الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique



Mémoire de Fin d'Études

Présenté pour l'obtention du Diplôme de Master en Automatique

Spécialité : Automatique & Systèmes

THÈME

Contrôle de la température et de l'humidité d'une serre agricole à base de logique floue autour d'un microcontrôleur de type Arduino

Proposé et dirigé par,

Dr. BOUHEDDA Mounir

Co-dirigé par,

Mr. BENYEZZA Hamza

Préparé et présenté par,

Mr. ZERHOUNI Mohamed Chérif

Mr.BOUDJEMAA Mourad

Mémoire préparée au sein du Laboratoire des Electroniques Systèmes Avancés (LSEA) de l'Université de Médéa

Année Universitaire 2017-2018

Remerciements

Au nom d'ALLAH le grand merci de nous avoir données la capacité d'aller jusqu'au bout de nos rêves.

Merci de nous avoir aidées tout au long de nos études.

Nous tenons à remercier de prime abord notre encadreur de mémoire

Mr.BOUHADA Mounir

Et BENYEZZA Hamza comme Co-encadreur

d'avoir accepté de diriger ce travail et pour la confiance qu'il a bien voulu placer en nous,

pour son sourire encourageant de tous les instants.

Nos remerciements les plus vifs vont aux membres de jury

qui ont accepté de lire et d'évaluer ce travail.

Nous exprimons également notre gratitude à l'égard de département

et le corps enseignants « Cours, TD ».

Notre profond remerciement pour nos familles pour leurs patiences,

Nos collègues pour leurs encouragements et à nos amis.

Un grand merci pour ceux et celles qui nous ont aidé de près ou de loin toute la durée de notre parcours éducatif.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Aux êtres qui me sont les plus chers ma mère et mon père. Que Dieu préserve bonne santé et longue vie. Qui ont tous fait pour m'encourager durant les années de mes études.

A mes chers frères et mes chères sœurs.

A mes Grands Parents que Dieu les protège et à toute ma famille. A mes Oncles mes Tantes.

A mes chers cousins

A mes chers amis: Djamel, Khaled, Yassin, Fouad, Zakki

Ainsi que Tout la promotion Master Automatique sans oublier tous mes enseignants durant tout mon cursus.

Mr. Mohamed Chérif

Dédicace

Je dédie ce modeste travail,

À ma très chère mère, à laquelle je dois tout….

À la lumière de mes jours,

la source de mes efforts, la flamme de mon cœur,

ma vie et mon bonheur ,

Aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste

valeur le profond amour que je vous porte…..

À mon cher père, l'homme de ma vie,

mon exemple éternel, mon soutien moral ,

ma source de joie et de bonheur,

celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir,

« Qu'Allah vous protège et vous garde à nous ».

À mes chers frères : Nabile, Farouk.

À mes très chères sœurs.

À mes amours : Walid, Khaled, Djamel, Rassim.

À mes amies : Lakhdar, Ben aissa.

À tous ceux qui me sont chères.

À tous ceux qui m'aiment….

À tous ceux que j'aime…

Mourad

ملخص

الغرض من هذا العمل هو التحكم في درجة الحرارة والرطوبة في بيت بلاستيكي باستعمال المنطق الضبابي. ولهذا الغرض قمنا بعمل نموذج اولي ،تم تطوير و وضع خوارزمية تحكم مبنية على المنطق الضبابي في ميكروكنترولر من نوع أردوينوأونو. اجرية تجارب أظهرت فعالية نظام التحكم في الدفيئة التي يأخذ في الاعتبار تفاعل الرطوبة / درجة الحرارة.

الكلمات المفتاحية: أردوينو، الرطوبة، المنطق الضبابي، الحرارة، بيت بلاستيكي زراعي.

Résumé

L'objectif de ce travail et le contrôle de la température et de l'humidité d'une serre agricole à base de logique floue. Pour cela un prototype d'une serre est réalisé, un algorithme de contrôle à base de logique floue est développé et implémenté dans un microcontrôleur de type Arduino UNO. Des tests sont réalisés et ont montré l'efficacité du système de contrôle de la serre qui prend bien en considération l'interaction humidité/température.

Mots Clé: Arduino, Humidité, Logique floue, Température, Serre Agricole.

Abstract

The aim of thisworkis to control the temperature and humidity of a fuzzy logic greenhouse. For this purpose, a prototype of a greenhouse is realized, a control algorithm based on fuzzy logicis developed and implemented in a microcontroller of Arduino UNO type. Tests are carried out and have shown the effectiveness of the control system of the greenhouse which takes in to consideration the humidity / temperature interaction.

Key Words: Arduino, Humidity, FuzzyLogic, Temperature, Agricultural Greenhouse.

Sommaire

Sommaire…….. IV
Liste de figures……..... VI
Liste des tableaux……..... VII
Nomenclature……... VIII
Introduction générale…… 1
Chapitre I : les serres agricoles
Introduction…… 2
I.1. Serres agricoles……..... 2
I.1.1 Définition……..... 3
I.1.2 Intérêt de la serre…… 3
I.1.3 Choix de la serre et de sa couverture…….. 3
I.1.4. Classification des serres……..... 4
I.1.4.1. Serres tunnel……... 4
I.1.4.2. Serres multi-chapelle…….. 4
I.1.4.3. Serre de jardin……..... 6
I.1.5. Type de ventilation de la serre……... 6
I.1.5.1. Ventilation naturelle……... 7
I.1.5.2. Ventilation forcée……..... 7
I.1.6. Les équipements d'une serre…….. 7
I.1.6.1. Générateur d'air…….. 7
I.1.6.2. Extracteurs…….. 8
I.1.6.3. L'humidificateur……. 9
I.1.6.4. Brasseur d'air…….. 9
Conclusion…… 10
Chapitre II : la logique floue
Introduction…….. 11
II.1.Historique…….. 11
II.2. Domaine d'application…….. 12
II.3.Principe de la logique floue……... 12
II.4. Eléments de base de la logique floue…… 13
II.4.1. Variables linguistiques…….. 13
II.4.2. Ensembles floues…….. 13
II.4.3. Fonctions d'appartenance……. 14
II.4.4. Opérateurs de la logique floue…….. 15
II.4.5.Règles floues…….. 19
II.5.Commande par logique floue……. 19
II.6.Constitution d'un système floue…… 20
II.6.1. Interface de fuzzification…… 20
II.6.2. Base de règle……. 21
II.6.3. Mécanisme d'inférence floue…… 21
II.6.4. Interface de Défuzzification……. 21
II.6.5. Méthode du maximum…….. 21
II.6.6. Méthode de la moyenne du maximum…….. 21
II.6.7. Méthode du centre de gravité…… 21
Conclusion…… 22
Chapitre III : synthèse et implémentation du contrôleur de la serre par logique floue
Introduction……. 23
III.1.Réalisation et implémentation du système……... 23
III.1.1.Cahier de charges…….. 23
III.1.2.Schéma fonctionnel…….. 23
III.1.3.Choix du matériel…… 24
III.1.3.1.Arduino UNO…….. 24

Sommaire

III.1.3.2.Capteur de température et d'humidité…….. 25
III.1.3.3.Les relais……... 26
III.1.3.4.Le ventilateur et l'extracteur……. 26
III.1.3.5.L'humidificateur……... 26
III.1.3.6.Chauffage électrique soufflant…… 26
III.1.3.7.L'alimentation…….. 27
III.2.Organigramme de système……... 27
III.3.Contrôleur flou 1(CF1)……. 28
III.3.1.Fonction d'appartenance et Variables linguistique……... 28
III.3.2.Les règles Floues…….. 31
III.4.Contrôleur flou 2 (CF2)…… 31
III.4.1.Fonction d'appartenance et Variables linguistique…….. 32
III.4.2.Les règles Floues…….. 35
III.5.Observateur flou(OF)……... 35
III.5.1.Organigramme de fonctionnement de bloc de décision avec l'observateur Flou…. 36
III.5.2.Fonction d'appartenance et Variables linguistique……... 36
III.5.3.Les règles Floues…….. 37
III.6.Algorithme de contrôleur floue…… 38
III.7.Implémentation sous Arduino…….. 40
III.8.Réalisation du système……. 41
III.9.Les tests de fonctionnement……. 41
III.10.test de système réalisé…… 44
Conclusion…… 45
Conclusion générale……. 46
Annexe, IX……... IX
Reference bibliographique, X…….. X

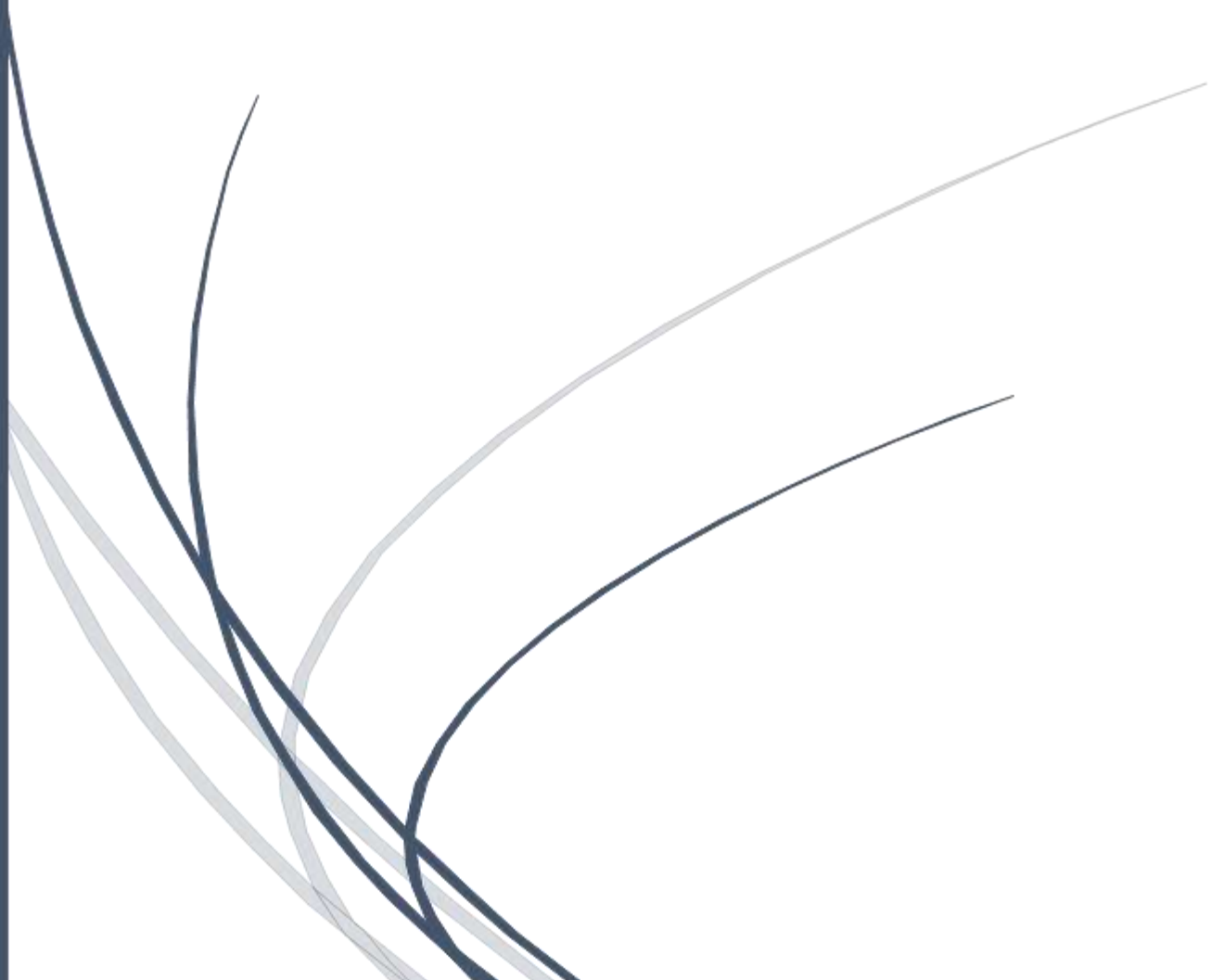
Liste des figures

Figure I.1.Une serre tunnel…….. 4
Figure I.2. Une serre multi-chapelle……. 5
Figure I.3. Une aération uniforme située sur le faîtage……. 5
Figure I.4. Ouverture par déplacement vertical…… 5
Figure I.5. Une serre jardin……... 6
Figure I.6. Un chauffage d'air……... 8
Figure I.7.Un extracteur…… 8
Figure I.8. Un humidificateur…….. 9
Figure I.9. Un brasseur d'air……. 10
Figure II.1. Classification des personnes en trois ensembles, selon la logique classique……. 12
Figure II.2. Classification des personnes en trois ensembles selon, la logique floue……... 13
Figure II.3. Différentes formes des fonctions d'appartenance…….. 14
Figure II.4. Fonction d'appartenance singleton…… 15
Figure II.5. Opérateur ET et OU…….. 16
Figure II.6. Opérateur ET flou réalisé par la relation (II.9)…….. 18
Figure II.7. Opérateur OU flou réalisé par la relation (II-10)…….. 18
Figure II.8. Opérateur min-max réalisé par la relation (II-11)……. 19
Figure II.9. Schéma général d'un système floue……. 20
Figure II.10 : Défuzzification par centre de gravité…….. 22
FigureIII.1.Schéma fonctionnel…… 23
FigureIII.2.Carte Arduino UNO…… 24
FigureIII.3.Capteur de température et d'humidité DHT11……... 25
FigureIII.4.Relai…… 26
FigureIII.4.Ventilateur de PC…… 26
FigureIII.5.Alimentation de PC…… 27
FigureIII.6. Organigramme de système…… 27
FigureIII.7.Controleur floue…….. 28
FigureIII.8.L'entrée 1 du contrôleur floue 1……. 29
FigureIII.9.L'entrée 2 du contrôleur floue 1……. 29
FigureIII.10.Sortie 1 du contrôleur floue 1……... 30
Figure III.11.Sortie 2 du contrôleur floue 1…….. 31
FigureIII.12.contrôleur floue…… 32
FigureIII.13.L'entrée 1 du contrôleur floue…….. 32
Figure III.14.L'entrée 2 du contrôleur floue……. 33
Figure III.15.Sortie 1 du contrôleur floue 2…….. 34
Figure III.16.Sortie 2 du contrôleur floue 2…….. 34
Figure III.17.Observateur floue…… 35
Figure III.18.Organigrame d'observateur avec bloc de décision……. 35
Figure III.19.Sortie d'observateur……. 37
Figure III.20.Fonction d'appartenance trapézoïdale……. 38
Figure III.21.Fonction d'appartenance triangulaire…….. 38
Figure III.22.Les formes possibles pour calculer le centre de gravité…….. 39
Figure III.23.Système réalisé…… 41
Figure III.24.Schéma électrique…… 41
Figure III.25.Action direct sur le Chauffage……. 42
Figure III.26.Action direct sur le Ventilateur…… 42
Figure III.27.Action direct sur l'Humidificateur…….. 43
Figure III.28.Action direct sur l'Extracteur…….. 43
Figure III.29. Contrôle de température pour la valeur de la consigne…….. 44
Figure III.30. Contrôle de l'humidité pour la valeur de la consigne……. 45

Liste des tableux

Tableau III.1.Les règles du contrôleur flou 1…… 31
Tableau III.2.Les règles du contrôleur floue 2…….. 35
Tableau III.3.Les règles d'observateur avec entrée 1 (chauffage)…… 37
Tableau III.4.Les règles d'observateur avec entrée 1 (Ventilateur)…….. 38

INTRODUCTION GENERALE



Introduction générale

La demande de nourriture a augmenté de jour en jour tandis que la population mondiale a été en hausse. Il est à noter que les produits agricoles doivent être agrandis afin de ne pas être confronté à la famine et aux besoins des gens en nourriture. Les serres sont les endroits où la production agricole organisée a eu lieu.

Dans le but d'améliorer la rentabilité, il est important de choisir un contrôle des paramètres climatiques qui correspond aux besoins visés, on doit faire croître les cultures dans des environnements optimaux, alors il est important de contrôler la température et l'humidité de l'air par ce que ce sont les variables les plus importantes à contrôler du point de vue de la survie et de la croissance des plantes.

C'est dans ce contexte qu'on se propose dans ce travail l'implémentation d'un contrôleur intelligent à base de la logique floue pour le contrôle de la température et l'humidité tout en prenant en compte la corrélation qui existent entre les deux grandeurs. Pour cela un prototype d'une serre a été réalisé, l'algorithme de contrôle est implémenté autour d'un microcontrôleur de type Arduino.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres:
Dans le premier chapitre, généralité sur les serres agricoles d'une manière générale, le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la logique floue et enfin le dernier le troisième chapitre, une description détaillée est donné sur:

- Le cahier de charges
- Le prototype de la serre
- L'algorithme de contrôle implémenté
- Résultats de quelques tests

Finalement, le document est terminé par une conclusion générale et quelques perspectives et cours et moyen terme.

CHAPITRE I

LES SERRES AGRICOLES

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons une vue globale sur les différents types de serres agricoles, ainsi que 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. Ces consignes sont définies pour atteindre les deux objectifs suivants : maximiser la production sous serre et protéger la culture sous abri contre les maladies fortuites lors de sa croissance **[1][2]**.La serre est conçue comme une enceinte limitée par une paroi transparente, protégée de certains effets indésirables du climat extérieur, créant alors des conditions peu favorables aux cultures. Le recours aux techniques des régulations automatiques ont permis de réaliser les objectifs techniques et économiques par le producteur tels que:

- Obtenir les meilleurs rendements.
- Optimiser la qualité de production.
- Rationaliser la consommation d'énergie.
- Gérer le planning de production.

On se tourne alors vers l'automatique et les systèmes embarqués, pour maîtrise aisément la conduite climatique sous serre.

I.1. Serres agricoles

I.1.1 Définition

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close, elle est destinée en général à la production agricole. L'objectif étant de créer un environnement propice à leur développement en tirant parti de l'influence du climat, en créant un micro climat, pour une meilleure gestion des besoins des plantes, pour en accélérer la croissance ou pour les produire indépendamment des saisons**[3][4]**.Une serre est destinée à protéger les plantes non-rustiques et à favoriser la croissance des cultures (légumes, fleurs, etc.) en créant des conditions climatiques plus favorables que le climat local ou pour permettre les cultures dites « hors saison». L'unité de base s'appelle une chapelle, plusieurs peuvent être construites côte à côte. Les parois et ou couvertures ont transparentes ou translucides, permettant de cultiver des plantes dans un environnement plus chaud ou mieux contrôlé qu'à l'extérieur. La culture peut être faite dans le sol d'origine, ou en hors sol, en hydroponique, en pots ou dans des sacs de laine de roche.

La serre peut parfois être chauffée à la demande pour des productions toutes l'année dans des pays froids ou tempérés. Des systèmes de régulation de la température et de l'humidité sont nécessaires, car l'atmosphère chaude, humide et confinée de la serre peut favoriser des attaques parasitaires ou

de pathogènes des plantes (champignons notamment), contre lesquels l'agriculture moderne (dite conventionnelle) lutte avec des pesticides et l'agriculture bio avec des produits naturels, des auxiliaires (insectes prédateurs des parasites) et une rotation étudiée des cultures.

Les ouvriers agricoles peuvent être plus exposés aux pesticides dans les serres qu'à l'extérieur, alors qu'en raison de la température élevée qui y règne le port des combinaisons, masques et gants de protection y sont difficiles à supporter.

Le tunnel, ou serre tunnel est une autre forme de serre. Il s'agit d'une structure plus légère recouverte de bâches plastiques résistantes aux ultraviolets et tendues sur des tubes métalliques arrondis De dimensions variables, les tunnels sont intéressants pour leur plus faible coût de construction. Ils sont constitués également de chapelles pour couvrir de plus grandes surfaces. Ils sont construits pour protéger des cultures précoces ou tardives des conditions climatiques extérieures défavorables.

