant de capteur. Il y a un circuit de conditionnement de signal embarqué pour amplifier le signal de sortie et un circuit de chauffage embarqué pour chauffer le capteur. Le MG-811 est très sensible au CO2 et moins sensible à l'alcool et au CO. Il pourrait être utilisé dans le contrôle de la qualité de l'air, le processus de fermentation, l'application de surveillance de l'air à l'intérieur. La tension de sortie du module diminue à mesure que la concentration de CO2 augmente (Figure II.4).



**Figure II.4 : Capteur CO2**

### **Caractéristiques :**

1. Sortie analogique et numérique
2. Circuit de conditionnement du signal embarqué
3. Circuit de chauffage embarqué
4. La prise du capteur élimine la soudure du capteur et permet de brancher et de jouer
5. Connecteurs de verrouillage à 4 broches intégrés
6. Câbles de verrouillage à 4 broches inclus dans le package
7. Format compact

### **c)-Capteur d'Eclairage :**

On utilise fréquemment la photorésistance LDR (Light Dépendent Résistor : Résistance dépendant de la Lumière). Une photorésistance est un composant dont la valeur en ohms dépend de la lumière à laquelle elle est exposée.

Le module capteur LDR est utilisé pour détecter la présence de lumière / mesurer l'intensité de la lumière. La sortie du module devient élevée en présence de lumière et elle devient faible en l'absence de lumière. La sensibilité de la détection du signal peut être ajustée à l'aide d'un potentiomètre. La figure suivante est une description du capteur LDR.

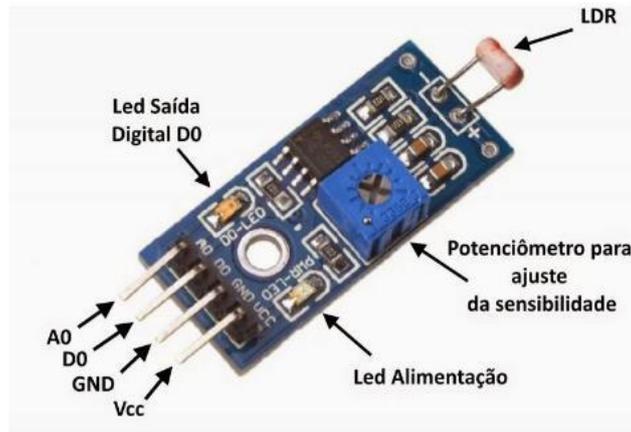


Figure II.5 : Capteur LDR

**Caractéristiques :**

1. Tension de fonctionnement 3,3 V-5 V
2. Type de sortie Numérique - Logique haut ou bas.
3. Voyant d'alimentation (rouge) et voyant de sortie.
4. La sensibilité peut être réglée à l'aide du potentiomètre intégré.

**d)-L'Anémomètre :**

Ce capteur (Figure II.6) mesure la vitesse de l'air et le débit volumétrique, Il permet de mesurer la force éolienne et la vitesse de circulation de l'air. Il est muni d'un capteur mécanique de type éolien qui tourne en fonction de la puissance du vent. La vitesse de rotation de l'hélice est proportionnelle à la vitesse du vent.

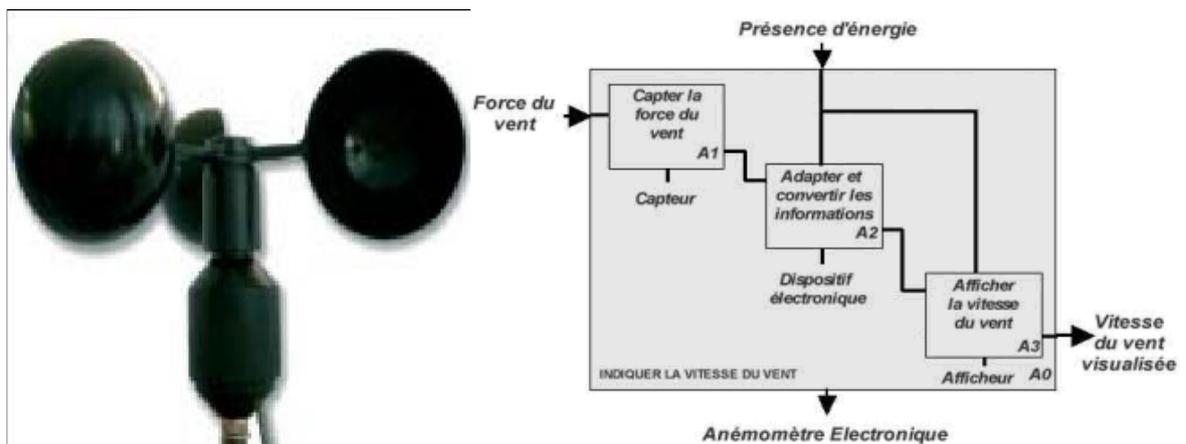


Figure II.6 : Un anémomètre et son schéma de fonctionnement

### **Principe de Fonctionnement :**

L'anémomètre est un appareil doté d'un chapeau à 3 coupelles ayant une prise au vent. Il tourne grâce à une liaison pivot sur un axe. Ce système se compose de deux composants :

- D'un moulinet se caractérisant d'un support à 4 aimants, fixé au bâti du chapeau de l'anémomètre en suivant ainsi la rotation des coupelles et donc du vent.
- Un interrupteur à lame souple (I.L.S) qui se compose de deux lames d'aciers se situant dans les champs magnétiques d'un tube de verre. Cet interrupteur est intérieurement fixe par rapport au bâti du chapeau de l'anémomètre.

Cet I.L.S est directement relié au boîtier de commande de l'anémomètre. Le moulinet agit donc sur l'interrupteur grâce à un phénomène physique de polarisation et de dépolarisation (impulsions électriques), provoqué par les aimants, et du au champ magnétique présent dans le tube de l'I.L.S. Le signal électrique T.O.R (Tout ou Rien) de l'anémomètre est caractérisé par la superposition des lames d'acier de l'I.L.S. Lorsque les lames se polarisent, elles se touchent et envoient ce signal.

### **e)- Le Pluviomètre :**

Le pluviomètre (Figure II.7) est un instrument météorologique servant à mesurer la quantité de précipitation tombée à un endroit donné pendant une période précise. La hauteur du niveau d'eau est habituellement indiquée en millimètres. Elle donne la quantité de précipitations pour un mètre carré.



**Figure II.7 : Un pluviomètre à augets électronique**

### **Principe de Fonctionnement :**

L'appareil de mesure avec les augets recueille l'eau issue de l'entonnoir. Sur le centre des augets un petit aimant est fixé, il actionne un ILS (interrupteur lame souple) qui se trouve derrière.

Un condensateur est branché en parallèle pour temporiser la durée du contact. L'auget se vide dans le fond et l'eau est évacuée à l'extérieur. Un niveau à bulle permet de régler une parfaite horizontalité.

A chaque basculement de l'auget une impulsion est générée, elle correspond à 0,2mm.

Il est possible de procéder à un étalonnage à l'aide de vis de réglage, elles permettent de remplir plus ou moins les augets.

### **f)- Girouette :**

Une girouette (Figure II.8) est un dispositif généralement métallique, la plupart du temps installé sur un toit, constitué d'un élément rotatif monté sur un axe vertical fixe. Sa fonction est de montrer la provenance du vent ainsi que son origine cardinale.

Ceci est permis par sa structure asymétrique, généralement matérialisée par une flèche ou un coq.



**Figure II.8 : Une girouette**

### **Principe de Fonctionnement :**

Lorsque le vent change de direction, il pousse sur la grosse partie de la flèche (l'arrière) jusqu'à ce qu'elle soit alignée avec le vent (parallèle au vent). Cela a pour conséquence de faire pointer la flèche dans la direction d'où provient le vent.

On se réfère alors aux quatre principaux points cardinaux pour juger de la direction d'où vient le vent. On place habituellement la girouette à 10 m du sol.

### **g)- Capteurs d'Humidité Volumétrique :**

Les capteurs d'humidité volumétrique (Figure II.9) sont insérés dans le substrat et mesurent l'humidité volumétrique du substrat en contact avec les capteurs. La zone de détection des capteurs varie entre 1 et 4 pouces de longueur (selon le modèle et le type de capteur).



**Figure II.9 : Un capteur d'humidité volumique d'un substrat**

### **Principe de Fonctionnement :**

Il existe deux principaux types de capteurs qui mesurent l'humidité volumétrique dans les substrats : les capteurs TDR (réflectométrie de domaine temporel) et les capteurs de capacitance.

Les deux types de capteurs mesurent le constant diélectrique du substrat. Le constant diélectrique est de 1 pour l'air, de 3-5 pour les sols minéraux et de 80 pour l'eau. Ainsi, tout changement de l'un ou l'autre de ces trois paramètres changera le constant diélectrique du substrat.

### **h)- Température et Humidité Combinées (AFTF-35) :**

Les sondes d'humidité de la série AFTF-35 (système de mesure d'humidité chauffée) (Figure II.10) servent à la mesure de l'humidité relative et de la température dans l'air ambiant. Ce Capteur / Sonde combine humidité et température pour montage mural ou en saillie, avec chauffage intégré (résistante à la condensation) pour haute humidité. Avec deux sorties analogiques : 0-10V, une précision jusqu'à 2% H.R, sur une plage de mesure de 0...100% H.R. et une plage de mesure pour la température de 0...+50°C.



**Figure II.10 : Capteur de température et d'humidité combinés (AFTF-35)**

### **Principe de Fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement est très simple, le capteur est chauffé par un " chauffage " à une température se situant à environ 2K au-dessus de la température ambiante, le chauffage intégré en fait des sondes résistantes à la condensation ! Cette résistance à la condensation en fait un outil indispensable dans les milieux humides tel que les piscines, etc...Elles convertissent ces valeurs mesurées dans un signal normalisé de 0 à 10 V.

### **i)- Sonde de Dioxyde de Carbone GMP252 :**

La sonde de dioxyde de carbone GMP252 (Figure II.11) est une sonde intelligente et autonome pour la mesure du CO<sub>2</sub> dans l'agriculture, les installations de réfrigération, les serres et les applications CVC exigeantes. Elle convient à des milieux de mesure de CO<sub>2</sub> difficiles et humides, pour lesquels il est nécessaire d'avoir des mesures stables et précises du niveau de CO<sub>2</sub> en ppm.



**Figure II.11 : Une sonde de dioxyde de carbone GMP252**

- Plage de mesure de 0... à 10 000 ppm de taux de CO<sub>2</sub>
- Peut être utilisée pour des mesures allant jusqu'à 30 000 ppm de taux de CO<sub>2</sub> avec une précision réduite
- Sonde intelligente et autonome avec sorties analogiques (V, mA) et numériques (RS485 avec le protocole Vaisala ou Modbus)

- Large plage de températures de fonctionnement de  $-40... \text{ à } +60 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Compensation de pression et de température
- Tête du capteur chauffé pour éviter la condensation

### Principe de Fonctionnement :

La concentration du CO<sub>2</sub> dans l'air est mesurée avec des capteurs optiques, cette technologie de mesure se base sur la quantité de lumière absorbée par le gaz. Les molécules de CO<sub>2</sub> absorbent la lumière dans une longueur d'onde spécifique ( $4.26\mu\text{m}$ ), en mesurant cette absorption nous pouvons déterminer la concentration du CO<sub>2</sub>.

