

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté : Sciences et technologies
Département : Electronique et Télécommunication



Projet de Fin d'Etudes
**Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275 « Un diplôme,
une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »**
Pour l'obtention du diplôme de Licence/Master
Filière : Télécommunication
Spécialité : Réseaux et télécommunications

Thème: Réalisation d'une ruche d'abeille automatisée

Présenté Par :

1/ Dombia Doussouba Alou

2/ Dienta Nana Bintou

Devant le jury composé de :

Dr. MERADI Abdelhafid	MCA	U.Ain Témouchent	Président
Dr. BENOSMAN Morad	MCB	U.Ain Témouchent	Examineur
Dr. BEMMOUSSAT Chemseddine	MCB	U.Ain Témouchent	Encadrant
Dr. BELGRANA Fatima Zohra	MCA	U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
Mr CHIKHI Ilyes		Apiculteur Tlemcen	Partenaire socioéconomique

Année Universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier **ALLAH** le tout puissant, qui nous a données la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous remercions chaleureusement les membres du jury monsieur le Président Dr. **MERADI Abdelhafid**, monsieur l'Examineur **Dr. BENOSMAN Morad**, au Représentant de l'incubateur **Dr. BELGRANA Fatima Zohra** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer notre travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadrant **Mr.CHEMSEDDINE BEMMOUSSAT** qui nous a conseillé et encouragé tout le long de notre travail.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nos remerciements vont à toute personne ayant contribué, de près Ou de loin, pour la réalisation de ce travail.

DEDICACES

On dédie ce travail simplement et sincèrement à nous-mêmes, à nos parents, nos frères et sœurs, et à toute personne chère à notre cœur.

ملخص

تتسلل التكنولوجيا إلى أسلوب حياتنا اليوم والقطاع يُستثنى منها، بما في ذلك تربية النحل. المشقات التي يواجهها مربو النحل متنوعة ومتطلبة، ونظام خلية النحل المصمم يعمل على تخفيف الوزن على كتفيه وتسهيل عمله.

يتكون مشروعنا من إنتاج نظام مجهز يتكون من شبكة من أجهزة الاستشعار وبطاقة برمجة وجهاز اتصال يختتم بمراقبة فورية للبيانات المتعلقة بحالة الخلية التي يتم توفيرها لمربي النحل عبر لوحة القيادة.

الكلمات المفتاحية: نظام خلية النحل المتصلة، شبكة أجهزة الاستشعار.

Abstract

Technology is creeping into our way of life today and no sector is spared, including beekeeping. The constraints faced by the beekeeper are diverse and demanding, and the connected beehive system designed serves to lighten the weight on his shoulders and make his work easier. Our project consists of realising an instrumented system made up of a sensors network, a treatment card and a communication device, concluding with instantaneous monitoring of data relating to the state of the hive made available to the beekeeper via an application.

Key words : Connected Beehive, sensors network.

Résumé

La technologie s'immisce aujourd'hui dans notre train de vie, et aucun secteur n'est épargné, y compris celui de l'apiculture. Les contraintes affrontées par l'apiculteur sont diverses et éprouvantes, et le système de ruche connectée conçu sert à alléger le poids sur ses épaules et lui faciliter son travail. Notre projet consiste à réaliser un système instrumenté, constitué d'un réseau de capteurs, d'une carte de traitement et d'un dispositif de communication concluant par un suivi instantané des données relatives à l'état de la ruche mis à disposition de l'apiculteur via une application.

Mots clés : Ruche connectée, réseau de capteurs.

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Introduction générale.....1

Chapitre I : Impact de la température sur la santé des abeilles et la production de miel....2

I.1. Introduction3

I.2. Biologie et comportement thermorégulateur des abeilles3

I.2.1. Introduction à la thermorégulation chez les abeilles3

I.2.2. Mécanismes de thermorégulation3

I.2.2.1. Comportement de ventilation3

I.2.2.2. Formation de grappes3

I.2.3. Physiologie de la régulation thermique4

I.2.4. Rôle de la température dans le développement des abeilles4

I.2.5. Implications pour la production de miel4

I.2.6. Adaptations technologiques et gestion de la ruche4

I.3. Impact de la température sur la production de miel4

I.3.1. Introduction à l'importance de la température5

I.3.2. La Température idéale pour la production de miel5

I.3.2.2. Impact thermique sur le comportement des abeilles5

I.3.3. Processus biochimiques affectés par la température5

I.3.3.1. Conversion du nectar en miel5

I.3.3.2. Conservation du miel6

I.3.4. Études de cas et recherche6

I.3.5. Technologies modernes pour la régulation de température6

I.4. Gestion de la température dans les ruches automatisées7

I.4.1. Introduction à la régulation automatisée de température.....7

I.4.2 Technologies clés de régulation de température7

I.4.2.1. Systèmes de chauffages automatisés7

I.4.2.2. Ventilation contrôlée7

TABLE DES MATIERES

I.4.3. Impact de la régulation de température sur les abeilles	8
I.4.4. Avantages pour la production de miel	8
I.4.4.1. Augmentation de la production	8
I.4.4.2. Amélioration de la qualité du miel	8
I.4.5. Études de cas et résultats pratiques	8
I.5. Conclusion	9
Chapitre II : Représentation de composants et matériels utilisés	10
II.1. Introduction	11
II.2. Présentation des différentes cartes arduino	11
II.2.1. Carte Arduino Nano	11
II.2.2. Carte Arduino Uno.....	12
II.2.3. Carte Arduino Due	12
II.2.4. Carte Arduino MEGA	13
II.2.5.Choix de la carte(Uno).....	13
II.2.6. Tableau comparatif de quelques cartes arduino	14
II.3. Le module ESP8266	14
II.4. Capteur d'humidité et de températureDHT11	15
II.5. Le Servomoteur	16
II.6. Module GSM sim800L	16
II.7. Tableau comparatif entre le dht11, le servomoteur, le GSM SIM800L et le module ESP8266.....	17
II.8. L'application remotexy	18
II.8.1. Modes de fonctionnement	19
II.8.2. Point d'accès	19
II.8.3. Client	19
II.8.4. Connexion au microcontrôleur	19
II.8.5. Contrôle via AT commands	19
II.8.6. Téléchargement du code source	19
II.9. L'IDE Aduino.....	20
II.10. Conclusion	21
Chapitre III : Réalisation de notre projet :	22
Résultats et tests	22

TABLE DES MATIERES

III.1. Introduction.....	23
III.2. Notre prototype:	23
III.2.1. But	24
III.2.2. Objectifs	24
III.2.3. Fonctionnement.....	24
III.3. Conception de la ruche	25
III.4. Les tests de la solution	26
III.4.1. Calcule de la température	26
III.4.2. Toit ouvrant	27
III.4.3. Alerte et notification	28
III.5. Amélioration et perspectives.....	29
III.6. Conclusion	30
Conclusion générale et perspectives	32
Références	

Liste des figures

Figure II.1: Arduino NANO.....	5
Figure II.2: Arduino UNO R3	12
Figure II.3: Arduino Due	12
Figure II.4: Arduino MEGA 2560	13
Figure II.5: Module ESP8266.....	15
Figure II.6: Le capteur DHT11	16
Figure II.7: Le servomoteur.....	16
Figure II.8: Module GSM sim800L.....	17
Figure II.9: L'application remoteXY	19
Figure III.1: Image globale du montage	25
Figure III.2 : le corps.....	25
Figure III.3: les essaims	25
Figure III.4 : le toit.....	26
Figure III.5 : la ruche complète	26
Figure III.6 : Montage de l'arduino avec le capteur DHT11	26
Figure III.7: Résultat du test dht11	27
Figure III.8 : Montage de l'arduino avec le servomoteur	27
Figure III.9 : Montage de l'Arduino avec GSM	28
Figure III.10 : Capture du résultat GSM.....	29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau comparatif de quelques cartes arduino	14
Tableau 2 : Comparatifs entre le DHT11, le Servomoteur, le GSM Sim800L et le module ESP8266	18

Acronymes

GSM : Global System For Mobile.

