

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE



FILIERE : ELECTRONIQUE
OPTION : ELECTRONIQUES DES
SYSTEMES EMBARQUES

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : BENSLIMANE Chahrazed

TOUATI Aicha

Intitulé

Conception d'une plateforme de
surveillance apicole

Encadré par :

M. BENHAMADOUCHE Abdelouahab

Année universitaire : 2019 /2020

Dédicace

Je rends grâce à Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté. Ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chères :

À celui qui m'a toujours appris comment réfléchir avant d'agir, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire, à celui qui n'a jamais épargné un effort pour mon bien, Mon cher père.

À celle qui est toujours à côté de mon cœur, à celle qui m'a appris le vrai Sens de la vie, à celle qui n'a hésité aucun moment à m'encouragé

Ma Chère mère.

A mon grand-père Belkacem et mon oncle Abderazzak

A mes sœurs et mes frères, :Fatima , Slimane , Hadjer , Lina et Abdelhak .

A tous mes amies Sarra , Youcef , Amina , Lamouri , Mouna , Mourad et les plus

sincères ma binome Aicha qui m'a très aidé à réaliser ce travail

A tous mes collègues Et bien sûr à toute la famille "Benslimane " et à tous ceux que me connaît

Chahrazed.

Dédicace

Je rends grâce à Dieu de m'avoir donné le courage et la volonté. Ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études.

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chères :

À celui qui m'a toujours appris comment réfléchir avant d'agir, à celui qui m'a soutenu tout au long de ma vie scolaire, à celui qui n'a jamais épargné un effort pour mon bien, mon cher père.

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre À cette source de tendresse, de patience et de générosité À ma mère

A mes frères, mes sœurs et leurs familles : Naima, Fatima, Amina, Mohamed et Abdallah

À ma grand-mère

À tous mes amies les plus sincères surtout Chahra, Souad et Kayma qui m'ont aidé beaucoup à réaliser ce travail

Aux gens du Coran les plus sincères

A tous les enseignants et étudiants.

A tout mes collègues

Et bien sûr à toute la famille "Touati" et "Khattouti" et à tous ceux qui me connaissent.

عائشة

Remerciement

Avant tout nous tenons nos remerciements à notre dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour terminer ce projet.

À tout ce qui fut à un moment ou à toute instante partie prenante de ce travail et surtout À notre encadreur Monsieur

A. Benhamadouche qui a fourni des efforts énormes, par Ses informations ses conseils et ses encouragements.

Nous remercions monsieur le président de jury, ainsi que les membres de jury d'avoir accepté de juger ce projet.

Nous tenons à remercier les responsables et tout le personnel du département d'Electronique de M'sila pour les facilités qu'ils nous ont accordés pour terminer ce projet.

Nos plus chaleureux remerciements pour tous ceux qui de prés et de loin ont contribué à la réalisation de ce projet.

Résumé

Ce mémoire présente le système de mesure et transmission à distance pour but de surveiller et contrôler les ruches en temps réel et savoir l'état de la ruche et d'assurer son suivi par des capteurs de température, d'humidité et de poids, qui vont envoyer les mesures traitées par un microcontrôleur à un serveur internet où il va les transformer à des tableaux et des graphiques, dans lesquels on évalue les variations des paramètres climatiques et le poids de la ruche, puis les récupérer et les envoyer à une application Android, afin de générer des alertes venant d'un inattendu changement dans la ruche, en utilisant le Wi-Fi comme protocole de communication.

De plus, nous allons construire un prototype basé sur cette conception.

Mots clés : les ruches, microcontrôleur, capteurs, Wi-Fi et application android.

ملخص

تعرض هذه الرسالة نظام القياس والارسال عن بعد لغرض مراقبة خلايا النحل والتحكم فيها في الوقت الفعلي ومعرفة حالة الخلية وضمان متابعتها تتم القياسات بواسطة مستشعرات درجة الحرارة والرطوبة والوزن وتتم معالجتها بواسطة المتحكم الدقيق ثم ترسل إلى خادم انترنت حيث يقوم بتحويلها إلى جداول ورسوم بيانية يتم فيها تقييم الاختلافات في المعلومات المناخية ووزن الخلية ، ثم استرجاعها وإرسالها إلى تطبيق Android ، من أجل إنشاء تنبيهات من تغيير غير متوقع في الخلية، يستخدم Wi-Fi كبروتوكول اتصال. بالإضافة إلى ذلك ، سنقوم ببناء نموذج أولي بناءً على هذا التصميم.

الكلمات الأساسية: خلايا النحل , وحدة التحكم الدقيقة، المستشعرات، Wi-Fi والتطبيق

Summary

This thesis presents the remote measurement and transmission system for the purpose of monitoring and controlling the beehives in real time and to know the state of the hive and to ensure its follow-up by temperature, humidity and weight sensors, which will send the measurements processed by a microcontroller to an internet server where it will transform them into tables and graphs, in which the variations in climatic parameters and the weight of the hive are evaluated, then retrieved and sent to an Android application , in order to generate alerts from an unexpected change in the hive, using Wi-Fi as the communication protocol.

Additionally, we will be building a prototype based on this design.

Keywords: the beehives, microcontroller, sensors, Wi-Fi and application.

Nomenclature

OGM	Organismes Génétiquement Modifiés
SMS	Short message service
ESP	Encapsulating Security Payload
DSP	Digital signal processor
IP	Internet Protocol
ABS	Anti-Lock Braking Systems
UML	Unified Modeling Language
PC	Personal Computer
OTP	organigramme des tâches du projet
CPU	Central processing unite
CSN	Chip Select Non
DC	Direct current
DHT22	Digital Humidity-temperature sensor
ESB	Enhanced Shock Burst
FM	Frequency modulation
GND	Ground
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IdO	Internet des Objets
IHM	Interface Homme Machine
I/O	In/out
IoT	Internet of Things
LED	Light emitting diode.
LoRa	Long Range
MISO	Master-In-Slave-Out
MOSI	Master-Out-Slave-In
NFC	Near Field Communication
NRF	Nordic Radio frequency
OS	Operating System
PV	Photovoltaïque
SCL	Serial Clock Line
SDA	Serial data Line
SDO	Serial Data Out
SOC	system on a chip
SPI	Serial Peripheral Interface
SRAM	Static Random Access Memory
API	Application Programming Interface
RAM	Random Access Memory
RFID	Radio Frequency Identification
TCP	Transmission Control Protocol
USB	Universal Serial Bus
URI	upper respiratory infection
VCC	Voltage common collector
Wi-Fi	Wireless Fidelity
CAN	convertisseur analogique numérique
E/S	Entrés /Sorties

Liste des figures

Chapitre I. Surveillance apicole

Figure I.1 : l'apiculture

Figure I.2 : ruche d'abeille

Figure I.3 : modèle BeeWise™

Figure I.4 : le module connecté B-Keep – HOSTABEE

Figure I.5 : le modèle BeeGuard

Figure I.6 : le modèle Label abeille

Figure I.7 : le modèle BeeZbee

Figure I.8 : Balance Bee2Beep

Figure I.9: le modèle Optibee

Figure I.10 : le modèle Beetracking

Chapitre II. Conception générale

Figure II. 1 : diagramme bête à corne

Figure II. 2 : schéma synoptique d'un système de surveillance apicole

Figure II. 3 : cas d'utilisation matériel

Figure II. 4 : cas d'utilisation logiciel

Figure II. 5 : diagramme de séquence matériel

Figure II. 6 : diagramme de séquence logiciel.

Figure II. 7 : diagramme pieuvre.