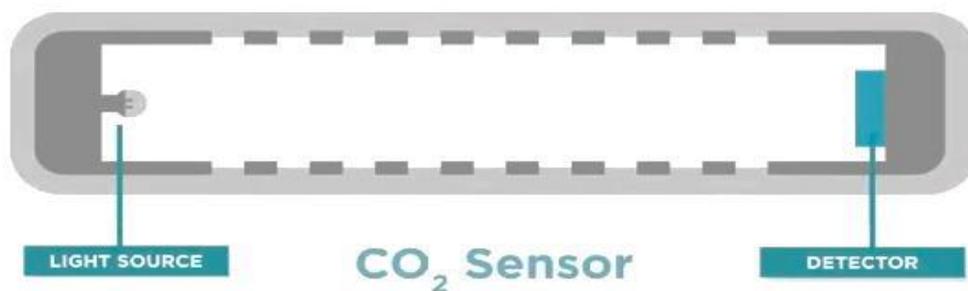


Figure II.12 : Principe de fonctionnement d'un capteur de CO<sub>2</sub>

## II.5.2. Les Actionneurs :

### II.5.2.1. Générateur d'Air :

Les générateurs d'air chaud (Figure II.13) sont spécialement indiqués lorsqu'il n'existe pas de demande de chauffage importante de façon continue et comme défense ponctuelle face aux gelées. Avec ce système, il est possible d'obtenir une précocité et productivité majeures dans les saisons froides, avec un degré de technicité moyen.



Figure II.13 : Un chauffage d'air

### **II.5.2.2. Extracteurs :**

Les ventilateurs extracteurs (Figure II.14) permettent de forcer l'aération dans la serre lorsque la ventilation naturelle à travers les ouvrants du toit et/ou du périmètre ne permet pas d'atteindre le taux de renouvellement d'air désiré.

Il s'agit d'un besoin essentiel dans la production de cultures et dans les fermes d'élevage.

Ils sont indispensables pour un système de refroidissement avec des panneaux évaporateurs et souvent aussi avec des systèmes de brumisation d'eau afin d'obtenir un certain niveau de réfrigération adéquat.



**Figure II.14 : Un Extracteur**

### **II.5.2.3. Double Paroi Gonflable :**

Le système de double paroi gonflable (Figure II.15) se base dans la création d'une chambre d'air entre deux couches de film plastique. La chambre d'air est gonflée avec de petits ventilateurs qui insufflent l'air dans la chambre à travers des tuyaux en PVC.

Cela permet de créer une chambre qui réduit le coefficient de transmission de chaleur vers l'extérieur pour obtenir une économie considérable d'énergie et un contrôle de la température.



**Figure II.15 : Une double paroi gonflable**

#### **II.5.2.4. Le Système de Réfrigération (Cooling) :**

Ce système de réfrigération par évaporation d'eau est composé d'extracteurs et de panneaux de refroidissement placés sur les parois opposées de la serre pour créer une zone de pression négative dans la serre. Cela permet que l'air extérieur qui traverse les panneaux humides en se chargeant avec des molécules d'eau, afin de se refroidir et de réduire ainsi la température à l'intérieur de la serre.

#### **II.5.2.5. Brasseur d'Air :**

Les brasseurs d'air ou ventilateurs (Figure II.16) permettent d'obtenir un mouvement de l'air pour aider à maintenir un climat intérieur homogène, de façon à éviter l'accumulation d'air chaud dans la partie supérieure de la serre, ce qui réduit considérablement l'effet de condensation de l'eau et favorise la transpiration et l'absorption de CO<sub>2</sub> par les cultures.

Ils peuvent aussi être employés comme soutien des extracteurs ou bien comme systèmes d'humidification ou d'application de traitements.



**Figure II.16 : Un brasseur d'air**

#### **II.5.2.6. Le Fog System :**

Il s'agit d'incorporer un grand nombre de micro particules d'eau qui restent suspendues dans l'air de la serre pendant assez de temps pour s'évaporer sans mouiller les cultures. L'eau est incorporée sous forme de brouillard par des buses spéciales distribuées uniformément tout le long de la surface de la serre.

Le Fog System (Figure II.17) est très pratique pour humidifier et refroidir de façon contrôlée la serre en ayant aussi la possibilité d'effectuer des traitements de désinfection avec des produits phytosanitaires solubles.



**Figure II.17 : Un fog système**

### **II.5.2.7. Système d'Eclairage :**

La lumière du soleil constitue la source de lumière la moins chère pour la croissance des plantes mais, elle n'est pas toujours disponible. Grâce à une lumière d'intérieur, il est possible de mieux maîtriser la croissance des plantes et d'assurer une production effective tout au long de l'année.

#### **a)-L'Eclairage LED :**

La technologie LED (Figure II.18) a de plus en plus de succès comme source d'éclairage innovante dans le secteur mondial de l'horticulture sous serre. L'avenir des lampes LED est prometteur. L'éclairage par LED permet déjà actuellement une efficacité supérieure de 30 à 46%. Ceci s'explique par le fait que les plantes utilisent l'énergie émise par la technologie LED de manière plus efficace que l'énergie émise par les lampes SON-T classiques. Les chiffres sont encore plus impressionnants en matière d'économie d'énergie : la différence avec les lampes classiques peut dans certains cas s'élever à 80%.



**Figure II.18 : Eclairage LED dans une serre agricole**

### -Avantages de l'Éclairage LED :

- Les lampes LED ont par ailleurs une durée de vie prolongée par rapport aux autres lampes.
- L'installation d'éclairage de croissance avec des LED peut très bien être montée entre les plantations.
- Les lampes LED sont très efficaces et économes en énergie.

### b) Éclairage par Lampe de Sodium Haute Pression (SHP) :

Les lampes à sodium haute pression (SHP) (Figure II.19) produisent une lumière plus rouge, qui peut être comparée à la lumière naturelle d'un coucher de soleil en automne. Une couleur plus jaune/rouge du spectre et moins bleue favorise une fleur haute par rapport aux feuilles.

Les lampes à sodium haute pression sont utilisées pendant les heures de faible luminosité ou de totale obscurité.

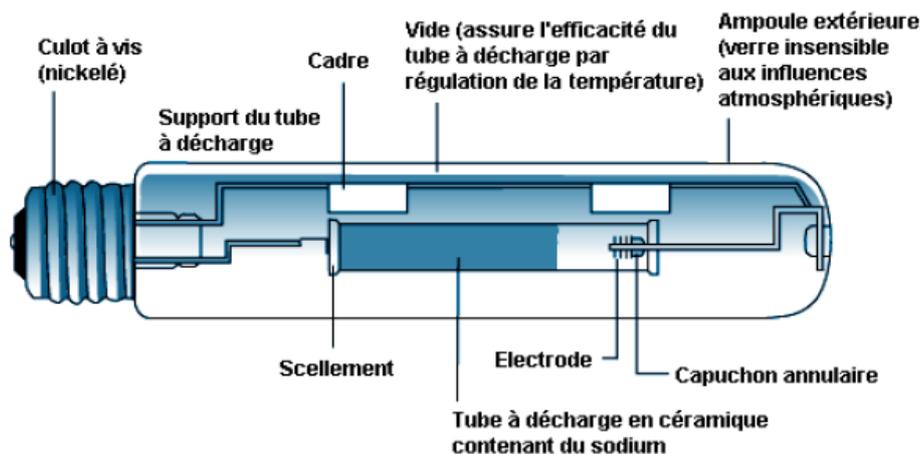


Figure II.19 : Une lampe de sodium haute pression (SHP)

### c)- Eclairage par Lampes Fluorescentes :

Les lampes fluorescentes (Figure II.20) présentent une intensité plus faible que les lampes au sodium. Comme elles ne dégagent pas beaucoup de chaleur, elles n'assèchent pas le support de croissance lorsqu'elles sont placées à proximité de la plante. Elles sont donc idéales pour la propagation et la croissance végétative précoce ; Ainsi ne dégageant pas beaucoup de chaleur, elles peuvent être placées à environ 2,5 cm des plantes, sans nécessiter la présence d'un système d'aération pour éliminer la chaleur excessive.

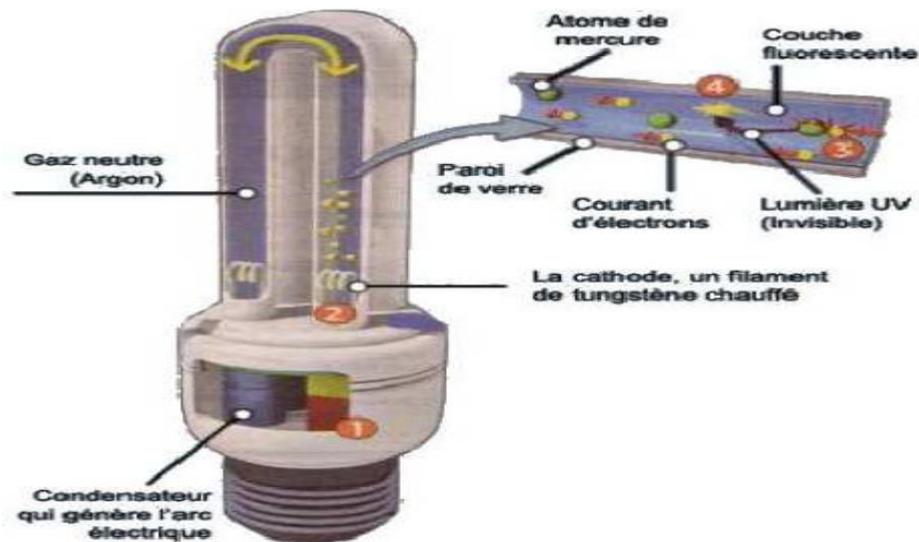


Figure II.20 : Une lampe fluorescente

### II.5.3. La Relation Capteurs et Actionneurs :

Dans une installation domotique, on parle d'actionneurs et de capteurs qui interagissent. Les actionneurs sont les composantes qui reçoivent les messages (instructions) et qui, en fonction de ceux-ci, entreprennent ou non une action. Les capteurs font en sorte qu'un ou plusieurs actionneurs reçoivent l'instruction.

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

Exemples d'actionneurs et de capteurs :

Capteur	Actionneurs
Détecteur de fumée	Extincteur à eau automatique
Capteur d'intensité lumineuse	Eclairage
Détecteur de présence	Alarme
Capteur de gaz	Extracteur
Capteur seuil de pression	Compresseur
Capteur de température et d'humidité	Ventilateur

Tableau II-4 : Exemple de capteur et d'actionneur

## II.6. La Régulation Automatique :

La régulation automatique est la technique utilisée pour contrôler une ou plusieurs grandeurs physiques d'un système telles que la température, l'humidité, la pression, le pH, la concentration de CO<sub>2</sub>, ....etc. en vue d'en imposer le comportement et de maintenir ces grandeurs à des niveaux prédéfinis dans un environnement perturbé. (Figure II.21).