GPRS : General Packet Radio Service.

SIM : Subscriber Identity Module.

SMS : Short Message Service.

IDE : Integrated Development Environment.

UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter

MQTT : Message Queuing Telemetry Transport

Introduction générale

Introduction générale

Les abeilles appartiennent à l'ordre des Hyménoptères, qui inclut également d'autres insectes comme les guêpes. Ces insectes jouent un rôle crucial dans la pollinisation, se nourrissant principalement de nectar et de pollen. Bien que la majorité des espèces d'abeilles soient solitaires, environ 10% d'entre elles, y compris l'*Apis mellifera* ou abeille domestique européenne, adoptent un mode de vie social. Cette espèce, qui est la plus répandue à l'échelle mondiale, est reconnue pour sa production de miel, une source de nourriture qu'elle stocke pour les périodes de disette. La structure sociale complexe des colonies d'abeilles est particulièrement remarquable.

Ce contexte sociobiologique est essentiel à notre projet de conception d'une ruche automatisée. Nos observations de terrain ont révélé qu'un apiculteur possédant plusieurs ruches peut rencontrer des variations significatives de rendement en miel, souvent dues à des différences de conditions climatiques, en particulier la température, au sein des ruches.

Le but de notre projet est de développer une ruche automatisée qui optimise les conditions climatiques internes pour favoriser une croissance saine des abeilles et maximiser la production de miel. Cette ruche sera équipée de technologies permettant de réguler activement la température pour créer un environnement plus stable et propice à la production de miel, assurant ainsi une productivité plus uniforme et accrue pour l'apiculteur.

*Chapitre I : Impact de la
température sur la santé
des abeilles et la
production du miel*

I.1. Introduction

Les abeilles sont vitales pour l'écosystème en raison de leur rôle de pollinisateurs. La gestion de la température dans les ruches est essentielle pour leur survie et leur efficacité dans la production de miel. Ce chapitre explore l'impact de la température sur les abeilles, en se fondant sur des études scientifiques récentes et des technologies de gestion thermique. Nous analysons également les méthodes modernes pour optimiser ces conditions afin de soutenir la santé des abeilles et améliorer la production de miel.

I.2. Biologie et comportement thermorégulateur des abeilles

Les abeilles possèdent des mécanismes sophistiqués pour réguler la température de la ruche, essentiels pour la survie de la colonie et pour la production de miel. (Seeley, Thomas D., 'Honeybee Ecology').

I.2.1. Introduction à la thermorégulation chez les abeilles

Les abeilles (*Apis mellifera*), en tant qu'insectes sociaux, ont développé des stratégies complexes pour maintenir les conditions environnementales optimales à l'intérieur de leurs ruches. La régulation de la température est cruciale non seulement pour leur survie mais également pour leur capacité à produire du miel. Cela est particulièrement critique lors des extrêmes de température où la survie de la colonie pourrait être menacée.

I.2.2. Mécanismes de thermorégulation

I.2.2.1. Comportement de ventilation

Les abeilles utilisent un comportement de ventilation collective pour contrôler activement la température de la ruche. Les abeilles ouvrières se positionnent à l'entrée de la ruche et battent leurs ailes de manière synchronisée, générant ainsi un flux d'air qui évacue la chaleur excédentaire et régule l'humidité.

I.2.2.2. Formation de grappes

Durant les mois d'hiver, les abeilles forment des grappes serrées autour de la reine pour conserver la chaleur. La température au centre de la grappe peut atteindre jusqu'à 35°C, même lorsque la température extérieure tombe en dessous de zéro.

I.2.3. Physiologie de la régulation thermique

Les abeilles ont développé une physiologie qui supporte leur besoin de thermorégulation. Leur métabolisme peut s'ajuster pour augmenter la production de chaleur en cas de besoin, et leur système circulatoire permet une distribution efficace de la chaleur à travers le corps et au sein de la colonie.

I.2.4. Rôle de la température dans le développement des abeilles

La température optimale pour l'élevage des larves est d'environ 34°C à 35°C. Des températures inadéquates peuvent entraîner un développement larvaire pauvre, affecter la qualité des futures ouvrières et ultimement impacter la santé globale de la colonie.

I.2.5. Implications pour la production de miel

La production de miel est directement influencée par la capacité des abeilles à maintenir une température stable dans la ruche. Des variations significatives peuvent perturber les processus biochimiques impliqués dans la conversion du nectar en miel, réduisant ainsi la quantité et la qualité du miel produit. .

I.2.6. Adaptations technologiques et gestion de la ruche

L'adoption de technologies modernes, telles que les systèmes de chauffage automatisés et les capteurs de température, offre aux apiculteurs des moyens de soutenir activement la régulation thermique de la ruche. Cela peut conduire à une meilleure santé de la colonie et à une augmentation de la production de miel.

I.3. Impact de la température sur la production de miel

La production de miel est maximisée lorsque la température de la ruche est maintenue entre 33°C et 36°C, facilitant l'activité des abeilles et les processus biochimiques nécessaires à la transformation du nectar en miel.



Figure I : Formation en grappe

I.3.1. Introduction à l'importance de la température

La production efficace de miel par les abeilles dépend fortement de conditions environnementales optimales au sein de la ruche, notamment une température stable et appropriée. Cette section explore l'influence cruciale de la température sur le comportement des abeilles et sur le métabolisme nécessaire à la production de miel.

I.3.2. La Température idéale pour la production de miel

I.3.2.1. Plage de température et d'humidité optimale

Des études ont identifié que la plage de température idéale pour la production de miel se situe entre **33°C** et **36°C**, et l'humidité relative entre **50** et **70%**. À ces températures, et cette humidité les abeilles sont les plus actives, et les enzymes responsables de la transformation du nectar en miel fonctionnent de manière optimale.

I.3.2.2. Impact thermique sur le comportement des abeilles

La température influe directement sur la capacité des abeilles à collecter et à transformer le nectar. Des températures adéquates favorisent une activité accrue et une efficacité améliorée, ce qui est crucial pendant les périodes de forte collecte de nectar.

I.3.3. Processus biochimiques affectés par la température

I.3.3.1. Conversion du nectar en miel

Le nectar collecté par les abeilles est transformé en miel grâce à une série de réactions enzymatiques qui décomposent les sucres complexes en sucres plus simples. La température influence la vitesse et l'efficacité de ces réactions.

Les enzymes comme l'invertase et la glucose oxydase jouent un rôle crucial dans la transformation du nectar en miel, catalysant la décomposition des sucres complexes en sucres simples plus digestibles et en contribuant à la conservation du miel par l'augmentation de l'acidité et la production de composés antibactériens. La température idéale favorise non seulement l'activité enzymatique optimale mais minimise également les risques de fermentation indésirable, ce qui est crucial pour la préservation de la qualité du miel pendant le stockage.