Figure II. 8 : Organigramme OTP.

Figure II. 9 : schéma synoptique du système.

Chapitre III. Matériels utilisés

Figure III.1 : schéma synoptique du système.

Figure III.2 : schéma détaillé du système.

Figure III.3 : La carte ESP32-DEVKITC

Figure III.4 : schéma synoptique du système.

Figure III.5 : Jauge de Contrainte 50 kg

Figure III.6 : Le convertisseur HX711

Figure III.7 : Schéma de câblage des cellules de charge avec le HX711

Figure III.8 : Brochage du module GY-BMP280

Figure III.9 : Configuration pour l'alimentation du système

Figure III.10 : Chargeur de batterie Li-Ion TP4056

Figure III.11 : Module Boost USB 5V

Figure III.12 : Module photovoltaïque

Figure III .13 : Module photovoltaïque choisi

Chapitre IV. Réalisation du projet

Figure IV. 1 : organigramme du projet

Figure IV .2 : montage de l'ESP32 avec DHT22

Figure IV.3 : branchement du HX711 avec ESP32

Figure IV .4 : montage de l'ESP32 avec BMP280.

Figure IV.5 : internet des objets

Figure IV .6 : architecture IoT du projet

Figure IV.7 : la plateforme Blynk

Figure IV. 8 : test du module photovoltaïque

Figure IV. 9 : test du chargeur de batterie

Figure IV. 10 : test de recharge de la batterie

Figure IV.11 : Assemblage et test de la partie matériel du système

Figure IV.12 : l'assemblage final du système avec marquage de chaque composant

Figure IV.13 : test des programmes

Figure IV.14 : Récupération des mesures d'humidité et de température externe

Liste des tableaux

Chapitre III. Matériels utilisés

Tableau 1 : Spécifications techniques de la carte ESP32

Tableau 2 : Identification et configuration des broches

Tableau 3 : configuration des broches.

Tableau 4: Relation entre la tension de la batterie et celle du module PV.

Sommaire

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

Chapitre I. Surveillance apicole

1. Introduction	4
2. Les définitions	4
2.1. Apiculture	4
2.2. Apiculteur	4
2.3. La colonie	4
2.4. L'élevage de reines	5
2.5. L'essaimage	5
2.6. Le couvain	5
2.7. Une ruche	5
3. Problématique	5
4. Eléments de surveillance des ruches	7
4.1. Température et humidité dans la ruche	7
4.2. Poids d'une ruche	7
5. La technologie au service de l'apiculture	8
5.1. BeeWise™	8
5.2. Module connecté B-Keep – HOSTABEE	9
5.3. Beeguard	10
5.4. Label abeille	11
5.5. BeeZbee	12
5.6. Balance Bee2Beep	13
5.7. Optibee	14
5.8. Beetracking	15
6. Présentation du projet	16
7. Conclusion	16

Chapitre II. Conception générale

1.	Introduction	18
2.	Analyse du système	18
3.	Concept générale	19
4.	Spécification des exigences du système	20
4.1	Définition des besoins	20
4.1.1	Exigences fonctionnelles	20
4.1.2	Exigences de performances	21
4.1.3	Exigences non-fonctionnelles	21
4.2	Les contraintes	22
5.	L'architecture et la conception fonctionnelle	23
5.1.	Diagramme pieuvre	23
5.2.	Diagramme OTP	24
5.3	Diagramme de cas d'utilisation	24
5.4	Organigramme de séquence	26
6.	Architecture physique	28
7.	Conclusion.....	29

Chapitre III. Matériels utilisés

1.	Introduction	31
2.	Choix de matériels	31
3.	Les composants	32
3.1.	Le microcontrôleur	32
3.1.1.	Le module ESP32.....	33
3.1.2.	La carte ESP32-DEVKITC	33
3.1.3.	Spécifications techniques ESP32	34
3.1.4.	Comprendre la carte ESP32	34
3.1.5 .	Applications	34
3.1.6.	Alimentation.....	35

3.2. Les capteurs	35
3.2.1. Le capteur de température et d'humidité DHT22	35
3.2.2. Le capteur de poids	37
3.2.3. Le capteur de pression	39
4. Alimentation	41
4.1. Alimentation avec module photovoltaïque	41
4.2. Chargeur de batterie	42
4.3. Convertisseur Boost	42
4.4. Choix des batteries Li-Ion	43
4.5. Choix du module PV	43
5. Conclusion	45

Chapitre IV. Réalisation du projet

1. Introduction	47
2. Organigramme de fonctionnement	47
3. Conception et réalisation du système	49
3.1. Configuration de la carte ESP32 avec les capteurs	49
3.1.1. Brochage de l'ESP32 avec dht22	49
3.1.2. Brochage de l'ESP32 avec HX711 et les jauges de contrainte	49
3.1.3. Interfaçage de l'ESP32 avec le module BMP280	50
4. Interfaçage ESP32 / téléphone portable	51
4.1. Présentation de l'Internet des Objets (Internet Of Things-IoT)	51
4.1.1 C'est quoi l'Internet des Objets ?	51
4.1.2. Architecture IoT du projet	52
4.2. Transfert des données au site Blynk	53
4.2.1. Fonctionnement de Blynk	53
4.2.2. Caractéristiques	54
4.2.3. De quoi ai-je besoin pour Blynk ?	55
5. Réalisation et tests	56
5.1. Test du module photovoltaïque	56

5.2. Test du chargeur de batterie.....	56
5. 3. Test de recharge de la batterie	57
5.4. Assemblage et test de la partie matériel du système.....	58
5.5. Test des programmes	59
6. Résultats	60
7. Conclusion	60
Conclusion générale	61
Bibliographies & Webographies.....	63

Annexes

Introduction générale

Les abeilles, aux côtés d'autres agents pollinisateurs, sont indispensables au bon fonctionnement de l'écosystème. Si ces espèces se voient menacées par les effets de mauvais comportements de la part de l'homme, tout l'écosystème se voit gravement affecté. Le physicien Albert Einstein dit un jour : « Si toutes les abeilles venaient à disparaître de ce monde, l'homme n'aurait plus que quatre années à vivre. » [1]

Protéger les abeilles devient donc indispensable pour la survie de l'espèce humaine. La protection des abeilles passe notamment par leur surveillance, la surveillance de leur habitat et des évolutions de leur environnement. De nos jours, des chercheurs développent de nouvelles solutions techniques de surveillance pour la protection des abeilles et des ruches à l'aide des technologies IoT (Internet of Things – Internet des objets) [2].

L'IoT est le domaine du réseau en relation avec les conséquences, les résultats et les actions d'objets connectés via internet qui leur permet d'envoyer et de recevoir des données. Ici, les objets sont reliés entre eux sans intervention humaine pour l'identification des activités prévues. L'IoT aide à partager les informations des capteurs via le réseau sans fil, à identifier et à échanger des informations dans un réseau informatique ouvert et à gérer le système de manière transparente. [3]

L'objectif ultime de notre projet est de concevoir une plateforme de surveillance apicole qui permet à l'apiculteur de surveiller, d'évaluer et de contrôler ses ruches à distance et en temps réel, et ce à partir d'un Smartphone. Le bon fonctionnement de cette plateforme nécessite l'intégration des éléments suivants : un sous-système connecté à chaque ruche pour mesurer la température, l'humidité et le poids, ainsi qu'un sous-système pour la gestion des données mesurées et leurs transferts via un serveur internet pour être disponibles sur une application Android.