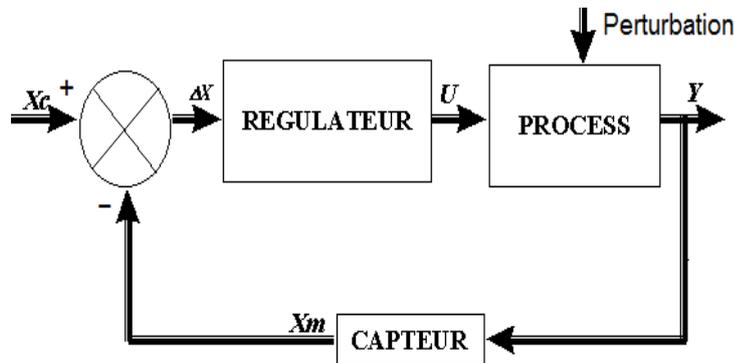


Figure II.21 : Présentation générale d'une régulation en boucle fermée

### II.6.1. Notion de Système :

Un système ou processus peut être défini comme un ensemble d'éléments exerçant collectivement une fonction déterminée. Un système communique avec l'extérieur par l'intermédiaire de grandeurs, fonction du temps, appelées signaux. (Figure II.22)

Un système peut être représenté schématiquement de la manière suivante :

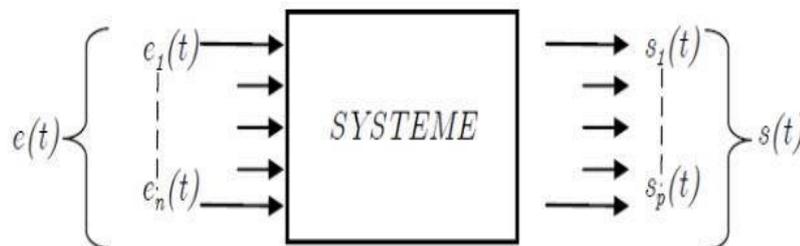


Figure II.22 : Présentation générale d'un système en boucle ouverte

Où  $e(t)$ , est un ou plusieurs signaux d'entrée (excitation, cause ou sollicitation) et  $s(t)$  est un ou plusieurs signaux de sortie (ou réponses),  $t$  étant la variable temps. En général, ces signaux (d'entrée et de sortie) ne sont pas de même nature. Les grandeurs d'entrée sont les grandeurs qui agissent sur le système. Il en existe deux types :

- Commandes : Celles que l'on peut maîtriser.
- Perturbations : Celles que l'on ne peut pas maîtriser.

Les signaux de sortie d'un système sont aussi appelés réponse du système.

Pour observer les grandeurs de sortie, on utilise des capteurs. C'est l'information de ces capteurs qui va permettre d'élaborer la commande.

## II.6.2. La Régulation Numérique :

En régulation numérique, le régulateur est réalisé sous la forme d'un algorithme de traitement, programmé en langage évolué, s'exécutant à intervalles réguliers  $h$  [s]. «  $h$  » est la période échantillonnage. Cela signifie que la grandeur réglée  $y(t)$  est échantillonnée (figure II.23).

Lorsqu'une conversion A/N est effectuée aux intervalles  $k.h$ , l'algorithme du régulateur est alors exécuté et délivre une grandeur de commande  $u(k.h)$  également à intervalles réguliers  $h$ . L'avantage principal de la régulation numérique est la souplesse d'emploi.

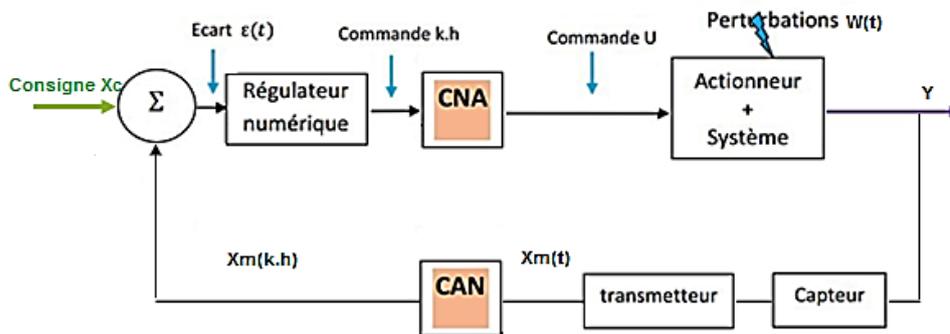


Figure II.23 : Représentation par schéma fonctionnel du mode de fonctionnement d'une régulation numérique

## II.6.3. Régulation PID :

Le régulateur PID (proportionnel, intégrateur, dérivateur ou proportionnel, intégral, dérivé) est un système de contrôle, permettant d'effectuer un asservissement en boucle fermée d'un système industriel ou « procédé » (figure II.24). C'est le régulateur le plus utilisé dans l'industrie, et il permet de régler un grand nombre de grandeurs physiques. Le contrôleur fournit un terme proportionnel ( $K_p$ ), un terme intégral ( $K_i$ ) et un terme dérivatif ( $K_d$ ).

Ce contrôleur a une fonction de transfert :

$$G_c(s) = K_p + K_i/s + K_d s$$

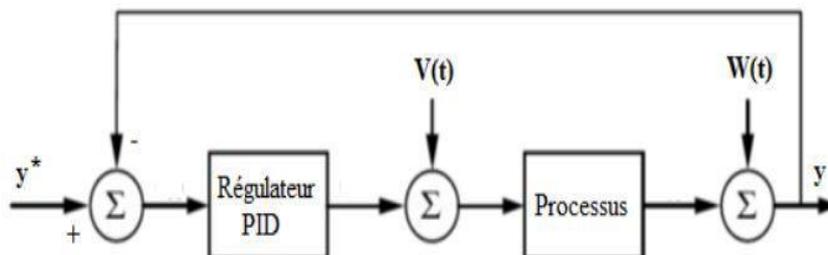


Figure II.24 : Schéma fonctionnel d'un processus réglé par un régulateur PID classique où on y trouve les perturbations  $V(t)$  et  $W(t)$

#### **II.6.4. Régulation par Logique Floue :**

Le climat à l'intérieur d'une serre agricole est un système dynamique très complexe, la température et l'humidité à l'intérieur sont non linéaires et fortement couplées par les lois de la thermodynamique.

La logique floue est une branche des mathématiques et, à ce titre, toute une série de notions fondamentales sont développées. Ces notions permettent de justifier et de démontrer certains principes de base. Dans ce qui suit, on ne retiendra que les éléments indispensables à la compréhension du principe du réglage par la logique floue, Ces éléments sont :

- les variables floues
- les règles d'inférences.

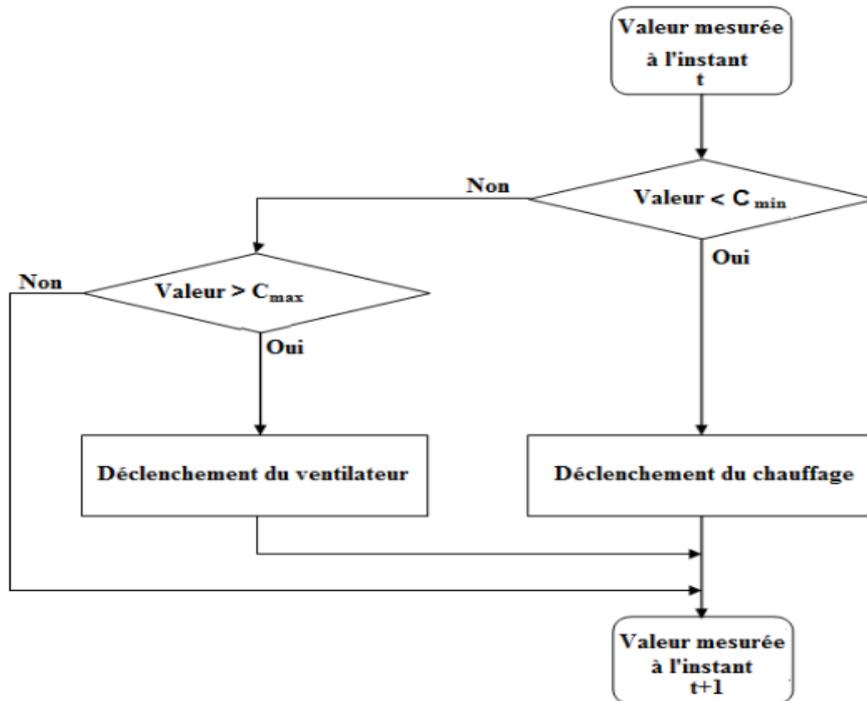
#### **II.6.5. Régulation Tout Ou Rien :**

La plus simple des techniques de contrôle est la régulation Tout Ou Rien (TOR). Elle est utilisée quand la dynamique du procédé est très lente (grande constante de temps). Cette technique de régulation est considérée comme une régulation discontinue car la commande envoyée aux actionneurs varie instantanément. Sa réalisation impose de se fixer une limite inférieure et une limite supérieure de la grandeur réglée. Lorsque la mesure atteint la limite inférieure, l'actionneur, commande par le régulateur TOR ou tout simplement un relais, prend une position particulière (arrêt ou marche pour un chauffage, ventilateur,...).

La figure II.25 illustre l'organigramme de l'algorithme TOR.

De façon analogue, le fait d'atteindre la limite supérieure place l'actionneur dans la position contraire. La mesure oscille donc entre ces deux valeurs extrêmes et sa variation prend l'allure en dents de scie. Ce réglage simple à mettre en œuvre présente l'inconvénient d'être peu précis. Ce type de régulation est très utilisé pour la régulation de température des systèmes thermiques stables à grande inertie thermique et à faible puissance. Le régulateur enclenche le chauffage avec une grande puissance, puis la coupe instantanément une fois la consigne est atteinte ou dépassée de quelques degrés. La chauffe est réenclenchée lorsque l'on repasse de quelques degrés en-dessous la consigne. Il en résulte que la température oscille autour de la consigne mais avec une plus grande fourchette (écart). Cet écart dépend de la bande morte choisie. Plus celui-ci est grand plus la fourchette est grande. Le système est moins précis.

Ce système est tout à fait acceptable pour les systèmes thermiques stables de faible puissance ou de forte inertie thermique. Il en résulte des permutations moins nombreuses du régulateur et de l'organe de puissance. Le système devient moins précis. Ce qui montre bien la nécessité du recours vers les régulateurs à commande variable car ils permettent de rationaliser l'énergie utile pour commander les actionneurs



**Figure II.25 : Organigramme d'un exemple de régulation TOR**

Légende :  $C_{min}$  : consigne minimale du paramètre climatique ;  $C_{max}$  : consigne maximale du paramètre climatique.

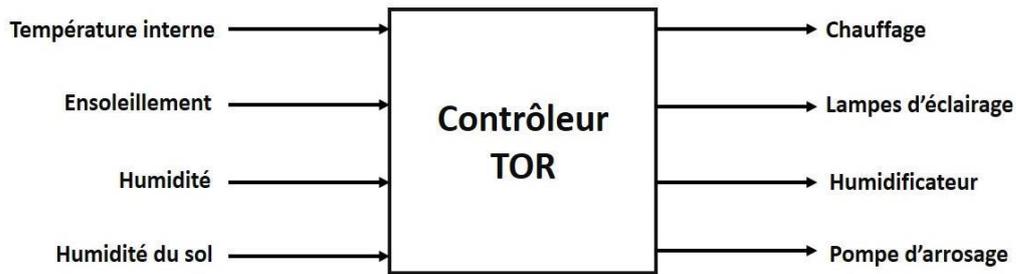
Cette régulation est tout à fait acceptable pour les systèmes thermiques stables de faible puissance ou de forte inertie thermique. Il en résulte des permutations moins nombreuses du régulateur et de l'organe de puissance. Le système devient moins précis. Ce qui montre bien la nécessité du recours vers les régulateurs à commande variable car ils permettent de rationaliser l'énergie utile pour commander les actionneurs.