I.3.3.2. Conservation du miel

La température affecte également la capacité des abeilles à réduire la teneur en eau du miel, un facteur crucial pour la conservation à long terme du miel dans la ruche. [7]

I.3.4. Études de cas et recherche

Plusieurs études ont démontré que le maintien d'une température stable dans la ruche améliore non seulement la quantité de miel produit mais aussi sa qualité. Les fluctuations de température peuvent entraîner une réduction de la production et affecter la qualité du miel par des fermentations non désirées.

I.3.5. Technologies modernes pour la régulation de température

L'introduction de technologies modernes dans la gestion de la ruche, telles que les systèmes automatisés de contrôle de température, a révolutionné l'apiculture en permettant aux apiculteurs de maintenir des conditions optimales avec plus de précision.

Le changement climatique pose de nouveaux défis pour la thermorégulation dans les ruches, exacerbant les fluctuations de température et augmentant la fréquence des événements météorologiques extrêmes. L'intégration de technologies avancées de régulation de température devient donc encore plus cruciale pour protéger les colonies d'abeilles contre les effets potentiellement dévastateurs du changement climatique. En adaptant les pratiques apicoles pour inclure une régulation plus précise de la température,

les apiculteurs peuvent aider à garantir la survie et la prospérité des colonies dans des conditions climatiques de plus en plus imprévisibles.

Donc la maîtrise de la température dans la ruche est essentielle pour optimiser la production de miel. En comprenant et en contrôlant les conditions thermiques, les apiculteurs peuvent maximiser la productivité de leurs ruches tout en assurant la qualité du miel produit. L'adoption de méthodes de régulation de température avancées promet de soutenir la viabilité à long terme de l'apiculture.

I.4. Gestion de la température dans les ruches automatisées

Les technologies modernes, telles que les systèmes de chauffage et de ventilation contrôlés, permettent de maintenir une température idéale dans les ruches, ce qui améliore la santé et la productivité des abeilles. Des études de cas ont montré des augmentations significatives de la production de miel avec l'utilisation de ces systèmes. (Abramson, Charles I., 'Advances in Automatic, Remote and Precision Beekeeping').

I.4.1. Introduction à la régulation automatisée de température

La technologie moderne a révolutionné l'apiculture en permettant un contrôle précis et automatique de la température au sein des ruches. Cette gestion avancée est cruciale pour maintenir la santé des colonies d'abeilles et maximiser la production de miel, en particulier dans des conditions climatiques extrêmes ou variables.

I.4.2 Technologies clés de régulation de température

I.4.2.1. Systèmes de chauffage automatisés

Les systèmes de chauffage automatisés sont conçus pour maintenir une température constante dans la ruche, surtout pendant les mois froids où les abeilles sont vulnérables au froid. Ces systèmes détectent les baisses de température et activent un dispositif de chauffage pour compenser, assurant ainsi un environnement stable pour la colonie.

I.4.2.2. Ventilation contrôlée

La ventilation est également automatisée dans les ruches modernes. Des ventilateurs contrôlés par des capteurs thermiques et d'humidité s'activent pour évacuer l'excès de chaleur et l'humidité, ce qui est vital pour prévenir la surchauffe et la condensation, surtout dans les climats chauds et humides.

I.4.3. Impact de la régulation de température sur les abeilles

Le maintien d'une température optimale facilite la vie des abeilles en réduisant leur stress et en améliorant leur santé globale. Une température stable permet aux abeilles de se concentrer sur la production de miel plutôt que de dépenser de l'énergie pour réguler la température de la ruche.

I.4.4. Avantages pour la production de miel

I.4.4.1. Augmentation de la production

Les études ont montré que le contrôle de la température peut conduire à une augmentation significative de la production de miel. Par exemple, des ruches équipées de systèmes de régulation thermique ont produit jusqu'à 20% plus de miel que les ruches sans ces systèmes.

I.4.4.2. Amélioration de la qualité du miel

Non seulement la quantité de miel augmente, mais sa qualité s'améliore également. La régulation de la température aide à maintenir les propriétés bénéfiques du miel, comme les enzymes et les antioxydants, qui peuvent être dégradés par des températures excessives.

I.4.5. Études de cas et résultats pratiques

Des cas d'étude spécifiques, comme ceux documentés par Charles I. Abramson dans "Advances in Automatic, Remote and Precision Beekeeping", illustrent comment différentes apiaries ont implémenté avec succès ces technologies, résultant en des améliorations mesurables de la santé des abeilles et de la production de miel.

L'application de technologies avancées telles que les capteurs IOT (Internet des Objets) et l'intelligence artificielle dans la gestion des ruches transforme la manière dont les apiculteurs surveillent et contrôlent les conditions environnementales. Ces outils permettent des ajustements en temps réel et prédictifs de la température et de l'humidité, assurant des conditions presque idéales qui peuvent significativement augmenter la

productivité et la santé des colonies d'abeilles. Des études pilotes implémentant ces technologies ont montré des résultats prometteurs, avec des augmentations mesurables de la production de miel et une meilleure santé globale de la colonie.

Au final, l'automatisation de la gestion de la température dans les ruches représente une avancée significative en apiculture. En fournissant un environnement stable et optimal pour les abeilles, ces technologies modernes non seulement augmentent la production de miel mais contribuent également à la durabilité des pratiques apicoles face aux défis climatiques croissants.

I.5. Conclusion

La gestion efficace de la température est primordiale pour le maintien de colonies d'abeilles saines et pour une production de miel optimale. Les avancées technologiques dans la régulation thermique des ruches offrent des perspectives prometteuses pour une apiculture durable et plus productive.

***Chapitre II : Représentation
des composants et matériels
utilisés***

II.1. Introduction

L'apiculture moderne nécessite des innovations pour surmonter les défis traditionnels et améliorer la productivité. Dans ce contexte, notre projet de ruche intelligente vise à répondre aux problématiques de régulation de température, cruciales pour la santé et la productivité des abeilles. Ce chapitre est consacré à la présentation détaillée du cahier des charges de notre prototype. Nous y décrirons les composants matériels utilisés. L'objectif est de fournir une vue d'ensemble exhaustive de la technologie employée et de démontrer comment chaque élément contribue à l'efficacité du système.

II.2. Présentation des différentes cartes arduino

Arduino est une marque qui fait des cartes utilisées pour fabriquer des ordinateurs pouvant interagir avec leur environnement au travers de capteurs, de moteurs, d'émissions de lumière. Elle possède aussi une plateforme open source qui permet le partage et une modification facile du code. Arduino a été créée pour faciliter l'accès et l'utilisation des microcontrôleurs au grand public. Arduino propose une solution hardware et une solution software qui se nomme Arduino Integrated Développement Environnement (IDE). Le côté intuitif de la marque a fait qu'elle se démocratise très vite dans le monde avec l'imagination pour seule contrainte.

Les cartes peuvent se connecter à pleins de capteurs (lumière, couleur, ultrasons, infrarouges, fin de course. . .) et à des modules GPS, Wifi, Bluetooth. Sans oublier les différents types de moteurs et actionneurs possibles. Les seules contraintes existantes sont les dimensions et connectivités des cartes proposées par Arduino.