Un concept proche est celui de véranda ou de jardin d'hiver sous verrières, qui sont des éléments de construction publique ou de maisons individuelles. Des serres ont aussi été utilisées au-dessus de lagunes pour l'épuration d'eaux usées en hiver ou pour traiter par évaporation/déshydratation des lixiviats de décharges de classe 1.

I.1.2 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_2 et le contrôle de l'humidité. Elle joue un rôle économique en présentant des produits sur le marché en hors saison.

La serre permet ainsi d'obtenir une production végétale dans des conditions meilleures que celles existantes naturellement et ce par une meilleure qualité du produit. Pour aboutir à ces résultats, il faut répondre minutieusement aux exigences de la culture pour les différents facteurs intervenants dans sa croissance et son développement, ceci suppose la connaissance des interactions entre ces divers paramètres**[5]**.

I.1.3 Choix de la serre et de sa couverture

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

- La transmission au rayonnement utile à la photosynthèse (pour améliorer le potentiel de production).
- La solidité et la durabilité.
- Les économies d'énergie et le cout.

I.1.4. Classification des serres

La classification des serres sont complexes et difficiles. Elle est souvent faite, selon les formes données par les cadres porteurs qui constituent l'assemblage, on distingue deux principaux types appartenant à deux grandes familles de serres: les serres tunnels et les serres chapelles **[6]**.

I.1.4.1. Serres tunnel

Une serre tunnel (figure I.1) est formée de plusieurs grands arceaux métalliques, recouverts d'un filme souple en plastique transparent, qui lui donne la forme d'un tunnel. Les dimensions de la serre dépendent des besoins du jardinier **[7]**.



Figure I.1.Une serre tunnel.

Caractéristique des serres tunnels

- La hauteur varie généralement entre 2 et 2,50mètres.
- La largeur se situe entre 3 et 5mètres.
- Une surface au sol minimale de 6m^2.
- La deuxième porte est nécessaire dès que la serre tunnel dépasse les 6 mètres de long.

I.1.4.2. Serres multi-chapelle

Les différentes pièces qui composent la structure de la gamme à serres Multi chapelle (figure I.2) 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 **[8]**.



Figure I.2. Une serre multi-chapelle.

Caractéristique des serres multi-chapelle

1. Matériaux de revêtement :

- Film plastique.
- Matériaux semi-rigides.
- Plaquerigide.

2. Les éléments en aluminium et les profils d'ancrage.
3. Un volume intérieur important.
4. L'inclinaison des arceaux permettent de tirer le meilleur parti des rayons solaires.

- Aérations au faîtage (figure I.3).



Figure I.3. Une aération uniforme située sur le faîtage.

- Aérations latérales (figure I.4).



Figure I.4. Ouverture par déplacement vertical.

I.1.4.3. Serre de jardin

C'est un petit modèle, parfait pour faire pousser des plantes, idéale pour protéger ses plantes en hiver, récolter des fruits et légumes toute l'année ou réaliser des semis sous abri, une serre peut être construite avec divers matériaux, selon différentes formes, même avec des matériaux de récupération (figure I.5) **[9]**.



Figure I.5. Une serre jardin.

Une serre de jardin a les caractéristiques suivantes :

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

- Les structures en Aluminium.
- Les structures en Acier.
- Les structures en bois.

2. Les matériaux fréquemment utilisés pour les panneaux de la serre :

- Le verre horticole.
- Le verre trempé.
- Le poli-carbonate alvéolaire.
- Le poli-carbonate transparent.

I.1.5. 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 [10].

I.1.5.1. 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 environs 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**[10]**.

I.1.5.2. Ventilation forcée

La ventilation forcée nécessitera une installation électrique spécifique dans la serre : boîtiers électriques avec protection des circuits, démarreurs, lignes, canaux électriques … 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_2 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) **[10]**.

I.1.6. Les équipements d'une serre

I.1.6.1. Générateur d'air

Les générateurs d'air chaud (figure I.6) 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**[11]**.



Figure I.6. Un chauffage d'air.

I.1.6.2. Extracteurs

Les ventilateurs extracteurs (figureI.7) 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**[11]**.



Figure I.7. Un extracteur.

I.1.6.3. L'humidificateur

Un humidificateur permet d'incorporer un grand nombre de microparticules 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. L'humidificateur (figure I.8) 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 soluble**[11]**.



Figure I.8. Un humidificateur.

I.1.6.4. Brasseur d'air

Les brasseurs d'air ou ventilateurs (figure I.9) permettent d'obtenir un mouvement 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_2 par les cultures. Ils peuvent aussi être employés comme soutien des extracteurs ou bien comme systèmes d'humidification ou d'application de traitements **[11]**.



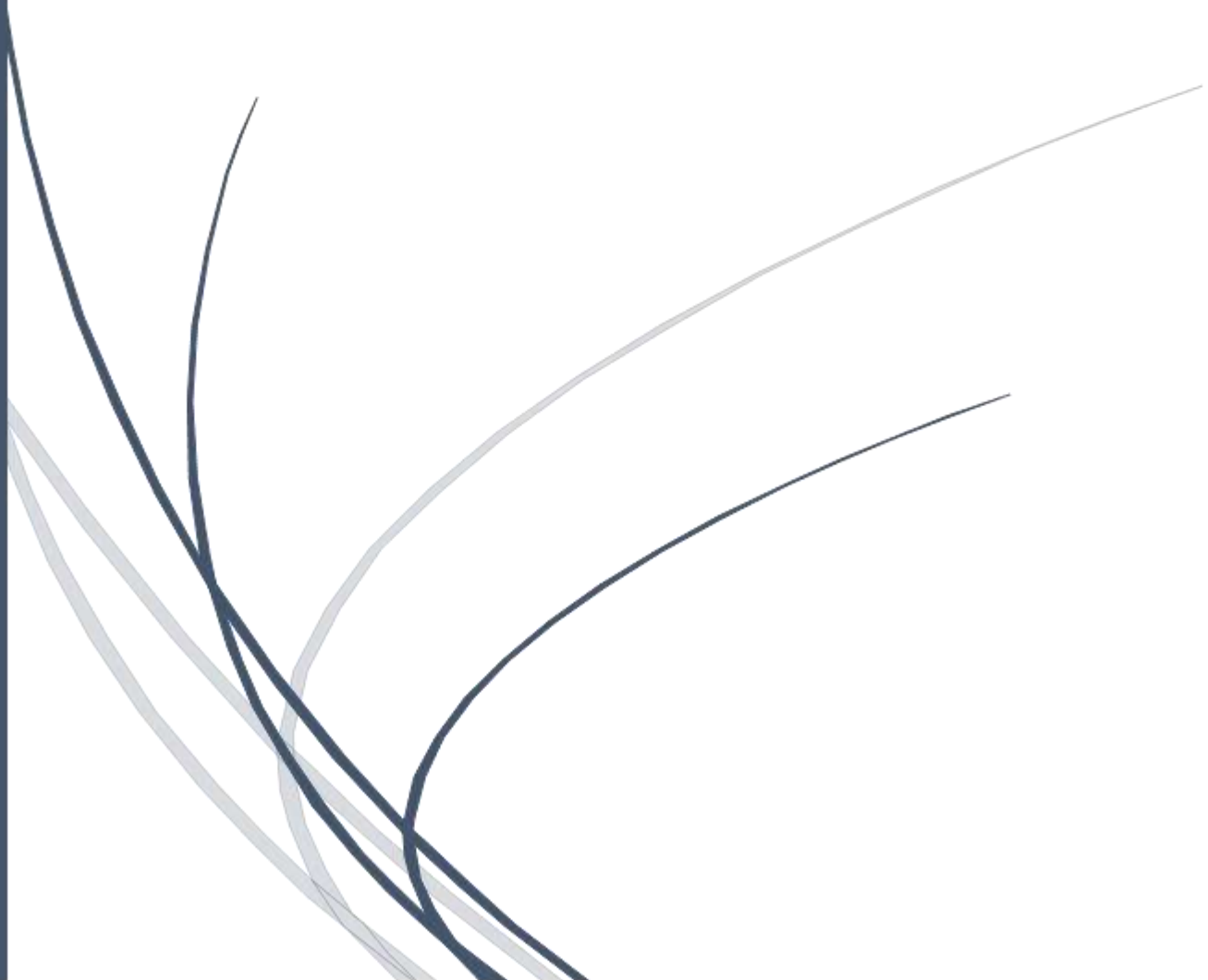
Figure I.9. Un brasseur d'air.

Conclusion

Le choix d'une structure de serre, des équipements et de la conduite climatique est le maillon clé de la qualité de la serre-culture. Dans ce chapitre nous avons vu les types de serres agricoles les plus populaires, ensuite nous avons défini les différents composants nécessaires à la gestion efficace des paramètres climatiques sous serre. En fin nous avons déterminé les paramètres les plus agissants sur la croissance de la culture sous serre. L'amélioration de la gestion du climat repose sur une meilleure connaissance de la physiologie des plantes afin de déterminer ses besoins et les répercussions de l'environnement sur le fonctionnement de la culture.

CHAPITRE II

LA LOGIQUE FLOUE



Introduction

La complexité des opérations industrielles nécessite une méthode de contrôle sophistiquée, parmi ces méthodes on cite le réglage par logique floue, le mot flou est un terme technique représentant l'ambiguïté ou le caractère vague des intuitions humaines plutôt que la probabilité. Donc, la commande floue sert à prendre une décision même si l'on ne peut pas estimer les entrées/sorties qu'à partir de prédicats vagues ou lorsque ses entrée/sorties sont entachées d'erreurs que l'on peut évaluer que grossièrement.

La logique floue présente plusieurs avantages tels que sa capacité de contrôlées des performances dynamiques et ses qualités intéressantes de robustesse, le but de ce chapitre est de présenter un rappel sur la logique floue, ces domaines d'application, le principe, les éléments de base et le mécanisme d'inférence floue.

II.1.Historique

Aujourd'hui, la logique floue (en anglais fuzzy logic) est de grande actualité. En réalité elle existe déjà depuis longtemps et nous pouvons diviser son histoire de développement en trois étapes. Ce sont les paradoxes logiques et les principes de l'incertitude d'Heisenberg qui ont conduit au développement de la ″logique à valeurs multiples″ ou ″logique floue" dans les années 1920 et 1930. En 1937, le philosophe Max Black a appliqué la logique continue, qui se base sur l'échelle des valeurs vraies {0, l /2, 1} pour classer les éléments ou symboles **[13]**.

Les bases théoriques de la logique floue ont été établies en 1965 par le professeur Lofti Zadeh. A cette époque, cette théorie a été appliquée dans des domaines non techniques, comme le commerce, la jurisprudence ou la médecine, dans le but de compléter les systèmes experts et afin de leur donner l'aptitude de prise de décision. En 1973, le professeur Zadeh publie un article, il y mentionne pour la première fois le terme de variables linguistiques (dont la valeur est un mot et non un nombre). En 1974, Mamdani (Université de Londres) réalise un contrôleur flou expérimental pour commander un moteur à vapeur. En 1980, Smidth et Co. A.S (au Danemark), mettent en application la théorie de la logique floue dans le contrôle d'un four à ciment. C'est la première mise en œuvre pratique de cette nouvelle théorie. En 1987, 'explosion du flou' au Japon (avec le contrôle du métro de Sendaï), qui atteint son apogée en 1990. Tout récemment, en Europe et en Amérique du Nord, une intense activité de recherche a débuté afin de développer de nouveaux produits, même pour des objets de la vie courante à une étiquette produit flou **[14]**.

II.2.Domaine d'application

Les systèmes flous ont été utilisés dans une large variété d'applications industrielles, gestionnaires et médicales. Parmi ses applications on peut citer **[15]** :

- Systèmes audio-visuels (appareils de photos autofocus, caméscope à stabilisateur d'images, photocopieurs,...).
- Appareils électroménagers (lave-linge, aspirateurs, autocuiseurs,...etc.).
- Systèmes autonomies mobiles.
- Systèmes de transport (train, métro, ascenseur,...).
- Systèmes de contrôle/commande dans la plupart des domaines industriels de production.

II.3.Principe de la logique floue

La logique floue repose sur la théorie des ensembles flous développée en 1960, (automaticien contemporain de l'université de Californie de Berkeley). À côté d'un formalisme mathématique fort développé, nous préférons aborder la présentation de manière intuitive. Le terme «logique floue » a deux aspects:

- Le premier correspond à tous les développements concernent la théorie des ensembles flous.
- Le deuxième représente une extension de la logique classique dans le but de raisonner sur des connaissances imparfaites.

Pour le cas de la logique classique (logique de Boole) qui admet deux valeurs 0 ou 1, la classification des personnes, selon leurs âges pourraient se faire comme illustré dans la figure II.1.Toutes les personnes âgées de moins de 30 ans appartiennent à l'ensemble jeune et toutes les personnes âgées de plus 50 ans sont considérées comme appartenir à l'ensemble « âgé ».Cependant, une telle logique de classification n'est même pas logique, car la question qui se pose : pourquoi une personne âgée de 50 ans doit être considérée comme appartenant à l'ensemble « âgé ». En réalité un tel passage se fait progressivement et individuellement. En autre lors de la classification par logique classique on ne prend pas en considération des personnes situées dans la zone « entre deux âges ».

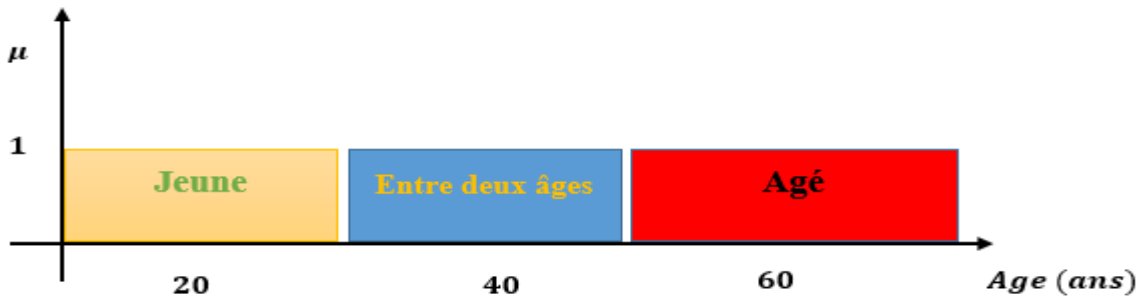


Figure II.1. Classification des personnes en trois ensembles, selon la logique classique.

La logique floue, dont la fonction d'appartenance peut prendre n'importe quelle valeur entre zéro et un permet de tenir compte de cette réalité. Il est donc possible de trouver une autre classification pour l'exemple précédent à l'aide de la logique floue. Les limites ne varient pas soudainement mais progressivement comme le montre la figure II.2.

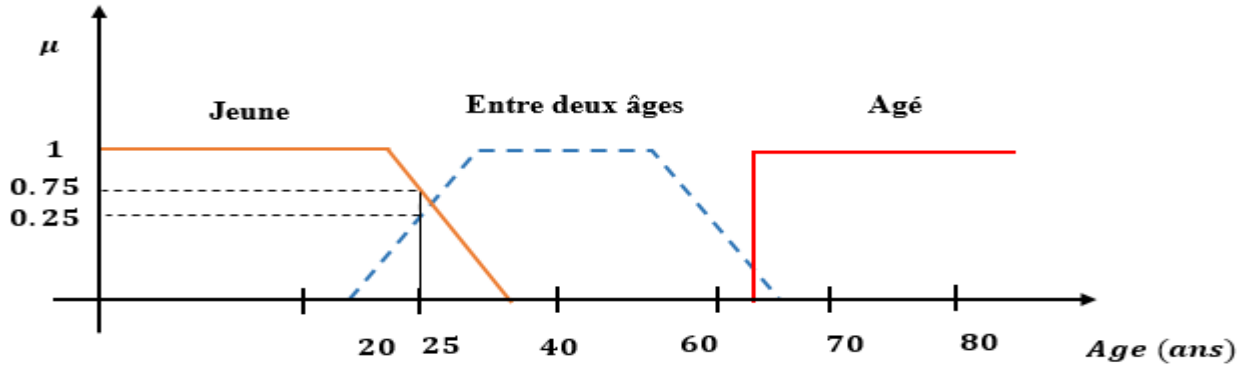


Figure II.2. Classification des personnes en trois ensembles selon, la logique floue.

II.4.Eléments de base de la logique floue

Dans cette partie, on va exposer d'une façon non exhaustive les éléments de base de la logique floue.

II.4.1. Variables linguistiques

La description imprécise d'une certaine situation, d'un phénomène ou d'une grandeur physique ne peut se faire que par des expressions relatives ou floues à savoir : grand, petit, positif, négatif, nul, chaud, froid, etc. Ces différentes classes d'expressions floues dénommées ensemble flous constituent ce qu'on appelle les variables linguistiques. Afin de pouvoir traiter numériquement ces variables linguistiques (normalisées généralement sur un intervalle bien déterminé appelé univers de discours), il faut les soumettre à une définition mathématique à base de fonctions d'appartenance qui montrent le degré de vérification de ces variables linguistiques relativement aux différents sous-ensembles flous de la même classe.

II.4.2. Ensembles floues

Dans la théorie classique des ensembles, c'est la fonction caractéristique qui définit l'ensemble. Cette fonction ne prend que les deux valeurs discrètes 0 (l'élément n'appartient pas ...) ou 1 (l'élément appartient à l'ensemble). Par contre, l'élément de base de la logique floue est l'ensemble flou ; défini par une fonction d'appartenance qui peut prendre toutes les valeurs réelles comprises entre 0 et 1 qui joue un rôle fondamental pour le passage du qualitatif au quantitatif. Le concept de

ce dernier a pour but d'éviter le passage brusque d'une classe à une autre et de permettre des graduations dans l'appartenance d'un élément à une classe ; c'est-à-dire d'autoriser un élément à appartenir plus ou moins fortement à une classe.

II.4.3. Fonctions d'appartenance

Les fonctions d'appartenance peuvent théoriquement prendre n'importe quelle forme, mais en général, les fonctions d'appartenance les plus utilisées sont définies par des formes géométriques ou des fonctions. Les fonctions d'appartenance sont le plus souvent représentées par les fonctions triangulaire et trapézoïdale, donc par des segments de droite, les fonctions sont alors dites linéaires par morceaux. Dans la plupart des cas, et en particulier pour le réglage par la logique floue, ces deux formes sont suffisantes pour délimiter des ensembles flous **[16]**.