Ce mémoire est composé de quatre chapitres, à travers lesquels nous décrivons le travail effectué pour la conception et la réalisation de notre système : le premier chapitre présente les définitions des différents termes liés à l'apiculture, et expose les problématiques liées au travail quotidien des apiculteurs ainsi que les solutions existantes pour la surveillance des ruches.

Le deuxième chapitre présente l'analyse du système en montrant le concept général ainsi que les spécifications du système. Le troisième chapitre présente le matériel utilisé pour la réalisation du projet en détaillant le fonctionnement et les caractéristiques de chaque composant. Le quatrième chapitre fournit les détails méthodologiques pour la conception et la réalisation de notre système, et en deuxième partie quelques tests réalisés pour valider le fonctionnement expérimental du système.

Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale qui situe l'apport de notre réalisation, ainsi que les perspectives futures de notre travail.

Chapitre I

Surveillance apicole

1. Introduction

Notre projet sert à réaliser une ruche connectée, pour cela dans ce premier chapitre on va présenter brièvement la filière d'apiculture et ses problèmes plus les manières de la protection de la ruche d'abeille en citant les différents modèles existants des ruches connectées puis on passe à présenter notre travail de façon général.

2. Les définitions

2.1. Apiculture : Est l'art de cultiver les abeilles dans le but de retirer de cette industrie le maximum de rendement avec le minimum de dépenses [1] pratiquée sur l'ensemble des continents, cette activité change selon les variétés d'abeilles , L'apiculteur doit procurer à l'abeille un abri, des soins et veiller sur son environnement. Puis, il récolte une partie mesurée de ces produits : miel, pollen, cire, gelée royale et propolis [2].



Figure I.1 : L'apiculture

2.2. L'apiculteur : Est une personne qui fait commerce de la production des abeilles (miel, gelée royale, pollen...) ou loue aux producteurs de fruits et légumes un service de pollinisation en assurant la transhumance de ses colonies [3].

2.3. La colonie: Une colonie d'abeilles se compose d'une reine unique, de nombreuses ouvrières (femelles), de faux bourdons (mâles) et de couvain (œufs + larves + nymphes) [2].

2.4. L'élevage des reines : est la production d'abeilles reines selon des techniques éprouvées pour optimiser la production d'une entreprise apicole [4].

2.5. L'essaimage : est dans son sens premier un phénomène observé dans les ruches d'abeilles, lorsque une partie des abeilles quittent la ruche avec une reine pour former une nouvelle colonie [5].

2.6. Le couvain : est la totalité des œufs, larves et nymphes, protégés par les nourrices (ouvrières d'abeilles) [6].

2.7. Une ruche : est une caisse de bois conduite par un apiculteur dans laquelle vivent des abeilles butineuses. Les abeilles y construisent leur nid pour élever leur progéniture et entreposer du miel pour l'hiver suivant, selon un rythme de vie bien définie. À l'état naturel, les abeilles peuvent établir leur colonie à l'air libre [7].



Figure I.2 : Ruche d'abeille

3. Problématique

Les scientifiques observent depuis des nombreuses années déjà la diminution du nombre de colonies d'abeilles dans les pays développés et industrialisés. L'accentuation de ce phénomène de mortalité excessive des abeilles pourrait avoir des répercussions dramatiques sur l'environnement, sur la biodiversité et sur l'Homme.

La disparition des abeilles peut avoir plusieurs origines :

- **Utilisation excessive de produits phytosanitaires** : pesticides, insecticides, engrais chimiques ; qui affaiblissent le système immunitaire des abeilles.
- **Utilisation des OGM dans l'agriculture** (Organismes Génétiquement Modifiés).
- **La prolifération des parasites et acariens** tels que la Varroa (Varroa Destructor).
- **Le développement des virus, maladies.**
- **Le frelon asiatique** (*vespa velutina*) qui se propage sur notre territoire à toute vitesse.
- **Les champs électromagnétiques** tels que les lignes haute tension pourraient affecter le GPS interne des abeilles et ne plus leur permettre de retrouver leur ruche [10] .

Pour cette raison, les apiculteurs devraient surveiller leurs ruches périodiquement et de manière systématique, afin de suivre l'évolution de la production du miel, et de prévenir les anomalies dans leurs ruchers.

Parallèlement à la nécessité d'une constante surveillance, un apiculteur fait face régulièrement à de nombreux problèmes lorsqu'il inspecte ses ruches manuellement comme par exemple :

- **Le déplacement** : Pour un control efficace, l'apiculteur doit se déplacer à son champ fréquemment donc il perde son temps et ses efforts ;
- **Manque de précision** : Quand l'apiculteur veut obtenir des mesures météorologique (température, humidité...etc.) dans les ruches ou à l'extérieur, beaucoup de paramètres peuvent altérer ces mesures et les rendent inefficaces.
- **L'effort physique** : Quand l'apiculteur veut obtenir le poids de ces ruches il doit les porter et le mettre sur une balance une par une, sont les abimer ou troublé les colonies d'abeille.
- **Perte de temps** : Lorsque l'apiculteur ont un grand nombre de ruches, son temps est grandement gaspillé lorsqu'ils recueillent des mesures.
- **Difficulté à organiser et à stocker les informations** : Les mesures prises à partir des ruches sont souvent utilisées dans les études pour trouver les zones

les plus appropriées pour une bonne production de miel. Donc La collecte manuelle de ces mesures rend les études difficiles et imprécises [11].

4. Eléments de surveillance des ruches

le suivie d'un rucher nécessite la connaissance continue d'un certain nombre d'éléments, ces éléments dépendent de l'environnement et de la nature des ruches.

Ces éléments doivent être mesurés sans déranger ou altérer le travail des abeilles, les éléments de surveillance les plus importants sont : le poids, la température et l'humidité, mais d'autres éléments peuvent aussi aider l'apiculteur à mieux protéger son rucher et son investissement ; des caméras ou des microphones peuvent être ainsi installés.

4.1. Température et humidité dans la ruche

La régulation de la température et de l'humidité relative à l'intérieur de la ruche autour d'une valeur optimale est une fonction cruciale pour maintenir les bonnes conditions pour l'élevage des larves et des nymphes. En effet le couvain est dit « sténotherme », puisque sa survie et son développement dépendent du maintien de la température dans une gamme réduite (33 à 36 °C), alors que les adultes peuvent supporter des variations de températures élevées. Ainsi, les processus de thermorégulation au sein de la colonie nécessitent la capacité de produire de la chaleur (par le regroupement d'ouvrières et leurs contractions musculaires) ou de l'abaisser (par une dispersion des ouvrières et par la ventilation). Ces processus influencent également l'humidité relative de la ruche qui doit être supérieure sous climat tempéré à celle des conditions atmosphériques (Entre 50 et 70 %) [8].

4.2. Poids d'une ruche

Voici une estimation en kilos pour une ruche à 10 cadres :

- Ruche vide (plancher, porte, corps, 10 cadres, nourrisseur, couvre cadre et toit) = 15 kg
- Abeilles (soit environ une colonie de 30 000 abeilles) = 3 kg
- Pollen (très important pour nourrir les premières larves au printemps) = 2 kg
- Miel (1 hausse de 9 cadres) = 15 à 30 kg

Soit un total de 35 à 50 kg [9].

5. La technologie au service de l'apiculture

La surveillance des abeilles menée par l'homme est une solution, mais bien insuffisante quand on sait qu'un apiculteur peut posséder des ruches sur divers territoires éloignés de dizaine ou de centaines de kilomètres.