II.2.1. Carte arduino Nano

L'Arduino Nano est une version compacte de l'Arduino UNO. Ceci lui permet d'être utilisé dans des applications dont la contrainte principale est la place. Il ne mesure que 18x45 mm, il utilise aussi un ATMEGA328P et opère à une vitesse de 16 MHz. Il a 14 pins numériques et 6 pins analogiques qui peuvent être alimentés en 5V et 3.3V. En termes de mémoire, il possède 32 KB de mémoire programmable, 1 KB d'EEPROM,

2 KB de RAM. Malgré le fait qu'il ne soit pas compatible avec les shields de l'Arduino UNO, il peut être mis facilement sur un breadboard. En règle générale, il s'agit d'une des cartes les moins chères ce qui lui donne un avantage pour des projets bon marché.



Figure II.1 : Arduino Nano

II.2.2. Carte arduino Uno

L'UNO est sans doute l'Arduino le plus populaire. Il est alimenté par un processeur Atmega328 fonctionnant à 16 MHz, comprend 32 Ko de mémoire programme, 1 Ko d'EEPROM, 2 Ko de RAM, 14 E / S numériques, 6 entrées analogiques et un rail d'alimentation de 5V et 3,3V.



Figure II.2 : Arduino Uno R3

II.2.3. Carte arduino Due

L'Arduino Due est une des plus grande carte de la marque mais c'est aussi la première à être dotée d'un processeur ARM. Contrairement à l'Arduino UNO, la Due doit être alimentée avec du 3.3V. Cette carte possède un microcontrôleur ATSAM3X8E CortexM3 qui tourne à 84 MHz. Il a 512 KB de mémoire ROM et 96 KB de RAM.

Concernant ces GPIO il a été construit avec 54 I/O pins numériques, 12 sorties PWM, 12 entrées analogiques et 2 sorties analogiques. L'Arduino Due ne possède pas de mémoire EEPROM et la compatibilité avec le software n'est pas garantie. Malgré tout, il est compatible avec les shields de l'arduino UNO.



Figure II.3 : Arduino Due

II.2.4. Carte arduino Mega

L'Arduino Mega 2560 est similaire au Due puisqu'il a un arrangement de pins semblable, qu'il est compatible avec les shields de l'UNO et il possède aussi 54 I/O pins numériques. Toutefois, il a 16 entrées analogiques, 15 sorties PWM et au lieu d'avoir un ARM pour microcontrôleur, il a un ATMEGA 2560. Il tourne à 16 MHz, il a 256 KB de mémoire ROM, 8 KB de RAM, 4KB d'EEPROM et il est alimenté avec une tension de 5V.



Figure II.4 : Arduino MEGA 2560

II.2.5. Choix de la carte (Uno)

Si vous êtes un débutant ou à peine un initié dans le monde de l'Arduino, un bon choix pour démarrer est l'Arduino UNO. Il possède 14 pins numériques et 6 pins analogiques. Vous avez un total de 20 General Purpose Input Output (GPIO) pins qui est un nombre intéressant et suffisant pour des premières expériences jusqu'à un niveau un peu plus

avancé. Cet arduino a une paire Rx et Tx pour faire de la communication série et il a la possibilité d'en avoir une deuxième avec la librairie SoftwareSerial. L'arrangement de ses pins est vite devenu un standard en ce qui concerne les cartes de développement. C'est ce qui fait qu'il est compatible avec la plupart des shields vendus dans le commerce.

II.2.6. Tableau comparatif de quelques cartes arduino

Dans le tableau suivant, nous allons faire une comparaison entre les différentes cartes Arduino cités auparavant, en comparant leurs caractéristiques pour avoir une vue globale de ses cartes et une meilleure compréhension de leurs caractéristiques.

Tableau 1 : Tableau comparatif de quelques cartes Arduino

Nom	Processeur	Voltage	Vitesse CPU	E/S Analog	E/S Digital PWM	EEPRO M (KB)	SRAM (KB)	Flash	UART
NANO	ATMEGA 328/ATMEGA 168	5V/7-9V	16MHZ	8/0	14/6	0.512	1/2	16/32	1
UNO	ATMEGA 328/ATMEGA 168	5V/7-12V	16MHZ	6/0	16/6	1	2	32	1
DUE	AT91SAM3X8E	3.3V/7-12V	84MHZ	12/2	54/12	X	96	512	1
MEGA2560	ATMEGA2560	5V/7-12V	16MHZ	16/0	54/15	4	8	256	4

II.3. Le module ESP8266

ESP8266 C'est une toute petite carte qui contient un processeur tournant à 80MHz, une puce WI-FI avec son antenne, un port série et des GPIO (entrées/sorties), Le microcontrôleur est cadencé à 80Mhz par un processeur 32bits RISC avec 96K de RAM et une mémoire flash de 512Ko à 4Mo selon les modèles. Pour les GPIO il diffère d'un modèle à l'autre, de 1 à plus de 16 I/O. Il dispose d'une connectivité Wifi 802.11 b/g/n

supportant le WEP, WPA/2/WPS et réseau ouvert et 16 GPIO dont le support du SPI, I²C, UART et un port ADC (pour les I/O analogiques).

L'utilisation du module ESP8266 est prise en charge par plusieurs applications comme remotexy avec des microcontrôleurs pour la communication Wi-Fi. Cette prise en charge s'étend à toutes les cartes Arduino.



Figure II.5 : Module ESP8266

Au début de notre projet, nous avons opté pour l'Arduino UNO mais après deux mois de travail, nous avons basculé sur la carte ESP8266 pour des raisons purement technique qui seront justifiés dans le chapitre suivant.

II.4. Capteur d'humidité et de température DHT11

Le module DHT11 fournit une sortie numérique proportionnelle à la température et à l'humidité mesurées par le capteur. La technologie utilisée pour produire le capteur DHT11 garantit une grande fiabilité, une excellente stabilité à long terme et un temps de réponse très rapide.

Le capteur DHT11 est capable de mesurer des températures de 0 à +50°C avec une précision de +/- 2°C et des taux d'humidité relative de 20 à 80% avec une précision de +/- 5%. Une mesure peut être réalisée toutes les secondes. Ce module à 3 broches. Il communique avec l'Arduino très simplement au travers d'une de ses entrées (entrée numérique). Les 2 autres broches sont pour son alimentation 5 V et la masse (GND).

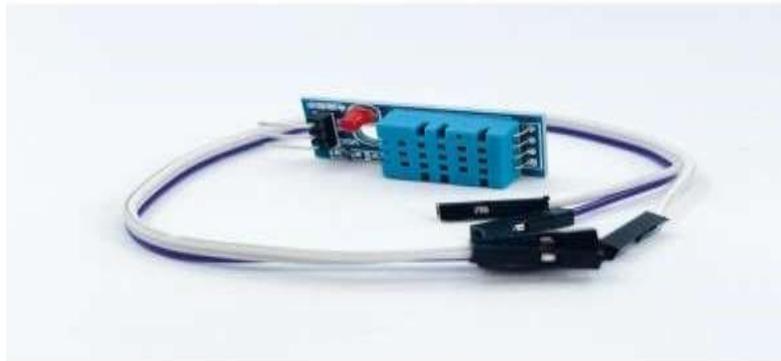


Figure II.6 : Le capteur DHT11

II.5. Le Servomoteur

Un servomoteur est un moteur à courant continu avec un circuit électrique de commande et un capteur (de position, de vitesse ou d'accélération).