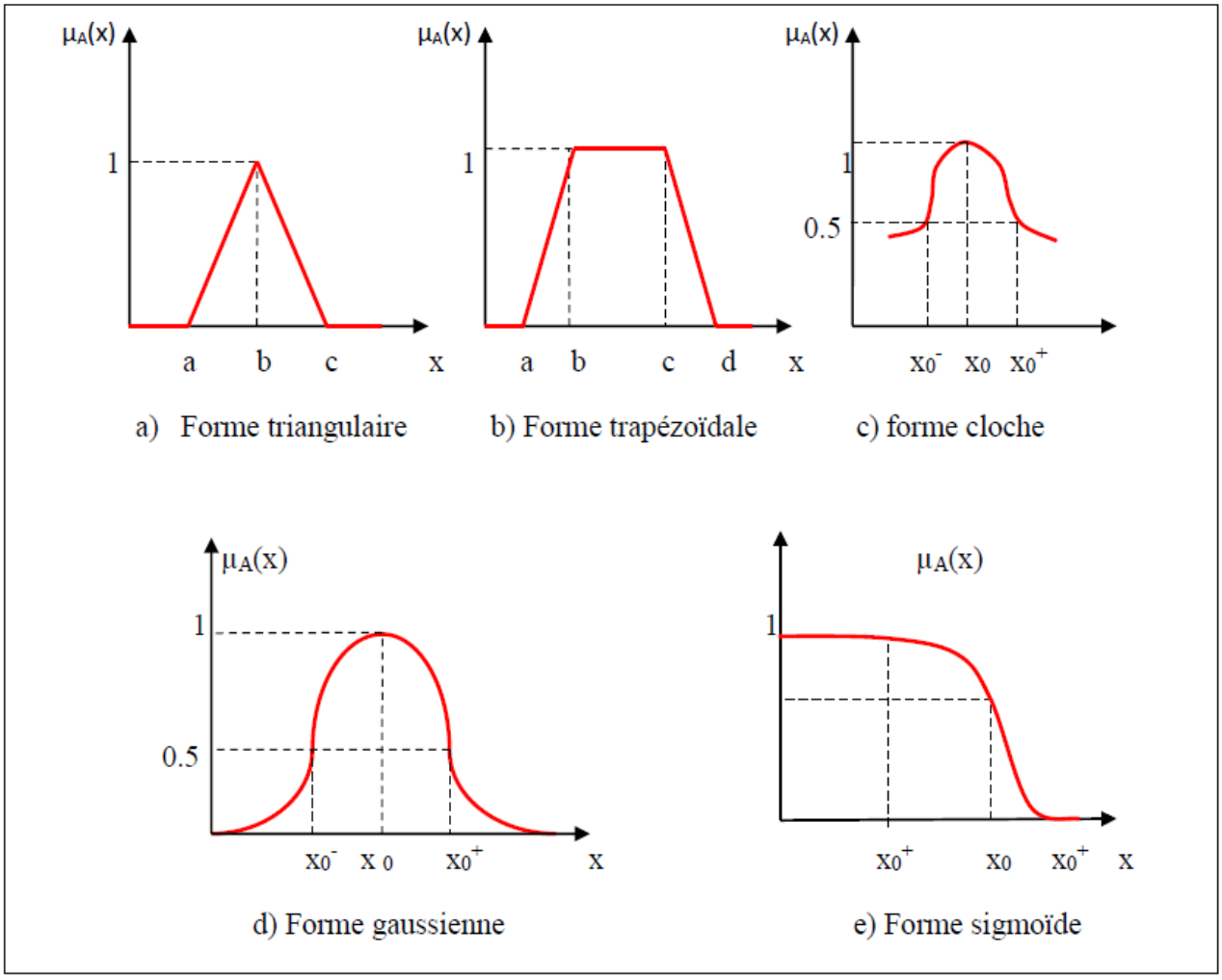


Figure II.3. Différentes formes des fonctions d'appartenance.

Pour certaines situations, les fonctions d'appartenance sont égales à l'unité pour une seule valeur de la variable et égale à 0 pour les autres comme le montre la figure (II.4).Elles prennent alors le nom de « fonction d'appartenance singleton ». Elle correspond dans le domaine flou à une valeur particulière de cette variable .

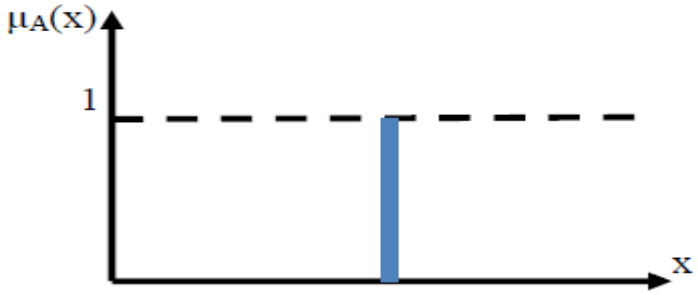


Figure II.4. Fonction d'appartenance singleton.

II.4.4.Opérateurs de la logique floue

Une fois les ensembles flous définis, des mathématiques concernant ce type d'ensemble ont été développées. Les méthaniques élaborées ressemblent beaucoup à celles reliées à la théorie des ensembles conventionnels. Les opérateurs d'union, d'intersection et de négation existent pour les deux types d'ensemble. Les opérateurs habituels, soit l'addition, la soustraction, la division et la multiplication de deux ou plusieurs ensembles flous existent aussi. Toutefois, ce sont les deux opérateurs d'union et d'intersection qu'on utilise le plus souvent dans la commande par la logique floue.

- **Opérateur NON**

$$c = \bar{a} = (a) \qquad \text{(II.1)}$$

$$(x) = 1 - (x) \qquad \text{(II.2)}$$

- **Opérateur ET**

L'opérateur ET correspond à l'intersection de deux ensembles a et b et on écrit :

$$c = a \cap b \qquad \text{(II.3)}$$

Dans le cas de la Logique floue, l'opérateur ET est réalisé dans la plupart des cas par la formation du minimum, qui est appliquée aux fonctions d'appartenance $\mu_a(x)$etμ_b (x)des ensembles a et b, à savoir :

$$\mu c = min\,\{\mu a, \mu b\} \qquad \text{(II. 4)}$$

Où μa, signifient respectivement le degré d'appartenance à l'ensemble a, b et c. On parle alors d'opérateur minimum.

❖ **Opérateur OU**

L'opérateur OU correspond à l'union de deux ensembles a et b et on écrit :

$$c = a \cup b \qquad \text{(II.5)}$$

Il faut maintenant calculer le degré d'appartenance à l'ensemble c selon les degrés des ensembles a et b. Cela se réalise par la formation du maximum. On a donc l'opérateur maximum.

$$\mu c = max\,\{\mu a,\} \qquad \text{(II. 6)}$$

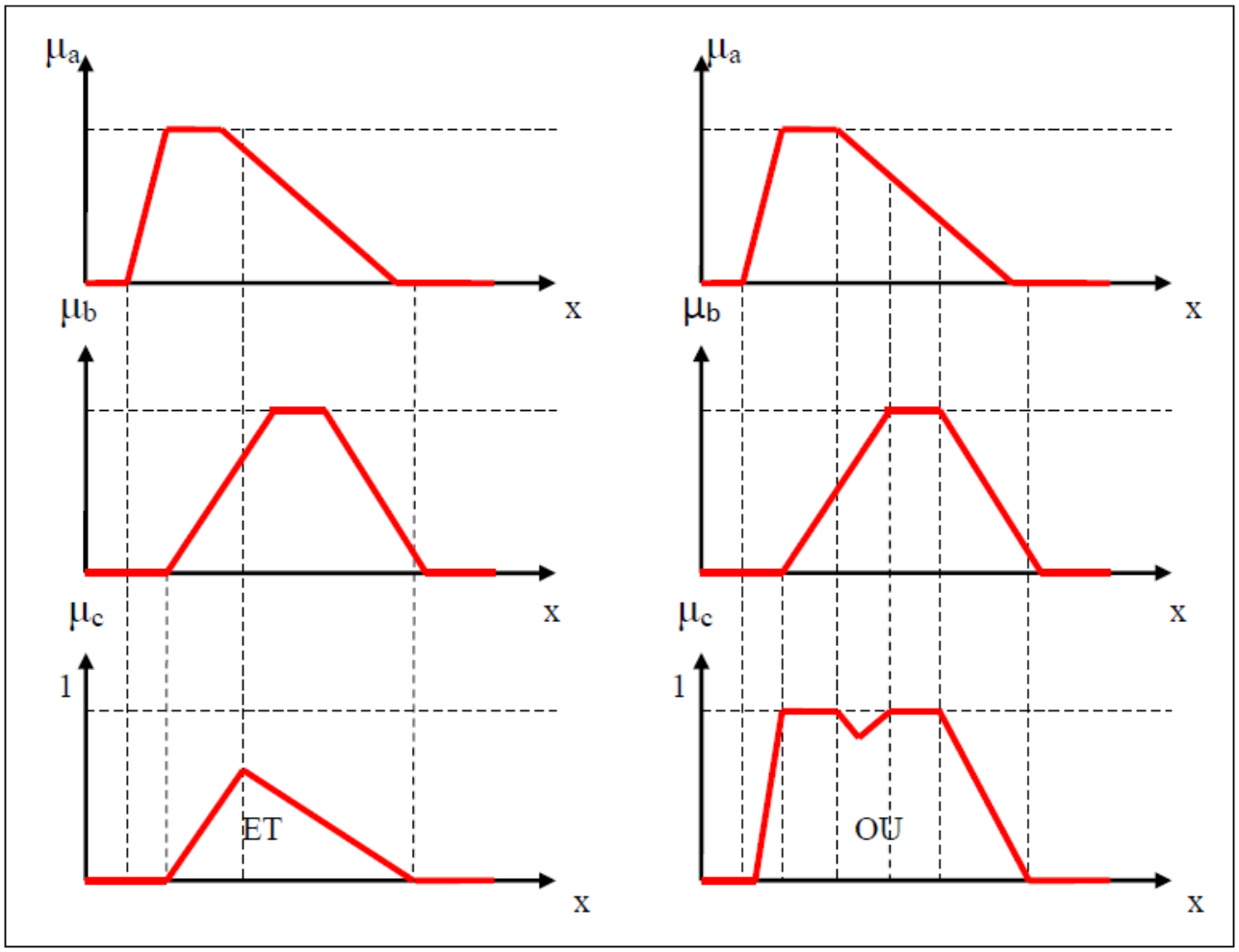


Figure II.5. Opérateur ET et OU

➢ **Autres réalisations pour les opérateurs ET et OU**

❖ **Opérateurs ET et OU, réalisés par opérateurs arithmétiques**

Souvent, l'opérateur ET est réalisé par la formation du produit appliqué aux fonctions d'appartenance, selon la relation :

$$\mu_c(x) = \mu_a\ ET\ \mu_b(x) = \mu_a(x).\mu_b(x) \qquad \text{(II. 7)}$$

Il s'agit de l'opérateur produit. La fonction d'appartenance résultante est toujours inférieure ou égale à 1. Elle reste donc à l'intérieur de l'intervalle défini par $\mu \in [0,1]$. La règle de calcul (II.7) peut être étendue à plus de deux termes dans le produit lorsqu'il faut combiner trois ou plusieurs

ensembles. L'opérateur produit est souvent utilisé dans le domaine de réglage et de commande par logique floue comme alternative à l'opérateur minimum. Par analogie, on peut réaliser l'opérateur OU par la formation de la somme des fonctions d'appartenances ou plus précisément par la valeur moyenne, à savoir:

$$\mu_c(x) = \mu_{a\ OU\ b}(x) = \frac{1}{2}[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad (II.8)$$

On parle alors de l'opérateur somme. La somme est divisée par 2. En effet, il est fort possible que la somme [μa (x) +μb (x)] dépasse le domaine admissible [0,1]. Afin que cette somme reste dans le domaine défini, on peut l'écrêter ou la normaliser, comme effectuer dans la définition(II.8). Dans ce cas aussi, il est possible d'étendre la règle de calcul (II-8) à plusieurs termes. Il faut alors diviser la somme par le nombre de termes, afin d'obtenir une normalisation simple.

- **Opérateurs ET floue et OU floue**

Les opérateurs ET floue et OU floue sont des opérateurs combinés entre l'opérateur minimum et la moyenne arithmétique.

L'opérateur ET flou est défini par la formule:

$$\mu_c(x) = \gamma\ min[\mu_a(x), \mu_b(x)] + \frac{1-\gamma}{2}[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad II.9$$

Et l'opérateur OU flou par la formule :

$$\mu_c(x) = \gamma\ max[\mu_a(x), \mu_b(x)] + \frac{1-\gamma}{2}[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad II.10$$

Avec le facteur [0,1], il est possible de pondérer l'influence des deux termes. Pour γ=1, on aboutit respectivement à l'opérateur minimal ou maximal. Par contre, pourγ =0, on obtient pour les deux opérateurs la moyenne arithmétique correspondant à l'opérateur somme selon (II.8). Dans ce cas, le ET flou et le OU flou se confondent. On peut étendre les deux opérateurs ET flou et le OU flou à trois ou à plusieurs termes. La somme qui apparaît entre crochets doit alors être divisée par le nombre de termes de la somme. La figure II.5 représente l'opérateur ET flou et montre l'influence du facteur γ sur l'allure de la fonction d'appartenance μc(x).

L'influence du facteur γ sur la fonction d'appartenance résultante pour l'opérateur OU flou est mise en évidence par la figure II.6.

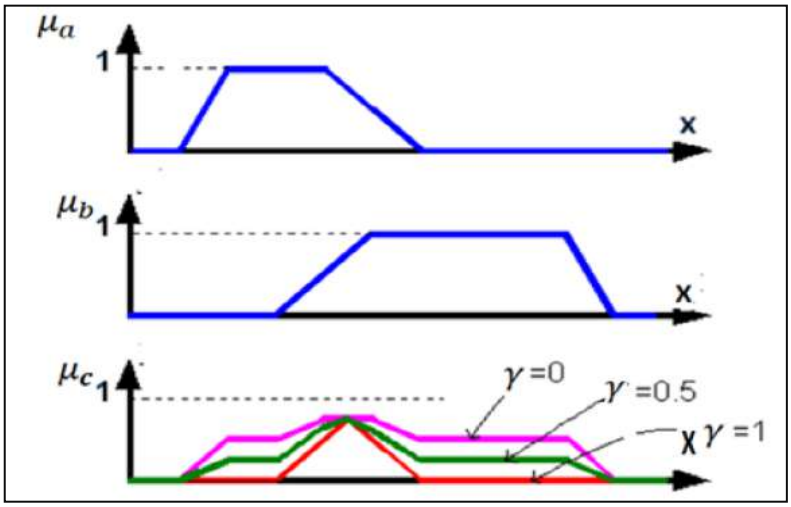


Figure II.6. Opérateur ET flou réalisé par la relation (II.9).

❖ **Opérateurs min-max et opérateur γ**

L'opérateur min-max est défini par la combinaison des opérateurs minimum et maximum selon l'équation suivante:

$$\mu_c(x) = \gamma\, min[\mu_a(x), \mu_b(x)] + (1-\gamma) max[\mu_a(x) + \mu_b(x)] \qquad \text{II. 11}$$

Le facteur $\gamma \in [0,1]$, permet de pondérer les deux opérateurs. Pour$\gamma = 1$, on obtient l'opérateur ET, réalisé par la formation du minimum, tandis que pour $\gamma = 0$, on aboutit à l'opérateur OU, réalisé par la formation du maximum (la figure II.7).

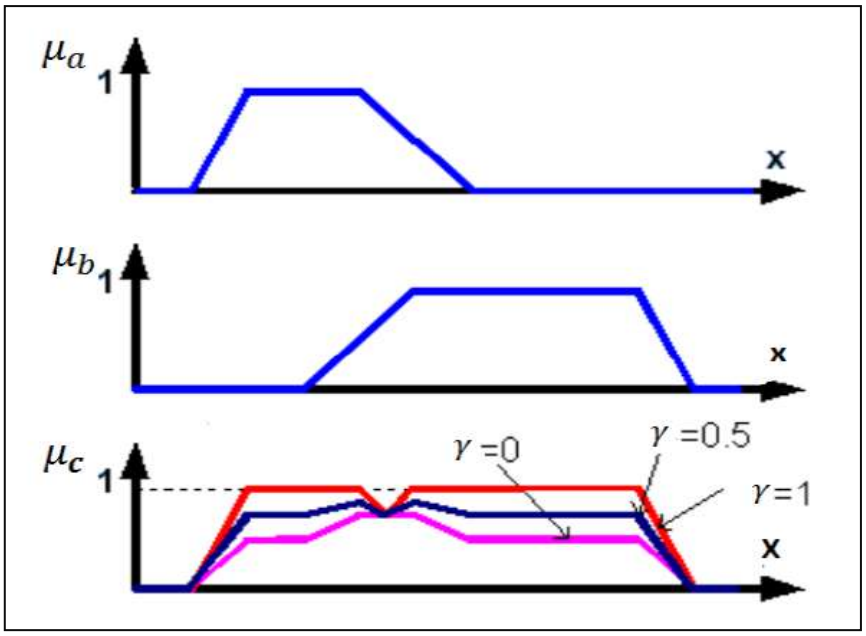


Figure II.7. Opérateur OU flou réalisé par la relation (II-10).

Par contre, $\gamma = 0{,}5$conduit à l'opérateur OU, réalisé par la formation de la somme. La figure (II.8) montre de l'effet de l'opérateur min-max en fonction du facteurγ. On constate bien la grande variation de l'allure de la fonction d'appartenance résultante.

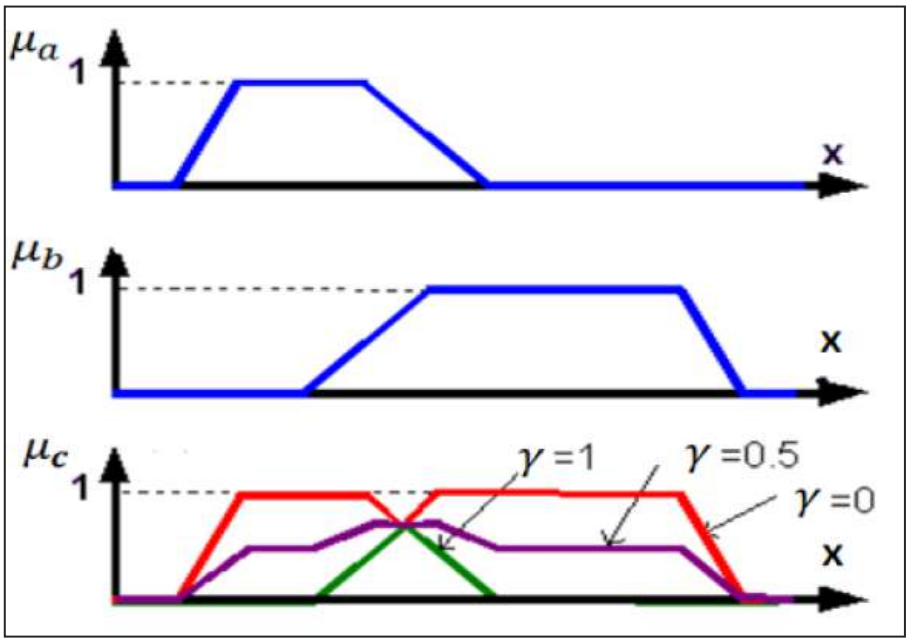


Figure II.8. Opérateur min-max réalisé par la relation (II-11).

II.4.5.Règles floues

La règle floue est une relation exprimée à l'aide d'une implication entre deux propositions flous, par exemple, considérons deux variables linguistiques (V_1, U, T_{v1}) (V_2, U, T_{v2}) et les deux propositions suivantes 'V_1 et A','V_2 est B', ou A et B sont deux ensembles flous de V_1 et V_2. On peut définir la règle floue par l'expression, si V_1 et A Alors V_2 est B.

Généralement, plusieurs règles floues sont nécessaires pour prendre une décision face à une situation donnée. On s'intéresse au cas de plusieurs règles floues dans le domaine de la commande et la régulation. Les règles floues peuvent être décrites de plusieurs façons:

- Linguistiquement
- Symboliquement
- Par matrice d'inférence

II.5.Commande par logique floue

La commande floue est certainement le domaine d'application de la logique floue le plus utilisé. Son but est, comme en automatique classique de gérer un processus, selon une consigne désirée, par action sur des grandeurs physiques. Sa particularité est de reproduire le comportement d'un opérateur humain, plutôt que de réaliser un modèle mathématique du système.

II.6.Constitution d'un système floue

Un système flou est composé de quatre parties essentielles :

- La base de connaissance constituée d'une base de données et d'une base des règles.
- Le système d'inférence.
- L'interface de fuzzification.
- L'interface de déffuzzification.