### II.6.6. Fonctionnement du Régulateur TOR :

Le régulateur TOR permet de contrôler les actionneurs suivants :

- Le chauffage ;
- L'humidificateur ;
- La pompe d'arrosage ;
- L'éclairage.

Tous ces actionneurs ont des valeurs de démarrage et d'arrêt selon la configuration choisie.



**Figure II.26 : Le régulateur TOR avec ses 4 entrées et ses 4 sorties**

**Remarque :** L'arrosage automatique s'active seulement quand le taux d'ensoleillement est en dessous d'une certaine valeur. Ceci est dans le but d'arroser les plantes pendant la nuit afin d'éviter l'évaporation de l'eau.

## **II.7. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté dans un premier temps le micro climat d'une serre et les principaux paramètres climatiques, ensuite des généralités sur les capteurs et les actionneurs.

En second lieu, nous avons donné quelques notions sur la régulation automatique et une brève description sur le fonctionnement des commandes PID, floue et TOR.

# **Chapitre 3**

## **Réalisation et Test**

### **III.1. Introduction :**

Dans ce chapitre, on a assemblé les deux parties matérielle et logicielle pour enfin mettre en service le système.

Le système a été expérimenté dans une mini serre, apportée à l'intérieur d'un laboratoire, où se sont déroulés les tests pratiques.

### **III.2. Présentation d'Arduino :**

#### **III.2.1. Définition :**

Arduino est une plate-forme de prototypage d'objets interactifs à usage créatif constituée d'une carte électronique et d'un environnement de programmation. Sans tout connaître ni tout comprendre de l'électronique, cet environnement matériel et logiciel permet à l'utilisateur de formuler ses projets par l'expérimentation directe avec l'aide de nombreuses ressources disponibles en ligne.

Pont tendu entre le monde réel et le monde numérique, Arduino permet d'étendre les capacités de relations humain/machine ou environnement/machine. Arduino est un projet en source ouverte : la communauté importante d'utilisateurs et de concepteurs permet à chacun de trouver les réponses à ses questions.

#### **III.2.2. Applications :**

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines, nous pouvons donner quelques exemples :

- O Contrôler les appareils domestiques
- O Faire un jeu de lumières
- O Communiquer avec l'ordinateur
- O Télécommander un appareil mobile (modélisme) etc.
- O Fabriquer votre propre robot.

Avec Arduino, nous allons faire des systèmes électroniques tels qu'une bougie électronique, une calculatrice simplifiée, un synthétiseur, etc. Tous ces systèmes seront conçus avec pour base une carte Arduino et un panel assez large de composants électroniques.

#### **III.2.3. Bonnes Raisons de Choisir Arduino :**

Il existe pourtant dans le commerce, une multitude de plateformes qui permettent de faire la même chose.

Notamment les microcontrôleurs «PIC» du fabricant Micro chip. Nous allons voir pourquoi choisir l'Arduino.

##### **a. Le Prix :**

En vue des performances qu'elles offrent, les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses, ce qui est un critère majeur pour le débutant.

### **b. La Liberté :**

C'est un bien grand mot, mais elle définit de façon assez concise l'esprit de l'Arduino. Elle constitue en elle-même deux choses :

Le logiciel : gratuit et open source, développé en Java, dont la simplicité d'utilisation relève du savoir cliquer sur la souris.

Le matériel : cartes électroniques dont les schémas sont en libre circulation sur internet. Cette liberté a une condition : le nom « Arduino » ne doit être employé que pour les cartes « officielles ». En somme, vous ne pouvez pas fabriquer votre propre carte sur le modèle Arduino et lui assigner le nom « Arduino ».

Les cartes non officielles, on peut les trouver et les acheter sur Internet et sont pour la quasi-totalité compatibles avec les cartes officielles Arduino.

### **c. La Compatibilité :**

Le logiciel, tout comme la carte, est compatible sous les plateformes les plus courantes (Windows, Linux et Mac), contrairement aux autres outils de programmation du commerce qui ne sont, en général, compatibles qu'avec Windows.

### **d. La Communauté :**

La communauté Arduino est impressionnante et le nombre de ressources à son sujet est en constante évolution sur internet. De plus, on trouve les références du langage Arduino ainsi qu'une page complète de tutoriels sur le site [arduino.cc](http://arduino.cc) (en anglais) et [arduino.cc](http://arduino.cc) (en français).

## **III.2.4. Outils Arduino :**

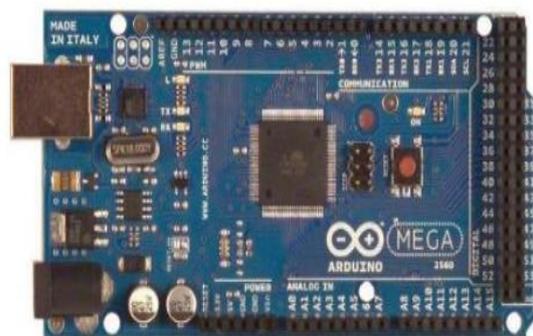
A présent, rapprochons-nous de « l'utilisation » du système Arduino et voyons comment il se présente. Il est composé de deux choses principales, qui sont : le matériel et le logiciel. Ces deux outils réunis, il nous sera possible de faire n'importe quelle réalisation. Le matériel ; Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur A tmega du fabricant Atmel, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications. Le logiciel ; Le logiciel va nous permettre de programmer la carte Arduino. Il nous offre une multitude de fonctionnalités.

## **III.2.5. Type de Cartes :**

Des cartes Arduino il en existe beaucoup : La carte Uno, Nano, Mega et Leonard



**Figure III.1 : Carte Arduino Uno**



**Figure III.2 : Carte Arduino Méga**



Figure III.3 : Carte Arduino NANO



Figure III.4 : carte Arduino LEONARDO

Cartes	UNO	NANO	LEONARDO	MEGA
Caractéristiques				
Microcontrôleur	AT méga 328	AT méga168 Ou328	AT méga32U4	AT méga 2560
Fréquence d'horloge	16MHZ	16MHZ	16MHZ	16MHZ
Tension de service	5V	5V	5V	5V
Tension d'entrée (recommande)	7-12V	7-12V	7-12V	7-12V
Tension d'entrée (limites)	6-20V	6-20V	6-20V	6-20V
Porte numérique	14 entrées et sorties	14 entrées et sorties	20 entrées et sorties	54 entrées et sorties
Porte analogique	6 entrées analogiques	8 entrées analogiques	12 entrées analogiques	16 entrées analogiques
Mémoire	32 Ko Flash, 1Ko SRAM, 1Ko EEPROM	32 Ko Flash, 1Ko SRAM, 512Ko EEPROM	32 Ko Flash, 2,5Ko SRAM, 1Ko EEPROM	256 Ko Flash, 8Ko SRAM, 4Ko EEPROM
Chargeurs d'amorçage	0.5 ko (en mémoire flash)	2 ko (en mémoire flash)	4 ko (en mémoire flash)	8 ko (en mémoire flash)
Interface	USB	USB	USB	USB
Dimensions	6.86cm*5.3cm	1.9cm*4.3cm	6.86cm*5.3cm	10.16cm*5.3cm

Tableau III.1 : Tableau comparatif des différentes cartes Arduino

Le tableau III.1 montre une comparaison technique entre les différentes cartes Arduino, nous nous sommes intéressés aux caractéristiques de chaque carte pour avoir une idée très détaillée pour la suite de notre projet.

### **III.2.6. Les Avantages de la Carte Arduino :**

- Pas cher
- Environnement de programmation clair et simple.
- Multiplate-forme : tourne sous Windows, Macintosh et Linux.
- Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- Logiciel et matériel open source et extensible.
- Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site perso, etc.

### **III.2.7. Domaine d'utilisation :**

Électronique industrielle et embarquée :

- Art / Spectacle
- Domotique
- Robotique
- Modélisme
- DIY (Do-It-Yourself), Hacker, Prototypage, Education, Etc

Dans notre projet on a utilisé la carte Arduino UNO, c'est la raison principale dont la quelle nous allons détailler seulement cette carte dans le prochain paragraphe.

### **III.2.8. Principaux Fonctionnements :**

Les principales fonctionnalités de l'interface de l'application Arduino vous permet de créer et éditer un programme (appelé sketch) qui sera compilé puis téléversé sur la carte Arduino. Ainsi, lorsque vous apportez des changements sur le code, ces changements ne seront effectifs qu'une fois le programme téléversé sur la carte. Il est à noter que ce manuel fait référence à la version en anglais de ce logiciel puisqu'elle comporte habituellement des mises à jour plus récentes que la version en français. Que les non-anglophones se rassurent : le nombre réduit de fonctionnalités et l'utilisation d'icônes rendent l'interface du logiciel simple d'utilisation.

### **III.2.9. Plateforme Arduino IDE :**

Arduino IDE est un logiciel open source qui est principalement utilisé pour écrire et compiler le code dans le module Arduino. Il s'agit d'un logiciel officiel Arduino, ce qui rend la compilation de code trop facile pour que même une personne ordinaire sans connaissances techniques préalables puisse se mouiller avec le processus d'apprentissage. Il est facilement disponible pour les systèmes d'exploitation comme MAC, Windows, Linux et s'exécute sur la plateforme Java qui comprend des fonctions et des commandes intégrées qui jouent un rôle essentiel pour le débogage, l'édition et la compilation du code dans l'environnement.

Une gamme de modules Arduino disponibles, notamment Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro et bien d'autres. Chacun d'eux contient un microcontrôleur sur la carte qui est réellement programmé et accepte les informations sous forme de code. Le code principal, également appelé croquis, créé sur la plateforme IDE générera finalement un fichier hexadécimal qui sera ensuite transféré et téléchargé dans le contrôleur de la carte.