Les servomoteurs permettent de déplacer un bras, sur lequel est fixé un objet, jusqu'à une certaine position (ou angle de rotation), puis à maintenir solidement cette position. Le terme même de servomoteur signifie qu'il s'agit d'un moteur asservi, obéissant à une commande externe.

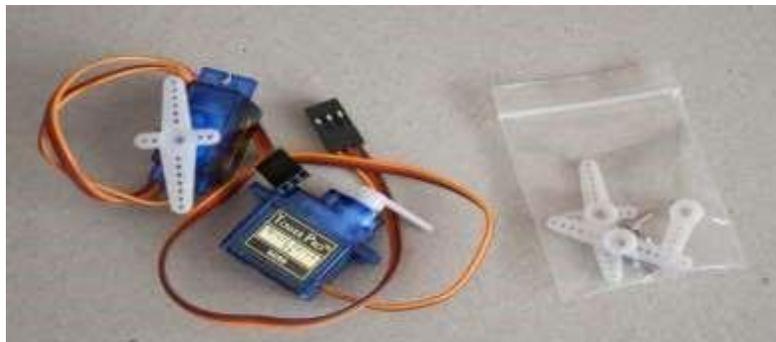


Figure II.7 : Le servomoteur

II.6. Module GSM sim800L

Le module SIM800L GSM/GPRS est un module GSM/GPRS compatible avec Arduino. Le module fonctionne pour ajouter à la fois des fonctions GSM (appel vocal ou SMS) et des fonctions GPRS. Les avantages de ces modules sont les niveaux de série VCC et TTL qui ont une tension de 5V (pour V2.0), donc vous pouvez le connecter directement à

Arduino ou à un autre système minimum avec 5V de niveau de tension. Il existe de nombreux modules GPRS/GSM sur le marché qui nécessitent l'ajout d'un circuit régulateur et d'un convertisseur de niveau 5 V, alors que le module SIM800L V2.0 GSM/GPRS possède déjà un circuit régulateur et un convertisseur de niveau TTL intégrés sur la carte.



Figure II.8 : Module GSM sim800L

II.7. Tableau comparatifs entre le DHT11, le Servomoteur, le GSM Sim800L et le module ESP8266

Dans le tableau suivant nous allons faire un résumé des caractéristiques de notre matériel utilisé lors de notre prototype afin d'avoir une maîtrise exacte des équipements.

Tableau 2 : Comparatifs entre le DHT11, le Servomoteur, le GSM Sim800L et le module ESP8266

Caractéristiques	Capteur DHT11	Servomoteur	GSM sim800L	Module ESP8266
Type de capteur	Humidité et Température	Moteur	Module GSM	Module WIFI
Plage de mesure	20 % à 90% d'humidité, 0°C à 50° de température	Angle de rotation	Communication GSM	Communication WIFI
Précision	+_1% d'humidité, +_1°C de température	Selon le modèle	Communication GSM	Communication WIFI
Interface	Numérique (signal/broche de données)	PWM (Pulse Width Modulation)	AT commande via UART	AT commande Via UART
Application	Station météo, système de contrôle environnementale, surveillance agricole	Robotique, Automatisation	Projets IoT suivie à distance	Projets IoT, Automatisation
Alimentation	3.3v/5v	5v	3.3v/5v	3.3v/3.6v
Communication	Communication GSM	Communication WIFI	SMS vocaux appels	WIFI MQTT
Taille	Petit	Variable	Compact	Petit
Coût	Abordable	Variable	Abordable	Abordable

II.8. L'application remotexy

Remotexy est une application qui permet de créer et d'utiliser une interface utilisateur graphique mobile pour les cartes contrôleurs.



Figure II.9 : L'application remotexy

II.8.1. Modes de fonctionnement

II.8.2. Point d'accès

Le mode point d'accès configure l'ESP8266 comme un point d'accès Wi-Fi. Vous pouvez connecter directement votre Arduino à ce point d'accès. Cela peut être utile dans des endroits éloignés sans infrastructure réseau.

II.8.3. Client

Le mode client permet à l'ESP8266 de se connecter automatiquement à un point d'accès Wi-Fi existant, comme un routeur domestique ou un point d'accès d'entreprise. Vous pouvez accéder à votre Arduino depuis n'importe où dans le réseau local ou même depuis Internet.

II.8.4. Connexion au microcontrôleur

L'ESP8266 est connecté à la carte Arduino via une interface série (UART). Vous pouvez choisir d'utiliser une liaison série logicielle ou matérielle.

II.8.5. Contrôle via AT commands

L'ESP8266 est contrôlé à l'aide de commandes AT. Assurez-vous d'utiliser la dernière version du firmware pour l'ESP8266 (version AT_v0.40 ou supérieure).

II.8.6. Téléchargement du code source

Vous pouvez télécharger le code source de l'interface graphique pour l'IDE Arduino.

II.9. L'IDE Arduino



Figure II.10 : L'application arduino

Le logiciel arduino est un Environnement de Développement Intégré (IDE) open source et gratuit, téléchargeable sur le site officiel Arduino.

L'IDE Arduino permet :

- **d'éditer un programme** : un programme est composé de **croquis** (sketch en Anglais). Les programmes sont écrits en langage C
- de **compiler ce programme** dans le langage « machine » de l'Arduino, la compilation est une traduction du langage C vers le langage du microcontrôleur
- la zone de **sortie** donne des informations sur le déroulement de la compilation et affiche les messages d'erreur et diverses notifications.
- de **téléverser** le programme dans la mémoire de l'Arduino, le téléversement (upload) se passe via le port USB de l'ordinateur une fois dans la mémoire de l'Arduino, le logiciel s'appelle un **microgiciel**.
- la zone de **sortie** donne des informations sur le déroulement du téléversement et affiche les messages d'erreur et diverses notifications.
- de **communiquer** avec la carte Arduino grâce au **terminal** (ou **moniteur série**). pendant le fonctionnement du programme en mémoire sur l'Arduino, il peut communiquer avec l'ordinateur tant que la connexion est active (câble USB, ...).

II.10. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la partie théorique des différents modules constituant notre système qui permet de contrôler une ruche automatisée à l'aide d'une carte ARDUINO UNO et un module EPS8266 par un moteur servo. Nous avons organisé notre étude des différentes unités de ce système en commençant par l'unité de traitement représentée par l'Arduino UNO, l'unité d'Interface qui contient un capteur de température dht11, l'unité de contrôle à travers l'application remotexy et finalement l'unité des actionneurs représentée par le moteur servo.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons la partie pratique et test du prototype.

***Chapitre III : Réalisation de
notre projet :
Résultats et tests***

III.1. Introduction

Après avoir fait une étude des différents composants constituant notre projet dans le chapitre précédent, la réalisation d'une ruche fait l'objet de ce dernier chapitre qui illustre deux parties, la réalisation matérielle avec définition de toutes les étapes nécessaires pour réaliser une ruche automatisée, et enfin la réalisation logicielle qui concerne la programmation de la carte arduino pour la mise en marche de système.