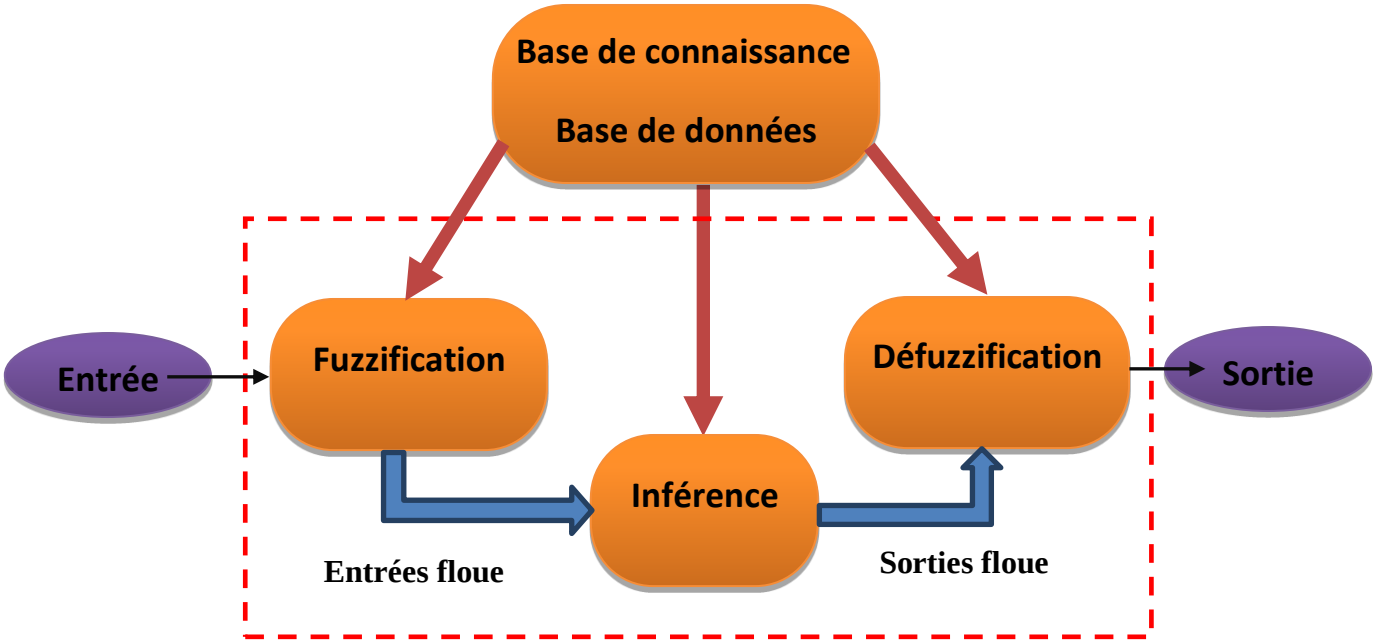


Figure II.9. Schéma général d'un système floue.

II.6.1. Interface de fuzzification

La fuzzification est l'opération de projection des variables physiques réelles sur des ensembles flous caractérisant les valeurs linguistiques prises par ces variables. Le bloc de fuzzification effectue les fonctions suivantes:

- établit les plages de valeurs pour les fonctions d'appartenance à partir des valeurs des variables d'entrées.
- effectue une fonction de fuzzification qui convertit les données d'entrée en valeurs linguistiques convenables qui peuvent être considérées comme l'étiquette des ensembles flous. Cette opération doit être effectuée dans un domaine normalisé généralement par l'intervalle [-1,1] afin de faciliter le calcul.

II.6.2. Base de règle

C'est la collection de règle qui permet de lier les variables floues d'entrée et de sortie, elles ont la forme: "if- then" ou "si-alors", elles peuvent être écrites textuellement faisant appel à des entrées et à des sorties et elles sont données par des experts d'une manière directes numériques ou par des termes ou variables linguistique à travers des fonctions d'appartenance.

II.6.3. Mécanisme d'inférence floue

Le principe de cette opération consiste à établir la liaison entre les grandeurs d'entrée du régulateur exprimés par des termes linguistiques et la variable de sortie sous sa forme linguistique à partir d'une parfaite connaissance du système à régler et d'une expertise concernant le fonctionnement du processus à régler. Les trois méthodes d'inférence les plus usuelles sont :

- Max-Produit.
- Somme-produit.
- Max-Min (Implication de Mamdani).

II.6.4. Interface de Défuzzification

Comme nous avons vu dans la section précédente, les méthodes d'inférence fournissent un résultat qui est une fonction d'appartenance. Or, la sortie du contrôleur est en général une grandeur continue, prenant sa valeur dans un intervalle. La défuzzification est le traitement qui permet de définir une correspondance entre le résultat de l'inférence et la grandeur continue fournit en sortie [26].Plusieurs stratégies de défuzzification ont été développées. Les plus utilisées sont :

II.6.5.Méthode du maximum

Comme son nom l'indique, la commande en sortie est égale à la commande ayant la fonction d'appartenance maximale. La méthode du maximum simple, rapide et facile, mais elle introduit des ambiguïtés et une discontinuité de la sortie (parfois on trouve deux valeurs maximales).

II.6.6.Méthode de la moyenne du maximum

Elle considère, comme valeur de sortie, les moyennes de toutes les valeurs pour lesquelles la fonction d'appartenance issue de l'inférence est maximale.

II.6.7.Méthode du centre de gravité

La méthode du centre de gravité c'est la méthode de Défuzzification la plus utilisée, son principe repose sur la détermination de l'abscisse du centre de gravité x* de la fonction d'appartenance résultante de l'inférence Y C(z). Cette abscisse correspond à la valeur de sortie du régulateur.

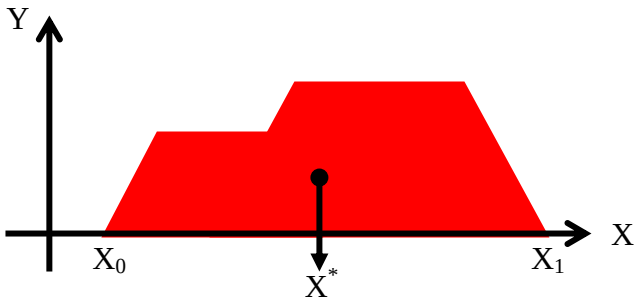


Figure II.10 : Défuzzification par centre de gravité.

$$X^* = \frac{\int_{x_0}^{x_1} x.Y(x).dx}{\int_{x_0}^{x_1} Y(x).dx} \qquad \text{II. 12}$$

Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre une synthèse sur les théories des ensembles flous, ainsi que les outils mathématique nécessaire à leur manipulation. Nous avons ainsi montré l'intérêt de cette théorie pour formaliser le traitement de l'inconsistance et de l'incertitude sur le modèle d'un système et pour en interpréter le comportement dynamique par un ensemble des règles linguistiques, traduit en langage simple et interprétable. La commande des systèmes complexes constitue un domaine d'application intéressant pour l'application de cette théorie. Dans ce cadre nous avons présenté et analyser la structure interne d'un système d'inférence flou, ainsi que les différents types de contrôleur existants.

CHAPITRE III

Synthèse et implémentation du contrôleur de la serre par logique floue

Introduction

Le contrôle climatique de la serre est une procédure compliquée à cause de nombre de variables impliquées. Ce projet présente une contribution à l'intégration de la serre à l'intérieur paramètres de la clé climatique, ce qui conduit à promouvoir un microclimat confortable tout en économisant l'énergie. Un système de contrôle intelligent basé sur la logique floue a été introduit et améliorée par un commande spécifique spécifique à la corrélation de température/d'humidité.[1]

III.1.Réalisation et implémentation du système

III.1.1.Cahier de charges

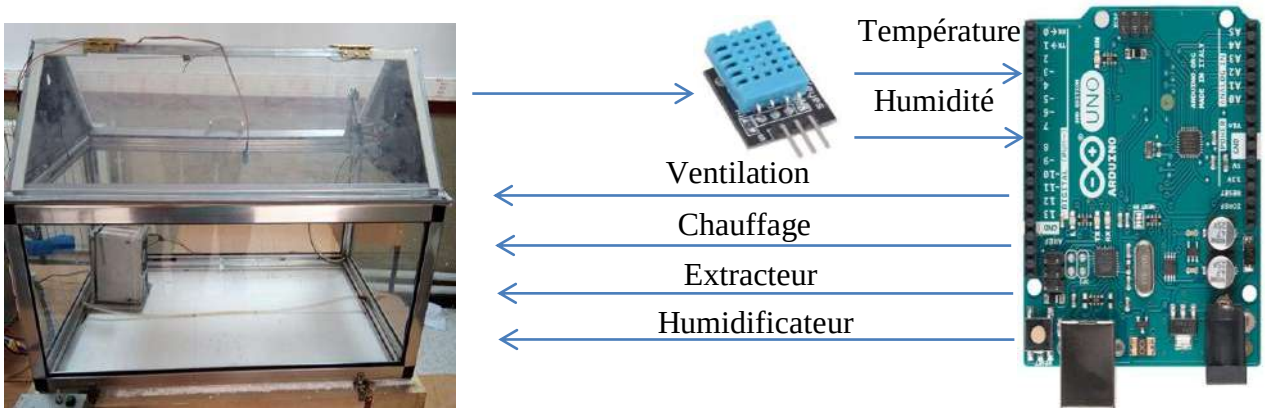
La serre intelligente est une régie autonome qui a pour but de créer et de maintenir le milieu idéal et les conditions favorable donnés par l'utilisateur pour une végétation sans pour autant demander une intervention ouvrière et par conséquent plus de produit et moins demain d'œuvre ce qui nous remet à l'objectif initial du projet qui est de minimisée les coûts et augmenter le rendement.

Afin de réaliser notre projet nous devions élaborer un cahier des charges qui nous impose les conditions suivantes:

- Le contrôle est réalisé la technique floue implémenté dans un contrôleur de type Arduino UNO.
- La température aussi que l'humidité sur contrôlées en prenant en compte l'interaction qui existent entre les deux grandeurs.
- Un intervalle de contrôle [20,34] °C pour la température, [10 80] % pour l'humidité

III.1.2.Schéma fonctionnel

La figure III.1 illustre les différents gradeurs du système développé



FigureIII.1.Schéma fonctionnel

III.1.3.Choix du matériel

III.1.3.1.Arduino UNO



FigureIII.2.Carte Arduino UNO

Il y a de nombreuses cartes électroniques qui possèdent des plateformes basées sur des microcontrôleurs disponibles pour l'électronique programmée. Tous ces outils prennent en charge les détails compliqués de la programmation et les intègrent dans une présentation facile à utiliser. De la même façon, le système Arduino (figureIII.2) simplifie la façon de travailler avec les microcontrôleurs tout en offrant à personnes intéressées plusieurs avantages cités comme suit :

- **Le prix (réduits)**

  Les cartes Arduino sont relativement peu coûteuses comparativement aux autres plates-formes. La moins chère des versions du module Arduino peut être assemblée à la main.

- **Multi plateforme**

  Le logiciel Arduino, écrit en JAVA, tourne sous les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh et Linux. La plupart des systèmes à microcontrôleurs sont limités à Windows.

- **Un environnement de programmation clair et simple**

  L'environnement de programmation Arduino (le logiciel Arduino IDE) est facile à utiliser pour les débutants, tout en étant assez flexible pour que les utilisateurs avancés puissent en tirer profit également.

- **Logiciel Open Source et extensible**

  Le logiciel Arduino et le langage Arduino sont publiés sous licence open source, disponible pour être complété par des programmateurs expérimentés.

  Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application JAVA multi plateformes (fonctionnant sur tout système d'exploitation), servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le programme au travers de la liaison série (RS232, Bluetooth ou USB selon le module).

- **Matériel Open source et extensible**

les cartes Arduino sont basées sur les Microcontrôleurs Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328, les schémas des modules sont publiés sous une licence créative Commons, et les concepteurs des circuits expérimentés peuvent réaliser leur propre version des cartes Arduino, en les complétant et en les améliorant. Même les utilisateurs relativement in expérimentés peuvent fabriquer la version sur plaque d'essai de la carte Arduino, dont le but est de comprendre comment elle fonctionne pour économiser le coût[2].

➢ Caractéristique technique

- Un microcontrôleur ATMega328 est un circuit intégré qui rassemble un ensemble d'éléments qui ont chacun une fonction bien déterminée, l'architecture interne de ce circuit programmable se compose essentiellement sur :

  - **La mémoire Flash :** C'est celle qui contiendra le programme à exécuter. Cette mémoire est effaçable et réinscriptible mémoire programme de 32Ko (dont bootloader de 0.5 ko)**.**

  - **RAM :** c'est la mémoire dite "vive", elle va contenir les variables du programme. Elle est dite "volatile" car elle s'efface si on coupe l'alimentation du microcontrôleur. Sa capacité est 2 ko**.**

  - **EEPROM :** C'est le disque dur du microcontrôleur. On y enregistre des infos qui ont besoin de survivre dans le temps, même si la carte doit être arrêtée. Cette mémoire ne s'efface pas lorsque l'on éteint le microcontrôleur ou lorsqu'on le reprogramme.

- Cette carte possède 14 broches numériques (numérotée de 0 à 13) peut être utilisée soit comme une entrée numérique, soit comme une sortie numérique et 6 entrées analogiques (numérotées de 0 à 5)[3]

III.1.3.2.Capteur de température et d'humidité

Le capteur DHT11 (figure III.3) fournit une information numérique proportionnelle à la température et l'humidité mesurée. Il est constitué d'un capteur de température à base de thermistances CTN, d'un capteur d'humidité résistif et un microcontrôleur qui s'occupe de faire les mesures, de les convertir et de les transmettre. Il s'interface grâce au protocole OneWire qui permet de transmettre et de recevoir des données sur un seul fil, cette technologie utilisée par le capteur DHT11 garantie une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide[4].



FigureIII.3.Capteur de température et d'humidité DHT11

III.1.3.3.Les relais

Le relais (figure III.4) joue le rôle d'un interrupteur commandé. Un relaie électromécanique est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (électro-aimant). Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique métallique monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts électriques.



FigureIII.4.Relai

III.1.3.4.Le ventilateur et l'extracteur

Les extracteurs (ventilateurs) (figure III.5) permettent de forcer l'aération dans la serre afin de garder les paramètres climatiques au voisinage des consignes choisies. Dans la réalisation de notre cas, nous avons utilisé un ventilateur de PC (12v).



FigureIII.4.Ventilateur de PC

III.1.3.5.L'humidificateur

Nous avons utilisé un humidificateur artisanal, qui permet d'augmenter le pourcentage d'humidité présente dans l'air. Son principe de fonctionnement basé sur un chauffe-eau électrique qui permet de créer un nuage de vapeur voir figure III.23 donner plus de détails dur l'humidificateur

III.1.3.6.Chauffage électrique soufflant

Le chauffage que nous avons utilisé dans ce projet permet d'augmenter la température de l'air dans la serre, voir figure III.23 donner plus de détails dur l'humidificateur

III.1.3.7.L'alimentation

Pour la réalisation du prototype notre projet, nous avons utilisé une alimentation d'ordinateur de bureau (figure III.5).

Nous avons besoin d'une alimentation avec les caractéristiques suivantes :

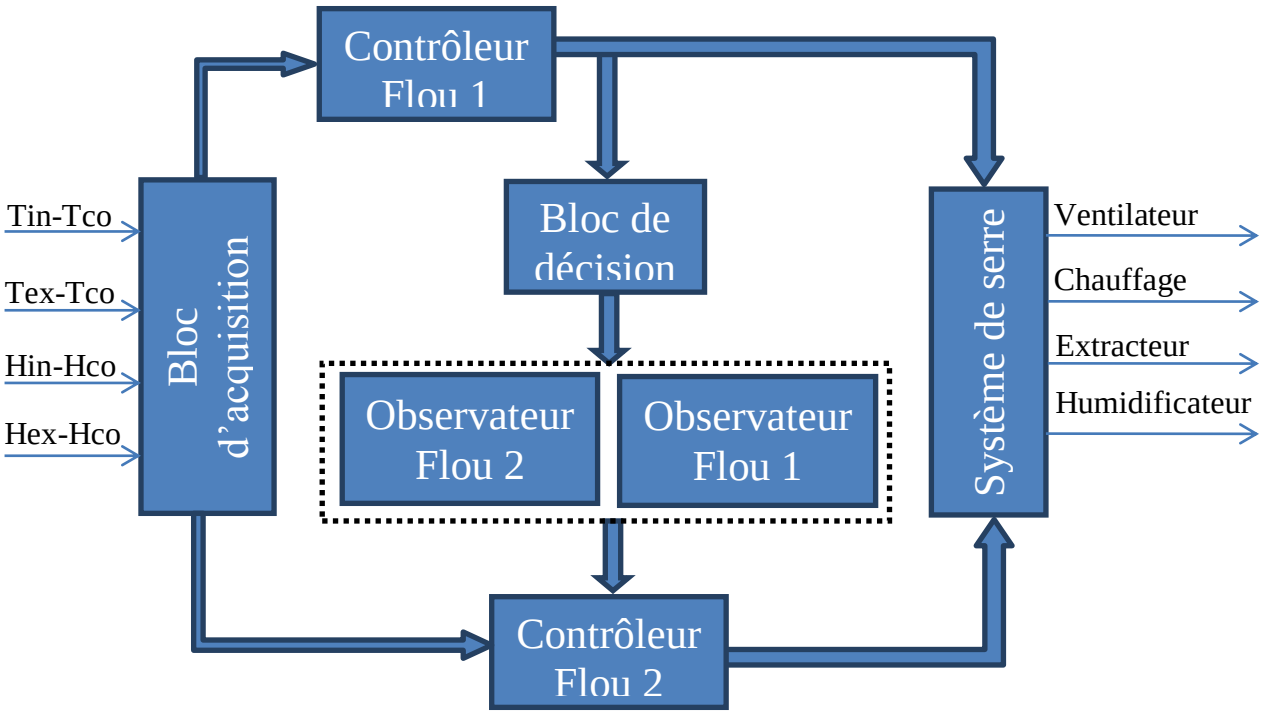
- Entrée : une tension alternative de 220V à 50Hz ;
- Sorties : tensions continuent de 12V



FigureIII.5.Alimentation de PC

III.2.Organigramme de système

La figure III.6 donne une idée générale sur le contrôle réalisé



FigureIII.6.Organigramme de système

Tin : Température intérieure

Tex : Température extérieur

Tco : Température consigne

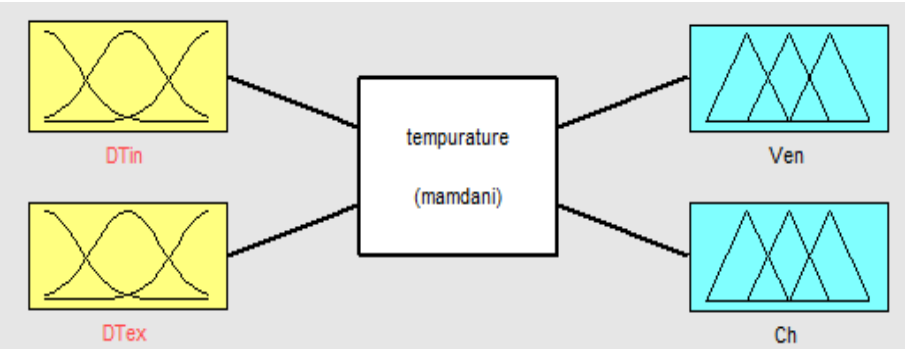
Hin : Humidité intérieure

Hex : Humidité extérieur

Hco : Humidité consigne

III.3.Cotroleur flou 1(CF1)