Alors, des chercheurs en système électronique développent des solutions technologiques de surveillance à distance des abeilles, de la ruche...etc. Ainsi, des capteurs miniaturisés, des caméras, des puces RFID placés sur les abeilles, à l'intérieur de la ruche ou à proximité, permettent de les surveiller efficacement et surtout à distance, sans présence nécessaire de l'homme [12].

Parmi les solutions commercialisées, on cite quelques exemples :

5.1. BeeWise™

BeeWise™ est une balance électronique de nouvelle génération qui vous transmet par SMS le poids de la ruche et la température extérieure. À partir de votre téléphone portable, avec une extrême simplicité d'utilisation [13].



Figure I.3 : Modèle BeeWise™

Caractéristiques :

- Nom : BeeWise ;
- Fabricant : BeeWise ;
- Communication des données : sms (accessibles par logiciel) ;
- Données générées : Poids, température, humidité relative ;
- Précision : 100 g ;
- Charge maximale : 200 kg (max. mesurable : 140 kg) ;
- Sauvegarde des données : enregistrer les sms ou sur mémoire interne (64 mesures, soit 1 mois à raison de 2 relevés par jour) ;
- Autonomie : 45 jours sur batterie interne, 6 mois sur batterie externe (de voiture : 24V, 40 Ah), illimitée sur panneau solaire (sous réserve de 2h d'ensoleillement par jour) ;
- Fonctions supplémentaires : alarmes : dépassement de poids (limite haute et limite basse). Possibilité de brancher 4 balances sur un seul boîtier de communication [14].

5.2. Module connecté B-Keep – HOSTABEE

B-Keep des modules connectés permettant aux apiculteurs professionnels et amateurs de surveiller à distance les ruches et ses habitantes. Les données, collectées toutes les heures par les capteurs, sont consultables via une application dédiée. Hygrométrie, température... ces informations offrent la possibilité de connaître rapidement l'état de santé de l'essaim d'abeilles et d'anticiper une anomalie [15].



Figure I. 4 : Le module connecté B-Keep - HOSTABEE

Caractéristique :

- Nom : B-Keep ;
- Fabricant : Hostabee ;
- Communication des données : LoRa / Sigfox / application web ;
- Données générées : température et humidité interne (pas de prise de poids) ;
- Précision : +/- 0.5°C/ +/-2% (humidité) ;
- Charge maximale : Aucune ;
- Autonomie : 2 Piles AAA, 2 ans d'autonomie ;
- Fonctions supplémentaires : prévisions météo à 5 jours ;
- Dimensions du capteur : 7 x 8.5 x 1.2 cm ;
- Thermomètre et Hygromètre connectés pour le suivi de vos colonies [14].

5.3. Beeguard

BeeGuard est une solution de ruche connectée modulaire pour surveiller les ruches à distance. Sans modifier vos ruches vous les sécurisez et les surveillez en installant simplement : antiviol GPS dans la ruche, balances pour peser les ruches et station météo connectée [16].



Figure I.5 : Le modèle BeeGuard

Caractéristique :

- Nom : BeeGuard (« barres de mesure de performance ») ;
- Fabricant : BeeGuard ;
- Communication des données : GSM / alerte sms / application web ;

- Données générées : Barres de poids (ruches ou palettes) Poids, température extérieure, pression atmosphérique, hygrométrie ;
- Boîtier BeeGuard (antivol) : position GPS, détection des mouvements, température intérieure ;
- L'application web permet également de renseigner le registre d'élevage, maintenir le positionnement et l'historique de tous ses emplacements ;
- Précision : 50 g ;
- Charge maximale : 150 kg / barre modèle « ruche unitaire », 600 kg pour le modèle « palette » ;
- Sauvegarde des données : sur serveur, possibilité d'extraction partielle ou complète sous format tableur ;
- Autonomie : 1 an (piles) ;
- Fonctions supplémentaires : alarmes personnalisables sans limite de nombre [14].

5.4. Label abeille

La ruche connectée Label Abeille on l'objectif de simplifier le fonctionnement d'une ruche, à faciliter l'entretien de l'essaim et à sauvegarder l'espèce. Une balance placée sous la ruche permet d'avoir accès à des informations comme la lumière, la température, la masse, l'humidité, la pression atmosphérique ou encore l'orientation. En cas de vol, elle est aussi dotée d'un système de géolocalisation [17].



Figure I.6 : Le modèle Label abeille

Caractéristiques :

- Nom : Label Abeille ;
- Fabricant : Label Abeille ;
- Communication des données : GSM / Sigfox / interface web ;
- Données générées : Poids, température externe, humidité, luminosité, orientation, géolocalisation, pression atmosphérique ;
- Précision : 1 g ;
- Charge maximale : 500 kg ;
- Autonomie : batterie rechargeable, 1 à 2 ans d'autonomie sans recharge en fonction de l'utilisation ;
- Fonctions supplémentaires : carnet sanitaire (annotation libre concernant la colonie), alarmes et fréquence d'envoi des données paramétrable, prévisions météo à 4 jours [14].

5.5. BeeZbee

BeeZbee embarque les nouvelles technologies de transmissions longues distances et très faibles consommations. BeeZbee collecte en temps réel sur votre espace personnel le poids, la température, l'hygrométrie [18].



Figure I.7 : Le modèle BeeZbee

Caractéristiques :

- Nom : BeeZbee ;
- Fabricant : Green&Connect ;
- Communication des données : sms / email / portail web / technologie Sigfox ou LoRA / appli smartphone ;
- Données générées : Hygrométrie, température extérieure, Poids ;
- En option : GPS, panneau solaire ;
- Précision : 20 g ;
- Charge maximale : 300 kg ;
- Sauvegarde des données : sur serveur / 10 ans ;
- Autonomie : jusqu'à 3 ans sans recharge (technologie très basse consommation, chargeur intégré dans la balance, possibilité de recharger sur place) ;
- Fonctions supplémentaires : alarmes : changement de poids soudain (prise du poids toutes les 30 secondes), vol, batterie faible [14].

5.6. Balance Bee2Beep

La balance connectée, fabriquée en France, fournit des indications sur le poids, la température et l'humidité de la ruche, et même sur les récoltes aux alentours. Surtout, elle permet d'analyser l'effet des différentes actions effectuées sur la colonie [19].



Figure I.8 : Balance Bee2Beep

Caractéristiques :

- Nom : Bee2beep ;
- Fabricant : TimberConnect ;
- Communication des données : Sigfox / application web ;
- Données générées : Poids, température, humidité extérieure, indication charge pile ;
- Sauvegarde des données : sur serveur sécurisé ;
- Précision : 50 g ;
- Charge maximale : 200 kg ;
- Dimensions plateau : 500×450 mm ;
- Autonomie : 12 mois (pile AA) ;
- Fonctions supplémentaires : Transmission des données toute les 30 mn, Gestion des historiques, Gérez un véritable carnet de suivi de l'ensemble de vos ruches, Adaptation caméra [14].

5.7. Optibee

Optibee est une balance électronique pour ruche interrogeable à distance. Elle permet aux apiculteurs de faciliter la gestion de leurs ruchers, de sécuriser le cheptel et d'optimiser les déplacements grâce à un monitoring très précis des conditions du rucher. Optibee est simple à installer et à utiliser [20].