Avant de commencer le travail il faut d'abord parler des exigences et des caractéristiques de système que nous allons réaliser

III.2. Notre prototype

Dans ce projet nous avons mis l'accent sur l'amélioration de la température et l'augmentation du rendement des abeilles. L'idée générale de notre projet est de permettre aux apiculteurs de connaître l'état de leur ruche soit en distance courte ou en distance longue.

Pour le développement de notre prototype de ruche automatisée, nous avons conçu et assemblé une ruche dotée d'un toit ouvrant automatique. Ce mécanisme s'active lorsque la température intérieure dépasse 36 degrés Celsius. Cette régulation thermique est essentielle pour maintenir un environnement optimal pour les colonies d'abeilles, contribuant ainsi à une meilleure production de miel.

Le contrôle de la température est effectué par un capteur DHT11, qui mesure de manière précise et fiable la température interne de la ruche. Lorsque le seuil de 36 degrés est atteint, le toit s'ouvre automatiquement pour permettre une ventilation naturelle et ainsi diminuer la chaleur excessive.

Par ailleurs, nous avons intégré un module GSM au système. Ce dispositif permet de communiquer en temps réel avec l'apiculteur via des alertes mobiles. Lorsque le toit s'ouvre ou lorsque des fluctuations significatives de température sont détectées, le module envoie immédiatement une notification à l'apiculteur. Cette fonctionnalité assure une intervention

rapide si nécessaire et permet à l'apiculteur de surveiller à distance les conditions au sein de chaque ruche.

Ce prototype représente une avancée significative dans la gestion technologique des ruches, offrant un outil puissant pour optimiser les conditions de vie des abeilles et maximiser la production de miel, tout en facilitant la gestion par les apiculteurs.

III.2.1. But

Notre projet vise à concevoir une ruche connectée et adaptée pour préserver les abeilles aux différents problèmes causés par les changements climatiques.

III.2.2. Objectifs

Voici les principaux objectifs de notre projet :

- Amélioration de la santé des abeilles
- Amélioration de la qualité de la production de miel
- Augmentation du rendement des abeilles
- Adaptation aux besoins des abeilles
- Réduire l'énergie fournie par les abeilles pour la thermorégulation
- Contrôle de l'état de la ruche en temps réel via une application

III.2.3. Fonctionnement

Le fonctionnement du prototype consiste à surveiller les conditions internes de la ruche en ajustant la ventilation via la fenêtre et alerter l'apiculteur en temps réel. Pour cela :

- Le capteur DHT11 mesure à la fois la température et l'humidité relative dans la ruche.
- Le servomoteur contrôle l'ouverture et la fermeture de la fenêtre sur le toit de la ruche.
- Le module GSM alerte l'apiculteur en envoyant des SMS.

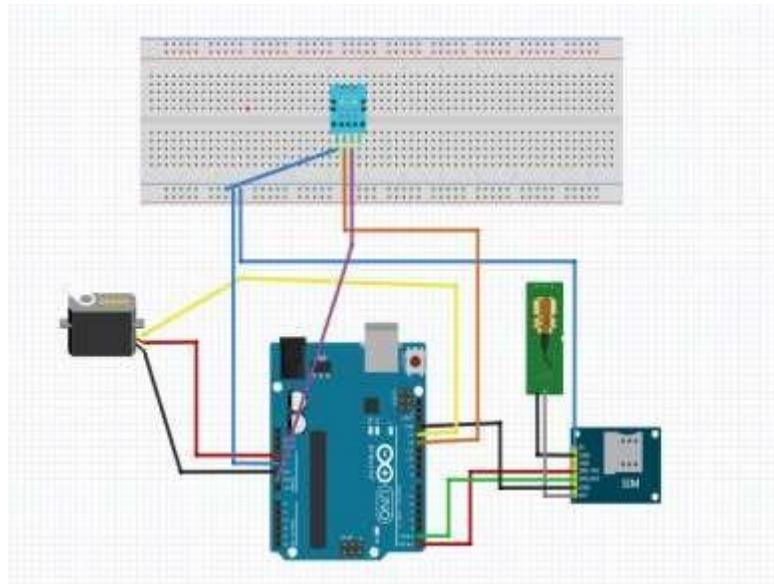


Figure III.1 : Image globale du montage

III.3. Conception de la ruche

La conception d'une ruche est essentielle et une étape importante pour favoriser le bien-être des abeilles et faciliter la collecte du miel. Les images ci-dessous montrent les différentes parties de notre ruche.



Figure III.2 : le corps



Figure III.3 : les essaims



Figure III.4 : le toit



Figure III.5 : la ruche complète

III.4. Les Tests de la solution

III.4.1. Calcul de la température

- Montage de l'arduino avec le capteur DHT1

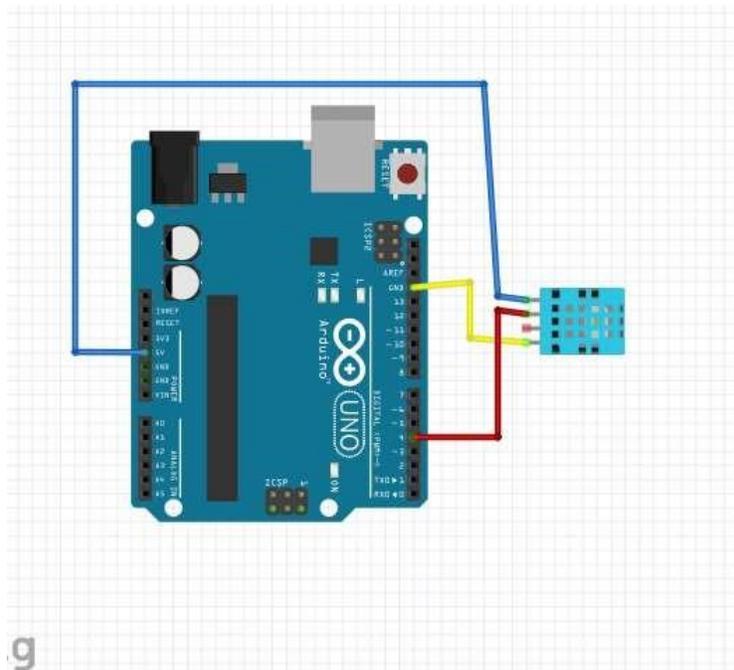


Figure III.6 : Montage de l'arduino avec le capteur DHT11

Après le téléversement du programme dht11, nous obtenons les résultats sur le moniteur