Le contrôleur flou 1 (figureIII.7) contient deux entrés et deux sorties, il permet de calculer la période de temps d'activation de ventilateur ou de chauffage à partir de la différence entre la température intérieure et la consigne et entre la température extérieure et la consigne



FigureIII.7.Controleur floue

III.3.1.Fonction d'appartenance et Variables linguistique

L'entrée 1 :**DTin (température intérieur – température consigne)**

- l'univers de discours [-10 10]
- variable linguistique (classes) [NB, NM, Z, PM, PB] :

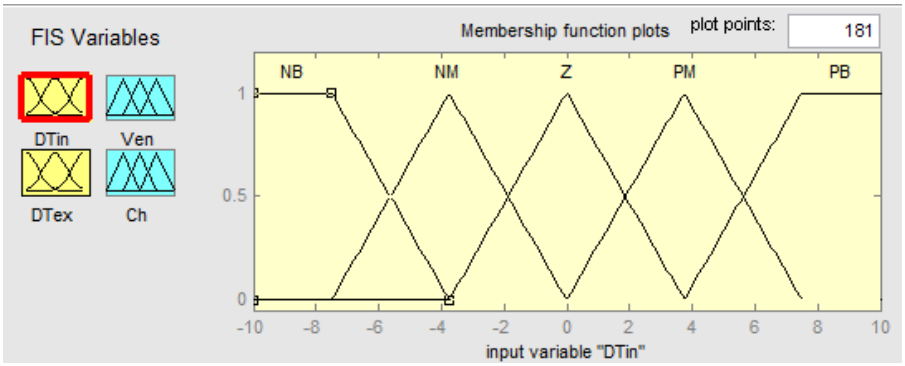
  NB : négative bas

  NM : négative moyen

  Z : zéro

  PM : positive moyen

  PB : positive bas



FigureIII.8.L'entrée 1 du contrôleur floue 1

- **L'entrée 2 : DTex (température extérieur – température consigne)**

  - l'univers de discours [-20 20]
  - variable linguistique (classes) [NB, NM, Z, PM, PB] :

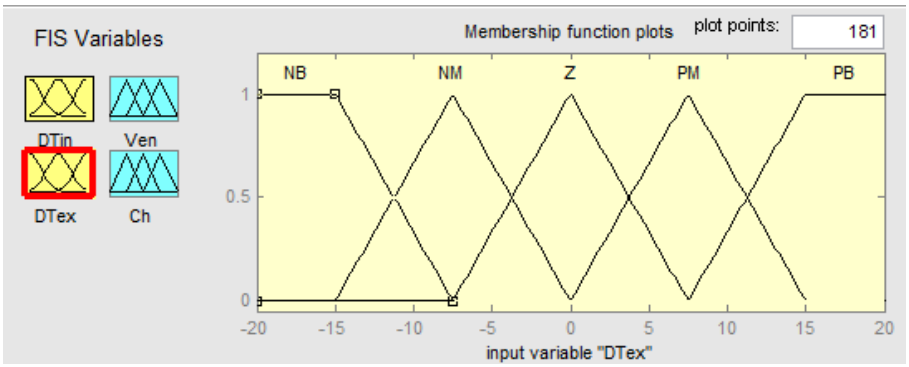
    NB : négative bas

    NM : négative moyen

    Z : zéro

    PM : positive moyen

    PB : positive bas



FigureIII.9.L'entrée 2 du contrôleur floue 1

- **Sortie 1 : Ven(Ventilateur)**

  - l'univers de discours [0 25]
  - variable linguistique (classes) [TB, B, M, H, TH] :

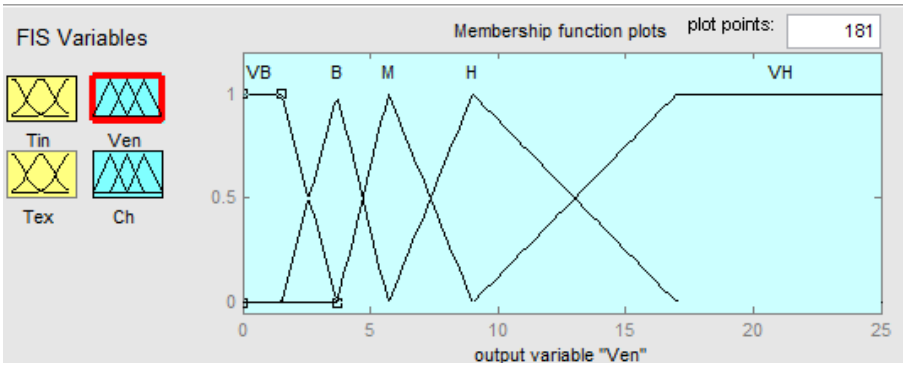
TB : très bas

B: bas

M: moyen

H : haut

TH : très haut



FigureIII.10.Sortie 1 du contrôleur floue 1

- **Sortie 2 : Ch(Chauffage)**

- l'univers de discours [0 25]
- variable linguistique (classes) [TB, B, M, H, TH] :

TB : très bas

B: bas

M: moyen

H : haut

TH : très haut

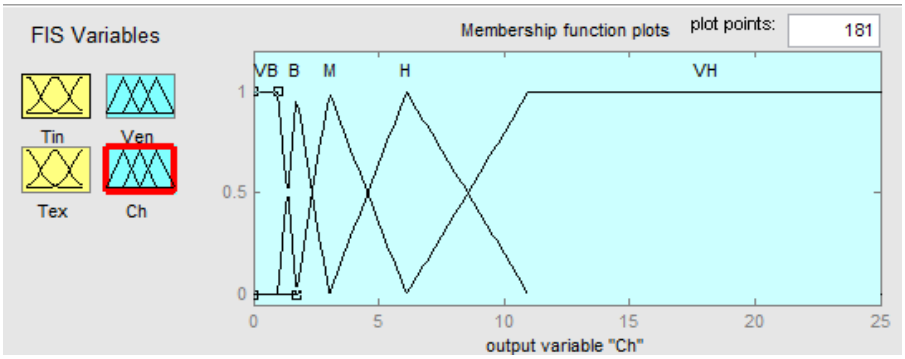


Figure III.11.Sortie 2 du contrôleur floue 1

III.3.2.Les règles Floues

En logique floue, le raisonnement flouse base sur des **règles floues** qui sont exprimées en langage naturel en utilisant les variables linguistiques[5]

Tableau III.1.Les règles du contrôleur flou 1

		Tin-Tco				
		NB	NM	Z	PM	PB
Tex- Tco	NB	TH(Ch)	H(Ch)	0	B(Ch)	B(Ch)
	NM	H(Ch)	M(Ch)	0	TB(Ven)	B(Ven)
	Z	M(Ch)	B(Ch)	0	B(Ven)	M(Ven)
	PM	B(Ch)	TB(Ch)	0	M(Ven)	H(Ven)
	PB	B(Ven)	B(Ven)	0	H(Ven)	TH(Ven)

Ven : Ventilateur TH : Très haut M : moyen TB : Très bas

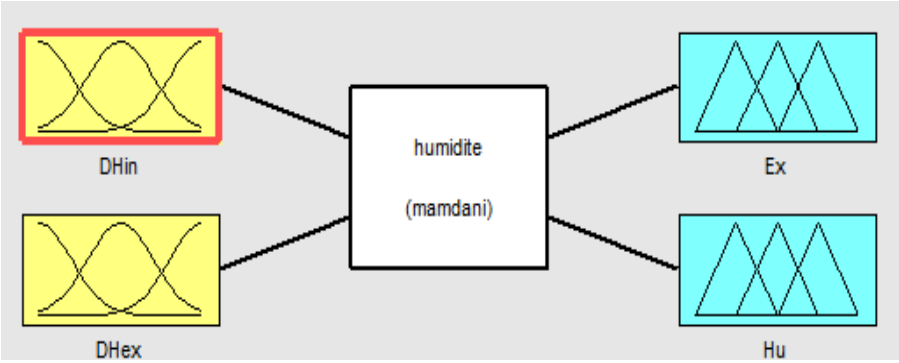
Ch : Chauffage H : Haut B : Bas

La colonne Z dans le tableau est vide par ce que c'est la valeur voulue

III.4.Cotroleur flou 2 (CF2)

Le contrôleur flou 2 (figure III.12) contient deux entries et deux sorties, il permet de calculer la période de temps d'activation d'extracteur ou d'humidificateur à partir de la différence entre la humidité intérieur et la consigne et entre la humidité extérieur et la consigne

L'activation de CF2 se fait à l'aide de l'observateur flou



FigureIII.12.contrôleur floue

III.4.1.Fonction d'appartenance et Variables linguistique

- **L'entrée 1 : DHin(humidité intérieur – humidité consigne)**

  - l'univers de discours [-30 30]
  - variable linguistique (classes) [NB, NM, Z, PM, PB] :

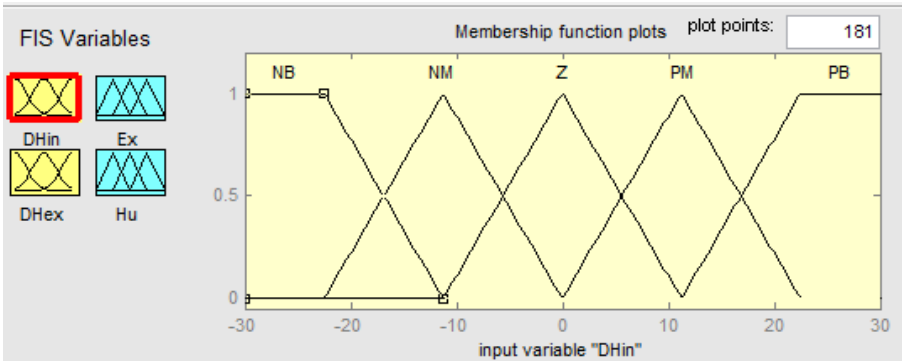
    NB : négative bas

    NM : négative moyen

    Z : zéro

    PM : positive moyen

    PB : positive bas



FigureIII.13.L'entrée 1 du contrôleur floue

- **L'entrée 2 : DHex(humidité extérieur – humidité consigne)**

  - l'univers de discours [-30 30]
  - variable linguistique (classes) [NB, NM, Z, PM, PB] :

NB : négative bas

NM : négative moyen

Z : zéro

PM : positive moyen

PB : positive bas

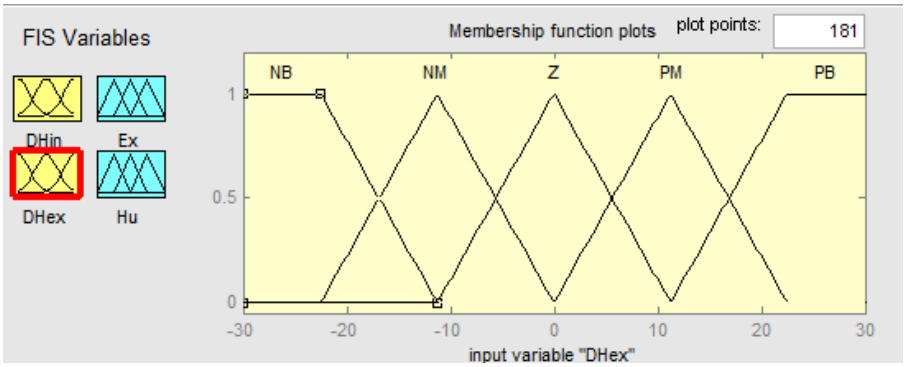


Figure III.14.L'entrée 2 du contrôleur floue

- **Sortie 1 : Ex(Extracteur)**

- l'univers de discours [0 30]
- variable linguistique (classes) [TB, B, M, H, TH] :

TB : très bas

B: bas

M: moyen

H : haut

TH : très haut

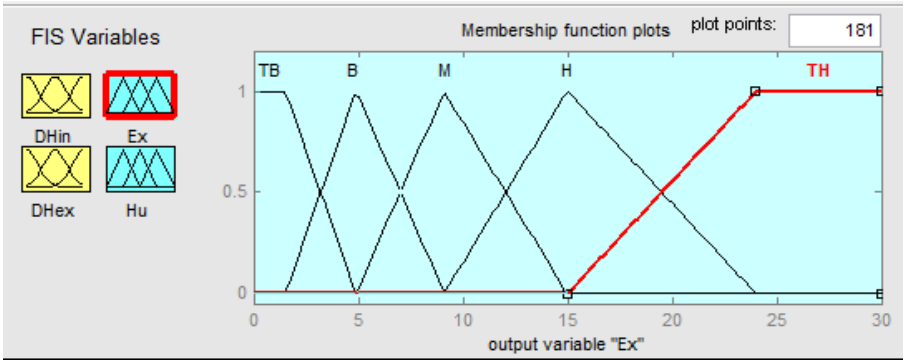


Figure III.15.Sortie 1 du contrôleur floue 2

- **Sortie 2 : Hu(Humidificateur)**

  - l'univers de discours [0 180]
  - variable linguistique (classes) [TB, B, M, H, TH] :

    TB : très bas

    B: bas

    M: moyen

    H : haut

    TH : très haut

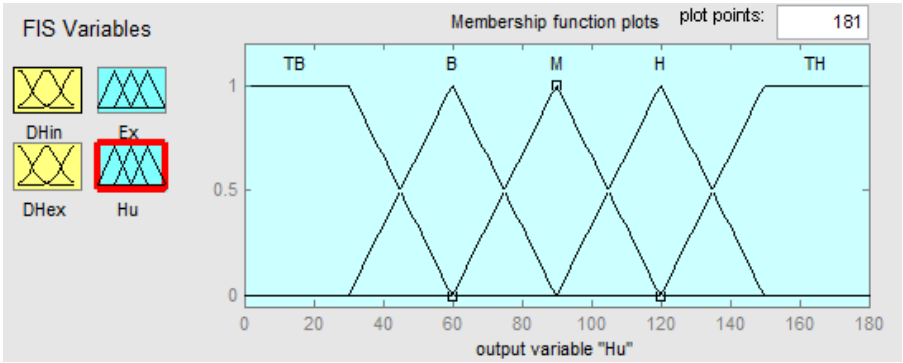


Figure III.16.Sortie 2 du contrôleur floue 2

III.4.2.Les règles Floues

Tableau III.2.Les règles du contrôleur floue 2

		Hin-Hco				
		NB	NM	Z	PM	PB
Hex- Hco	NB	TH(hu)	TH(hu)	0	B(ex)	M(ex)
	NM	TH(hu)	H(hu)	0	M(ex)	H(ex)
	Z	H(hu)	M(hu)	0	M(ex)	TH(ex)
	PM	H(hu)	M(hu)	0	H(ex)	TH(ex)
	PB	M (hu)	B(hu)	0	H(ex)	TH(ex)

La colonne Z dans le tableau est vide par ce que c'est la valeur voulue

hu : humidificateur

ex : extracteur

III.5.Observateur flou(OF)

L'observateur flou (figure III.17) contient deux entrés et une sortie, il permet d'activer le contrôleur floue 2à partir de l'un des deux sorties de contrôleur 1(le **bloc de décision** fait le choix entre le ventilateur ou le chauffage) et la différence entre l'humidité intérieur et l'humidité consigne

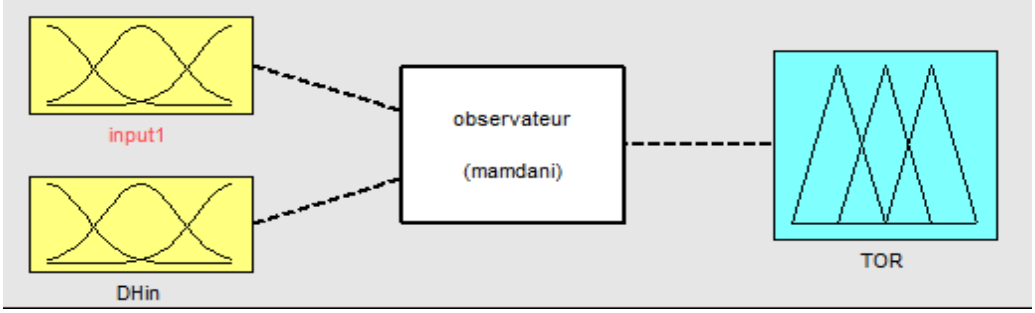


Figure III.17.Observateur floue

III.5.1.Organigrame de fonctionnement de bloc de décision avec l'observateur Flou

L'organigramme donné par la figure III.18 explique le principe de l'observateur

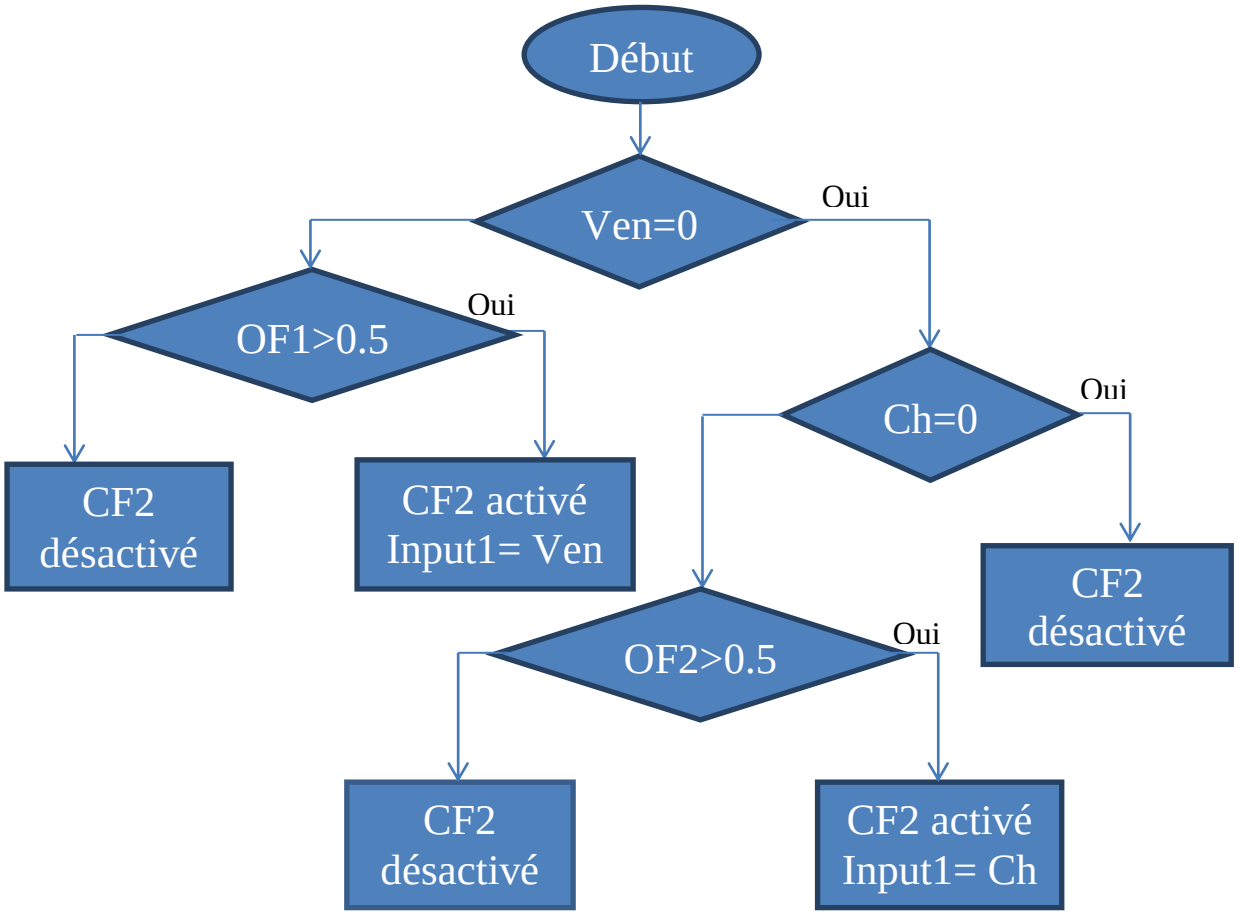


Figure III.18.Organigrame d'observateur avec bloc de décision

III.5.2.Fonction d'appartenance et Variables linguistique

- **sortie 1 : TOR(tout ou rien)**

  - l'univers de discours [0 1]
  - variable linguistique (classes) [E1, E2, E3, E4, E5] :