Figure I.9 : le modèle Optibee

Caractéristiques :

- Nom : Optibee ;
- Fabricant: CAD CREATION Photo balance Optibee ;
- Communication des données : sms / mail / application web / sigfox aux normes CE, certifié par l'opérateur Sigfox ;
- Données générées : Poids, température, humidité relative ;
- Précision : 100 g ;
- Charge maximale : 200 kg (300 kg sur demande) ;
- Sauvegarde des données : sur serveur sécurisé avec système de cryptage ;
- Autonomie : 24 mois (piles ou batterie rechargeable) ;
- Fonctions supplémentaires : Mise à jour des données en quasi temps réel sur l'application (fréquence d'émission de 12 minutes), Alarmes personnalisable perte de poids anormale, gain de poids (miellée) par mail et / ou sms, Fournis des prévisions météo sur 7 jour [14].

5.8. Beetracking

Les balances Beetracking vous permettent un suivi « temps réel » de vos colonies d'abeilles. Elles constituent une aide à l'exploitation du cheptel (miellée, nourrissage,...), et optimisent les déplacements de l'apiculteur grâce à un monitoring très précis des conditions des ruchers [21].



Figure I.10 : le modèle Beetracking

Caractéristiques :

- Nom : Beetracking ;
- Fabricant : Beetracking ;
- Communication des données : Sigfox / application web ;

- Données générées : Poids, température extérieure, localisation ;
- Précision : 100 g, 0,25° C ;
- Autonomie : 9 mois (3 piles) ;
- Fonctions supplémentaires : alarme sur dépassement de poids, de température, d'absence de données. Jusqu'à 4 ruches connectées sur un seul boîtier [14].

6. Présentation du projet

Notre première idée pour le projet consiste à réaliser une ruche connectée qui permet à l'apiculteur d'avoir une vue à distance de la ruche, d'un côté sans déranger le travail des abeilles et d'autre côté sans perdre le temps et l'effort d'apiculteur.

Pour réaliser ce projet on intègre des capteurs de température, d'humidité et de poids avec un microcontrôleur pour savoir l'état continue de la ruche, ainsi l'apiculteur pourra consulter les données de ses ruches à partir d'une application sur PC ou sur mobile. Aussi, il pourra consulté l'historique de ces données.

Le système serait muni d'un panneau solaire qui permet d'alimenter les composants électroniques et de garantir l'autonomie de l'installation.

7. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons présenté la filière de l'apiculture en présentant certain de ces problèmes les plus courant. Puis, nous avons cité quelques modèles de systèmes commercialisés ainsi que leurs caractéristiques.

Enfin, nous avons proposé la première vue du système que nous voulons réalisé. Et nous allons par la suite présenter les éléments clés de la conception de notre système, ainsi que les détails techniques qui permettent de garantir un fonctionnement sûr et robuste du système ciblé.

Chapitre II

Conception générale

1. Introduction

Après avoir présenté notre projet de manière succincte dans le chapitre précédent, dans ce chapitre nous allons analyser les besoins de notre système à concevoir en identifiant les exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles ainsi que les contraintes de conception. Cette analyse nous permettra de prendre en considération toutes les facettes de notre système dès le départ de la conception, elle permettra aussi de réfléchir à la manière dont notre système interagira avec son environnement ainsi qu'avec l'utilisateur. Enfin, l'analyse du système permet d'allouer les fonctions réalisées par le système aux éléments physiques du système.

Pour l'analyse et la description du système le meilleur moyen est l'utilisation de différents types de graphiques et de diagrammes, qui permettent d'appréhender le fonctionnement du système et de réaliser sa mise en œuvre.

2. Analyse du système

Notre projet a pour but de concevoir une plateforme de surveillance apicole destinée aux apiculteurs, cette plateforme permettra, entre-autre un gain de temps et d'effort important.

Notre travail consiste à améliorer les capacités d'une ruche et d'assurer son suivi en l'équipant d'un ensemble de capteurs, ces capteurs servent aussi à surveiller le rucher à distance et en temps réel. Ceci en utilisant un système autonome et facile à utiliser, il permet de collecter les données nécessaires et de les communiquer à un smartphone via une connexion internet. Par principe, ce système est devisé en trois parties :

- Une carte électronique et son programme Firmware ;
- Un moyen de communication avec internet ;
- Une application Android sur Smartphone.



Figure II. 1 : Diagramme fonctionnel simplifié

3. Concept générale

Le rôle principal du système est de surveiller un ensemble de ruches tout le temps de façon continue par un ensemble de capteurs. Les données récoltées dans chaque ruche sont rassemblées à travers une station puis envoyé à un serveur internet. Ces données peuvent ensuite être consultées en forme de tableaux ou de graphique.

Les données récoltées permettent d'évaluer les paramètres environnementaux et celles propres à chaque ruche. Ainsi, l'apiculteur, ou tout autre personne concerné, peut consulté ces données à travers une application Android spécifique. Aussi, le système peut générer des alertes pour signaler un état inattendu ou un changement brusque dans le rucher.

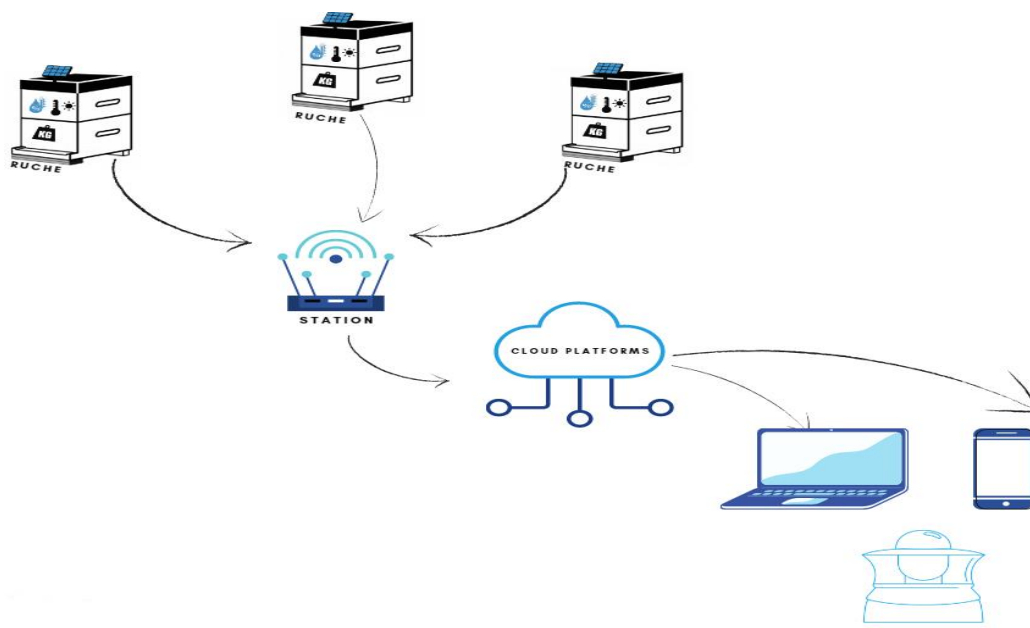


Figure II. 2 : Schéma synoptique d'un système de surveillance apicole

4. Spécification des exigences du système

Cette partie permet de fournir une liste des éléments principaux du projet, ces éléments permettent d'aider le concepteur à décrire les besoins en termes fonctionnel et non-fonctionnel du système. Et de décrire de manière réaliste les fonctionnalités et les tâches exécutées par l'ensemble du système ou un de ses composants.

4.1 Définition des besoins

Dans un premier temps il serait intéressant de définir les besoins et les objectifs attendus par un tel système, ce qui permettra de cerner et faciliter la conception et la mise en œuvre pratique de ce dernier.

4.1.1 Exigences fonctionnelles

Les exigences fonctionnelles permettent de décrire ce que le système à concevoir doit faire. Elles énoncent des services que le système doit fournir, ou comment le système devrait réagir aux diverses entrées et aux diverses situations potentielles durant son fonctionnement.