L'environnement IDE contient principalement deux parties de base : l'éditeur et le compilateur où l'ancien est utilisé pour écrire le code requis et plus tard est utilisé pour compiler et télécharger le code dans le module Arduino donné. Cet environnement prend en charge les

langages C et C ++

La figure suivante représente le logiciel arduino IDE :

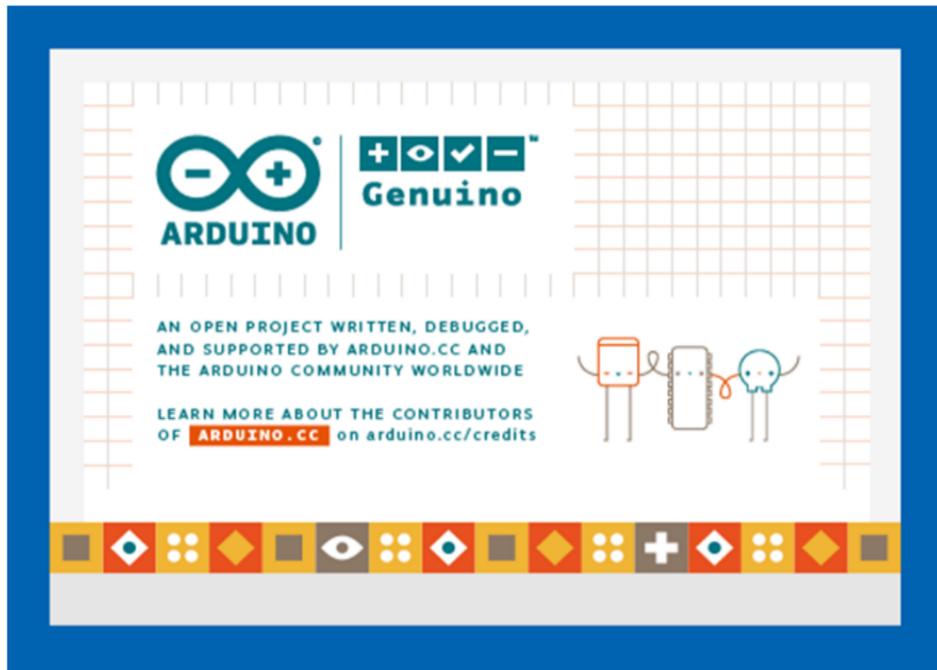


Figure III.5 : Arduino IDE

**Arduino IDE libraries :**

- DHT.h
- Arduino.h

### III.2.10. Fenêtre Générale de l'Application Arduino :

La fenêtre de l'application Arduino comporte les éléments suivants :

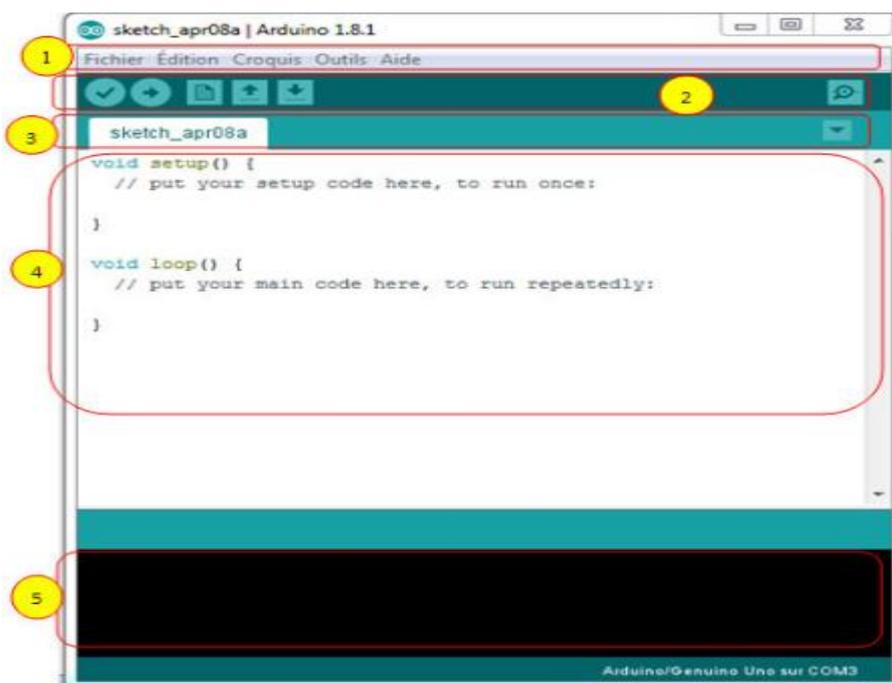


Figure III.6 : Arduino 1.8.1

1. un menu ;
2. une barre d'actions ;
3. un ou plusieurs onglets correspondant aux sketches ;
4. une fenêtre de programmation ;
5. une console qui affiche les informations et erreurs de compilation et de téléversement du programme.

#### Eléments du menu

Les différents éléments du menu vous permettent de créer de nouveaux sketches, de les Sauvegarder, de gérer les préférences du logiciel et les paramètres de communication avec votre carte Arduino.

#### Dossier de travail

Dans les préférences (File > Préférences), il vous est possible de spécifier votre dossier de travail. Il s'agit du dossier où seront sauvegardés par défaut vos programmes et les bibliothèques qui pourront y être associées. Lorsqu'un programme est sauvegardé, un dossier portant le nom du programme est créé. Celui-ci contient le fichier du programme portant le nom que vous lui aurez donné suivi de l'extension .pde ainsi qu'un dossier intitulé applet qui contient les différents éléments créés et nécessaires lors du processus de compilation du programme et de téléversement vers la carte.

**Exemples :** Une série d'exemples est disponible sous File > Exemples. Ces exemples peuvent vous aider à découvrir et comprendre les différentes applications et fonctions d'Arduino.

#### Outils de configuration (Tools)

Dans le menu Tools, il vous est possible et essentiel de spécifier le type de carte Arduino que vous utiliserez. Sous Tools > Board, il vous faut spécifier pour quel type de carte vous compilez et téléversez le programme. Le type de carte est généralement inscrit sur la carte elle-même. Il est également nécessaire lorsqu'on branche une nouvelle carte Arduino ou que l'on change de carte de spécifier le port sériel virtuel qui sera utilisé pour la communication et le téléversement du programme.

Pour ce faire, il faut aller sous Tools > Serial Port et choisir le port approprié. Sous Windows, il s'agit la plupart du temps du port ayant un numéro supérieur à 3. Sous Mac OS X, il s'agit habituellement du premier élément de la liste. Une bonne technique pour déterminer quel port correspond à votre carte Arduino consiste à débrancher celui-ci, attendre un peu et de prendre note des ports déjà présents. Lorsque vous rebrancherez votre carte Arduino et après un peu d'attente (ou un redémarrage de l'application), vous remarquerez le port qui se sera ajouté à la liste. Il s'agit du port sériel virtuel lié à votre carte Arduino.

Barre d'actions ;

	<p>Bouton « Verify » (Vérifier) ; il permet de compiler votre programme et vérifier si des erreurs s’y trouvent .Cette procédure prend un certain temps d’exécution et lorsque est terminée, elle affiche un message de type« Binary sketch size : ...» indiquant la taille du sketch téléversé.</p>
	<p>Pour transmettre le sketch compilé avec succès sur la carte arduino dans le microcontrôleur.</p>
	<p>Bouton «New» (Nouveau) ; ce bouton permet de créer un nouveau sketch.</p>
	<p>Bouton «Open» (Ouvrir) ; il fait apparaître un menu qui permet d’ouvrir un sketch qui figure dans votre dossier de travail ou des exemples de sketches intégrés au logiciel.</p>
	<p>Bouton «Save» (Sauvegarder) ; il permet de sauvegarder votre sketch</p>

**Tableau III.2 : Barre d'actions**

### III.3. Matériels Utilisés :

Durant nos recherches, nous avons optés pour des équipements disponibles dans le marché pour contribuer à une solution efficace. Les paragraphes suivants, nous ferons une petite présentation à nos équipements.

#### III.3.1. Arduino Méga 2560 :

##### III.3.1.1. Présentation :

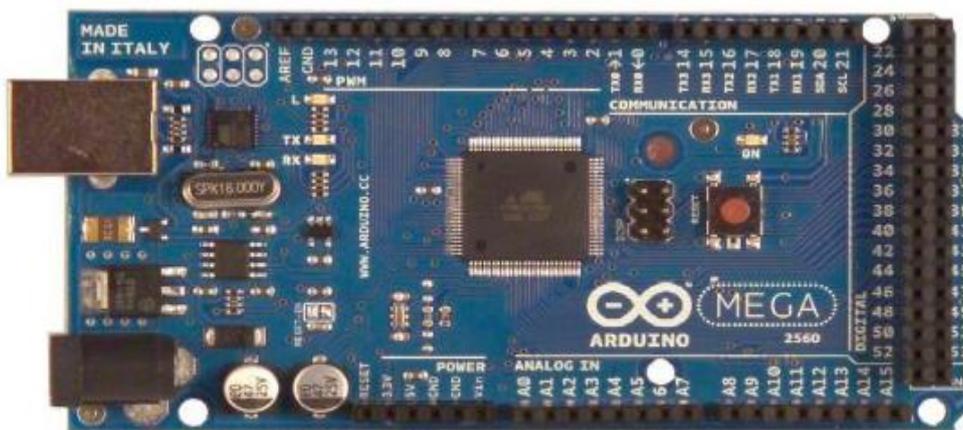
La carte Arduino repose sur un circuit intégré (un mini-ordinateur appelé également microcontrôleur) associée à des entrées et sorties qui permettent à l'utilisateur de brancher différents types d'éléments externes :

Côté entrées, des capteurs qui collectent des informations sur leur environnement comme la variation de température via une sonde thermique, le mouvement via un détecteur de présence ou un accéléromètre, le contact via un bouton-poussoir, etc.

Côté sorties, des actionneurs qui agissent sur le monde physique telle une petite lampe qui produit de la lumière, un moteur qui actionne un bras articulé, etc. Comme le logiciel Arduino, le circuit électronique de cette plaquette est libre et ses plans sont disponibles sur internet. On

peut donc les étudier et créer des dérivés.

Plusieurs constructeurs proposent ainsi différents modèles de circuits électroniques programmables et utilisables avec le logiciel Arduino. Il existe plusieurs variétés de cartes Arduino. La figure ci-dessous montre par exemple ; la carte Arduino Méga.



**Figure III.7 : Arduino Méga 2560**

### **III.3.1.2. Caractéristiques :**

Cette carte dispose :

- O de 54 broches numériques d'entrées/sorties (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée) ;
- O de 16 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/sorties numériques) ;
- O de 4 UART (port série matériel) ;
- O d'un quartz 16Mhz ;
- O d'une connexion USB ;
- O d'un connecteur d'alimentation jack ;
- O d'un connecteur ICSP (programmation "in-circuit") ;
- O et d'un bouton de réinitialisation (reset) ;

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur ; pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

### III.3.1.3. Description Générale :

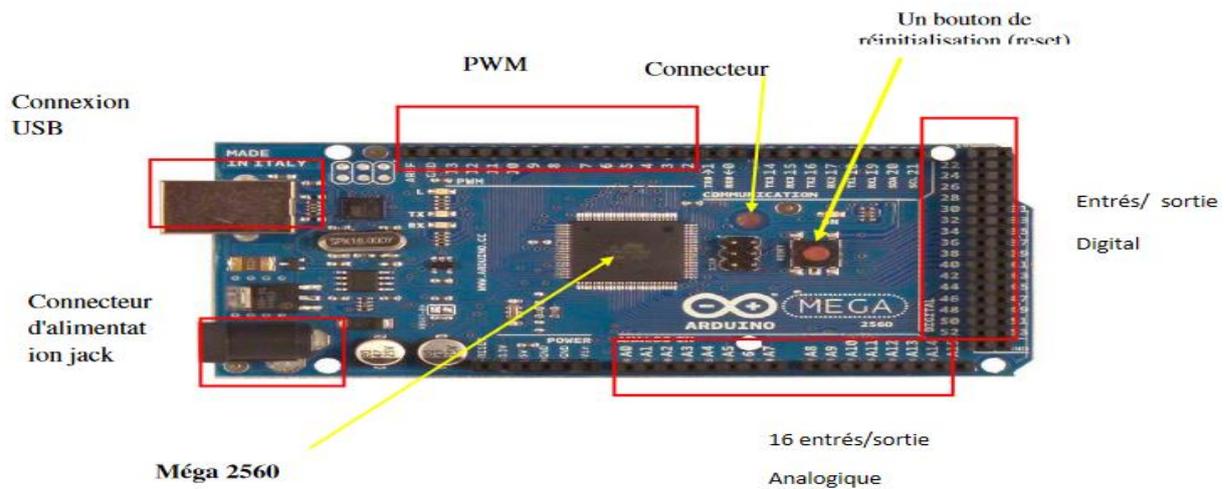


Figure III.8 : Boitier de l'Arduino Méga 2560

### III.3.1.4. Synthèse des Caractéristiques :

Microcontrôleurs	AT Méga2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numérique	54(dont 14 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	16(utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40mA (ATTENTION : 200 mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50Ma
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisé -500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	256KB dont 8KB sont utilisé par le boot loader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	8 KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	4KB
Vitesse d'horloge	16MHz

Tableau III.3 : Synthèse des caractéristiques

### III.3.1.5. Alimentation :

La carte Arduino Méga 2560 peut être alimentée soit via la connexion USB (qui fournit 5V jusqu'à 500mA) ou à l'aide d'une alimentation externe. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement par la carte. L'alimentation externe (non-USB) peut être soit un Adaptateur secteur (pouvant fournir typiquement de 3V à 12V sous 500mA) ou des piles (ou des accus).