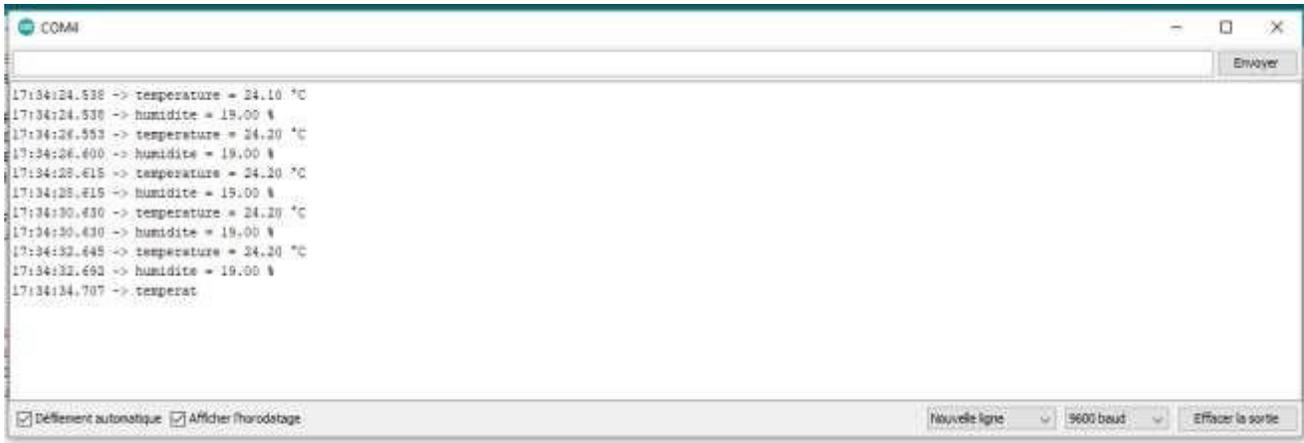
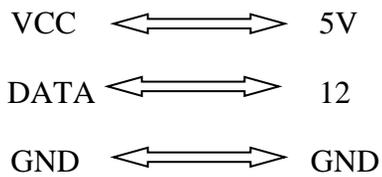


Figure III.7 : Résultat du test dht11

Le DHT11 est branché avec Arduino par 3 pins comme suit :



III.4.2. Toit ouvrant

- Montage de l'arduino avec le servomoteur

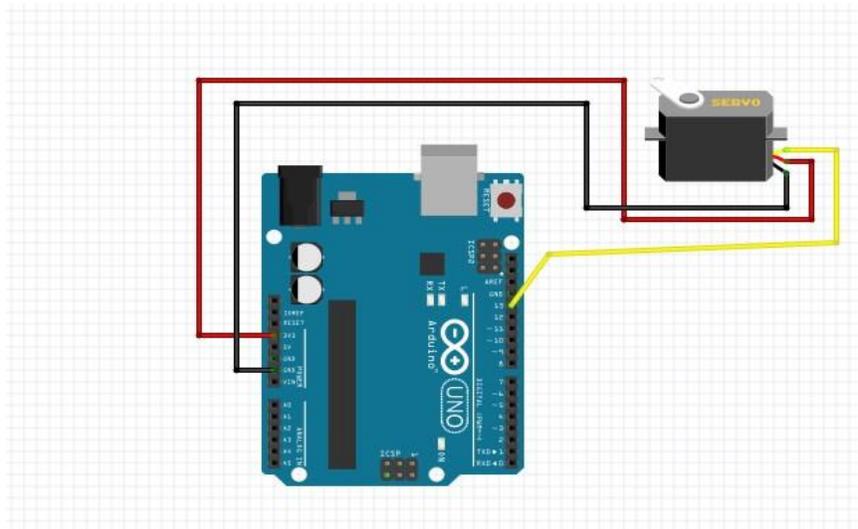
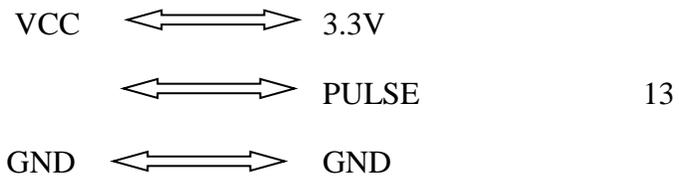


Figure III.8 : Montage de l'arduino avec le servomoteur

Après l'affichage de la température et le téléversement du programme servomoteur, le servomoteur ouvre et ferme automatiquement le toit

Le servomoteur est branché avec Arduino par 4 pins comme suit :



III.4.3. Alerte et notification

- Montage de l'arduino avec le GSM

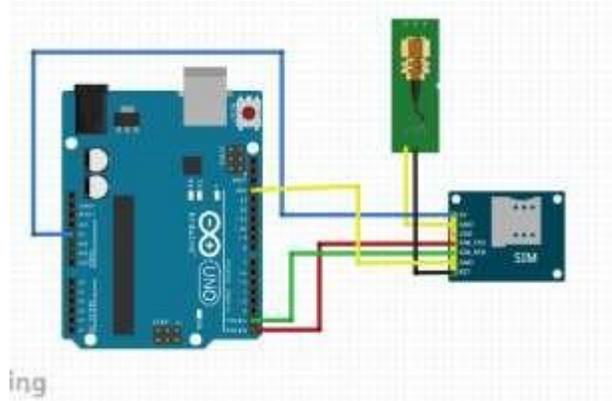


Figure III.9 : Montage de l'arduino avec GSM

Après le téléversement du programme GSM sim800L sur l'arduino voici la capture du résultat :

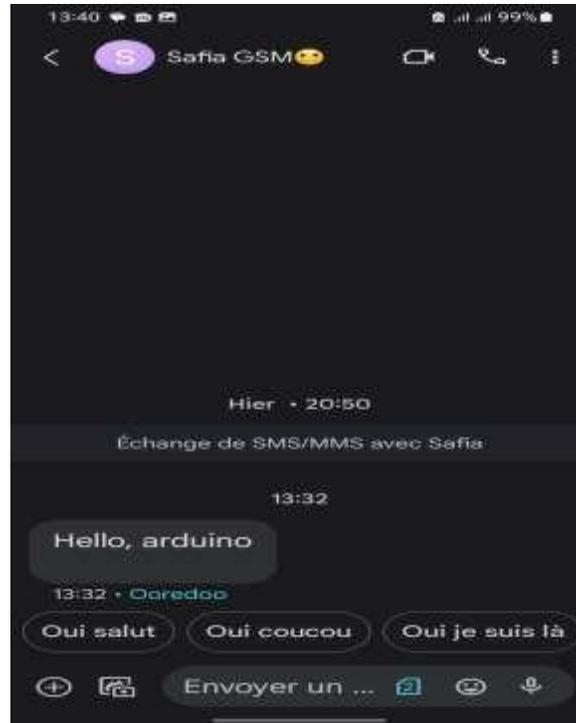
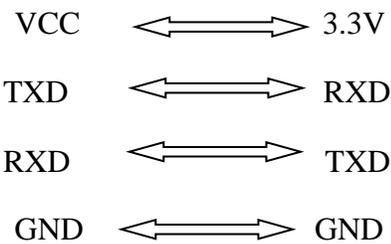


Figure III.10 : Capture du résultat GSM

Le GSM est branché avec l'arduino par 4 pins comme suit :



III.5. Amélioration et perspectives

Dans le cadre des perspectives d'amélioration de notre prototype de ruche automatisée, nous envisageons de remplacer le système actuel de notifications par GSM par une application mobile dédiée. Cette application recevra et affichera les alertes concernant les conditions au sein de la ruche, offrant ainsi une interface plus intuitive et interactive pour l'apiculteur.

Le développement de cette application sera réalisé en utilisant le module ESP8266, reconnu pour sa connectivité WiFi fiable et son adaptabilité dans des projets IoT (Internet des Objets). L'intégration de ce module permettra une transmission efficace des données en temps réel entre la ruche et l'application mobile.

Pour l'interface utilisateur, nous utiliserons remotexy, une plateforme qui facilite la création d'interfaces graphiques pour la gestion des dispositifs IoT via des appareils mobiles. Cette solution permettra de développer rapidement une application attrayante et facile à utiliser, capable de montrer des informations clés telles que la température actuelle de la ruche, l'état du toit (ouvert ou fermé), et d'autres alertes importantes pour l'apiculteur.