A. Exigences fonctionnelles du matériel

- Surveillance d'un ensemble de ruche (Rucher) ;
- Mesure les paramètres internes d'une ruche (Température, humidité et poids...) ;
- Mesure les variables environnementales (Pression, température...) ;
- Enregistrement des mesures dans un stockage interne ;
- Communication sans-fil entre les ruches, la station de base et un serveur internet ;
- Fonctionnement autonome par énergie solaire ;
- Contrôles des paramètres de l'état du système ;
- Consultation des mesures sur Smartphone.

B. Exigences fonctionnelles du logiciel

- Réception des données via internet en temps réel ;
- Rechercher des données par l'identifiant de la ruche ;
- Visualisation des données reçus en temps réel ;
- Gestion des alertes et message d'information ;
- Accès facile à la plateforme de surveillance avec mot de passe personnel ;

- Envoi des données à la station, serveur et application Android ;
- Sauvegarde des données dans une base de données ;
- Consultation de l'historique des données ;
- Configuration des paramètres de connexion pour la communication avec les différentes parties matérielles du système.

4.1.2 Exigences de performances

Cette partie permet de définir à quel niveau de puissance, de vitesse, d'efficacité le système exécute certaines fonctions sous des conditions spécifiques.

A. Exigences de performances matérielles

- Démarrer la plateforme matérielle le plus rapidement possible ;
- Traiter les données dès leurs arrivées ;
- Minimiser les erreurs de mesure ;
- Consommer moins d'énergie possible.

B. Exigences de performances logicielles

- Application logicielle fonctionnant sur Smartphones et sur ordinateurs de faibles performances ;
- Démarrer l'application logicielle le plus rapidement possible ;
- Consommer un espace mémoire minimal ;
- Utiliser un minimum de donnée de communication.

4.1.3 Exigences non-fonctionnelles

Une exigence non-fonctionnelle est une exigence qui caractérise une propriété (qualité) désirée du système telle que sa performance, sa robustesse, sa convivialité, sa maintenabilité, etc.

- L'installation de la plateforme physique ne doit pas gêner ou troubler le fonctionnement du rucher ;
- Le système se doit placer sous le cadre la ruche ;
- L'application logiciel doit être facile d'utilisation avec une interface claire ;
- L'apiculteur peut choisir une langue préférée de l'application logiciel ;
- Le système doit contenir un module photovoltaïque, une batterie et un chargeur.

4.2 Les contraintes

Les contraintes participent à définir les besoins en recensant les conditions qui doivent être impérativement vérifiées par le produit, mais qui ne sont pas sa raison d'être. Une contrainte est une restriction sur une ou plusieurs valeurs d'une partie du système ou de tout le système.

a) Contraintes financières :

- ✓ Le but est de faire un produit efficace à un prix minimal.

b) Contraintes de développement :

- ✓ Le système doit être autonome, c'est pourquoi le matériel utilisé ne doit pas consommer trop d'énergie.
- ✓ Le système doit s'adapter facilement aux futures tâches souhaitées.

c) Contraintes d'environnement :

- ✓ La ruche sera placée à l'extérieur, donc le système sera exposé aux changements des conditions météorologiques (Pluie, neige, vent, températures élevées...), c'est pour cette raison que l'installation des cartes électroniques doit être mise dans un boîtier étanche et la batterie doit être conditionnée séparément.

d) Contraintes de qualité :

- ✓ Le système doit être simple à intégrer dans les ruches.
- ✓ L'application doit être facile à utiliser.

5. L'architecture et la conception fonctionnelle

Cette partie sert à décrire l'organisation générale du système et sa décomposition afin de faciliter au concepteur à déterminer les différentes fonctions du système, l'interaction entre l'utilisateur et le système et la structure du système.

Pour rester cohérent avec l'objectif de suivre une méthodologie de conception unifiée, nous utilisons dans un premier temps le langage de modélisation UML (Unified Modeling Language) pour définir les différents modèles du système tel que :

- Les diagrammes de cas d'utilisation ;
- Les diagrammes de séquence ;
- Le diagramme pieuvre ;
- Le diagramme OTP (Un organigramme des tâches du projet).

5.1 Diagramme pieuvre

Le Diagramme pieuvre est un outil d'analyse du besoin qui représente graphiquement les interactions d'un produit/service avec son environnement. Dans notre cas, ce diagramme permet de visualiser les différentes parties intervenant directement dans le développement du système, et qui affectent le déroulement de son processus de fonctionnement.

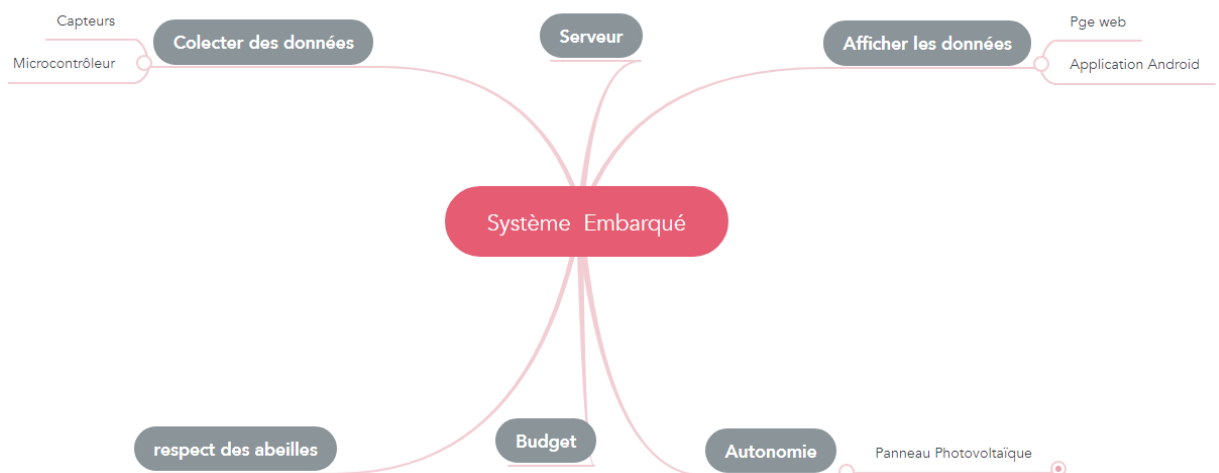


Figure II. 3 : Diagramme pieuvre.

5.2 Organigramme OTP

Un organigramme des tâches du projet (OTP) est une décomposition hiérarchique des travaux nécessaires pour réaliser les objectifs d'un projet afin d'aider à l'organiser, en définissant la totalité de son contenu.