    E1 :Etat 1

    E2 :Etat2

    E3 :Etat3

E4 :Etat4

E5 :Etat5

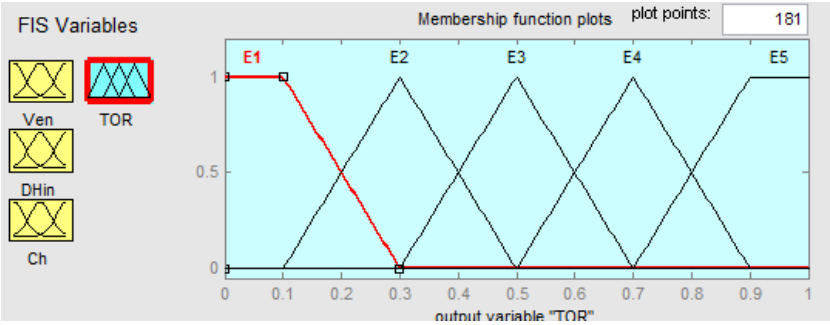


Figure III.19.Sortie d'observateur

III.5.3.Les règles Floues

Tableau III.3.Les règles d'observateur avec entrée 1 (chauffage)

		Ch				
		TB	B	M	H	TH
Hin- Hco	NB	E3	E 3	E 4	E 4	E 5
	NM	E 3	E 3	E 3	E 4	E 4
	Z	0	0	0	0	0
	PM	E 3	E 2	E 2	E 2	E 1
	PB	E 3	E 2	E 2	E 1	E 1

Tableau III.4.Les règles d'observateur avec entrée 1 (Ventilateur)

		Ven				
		TB	B	M	H	TH
Hin- Hco	NB	E5	E 4	E 4	E 3	E 2
	NM	E 5	E 4	E 4	E 2	E 2
	Z	0	0	0	0	0
	PM	E 4	E 3	E 2	E 2	E 1
	PB	E 3	E 2	E 2	E 1	E 1

La line Z dans les deux tableaux est vide par ce que c'est la valeur voulue

III.6.Algorithme de contrôleur floue

Dans ce projet nous avons fait un programme similaire au programme de toolbox fuzzy de MATLAB à travers des équations mathématiques en utilisant la méthode d'inférence Mamdani

On an utilisé les équations (III.1) et (III.2) pour calculer le degré d'appartenance dans les fonctions d'appartenance trapézoïdale (figure III.20) et triangulaire (figure III.21) comme suit :

$$trapez(x) = \begin{cases} 0 \; si \; x \leq a \\ \dfrac{x-a}{b-a} \; si \; a < x \leq b \\ 1 \; si \; b \leq x \leq c \\ \dfrac{d-x}{d-c} \; si \; c \leq x < d \\ 0 \; si \; x \geq d \end{cases} \quad \text{III.1}$$

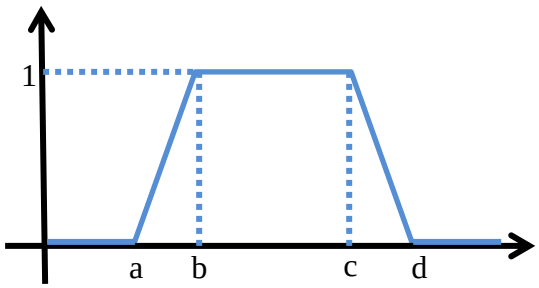


Figure III.20.Fonction d'appartenance trapézoïdale

$$triangle(x) = \begin{cases} 0 \; si \; x \leq a \\ \dfrac{x-a}{b-a} \; si \; a < x \leq b \\ \dfrac{c-x}{c-b} \; si \; b \leq x < c \\ 0 \; si \; x \geq c \end{cases} \quad \text{III.2}$$

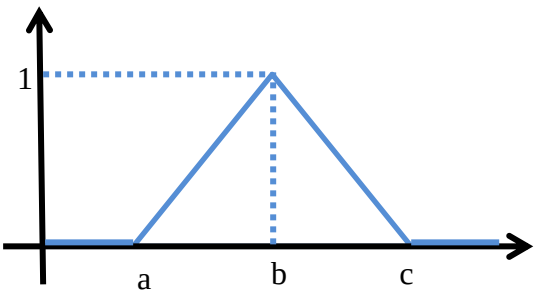


Figure III.21.Fonction d'appartenance triangulaire

Dans notre cas on a cinq fonctions d'appartenance pour chaque entrée,

- On stocke chaque résultat d'entrée dans un vecteur de dimension (1*5) et on multiple ces deux vecteurs pour obtenir une matrice de dimension (5*5), les règles actives sont des valeurs diffèrent de 0.
- On déclare notre table des règles dans une autre matrice pour faire une comparaison avec la matrice des règles actives
- On prend le minimum entre les deux degré d'appartenance de la règle active
- Si on a une règle active répétitive on prend le maximum entre les degrés des sorties
- On calcule le centre de gravité des fonctions de sorties pour avoir le résultat,dans le calcul de centre de gravité on constat plusieurs formes alors il faut utiliser l'équation (III.3)

$$CT(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} S(i) * C(i)}{\sum_{i=1}^{n} S(i)} \qquad \text{III.3}$$

CT : centre de gravité totale

S(i) : surface i

C(i) : centre de gravité i

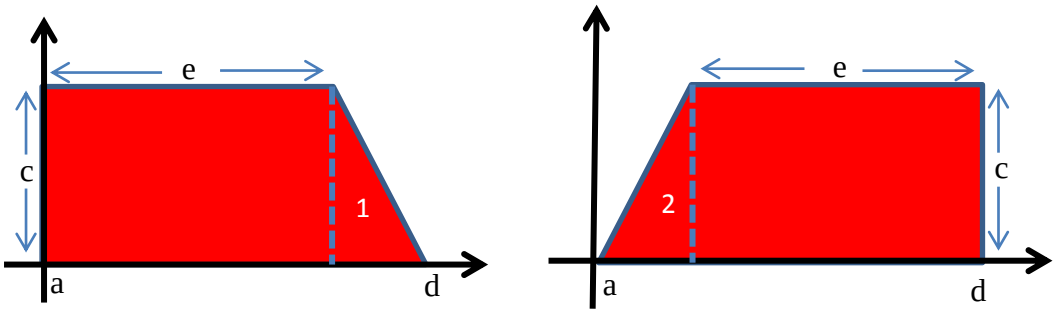


Figure III.22.Les formes possibles pour calculer le centre de gravité

- Pour calculer le centre de gravité de les formes de figure (III.22) il faut calculer le centre de gravité des triangles et le centre de gravité de rectangle ensuite on applique l'équation
  - Centre de gravité de rectangle :

    CGR= e/2
  - Surface de rectangle :

    SR= e * c

- Centre de gravité de triangle 1 :

  CGT1= ((d - e) / 3) + e

- Surface de triangle 1 :

  ST1= ((d - e) * c) / 2

- Centre de gravité de triangle 2 :

  CGT2= (((d - e - a) * 2) / 3) + a

- Surface de triangle 2 :

  ST2= ((d - e - a) * c) / 2

III.7.Implemantation sous Arduino

Dans cette partie on a utilisé l'interface de programmation Arduino, le programme suivre l'algorithme suivant :

a) Partie déclaration :

1- Déclaration de bibliothèque dht (pour le capteur DHT11)

2- Déclaration des pins de sorties et d'entrés

3- Déclaration de sous programmes et des différents variable utilisé

b) Partie programme :

1- Recevoir les données (température) du capteur et calculer les sorties du CF1

2- Donner les résultats du CF1 et les données du capteur (Humidité) au bloc de la décision après à l'observateur

3- Si le résultat de l'observateur est supérieur à 0.5, il active le CF2 pour calculer leurs sorties

III.8.Réalisation du système

La figure III.23 donne une présentation générale de la maquette réalisée

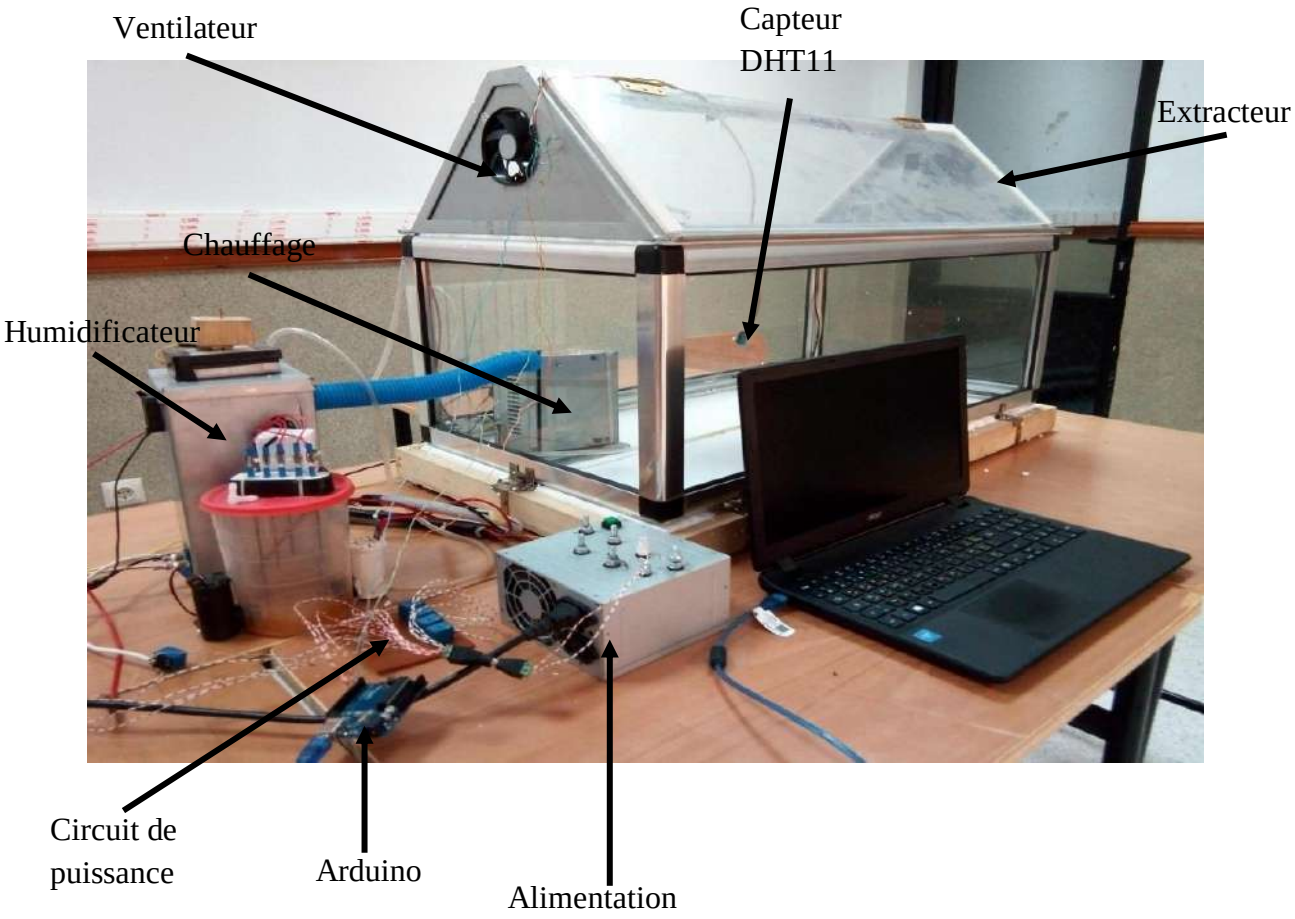


Figure III.23.Système réalisé

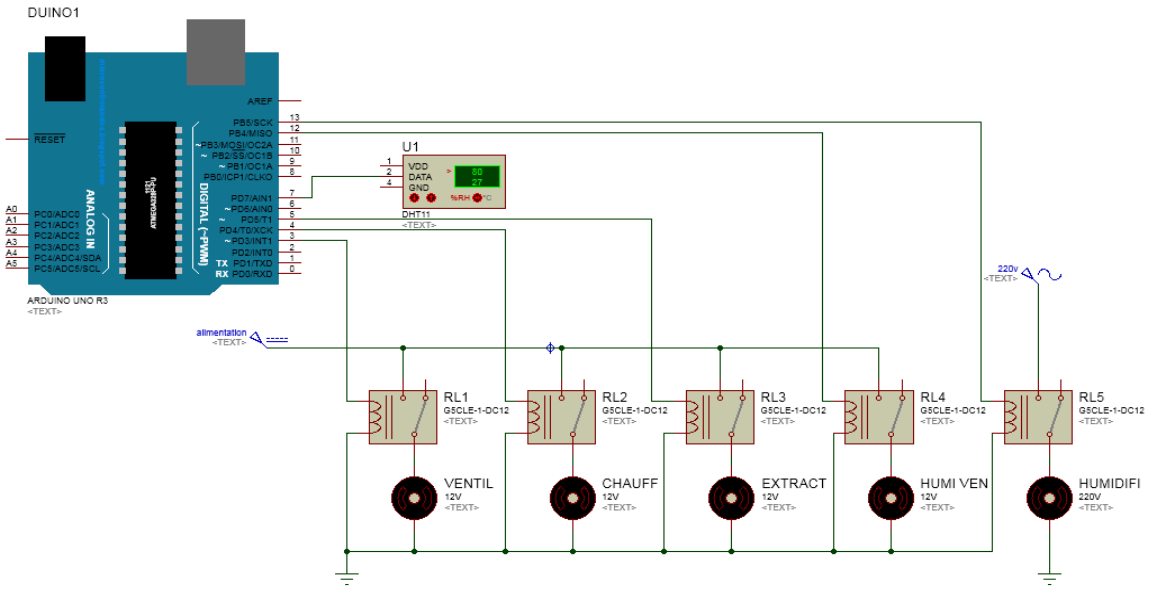


Figure III.24.Schéma électrique

Après l'étude, faire un programme basé sur la logique floue pour le contrôle de système et le choix du matériels et faire le circuit de puissance avec des relies d'excitation de 5v qui sont compatible avec les sortie d'arduino, on a fait la réalisation du système figure (III.23).

III.9.Les tests de fonctionnement

Dans le but d'implémenter les fonctions d'appartenance de sortie de notre système, déduire la relation entre température et humidité pour réaliser l'observateur et de valider notre réalisation

- **Action de Chauffage**

La figure III.25 donne l'évolution de la température et d'humidité pour une action de chauffage

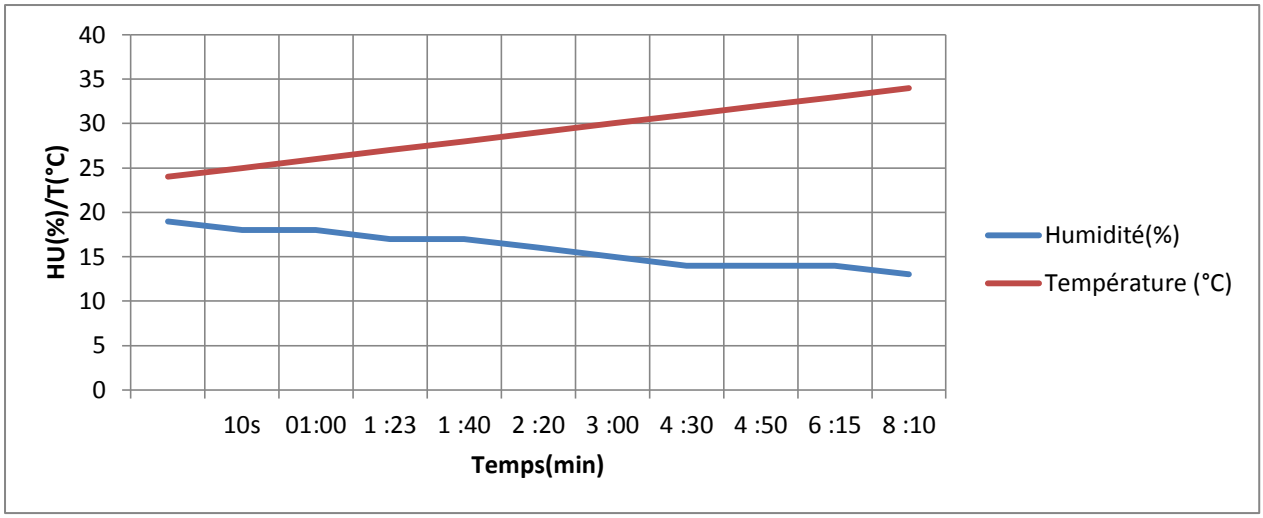


Figure III.25.Action direct sur le Chauffage

- **Action de Ventilation**

La figure III.26 donne l'évolution de la température et d'humidité pour une action de ventilateur

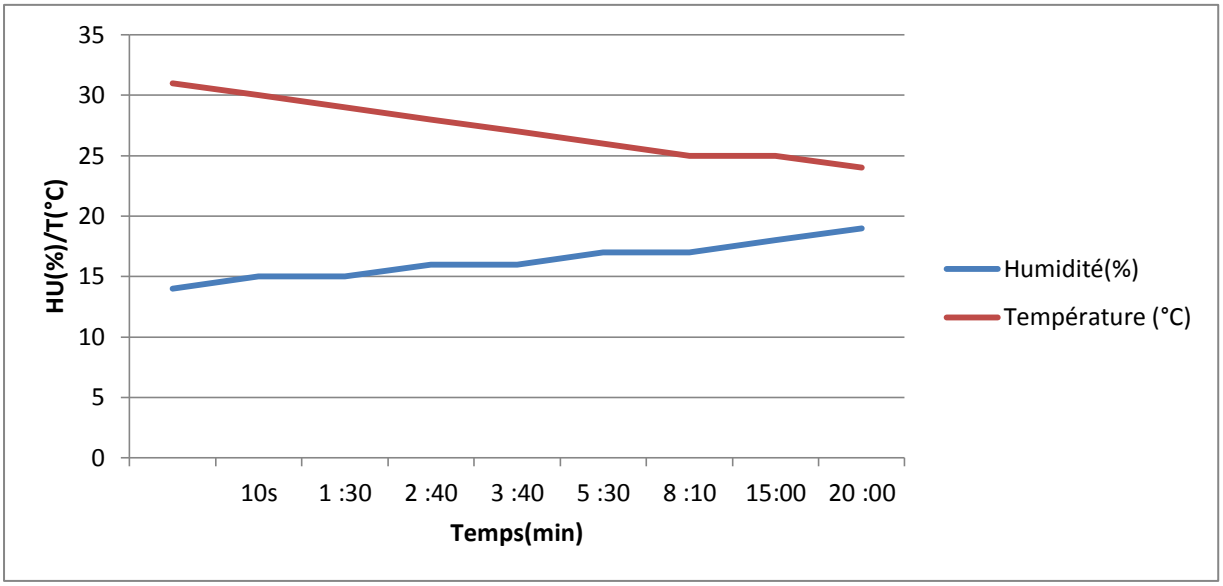


Figure III.26.Action direct sur le Ventilateur

- **Action Humidificateur**

La figure III.27 donne l'évolution de la température et d'humidité pour une action d'humidificateur