Cette innovation technologique vise à rendre la surveillance des ruches plus accessible et plus efficace, permettant aux apiculteurs de réagir promptement aux changements environnementaux qui pourraient affecter la santé des abeilles et la production de miel. En fin de compte, l'objectif est de fournir un outil puissant qui contribue à la gestion durable et au succès des activités apicoles.

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons expliqué en détail les différentes étapes et les différents tests de réalisation de notre prototype qui permet de calculer et contrôler la température à l'intérieur d'une ruche.

Conclusion général

Dans le monde de l'apiculture c'est-à-dire le monde des abeilles, l'automatisation des ruches à l'aide des outils informatique et électronique offre de nombreux avantages mais elle nécessite également une planification et une mise en œuvre soigneuses pour s'assurer que la technologie soutient efficacement les besoins des abeilles et des apiculteurs. C'est une étape vers une apiculture plus intelligente et plus durable.

Ce travail présente l'étude et la réalisation d'une ruche automatisée, pour réaliser ce projet nous avons utilisé des outils informatique et électronique : nous avons utilisé le programme Arduino IDE, pour la réalisation nous avons utilisé un Moteur servo, un capteur DHT11, une module GSM et une carte arduino pour commander la ruche. Comme solution alternative nous avons utilisé le module ESP8266 avec l'application RemoteXY.

Le déroulement de la réalisation du projet s'est fait sur plusieurs étapes. En premier lieu, l'affichage de la température par le DHT11, l'ouverture et la fermeture du toit par le Moteur servo et l'envoi d'un message par GSM à l'apiculteur.

Comme perceptive, nous souhaitons l'améliorer et l'enrichir avec des technologies encore plus modernes et lui apporter plus de fonctionnalités pour qu'on puisse l'exposer au grand public en ajoutant des nouveaux paramètres tel que la fréquence, la géolocalisation, le poids,...

Enfin, ce Projet nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances et se familiariser avec la carte arduino et les différents programmes qui, se métrons-nous capable de réaliser des autres projets arduino ainsi que nous apprendre la méthode de recherche et les différentes étapes pour faire un Projet de fin d'étude

Références

- [1] T.D. Seeley, "Honeybee Ecology: A Study of Adaptation in Social Life", Princeton University Press, 1985.
- [2] **Starks, P. T., & Gilley, D. C. (1999).** "Heat shielding: a novel method of colonial thermoregulation in honey bees." *Naturwissenschaften*, vol. 86, no. 11, pp. 438-440.
- [3] **Southwick, E. E., & Heldmaier, G. (1987).** "Temperature control in honey bee colonies." *BioScience*, vol. 37, no. 6, pp. 395-399.
- [4] **Fahrenholz, L., Lamprecht, I., & Schricker, B. (1989).** "Thermal investigations of a honey bee colony: thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of different bee castes." *Journal of Comparative Physiology B*, vol. 159, no. 5, pp. 551-560.
- [5] B. Schäfer, et al., "Thermal Requirements for Honey Bee (*Apis mellifera*) Development", *Journal of Apicultural Research*, vol. 47, no. 2, pp. 192-199, 2008.
- [6] D. Mitchell, "The role of honey bees in natural ecosystems," in *Ecological Entomology*, vol. 34, no. 6, pp. 727-737, Dec. 2009.
- [7] A. Stabentheiner, H. Kovac, and R. Brodschneider, "Honeybee colony thermoregulation – Regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress," *PLOS ONE*, vol. 5, no. 1, e8967, Jan. 2010.
- [6] **Kleinhenz, M., et al. (2003).** "Honeybee colonies regulate brood temperature in response to external temperatures." *Animal Behaviour*, vol. 66, no. 4, pp. 577-582.
- [7] Charles I. Abramson, "Advances in Automatic, Remote and Precision Beekeeping", *Bee World*, 2019. Cet article présente des avancées technologiques dans la gestion automatisée des ruches, y compris la régulation de la température.
- [8] **Ellis, A. M., & Hayes, G. W. (2009).** "An Evaluation of Heating Systems for Wintering Honey Bee Colonies." *American Bee Journal*, vol. 149, no. 5, pp. 485-490. This article discusses different heating systems and their effects on honey bee colonies during winter.
- [9] **Jones, J. C., & Oldroyd, B. P. (2006).** "Nest Thermoregulation in Social Insects." *Advances in Insect Physiology*, vol. 33, pp. 153-191. This book chapter provides a detailed overview of how social insects like bees manage nest temperature.

- [10] **Human, H., & Nicolson, S. W. (2006).** "Honeybees can reduce syrup temperature selectively to influence the handling time of nectar receivers." *Animal Behaviour*, vol. 72, pp. 461-470. This paper discusses how bees can selectively alter syrup temperature to manage nectar processing.
- [11] **Myerscough, M. R. (1993).** "Dancing for a decision: A matrix model for nest-site choice by honey bees." *Proc. R. Soc. Lond. B*, vol. 252, pp. 103-108. This article models the decision-making process in honey bees regarding nest-site choices based on environmental factors.
- [12] **Mishra, R. C., et al.**, "Internet of Things (IoT): A Review of Enabled Technologies and Future Challenges", *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, December 2019.
- [13] **Carreck, N. L., et al.**, "The Benefits of Using Technology in Beekeeping," *Journal of Apicultural Research*, 2020.
- [14] **IOUTCHENE Licia et MAHDI Lysia** « Etude et réalisation d'une canne intelligente destinée aux personnes souffrant d'une cécité visuelle », mémoire 2019, Université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen.
- [15] **SAHRAOUI Seifeddine** « Etude et réalisation d'une canne intelligente pour les nonvoyants »Mémoire 2019, Université Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi.
- [16] **MABED Nadhira** « Regard pour tous Intervention en faveur des déficients visuels », Mémoire 2017/2018, Université Abou BekrBelkaid De Tlemcen.
- [17] **Mme Boukli Hacene Nacera et Mme Bouayad Agha Nesrine** « peut on concevoir un cadre physique stimulant et adaptée pour une meilleur intégration sociale des déficients visuels la cite de la différence » MEMOIRE 2016, Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
- [18] **Ogal Abdelbari Hafiane et Med Tahar**« Navigation et évitement d'obstacle d'une voiture autonome » Mémoire Master Professionnel 2017, Universite Kasdin Merbah Ouargla
- [19][https://www.ublox.com/sites/default/files/products/documents/NEO6_DataSheet_\(GPS.G6https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.ublox.com/sites/default/files/products/documents/NEO6_DataSheet_(GPS.G6https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf)

REFERENCES

[20] https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf_

[21] **Saliha AITOUAZZOU et Djamila FOURALI** « Conception et réalisation d'une canne intelligente », Mémoire MASTER ACADEMIQUE 2016, Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou.

[22] **SOUSSI soumia et MIRNES hala imene** « Conception et réalisation d'un système intelligent de détection des feux de forêts et des incendies « la wilaya d'Ain-Temouchent » », Mémoire 2019, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent.

[23]<http://ece.colorado.edu/ecen3000/labs/lab6/MotionSensing.pdf>.

[24]<http://projet.eu.org/pedago/sin/tutos/fritzing.pdf>

[25]Luc Jaulin.2014.Automatique pour la Robotique page 15