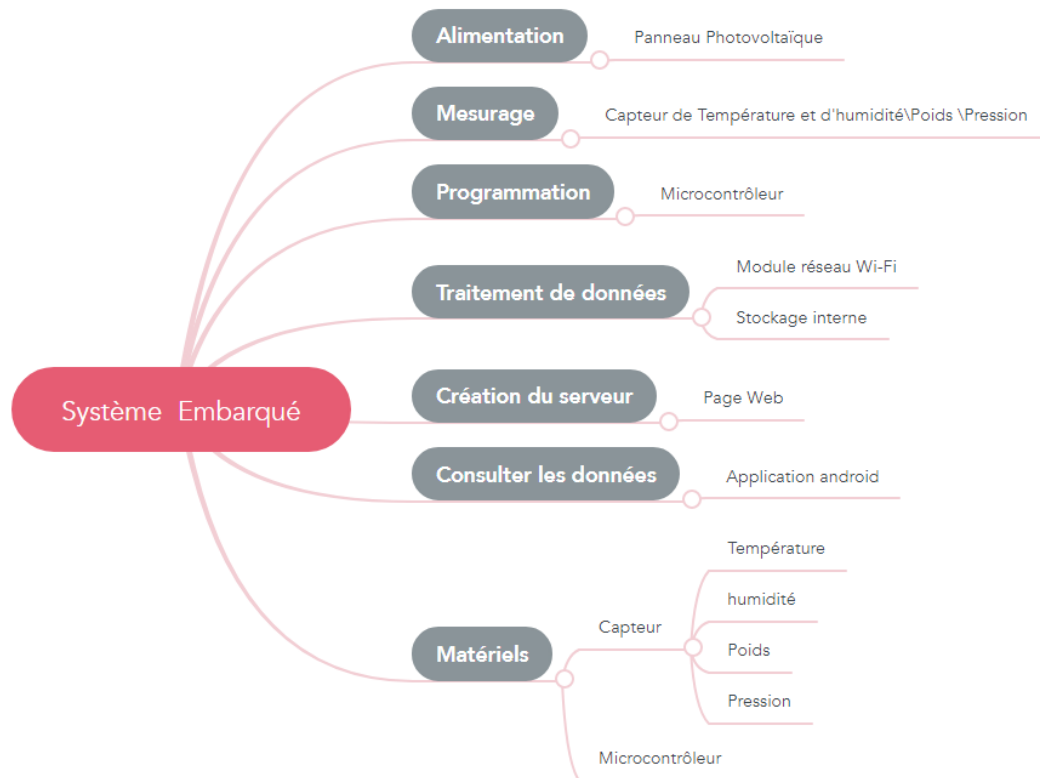


Figure II. 4 : Organigramme OTP.

5.1. Diagramme de cas d'utilisation

Les diagrammes de cas d'utilisation sont des diagrammes UML utilisés pour donner une vision globale du comportement fonctionnel d'un système afin de représenter les différentes façons dont un utilisateur peut interagir avec un système.

Dans un système embarqué, qui intègre généralement deux parties logiciel et matériel, nécessite l'utilisation au minimum de deux cas d'utilisation pour chacune de ces parties constituantes.

A. Côté matériel

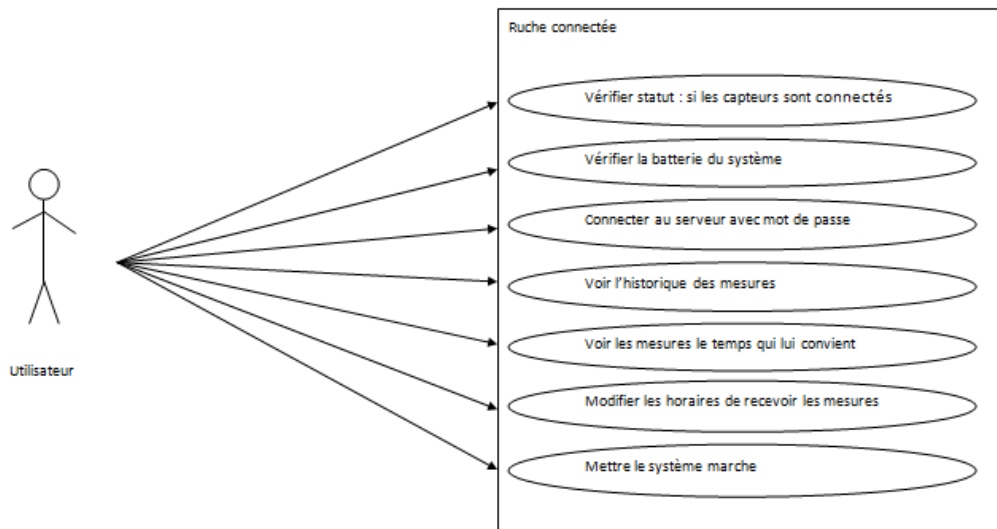


Figure II. 5 : Cas d'utilisation matériel

Le premier cas d'utilisation illustré dans la figure II.3 présente l'interaction de l'utilisateur avec la partie matérielle du système

B. Coté logiciel

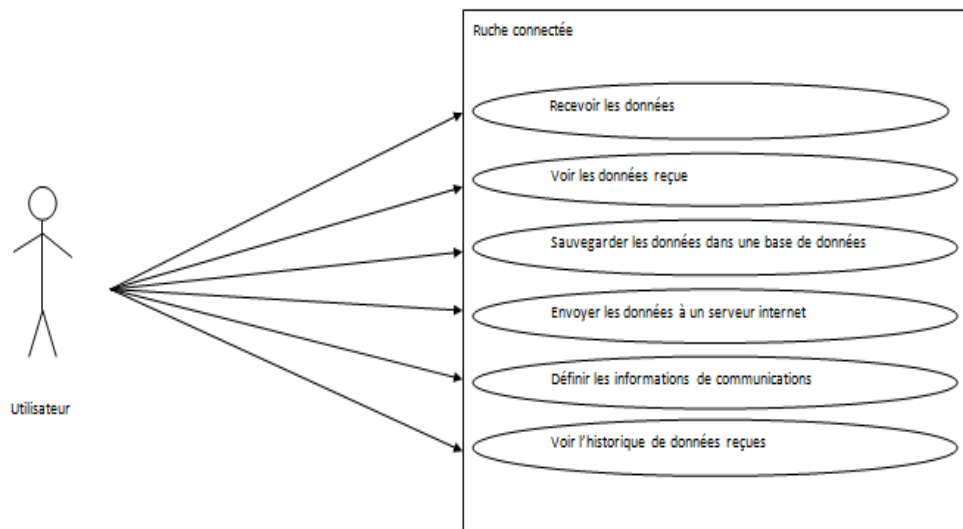


Figure II. 6 : Cas d'utilisation logiciel

Le deuxième cas d'utilisation présente l'interaction de l'utilisateur avec la partie logiciel du système qui permet globalement d'interagir avec les données reçu et visualisé dans l'application logicielle.

5.2. Diagramme de séquence

Le diagramme de séquence est la représentation graphique des interactions entre les utilisateurs et le système selon un ordre chronologique afin de décrire le comportement de système. Les diagrammes de séquence sont déduits de la représentation des cas d'utilisation, de ce fait, nous aurons aussi deux diagrammes de séquences pour la mise en œuvre de notre système de surveillance apicole.

A. matériel

Comme il représente la dynamique du système, le diagramme de séquence fait entrer en action les principaux éléments du système. Dans le cas de la partie matérielle, il met en évidence l'association et la communication entre les différents éléments matériels du système à concevoir.