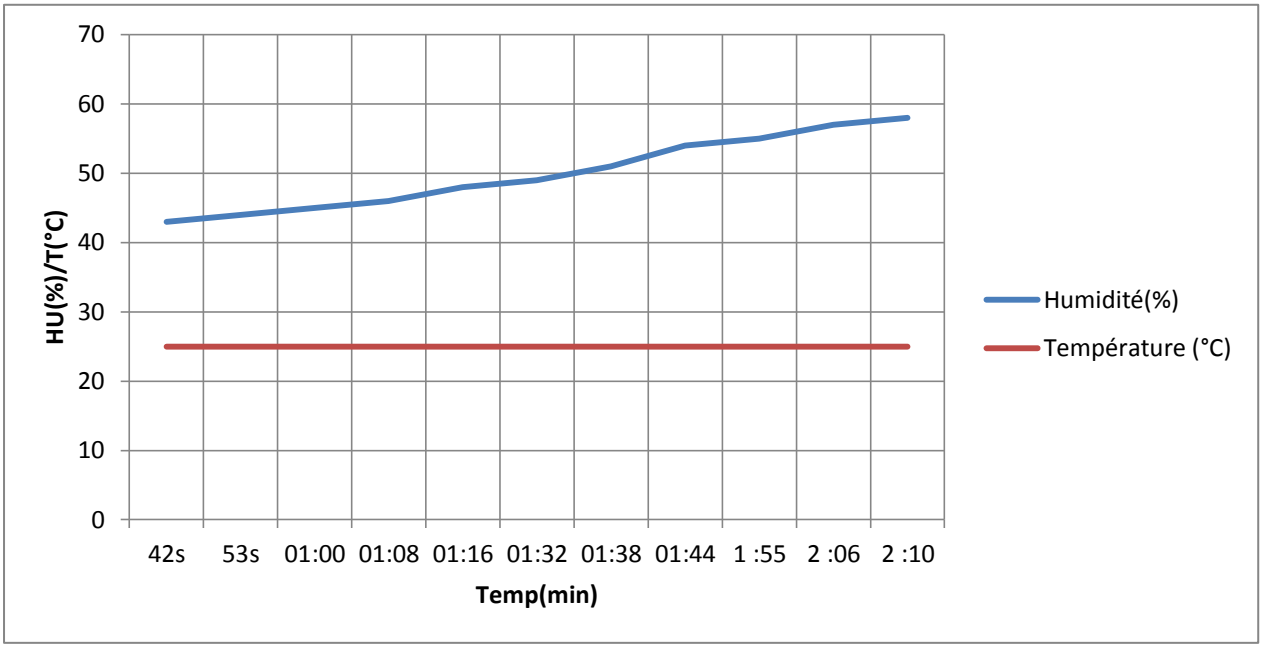


Figure III.27.Action direct sur l'Humidificateur

- **Action Extracteur**

La figure III.28 donne l'évolution de la température et d'humidité pour une action d'extracteur

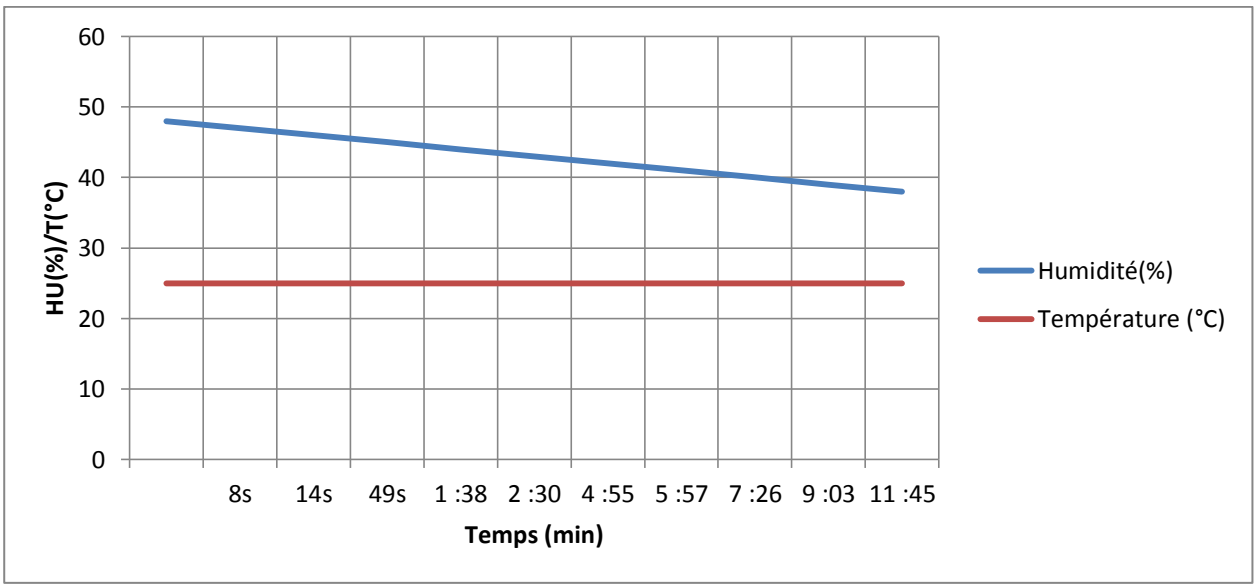


Figure III.28.Action direct sur l'Extracteur

Après les actions direct sur nos actionneurs on a collecté les données pour faire les graphs présentés dans les figures (III.25) (III.26) (III.27) (III.28), dans les deux premiers graphs de chauffage et de ventilateur on voie que il y a une relation entre la température et l'humidité, c'est on augmente la

température l'humidité se diminuer et vice versa, mais d'après les deux dernier graphs on a constaté que l'augmentation et la diminution d'humidité n'a aucun effet sur la température

III.10.test de système réalisé

Nous avons donné une consigne de 28°C à la température et 38% à l'humidité avec une température extérieur de 25°C et l'Humidité de 18%, après la collection des donné à travers le serial port de logiciel arduino pondent 24 min, nous les mettons dans les graphs présenté par les figures (III.29) (III.30). on voit bien sur les deux figures, que la commande suit la consigne dans chaque cas, avec une erreur de ± 1°c pour le contrôleur de température et ± 3% pour contrôleur d'humidité

Les figures (III.29) (III.30) montrent les résultats du contrôle de la température et de l'humidité pour les deux valeurs de consignes

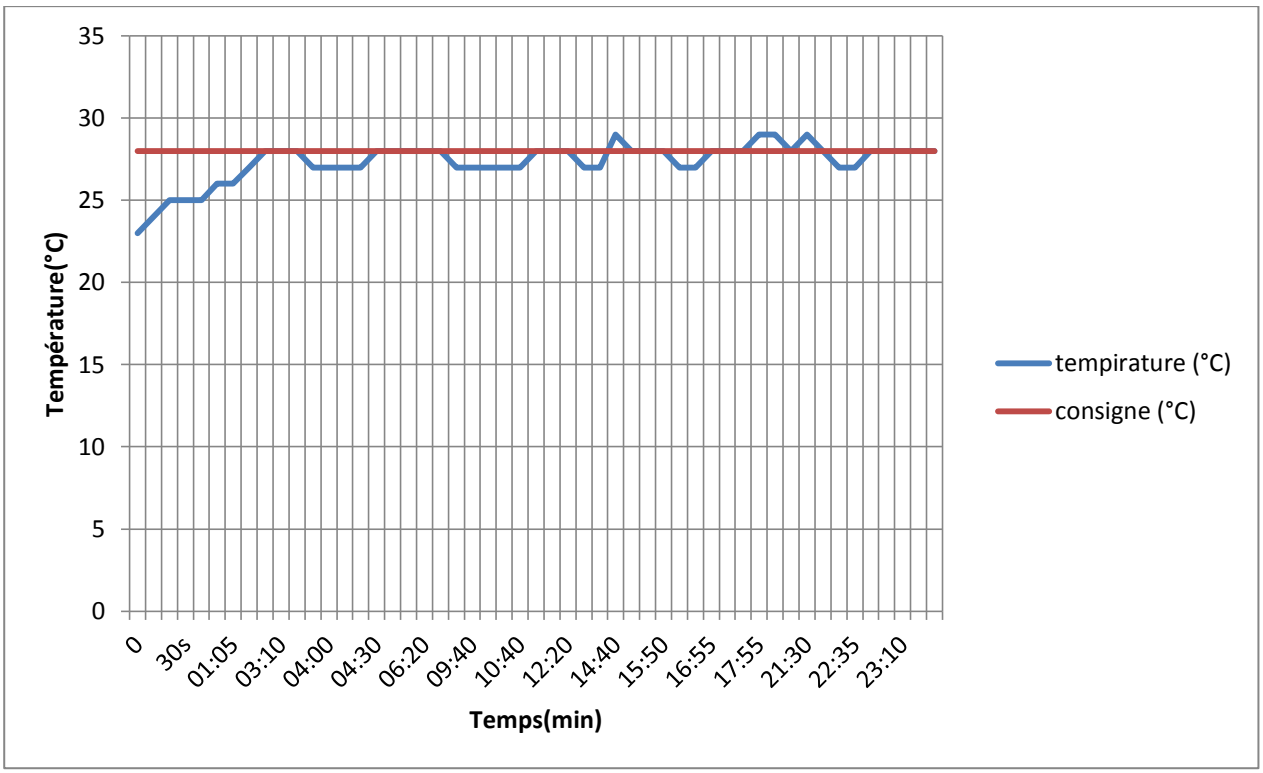


Figure III.29. Contrôle de température pour la valeur de la consigne

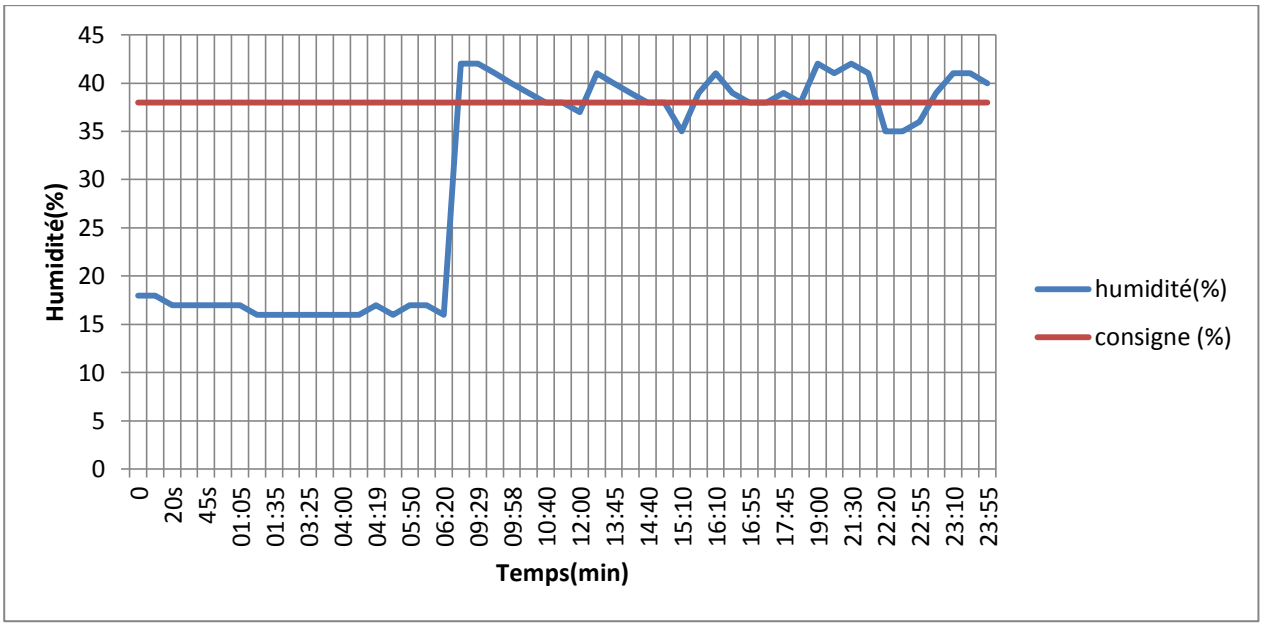


Figure III.30. Contrôle de l'humidité pour la valeur de la consigne

NB : le régime normal de notre système démarre après 6 min de fonctionnement

Conclusion

Ce travail a étudié les paramètres clés environnemental du serre qui affectent la croissance des plantes tel que la température et l'humidité, on a utilisé le langage de programmation C++ pour réaliser un contrôleur a bas de la logique floue implémenté dans une carte Arduino UNO pour gérer les paramètres du climat intérieur du serre, les résultats ont montré l'efficacité de l'automatisation intelligente.

En effet, on ne peut pas réaliser ce système avec la logique classique par ce que on a plusieurs paramètres à géré

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Dans ce mémoire, nous avons présenté une approche pour la réalisation d'un contrôleur intelligente pour augmenter la qualité et la quantité des produits agricoles de la serre et de faire face à un marché concurrentiel, Pour cela nous avons développé une plateforme automatique à l'aide d'une carte Arduino UNO pour le contrôle du système

Pour arriver à notre fin, un prototype d'une serre agricole est réalisé en premier lieu ou un dispositif de chauffage, humidification, extraction et ventilation sont construits. En testant la serre réalisée, on a constaté une corrélation entre l'humidité et la température ce qui nous a amené à proposer un algorithme de contrôle des ces deux grandeurs par logique floue.

En premier lieu le contrôleur flou a été testé et validé en utilisant le toolbox "Fuzzy" de Matlab ensuite on a développé mathématiquement le contrôleur floue afin de l'implémenter dans Arduino en utilisant le langage C.

Le système de contrôle intelligent appliqué sur la serre a donné de bon résultat où on remarque la poursuite de consigne pour l'humidité et la température ainsi que l'interaction humidité/température est bien prise en compte.

Ce travail n'est pas achevé sans difficulté, du moment ou on a touché à l'expérimental. Il a fallu concevoir des systèmes d'action de la serre : chauffage, humidification, extraction, ventilation. Maitriser la programmation du microcontrôleur Arduino en implémentant les algorithmes intelligents à base de logique flou développés en langage C et enfin relier les actionneurs à Arduino.

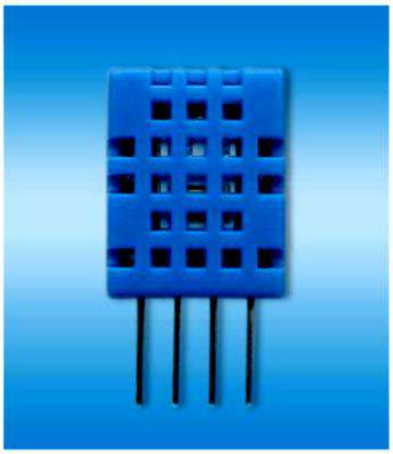
A la fin, nous suggérons dans le futur le développement de notre projet par :

- Le Contrôle la serre par réseau (web) et à l'aide d'une application Web,
- L'utilisation d'un réseau de capteurs pour avoir une information exacte sur la serre
- L'intégration un système d'irrigation, contrôle de CO_2 et niveau de luminosité
- Le contrôle de plus de paramètres par exemple : la température du sol, le PH
- L'exploration d'autre technique de commande.

ANNEXE

1、Product Overview

DHT11 digital temperature and humidity sensor is a composite Sensor contains a calibrated digital signal output of the temperature and humidity. Application of a dedicated digital modules collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a resistive sense of wet components and an NTC temperature measurement devices, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller.



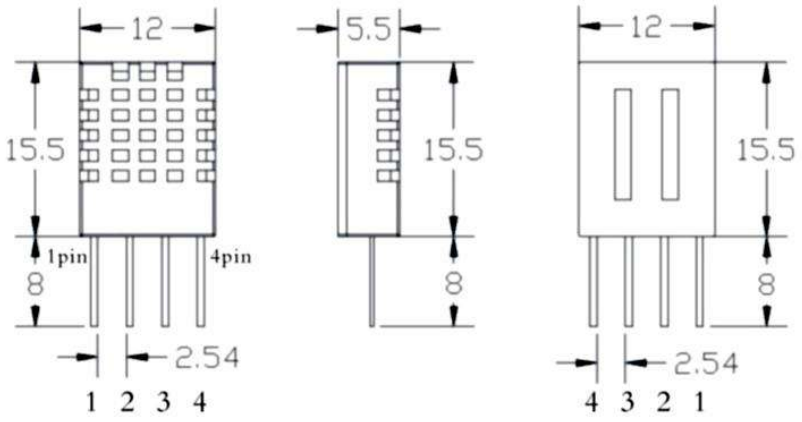
2、Applications

HVAC, dehumidifier, testing and inspection equipment, consumer goods, automotive, automatic control, data loggers, weather stations, home appliances, humidity regulator, medical and other humidity measurement and control.

3、Features

Low cost, long-term stability, relative humidity and temperature measurement, excellent quality, fast response, strong anti-interference ability, long distance signal transmission, digital signal output, and precise calibration.

4、Dimensions (unit: mm)



5、Product parameters

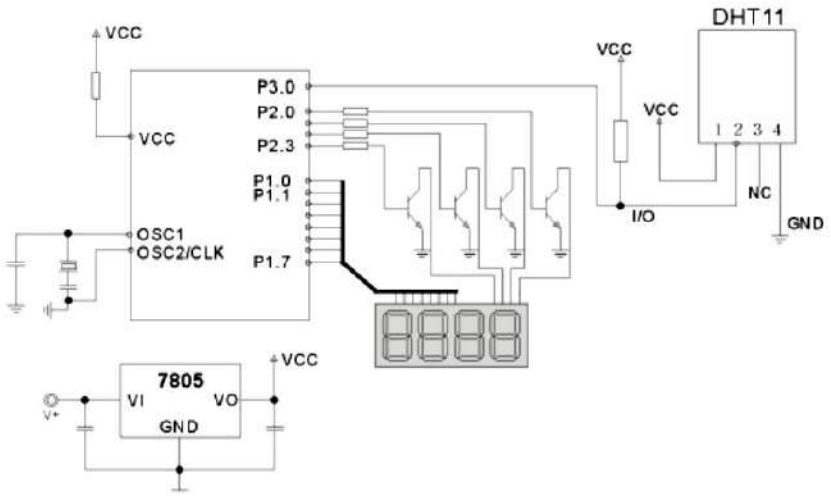
Relative humidity
Resolution: 16Bit
Repeatability: ±1% RH
Accuracy: At 25℃ ±5% RH
Interchangeability: fully interchangeable
Response time: 1 / e (63%) of 25℃ 6s
1m / s air 6s
Hysteresis: <± 0.3% RH
Long-term stability: <± 0.5% RH / yr in

Temperature
Resolution: 16Bit
Repeatability: ±0.2℃
Range: At 25℃ ±2℃
Response time: 1 / e (63%) 10S

Electrical Characteristics
Power supply: DC 3.5 ~ 5.5V
Supply Current: measurement 0.3mA standby 60μ A
Sampling period: more than 2 seconds

Pin Description
1, the VDD power supply 3.5 ~ 5.5V DC
2 DATA serial data, a single bus
3, NC, empty pin
4, GND ground, the negative power

6、Typical circuit



Microprocessor and DHT11 of connection typical application circuit as shown above, DATA pull the microprocessor I / O ports are connected.

1. Typical application circuit recommended in the short cable length of 20 meters on the 5.1K pull-up resistor, the resistance of greater than 20 meters under the pull-up resistor on the lower of the actual situation.

2. When using a 3.5V voltage supply cable length shall not be greater than 20cm. Otherwise, the line voltage drop will cause the sensor power supply shortage, caused by measurement error.

3. Each read out the temperature and humidity values are the results of the last measurement For real-time data, sequential read twice, but is not recommended to repeatedly read the sensors, each read sensor interval is greater than 5 seconds can be obtainedaccurate data.