L'adaptateur secteur peut être connecté en branchant une prise 2.1mm positif au centre dans le connecteur jack de la carte. Les fils en provenance d'un bloc de piles ou d'accus peuvent être insérés dans les connecteurs des broches de la carte appelées Gnd (masse ou 0V) et Vin (Tension positive en entrée) du connecteur d'alimentation. La carte peut fonctionner avec une alimentation externe de 6 à 20 volts.

Cependant, si la carte est alimentée avec moins de 7V, la broche 5V pourrait fournir moins de 5V et la carte pourrait être instable. Si on utilise plus de 12V, le régulateur de tension de la carte pourrait chauffer et endommager la carte. Aussi, la plage idéale recommandée pour alimenter la carte Uno est entre 7V et 12V.

La carte Arduino Méga 2560 diffère de toutes les cartes précédentes car elle n'utilise pas le circuit intégré FTDI usb-vers-série. A la place, elle utilise un Atmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série.

Les broches d'alimentation sont les suivantes :

- VIN ; la tension d'entrée positive lorsque la carte Arduino est utilisée avec une source de tension externe (à distinguer du 5V de la connexion USB ou autre source 5V régulée). Vous pouvez alimenter la carte à l'aide de cette broche, ou, si l'alimentation est fournie par le jack d'alimentation, accéder à la tension d'alimentation sur cette broche.
- 5V ; la tension régulée utilisée pour faire fonctionner le microcontrôleur et les autres composants de la carte (pour info : les circuits électroniques numériques nécessitent une tension d'alimentation parfaitement stable dite "tension régulée" obtenue à l'aide d'un composant appelé un régulateur et qui est intégré à la carte Arduino). Le 5V régulé fourni par cette broche peut donc provenir soit de la tension d'alimentation VIN via le régulateur de la carte, ou bien de la connexion USB (qui fournit du 5V régulé) ou de toute autre source d'alimentation régulée.
- 3V3 ; une alimentation de 3.3V fournie par le circuit intégré FTDI (circuit intégré faisant l'adaptation du signal entre le port USB de votre ordinateur et le port série de l'ATmega) de la carte est disponible : ceci est intéressant pour certains circuits externes nécessitant cette tension au lieu du 5V). L'intensité maximale disponible sur cette broche est de 50mA.
- GND ; broche de masse (ou 0V). The power pins are as follows:

### III.3.1.6. Mémoire :

L'ATMega 2560 a 256Ko de mémoire FLASH pour stocker le programme (dont 8Ko également utilisés par le boot loader). L'ATMega 2560 a également 8 ko de mémoire SRAM (volatile) et 4Ko d'EEPROM (non volatile - mémoire qui peut être lue à l'aide de la librairie EEPROM).

Pour info ; le boot loader est un programme préprogrammé une fois pour toute dans l'ATMega et qui permet la communication entre l'ATMega et le logiciel Arduino via le port USB, notamment lors de chaque programmation de la carte.

### III.3.1.7. Entrées et Sorties Numériques :

Chacune des 54 broches numériques de la carte Méga peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique, en utilisant les instructions pin Mode(), digital Write() et digital Read() du langage Arduino. Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de "rappel au plus" (pull-up) (déconnectée par défaut) de 20-50 KOhms. Cette résistance interne s'active sur une broche en entrée à l'aide de l'instruction digitalWrite(broche, HIGH).

De plus, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

- Communication Série** ; port Série Serial : 0 (RX) and 1 (TX); Port Serie Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Port Serie Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Port Serie Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Utilisées pour recevoir (RX) et transmettre (TX) les données séries de niveau TTL. Les broches 0 (RX) and 1 (TX) sont connectées aux broches correspondantes du circuit intégré ATmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série de la carte, composant qui assure l'interface entre les niveaux TTL et le port USB de l'ordinateur.

- Interruptions Externes** : Broches 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), et 21 (interrupt 2). Ces broches peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur basse, sur un front montant ou descendant, ou sur un changement de valeur. Voir l'instruction attachInterrupt() pour plus de détails.

- Impulsion PWM (largeur d'impulsion modulée)** : Broches 0 à 13 ; fournissent une impulsion PWM 8-bits à l'aide de l'instruction analogWrite().

- SPI (Interface Série Périphérique)** : Broches 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) ; ces broches supportent la communication SPI (Interface Série Périphérique) disponible avec la librairie pour communication SPI. Les broches SPI sont également connectées sur le connecteur ICSP qui est mécaniquement compatible avec les cartes Uno, Duemilanove et Diecimila.

- I2C** : Broches 20 (SDA) et 21 (SCL) ; supportent les communications de protocole I2C (ou interface TWI (Two Wire Interface - Interface "2 fils"), disponible en utilisant la librairie Wire/I2C (ou TWI - Two-Wire interface - interface "2 fils"). Noter que ces broches n'ont pas le même emplacement que sur les cartes Uno, Duemilanove ou Diecimila.

- LED** : Broche 13 ; il y a une LED incluse dans la carte connectée à la broche 13. Lorsque la broche est au niveau HAUT, la LED est allumée, lorsque la broche est au niveau BAS, la LED est éteinte.

### III.3.2. Capteur de température et d'humidité DHT22 :

#### III.3.2.1. Description :

Le capteur DHT22 / AM2302 est capable de mesurer des températures de -40 à +125°C avec une précision de +/- 0.5°C et des taux d'humidité relative de 0 à 100% avec une précision de +/- 2% (+/- 5% aux extrêmes, à 10% et 90%). Une mesure peut être réalisée toutes les 500 millisecondes (soit deux fois par seconde).

Le DHT22 est clairement beaucoup plus précis et stable.

### III.3.2.2. Brochage :

Le capteur DHT22 communique avec le microcontrôleur via une unique broche d'entrée / sortie.

Le brochage du capteur est le suivant :

- La broche n°1 est la broche d'alimentation (5 volts ou 3.3 volts).
- La broche n°2 est la broche de communication. Celle-ci doit impérativement être reliée à l'alimentation via une résistance de tirage de 4.7K ohms (il s'agit d'une sortie à collecteur ouvert).
- La broche n°3 n'est pas utilisée et ne doit pas être câblée.
- La broche n°4 est la masse du capteur (GND).

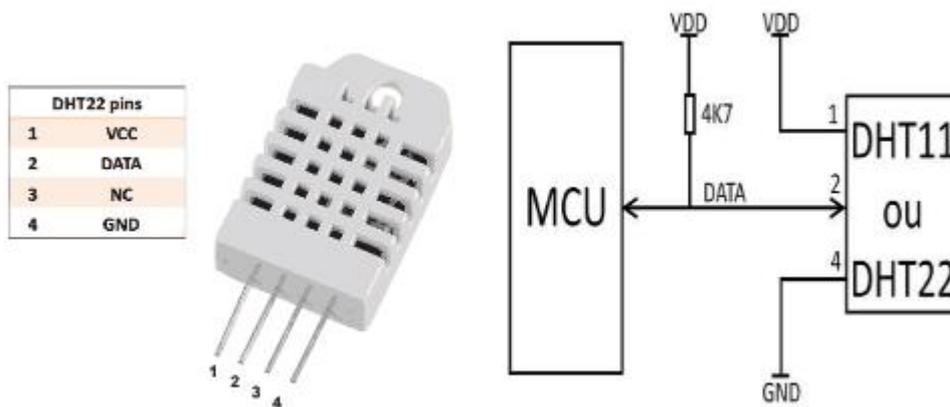


Figure. III.9 : Capteur DHT22 et son schéma de brochage

### III.3.3. La Carte d'Essai :

Une plaque d'essai est d'une très grande utilité pour réaliser des montages électroniques sans soudure, en association notamment avec une carte à microcontrôleur telle que les cartes Arduino. Il est donc capital de bien savoir les utiliser et de comprendre les principes d'utilisation. Rien de très compliqué, mais il faut bien comprendre. La plaque d'essai s'utilise avec des straps, bouts de fils en cuivre monobrin de taille et de longueurs différentes. Les extrémités des straps doivent dénudés sur 1 cm environ.

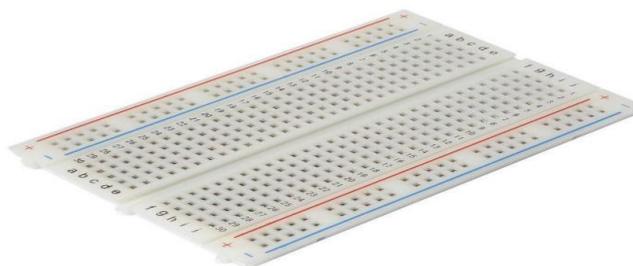


Figure III.10 : Breadboard 400

### **Caractéristiques :**

Une platine Labdec (appelé en anglais breadboard solderless breadboard, protoboard ou plug board) est un dispositif qui permet de réaliser le prototype d'un circuit électronique et de le tester. L'avantage de ce système est d'être totalement réutilisable, car il ne nécessite pas de soudure.

### **III.3.4. Ventilateur de 12v :**

C'est un appareil destiné à créer un courant d'air, permettent de forcer l'aération dans la serre afin de garder les paramètres climatiques (température, humidité) au voisinage des consignes choisies lorsque la ventilation naturelle ne permet pas d'atteindre le taux de renouvellement d'air désiré.



**Figure III.11 : Ventilateur**

### **Caractéristiques :**

Consommation de courant : 1.6 A.

Niveau sonore : 51 dB (A).

### **III.3.5. Batteries Rechargeables :**

La batterie sert à stocker l'énergie électrique excédentaire produite par le ventilateur. Cette énergie est stockée sous forme chimique. La nuit, c'est la batterie qui fournit l'énergie. Le stockage est dimensionné pour une durée de plusieurs jours consécutifs sans soleil, permettant d'avoir une large plage de secours, prenant ainsi en compte les phénomènes de durée de vie et de perte de capacité liée au cyclage (charge et décharge).