7、Serial communication instructions (single-wire bi-directional)

◎Single bus Description

DHT11 uses a simplified single-bus communication. Single bus that only one data line, the system of data exchange, control by a single bus to complete. Device (master or slave) through an open-drain or tri-state port connected to the data line to allow the device does not send data to release the bus, while other devices use the bus; single bus usually require an external one about 5.1kΩ pull-up resistor, so that when the bus is idle, its status is high. Because they are the master-slave structure, and only when the host calls the slave, the slave can answer, the host access devices must strictly follow the single-bus sequence, if the chaotic sequence, the device will not respond to the host.

◎Single bus to transfer data defined

DATA For communication and synchronization between the microprocessor and DHT11, single-bus data format, a transmission of 40 data, the high first-out.

Data format:

The 8bit humidity integer data + 8bit the Humidity decimal data +8 bit temperature integer data + 8bit fractional temperature data +8 bit parity bit.

◎Parity bit data definition

"8bit humidity integer data + 8bit humidity decimal data +8 bit temperature integer data + 8bit temperature fractional data" 8bit checksum is equal to the results of the last eight.

Example 1: 40 data is received:

0011 0101	0000 0000	0001 1000	0000 0000	0100 1101
High humidity 8	Low humidity 8	High temp. 8	Low temp. 8	Parity bit

Calculate:

0011 0101+0000 0000+0001 1000+0000 0000= 0100 1101

Received data is correct:

Humidity: 0011 0101=35H=53%RH

Temperature: 0001 1000=18H=24℃

Example 2: 40 data is received:

0011 0101	0000 0000	0001 1000	0000 0000	0100 1001
High humidity 8	Low humidity 8	High temp. 8	Low temp. 8	Parity bit

Calculate:

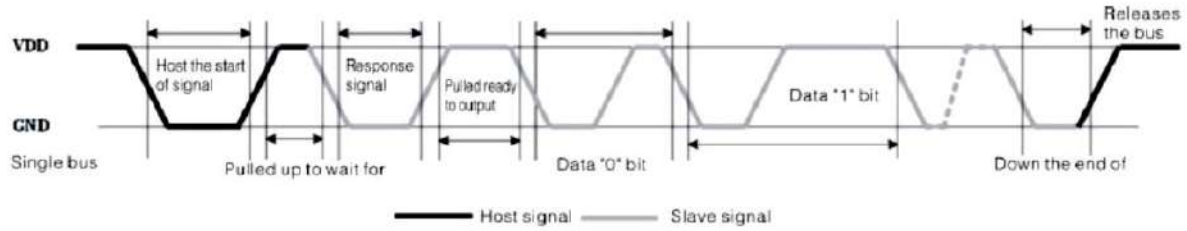
0011 0101+0000 0000+0001 1000+0000 0000 = 0100 1101

01001101≠0100 1001

The received data is not correct, give up, to re-receive data.

◎Data Timing Diagram

User host (MCU) to send a signal, DHT11 converted from low-power mode to high-speed mode, until the host began to signal the end of the DHT11 send a response signal to send 40bit data, and trigger a letter collection. The signal is sent as shown.



Data Timing Diagram

Note: The host reads the temperature and humidity data from DHT11 always the last measured value, such as twice the measured interval of time is very long, continuous read twice to the second value of real-time temperature and humidity values.

◎Peripherals read steps

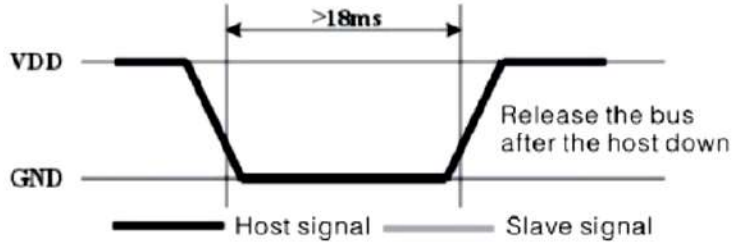
Communication between the master and slave can be done through the following steps (peripherals (such as microprocessors) read DHT11 the data of steps).

Step 1:

After power on DHT11 (DHT11 on after power to wait 1S across the unstable state during this period can not send any instruction), the test environment temperature and humidity data, and record the data, while DHT11 the DATA data lines pulled by pull-up resistor has been to maintainhigh; the DHT11 the DATA pin is in input state, the moment of detection of external signals.

Step 2:

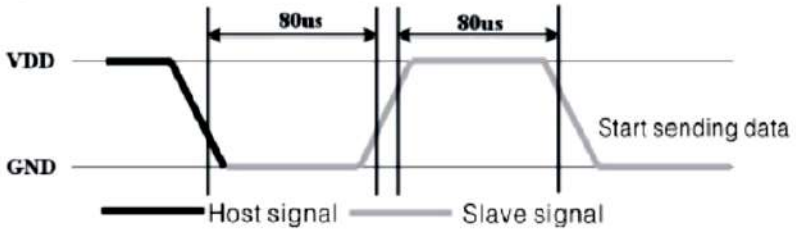
Microprocessor I / O set to output at the same time output low, and low hold time can not be less than 18ms, then the microprocessor I / O is set to input state, due to the pull-up resistor, a microprocessor/ O DHT11 the dATA data lines also will be high, waiting DHT11 to answer signal, send the signal as shown:



Host sends a start signal

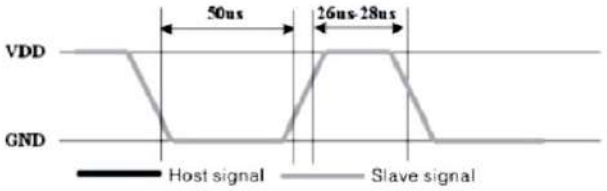
Step 3:

DATA pin is detected to an external signal of DHT11 low, waiting for external signal low end the delay DHT11 DATA pin in the output state, the output low of 80 microseconds as the response signal, followed by the output of 80 micro-seconds of high notification peripheral is ready to receive data, the microprocessor I / O at this time in the input state is detected the I / O low (DHT11 response signal), wait 80 microseconds highdata receiving and sending signals as shown:

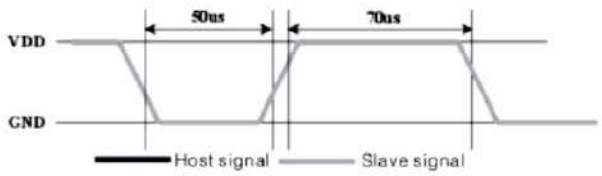


Step 4:

Output by DHT11 the DATA pin 40, the microprocessor receives 40 data bits of data "0" format: the low level of 50 microseconds and 26-28 microseconds according to the changes in the I / O levellevel, bit data "1" format: the high level of low plus, 50 microseconds to 70 microseconds. Bit data "0", "1" signal format as shown:



Bit data "0" bit format



Bit data "1" bit format

End signal:

Continue to output the low 50 microseconds after DHT11 the DATA pin output 40 data, and changed the input state, along with pull-up resistor goes high. But DHT11 internal re-test environmental temperature and humidity data, and record the data, waiting for the arrival of the external signal.

8、Application of information

1. Work and storage conditions

Outside the sensor the proposed scope of work may lead to temporary drift of the signal up to 300%RH. Return to normal working conditions, sensor calibration status will slowly toward recovery. To speed up the recovery process may refer to "resume processing". Prolonged use of non-normal operating conditions, will accelerate the aging of the product.

Avoid placing the components on the long-term condensation and dry environment, as well as the following environment.

A, salt spray

B, acidic or oxidizing gases such as sulfur dioxide, hydrochloric acid

Recommended storage environment

Temperature: 10 ~ 40 ℃ Humidity: 60% RH or less

2. The impact of exposure to chemicals

The capacitive humidity sensor has a layer by chemical vapor interference, the proliferation of chemicals in the sensing layer may lead to drift and decreased sensitivity of the measured values. In a pure environment, contaminants will slowly be released. Resume processing as described below will accelerate this process. The high concentration of chemical pollution (such as ethanol) will lead to the complete damage of the sensitive layer of the sensor.

3. The temperature influence

Relative humidity of the gas to a large extent dependent on temperature. Therefore, in the measurement of humidity, should be to ensure that the work of the humidity sensor at the same temperature. With the release of heat of electronic components share a printed circuit board, the installation should be as far as possible the sensor away from the electronic components and mounted below the heat source, while maintaining good ventilation of the enclosure. To reduce the thermal conductivity sensor and printed circuit board copper plating should be the smallest possible, and leaving a gap between the two.

4. Light impact

Prolonged exposure to sunlight or strong ultraviolet radiation, and degrade performance.

5. Resume processing

Placed under extreme working conditions or chemical vapor sensor, which allows it to return to the status of calibration by the following handler. Maintain two hours in the humidity conditions of 45℃ and <10% RH (dry); followed by 20-30℃ and> 70% RH humidity conditions to maintain more than five hours.

6. Wiring precautions

The quality of the signal wire will affect the quality of the voltage output, it is recommended to use high quality shielded cable.

7. Welding information

Manual welding, in the maximum temperature of 300℃ under the conditions of contact time shall be less than 3 seconds.

8. Product upgrades

Details, please the consultation Aosong electronics department.

9、The license agreement

Without the prior written permission of the copyright holder, shall not in any form or by any means, electronic or mechanical (including photocopying), copy any part of this manual, nor shall its contents be communicated to a third party. The contents are subject to change without notice.

The Company and third parties have ownership of the software, the user may use only signed a contract or software license.

10、Warnings and personal injury

This product is not applied to the safety or emergency stop devices, as well as the failure of the product may result in injury to any other application, unless a particular purpose or use authorized. Installation, handling, use or maintenance of the product refer to product data sheets and application notes. Failure to comply with this recommendation may result in death and serious personal injury. The Company will bear all damages resulting personal injury or death, and waive any claims that the resulting subsidiary company managers and employees and agents, distributors, etc. that may arise, including: a variety of costs, compensation costs, attorneys' fees, and so on.

11、Quality Assurance

The company and its direct purchaser of the product quality guarantee period of three months (from the date of delivery). Publishes the technical specifications of the product data sheet shall prevail. Within the warranty period, the product was confirmed that the quality is really defective, the company will provide free repair or replacement. The user must satisfy the following conditions:

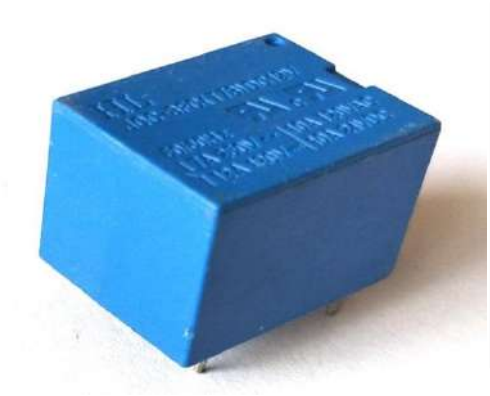
① The product is found defective within 14 days written notice to the Company;

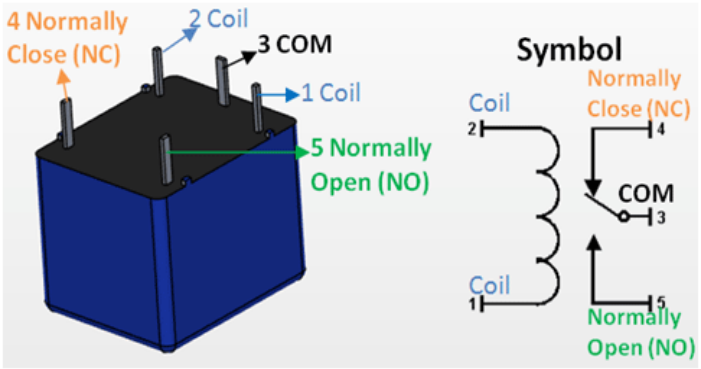
② The product shall be paid by mail back to the company;

③ The product should be within the warranty period.

The Company is only responsible for those used in the occasion of the technical condition of the product defective product. Without any guarantee, warranty or written statement of its products used in special applications. Company for its products applied to the reliability of the product or circuit does not make any commitment.

5V 5-Pin Relay





Relay Pin Configuration

Pin Number	Pin Name	Description
1	Coil End 1	Used to trigger(On/Off) the Relay, Normally one end is connected to 5V and the other end to ground
2	Coil End 2	Used to trigger(On/Off) the Relay, Normally one end is connected to 5V and the other end to ground
3	Common (COM)	Common is connected to one End of the Load that is to be controlled
4	Normally Close (NC)	The other end of the load is either connected to NO or NC. If connected to NC the load remains connected before trigger
5	Normally Open (NO)	The other end of the load is either connected to NO or NC. If connected to NO the load remains disconnected before trigger

Features of 5-Pin 5V Relay

- Trigger Voltage (Voltage across coil) : 5V DC
- Trigger Current (Nominal current) : 70mA
- Maximum AC load current: 10A @ 250/125V AC
- Maximum DC load current: 10A @ 30/28V DC
- Compact 5-pin configuration with plastic moulding
- Operating time: 10msec Release time: 5msec
- Maximum switching: 300 operating/minute (mechanically)

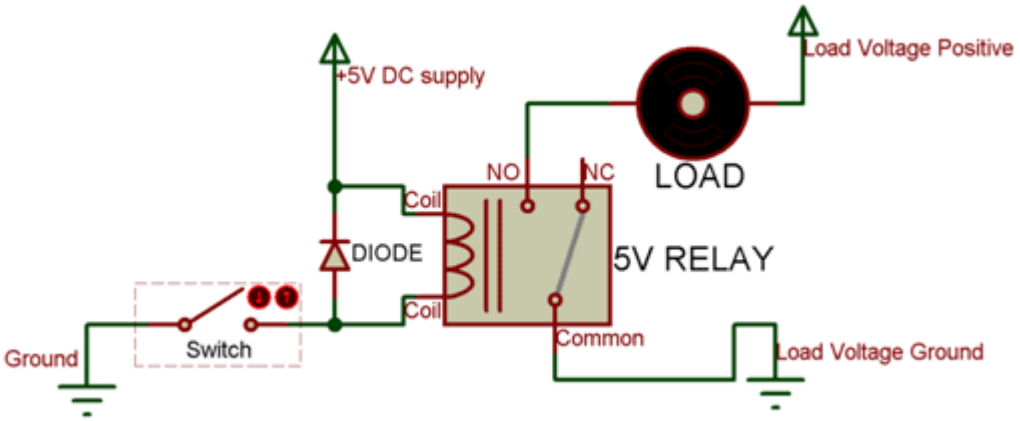
Equivalent Relays

3V Relay, 12V Relay, 1-channel Relay module, 4-channel Relay Module.

How to use a Relay

Relays are most commonly used switching device in electronics. Let us learn how to use one in our circuits based on the requirement of our project.

Before we proceed with the circuit to drive the relay we have to consider two important parameter of the relay. Once is the **Trigger Voltage**, this is the voltage required to turn on the relay that is to change the contact from Common->NC to Common->NO. Our relay here has 5V trigger voltage, but you can also find relays of values 3V, 6V and even 12V so select one based on the available voltage in your project. The other parameter is your **Load Voltage & Current**, this is the amount of voltage or current that the NC,NO or Common terminal of the relay could withstand, in our case for DC it is maximum of 30V and 10A. Make sure the load you are using falls into this range.



The above circuit shows a bare-minimum concept for a relay to operate. Since the relay has 5V trigger voltage we have used a +5V DC supply to one end of the coil and the other end to ground through a switch. This **switch** can be anything from a small transistor to a microcontroller or a microprocessor which can perform switching operating. You can also notice a diode connected across the coil of the relay, this diode is called the **Fly back Diode**. The purpose of the diode is to protect the switch from high voltage spike that can produced by the relay coil. As shown one end of the load can be connected to the Common pin and the other end is either connected to NO or NC. If connected to NO the load remains disconnected before trigger and if connected to NC the load remains connected before trigger.

Applications of Relay

- Commonly used in switching circuits.
- For Home Automation projects to switch AC loads
- To Control (On/Off) Heavy loads at a pre-determined time/condition
- Used in safety circuits to disconnect the load from supply in event of failure
- Used in Automobiles electronics for controlling indicators glass motors etc.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographiques

[1] F. Rodrigues, M. Berenguel, M. Arahal, "A hierarchical control system for maximizing profit in greenhouse crop production," Proceeding in Eurcapean Control Conference ECCO3, Cambridge, UK, 2003.

[2] M. Trigui, S. Barrington, L. Gauthier, Structures and environment, "A strategy for greenhouse climate control, " part i : model development. Journal of agricultural engineering research 78(4), p. 407-412, 2001.

[3] 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.

[4] C.A, Hermez, "Gestion des paramètres bioclimatiques dans les serres agricoles," Thèse d'Ingéniorat en Instrumentation électronique, Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene USTHB, 2011.

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

[6] M. Kechir, H. Mahfoudi, "Acquisition et transmission sur bus CAN des paramètres bioclimatiques d'une serre agricole, " mémoire de master, Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene USTHB, 2012.

[7] Rapport de la société nationale d'Horticulture de France et l'Association des journalistes de jardin de d'Horticulture, "Serre tunnel," 2014. [En ligne]. Disponible : http://www.gerbeaud.com/jardin/amenagement/serre-tunnel,1128.html

[8] Catalogue de la Société ULMA-Agricola, "Serres-multi chapelle," 2008. [En ligne]. Disponible: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/1381/Serres-multichapelle-ULMA-Agricola.pdf

[9] Rapport de la société de marketing euro-serre, « les serres », 2016. [En ligne]. Disponible : http://www.serre-jardin.com/img/cata_euro_serre_2016.pdf

[10] R. Haxaire, J. C. Roy, T. Boulard, M. A. Lamrani, A. Jaffrin, "Etude numérique et expérimentale de la ventilation par convection naturelle dans une serre," In Colloque annuel-SFT, p. 64-69, 1998.

[11] Rapport de la société ULMA-Agricola, "l'équipement des serres," [En ligne]. Disponible : http://www.ulmaagricola.com/fr/serres/equipements

[12] « Commande floue d'un convertisseur AC-DC à UPF on cascade avec un convertisseur DC-DC double étages alimentant un système de biberonnage par super capacités d'un véhicule électrique, » ResearchGate. [Online]. Available

[13] T.C. Minh, « Commande numérique de la machine asynchrone par logique floue », Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada, 1998

[14] M.Khami, « Amélioration des performances de régulation d'une machine asynchrone à double alimentation par la technique Neuro-floue », Mémoire de master université de Ouragla, 2013.

[15] M. Latreche, « commande floue de la machine synchrone à Aimant Permanant (MSAP) utilisé dans u système éolien », Mémoire de Magister, université de Sétif, 2012.

[16] M. Azaza, C. Tanougast, E. Fabrizio, et A. Mami, « Smart greenhousefuzzylogicbased control system enhancedwithwireless data monitoring », *ISA Trans.*, vol. 61, p. 297‑307, mars 2016.

[17] K. Abdelbasset et G. Abdelmoumen, « Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde », p. 77, juin 2015.

[18] « Arduino Uno Rev3 ». [En ligne]. Disponible sur: https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3. [Consulté le: 04-juin-2018].

[19] « How to Set Up the DHT11 HumiditySensor on an Arduino », *Circuit Basics*, 01-oct-2015. [En ligne]. Disponible sur: http://www.circuitbasics.com/how-to-set-up-the-dht11-humidity-sensor-on-an-arduino/. [Consulté le: 04-juin-2018].

[20] « Introduction à la logique floue », *OpenClassrooms*. [En ligne]. Disponible sur: https://openclassrooms.com/courses/introduction-a-la-logique-floue. [Consulté le: 04-juin-2018].