Figure III.12 : Batterie 9v



Figure III.13 : Batterie 12v

### III.3.6. Les Câbles :

Un câble regroupe généralement plusieurs fils conducteurs au sein d'une même gaine qui va les protéger, ces câbles sont utilisés pour relier les différents composants et peut être utilisé pour le transport d'énergie électrique mais aussi pour la transmission de données.

#### III.3.6.1. Câble Alimentation Arduino :



Figure III.14 : Câble alimentation Arduino pour piles 9V

#### Caractéristiques :

Ce câble permet d'alimenter simplement le kit Arduino (MEGA 2560, UNO ou encore Duemilanove) à l'aide d'une pile 9V type 6LR61.

Le câble dispose d'un connecteur type clip pile d'un côté et d'une fiche Power jack 2.1mm. Idéal pour donner toute l'autonomie énergétique au montage à moindre frais.

### III.3.6.2. Câble USB :



Figure III.15 : Câble USB

#### Caractéristiques :

Ces câbles USB sont nécessaires pour connecter facilement en USB les cartes Arduino. Il existe plusieurs types de câble selon le matériel que nous avons utilisé. Par exemple USB « 2.0 câble type A/B ». Utiliser pour connecter Genuino Uno, Genuino Mega 2560, Genuino 101 ou toute carte avec le port USB femelle A de votre ordinateur. La longueur du câble est d'environ 178cm.

### III.3.7. Les Résistances :

La résistance traduit la propriété d'un composant à s'opposer au passage d'un courant électrique (l'une des causes de perte en ligne d'électricité). Elle est souvent désignée par la lettre R et son unité de mesure est l'ohm. Elle est liée aux notions de résistivité et de conductivité électrique.



Figure III.16 : Résistance électrique



Figure III.17 : Résistance 30  $\Omega$

### III.3.8. Les Transistors :

Un transistor est un dispositif électronique à base de semi-conducteur. Son fonctionnement est basé sur deux jonctions PN, l'une en direct et l'autre en inverse. La polarisation de la jonction PN inverse par un faible courant électrique (parfois appelé effet transistor) permet de « commander » un courant beaucoup plus important, suivant le principe de l'amplification de courant.

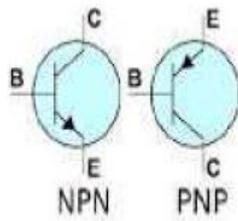


Figure III.18 : transistor



Figure III.19 : Transistor IRFP150

### III.3.9. Condensateur :



Figure III.20 : Condensateur

### III.3.10. Autocoupleur TLP250 :



Figure III.21 : Autocoupleur TLP250

### III.3.11. Régulateur lm7815 :

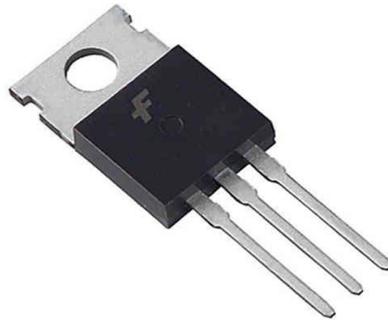


Figure III.22 : Regulateur lm7815

### III.4. Assemblage de la partie matérielle :

Dans cet onglet, nous allons assembler les deux parties matériel et logicielle pour enfin mettre en service notre système.

Notre système a été expérimenté dans une mini serre, apportée à l'intérieur d'un laboratoire, où se sont déroulés nos tests pratiques.

Comme vous pouvez le voir ci-dessous :

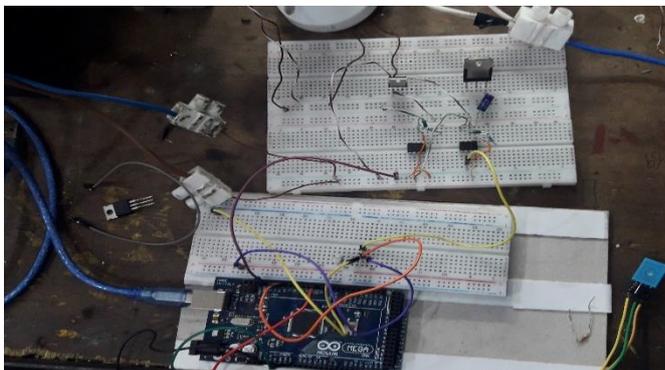
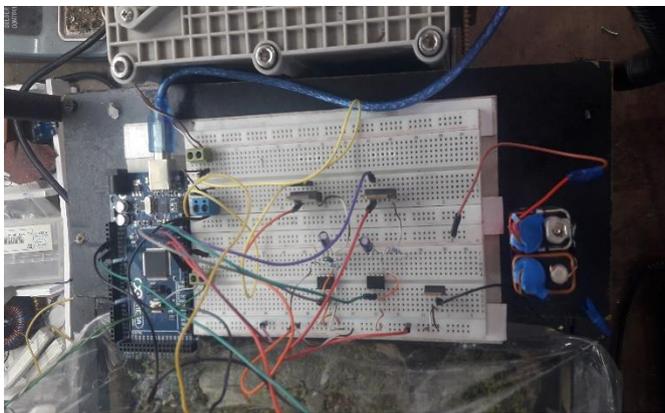


Figure III.23 : Teste du système

### III.4.1. Montage du système :

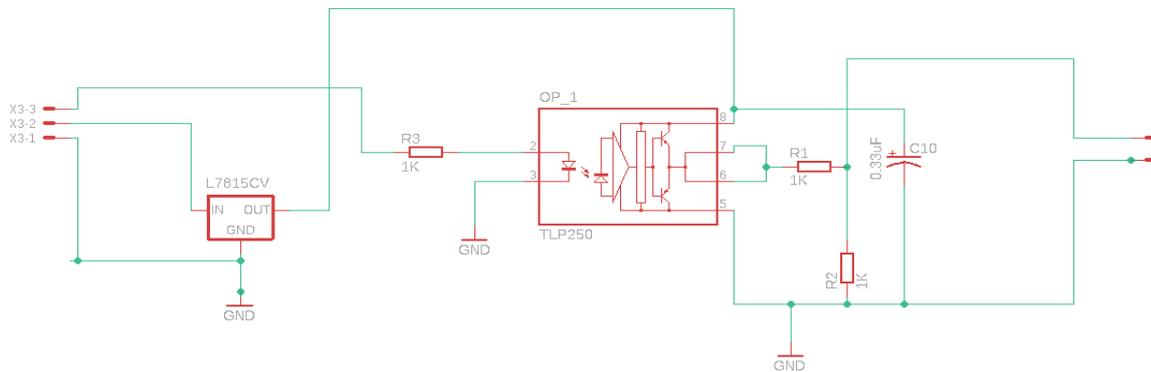


Figure III.24 : Circuit de commande

### III.4.2. Partie programmation :

La démarche du programme est la suivante :

- Si la température et l'humidité < seuil : actionne la résistance jusqu'à atteindre le seuil
- Si la température et l'humidité > seuil : actionne le ventilateur jusqu'à évacuer la chaleur qui s'est accumulée.

#### III.4.2.1. Le programme :

Ceci est le programme en C de l'Arduino du système de gestion des deux paramètres :

```
#include <DHT.h>
```

```
#define DHTPIN 4
```

```
#define DHTTYPE DHT11
```

```
#define Pin 10
```

```
#define Ven 9
```

```
#define Chauff 11
```

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
```

```
void setup() {
```

```
pinMode(Pin,OUTPUT);
```

```
pinMode(Chauff,OUTPUT);
```

```
pinMode(DHTPIN,INPUT);
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
delay(1000);
```

```
dht.begin(); // initialise DHT11 sensor
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
float temper = dht.readTemperature(); //read temperature data
```

```
float humi = dht.readHumidity(); //read humidity data
```

```
Serial.println("Temperature: ");
```

```
Serial.println(temper);
```

```
Serial.println(" *C ");
```

```
Serial.println("Humidity: ");
```

```

Serial.println(humi);
Serial.println(" %\t");
delay(1000);

if (temper>28.00 & humi>70)
{
digitalWrite(Pin, HIGH);
digitalWrite(Chauf, LOW);
}

else
{
digitalWrite(Pin, LOW);
digitalWrite(Chauf, HIGH);
}
}
}

```

**III.4.2.2. Résultats de simulation obtenue par le capteur :**

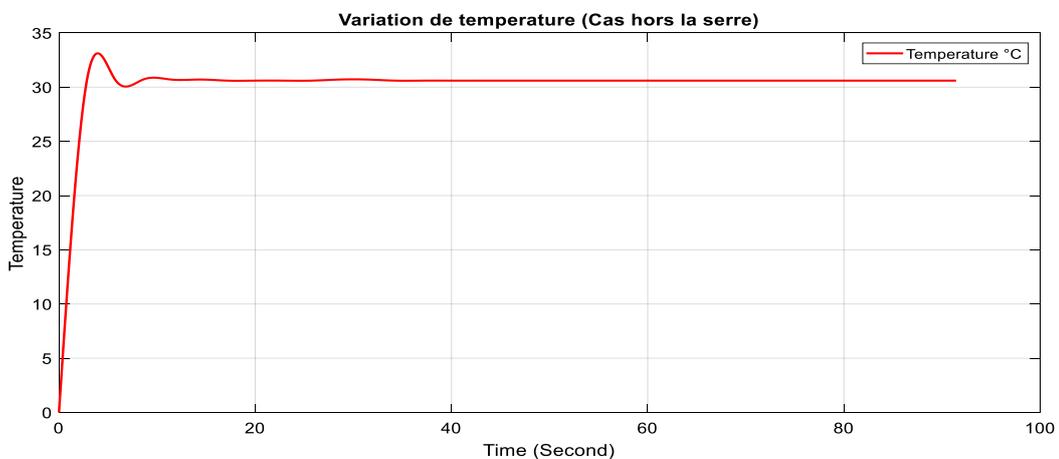
Nous avons mis en service notre système de surveillance et nous avons fini donc par obtenir les différents résultats.

**A- Cas de l'absence de ventilateur et de résistance :**

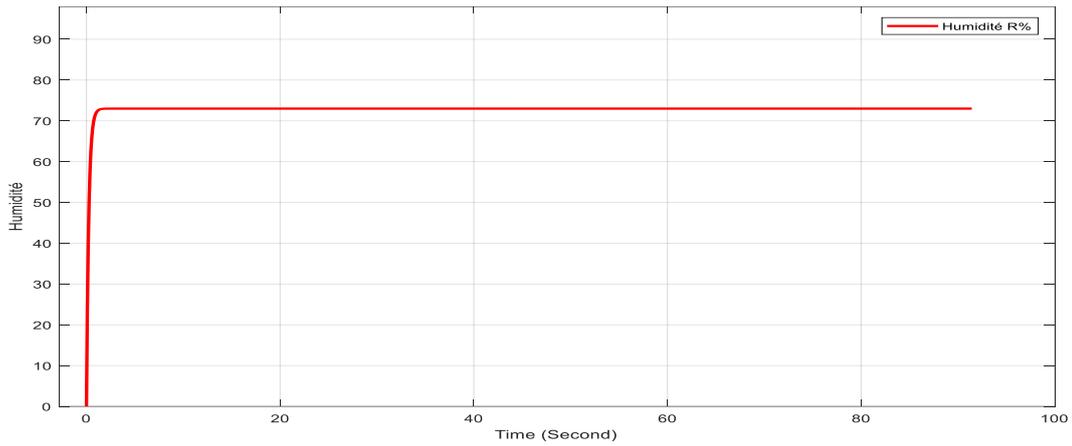
Temps(s)	Température (°C)	Humidité(R%)
10	30.70	73
20	30.70	73
30	30.70	73
40	30.60	73
50	30.60	73

**Tableau III.4 : Résultat en absence de ventilateur et de résistance**

La figure suivante, illustre les résultats obtenus de la variation des deux paramètres par le temps :



a. / Température



b. / Humidité

**Figure III.25 : Variation de la température et d'humidité, (a. / température, b. / humidité)**

**- Remarque :**

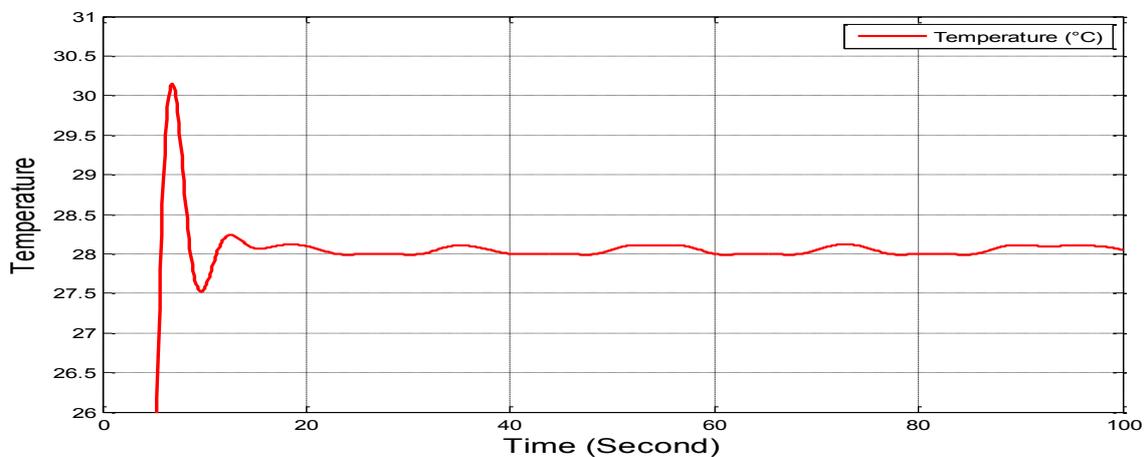
Nous avons constaté que sans l'intervention des facteurs externes, le degré de la température et le taux d'humidité est fixe.

**B- Cas de présence de ventilateur et de résistance :**

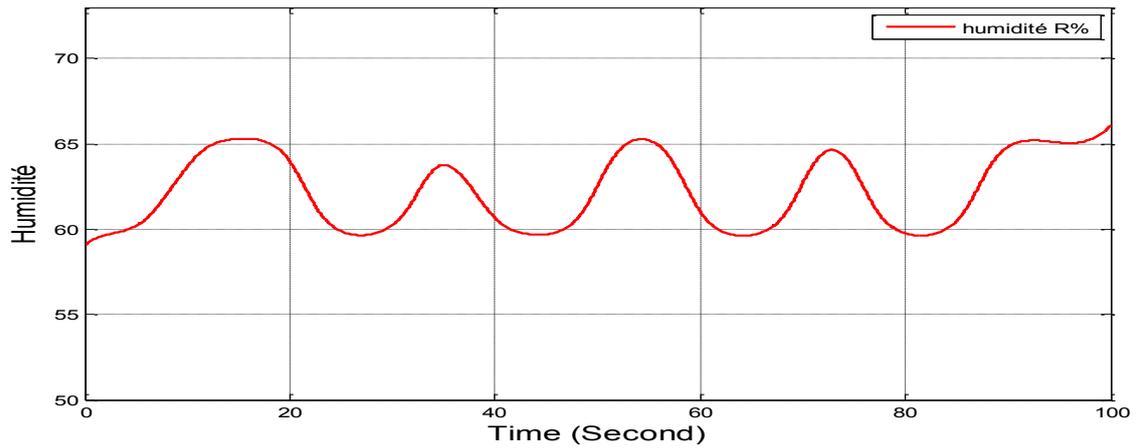
La figure suivante, illustre les résultats obtenus de la variation des deux paramètres par le temps :

Temps(s)	Température (°C)	Humidité(R%)
10	28	60
20	28.1	65
30	28	60
40	28.10	65
50	28	60

**Tableau III.5 : Résultat en présence de ventilateur et de résistance**



a./ Température



b. / Humidité

**Figure III.26 : Variation de la température et d'humidité, (a. / température, b. / humidité)**

**Remarque :**

Nous avons constaté qu'avec l'intervention des facteurs externes et après la mise en marche de ventilateur et de la résistance, le degré de la température et le taux d'humidité varient entre deux valeurs.

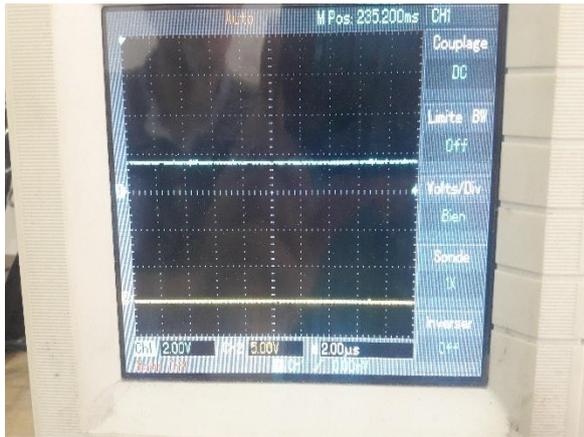
**III.5. Le montage final de projet :**

Dans cette partie, nous allons voir l'aspect général de notre système et les résultats obtenus par l'oscilloscope.

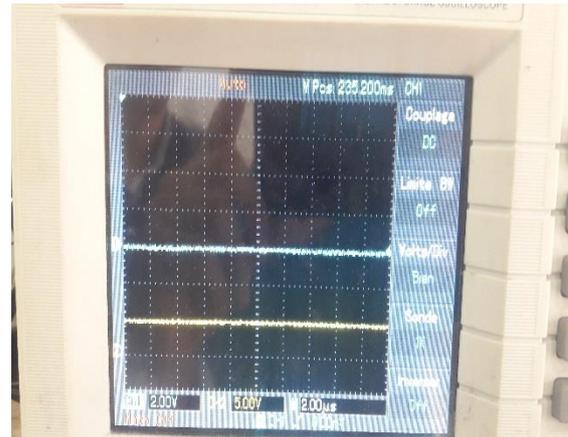
La figure suivante représente la mini serre agricole réalisée dans le cadre de notre projet connecté avec l'Arduino pour acquérir les prévisions météorologique, tous les systèmes électroniques fonctionnent conformément au cahier des charges. La structure mécanique s'est réalisée à partir de matériaux respectant l'environnement.



**Figure III.27 : Maquette final**



a.



b.

**Figure III.28 : Signal de commande de transistor : (a. commande de ventilateur, b. commande de résistance)**

### III.6. Conclusion :

Tout au long de ce chapitre nous avons traité quelques notions sur la carte arduino ainsi que ses différents types et son domaine d'utilisation avec un peu de détails sur l'Arduino MEGA qui sera utilisé dans notre projet.

Ensuite, nous avons présenté notre système de contrôle du climat sous serre, en commençant par la présentation de différent matériel utilisée, puis nous avons traité la partie électronique qui sert à développer un système électronique permettant le contrôle des deux paramètres : la température et l'humidité.

La conception de ce système nous a permet de savoir exploiter l'aspect électronique à travers la programmation de notre microcontrôleur.

Dans cette partie, nous avons pu voir la maquette finale de notre projet et les résultats obtenus après avoir fait les tests.

## **Conclusion Générale :**

Dans le cadre de ce projet tutoriel, nous avons conçu et réalisé un système de télésurveillance d'une serre agricole pour obtenir un microclimat avec la régulation des deux paramètres très influant sur le développement des plantes, ou on a mis en œuvre ce système permettant d'optimiser le contrôle et la sécurité de la serre. La solution proposée est intéressante du fait qu'elle garantit un contrôle optimal et de ce fait, elle peut assurer un meilleur rendement.

Le système à base d'une carte Arduino affiche les données obtenu en forme de graphes ce qui nous permettre d'actionner un ventilateur et une résistance en cas de besoin.

Dans les différents chapitres de ce mémoire, nous avons essayé d'expliquer les différentes étapes de réalisation de notre projet. Des généralités sur la télésurveillance des serres agricoles sont données ainsi que les différents matériels utilisés dans notre système.

Enfin, cette étude nous a permis de comprendre le fonctionnement d'une serre agricole pour la rendre autonome au on a essayé d'atteindre l'objectif attendu : suivre les variations des paramètres ayant un effet direct sur la plante en générale.

Notre projet est certainement perfectible. On a donc pensé à des perspectives d'amélioration et à d'autres idées permettant de l'améliorer, par exemple, ajouter d'autres capteurs comme un capteur d'humidité de sol, capteur de gaz et d'autres capteurs.

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

L'intérêt accordé à notre système réside dans le fait qu'il peut être amélioré, pour cela notre système pourrait en effet gagner plus d'intelligence et de l'interopérabilité.

## Références bibliographiques :

Y. Bouteraa, "Automatisation d'une serre agricole, " Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure D'agronomie-El Harrach, 2012.

Projet de fin d'étude d'un Système Automatisé « Cas d'une Serre » réalisé par Bendidani Sohbi et Miloud Abid Aboubakr Essedik, Centre Universitaire d'Ain-Temouchent (2017/2018).

ELAFOU Youssef, « contribution au contrôle des paramètres climatiques sous serre », Docteur en Sciences, Discipline : Physique, Spécialité : Automatique, Soutenue publiquement le 16 juin 2014, Université lille1.

" Gestion d'une serre agricole à base d'ARDUINO " Présenté par Ben saidj Zahia Mémoire de Master en Electronique Option : Electronique industrielle.

Koceila Douki et Ramdane Cherik " Conception et réalisation d'un système de surveillance d'une serre agricole avec une carte Raspberry PI 2 " Mémoire de Master Spécialité télécommunication et réseaux, Soutenue le 9 juillet 2017, Université de Tizi Ouzou.

Lemdani Rafik et Malouadjmi Nabil « Etude, conception et réalisation d'une plateforme pour l'automatisation et le contrôle à distance des serres agricoles » Mémoire de Master, Option Automatique Soutenue en Juin 2017.

K. Mesmoudi, "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 Physique Energétique, option énergétique Université de Batna, 2010.

Mémoire fin d'étude « Automatisation intelligente d'une serre basée sur un système d'internet des objets en utilisant Arduino » réalisé par Djeghaibel Asmaa et Maaradji Sofiane, Spécialité Automatique et Informatique Industrielle, Université de Tiaret 2019 /2020

Djafri Walid « Composition des services dans l'internet des objets » Mémoire de Master en Informatique Spécialité Réseaux et technologies de l'information et de la communication Soutenu le 30 septembre 2020, Université de Biskra.