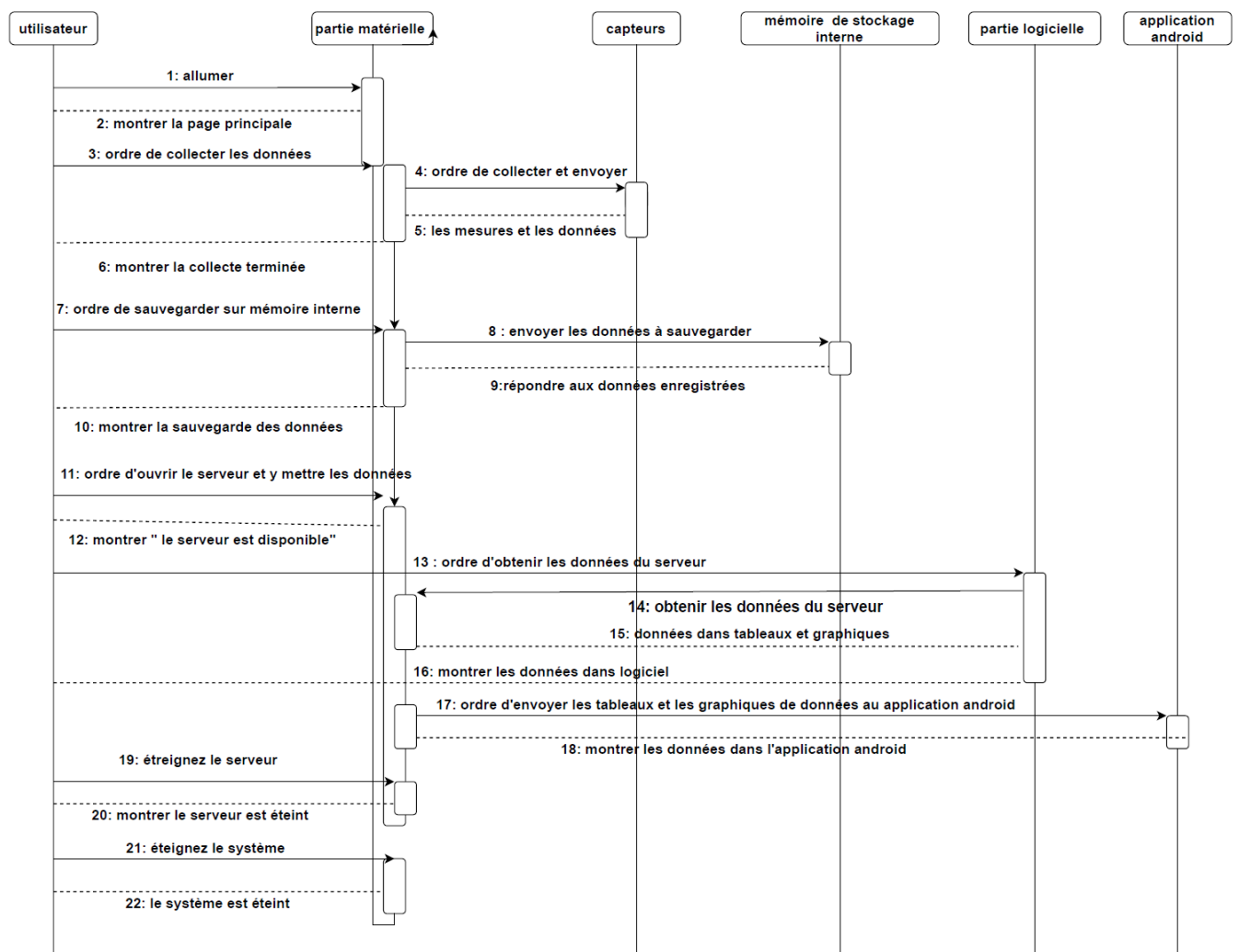


Figure II. 7 : Diagramme de séquence des parties matérielle

B. logiciel :

De la même manière, nous aurons à définir un diagramme de séquence dédié à la partie logiciel, il permet de mettre en évidence l'interaction entre les différents objets logiciel. La figure II.8 permet d'illustrer les lignes de communication entre le programme principal, la base de données, l'interface graphique et le serveur internet. Ceci permettra ensuite de construire plus facilement les lignes de code qui régissent l'application logiciel visée.

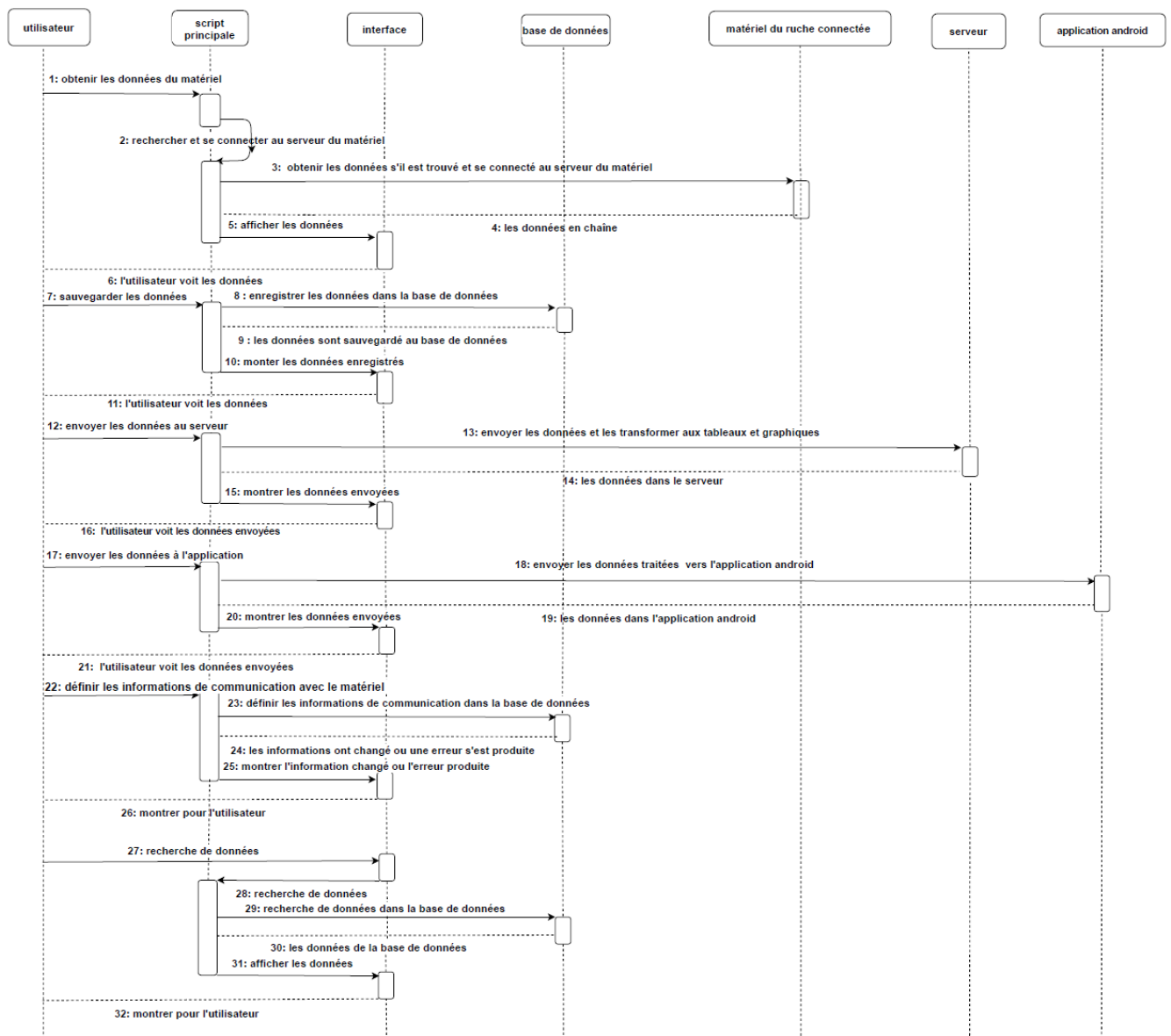


Figure II. 8 : Diagramme de séquence logiciel.

6. Architecture physique

L'architecture physique est une structure matérielle qui représente tous les constituants sous-systèmes et composants technologiques, ainsi que les liens physiques et de communication qui les connectent.

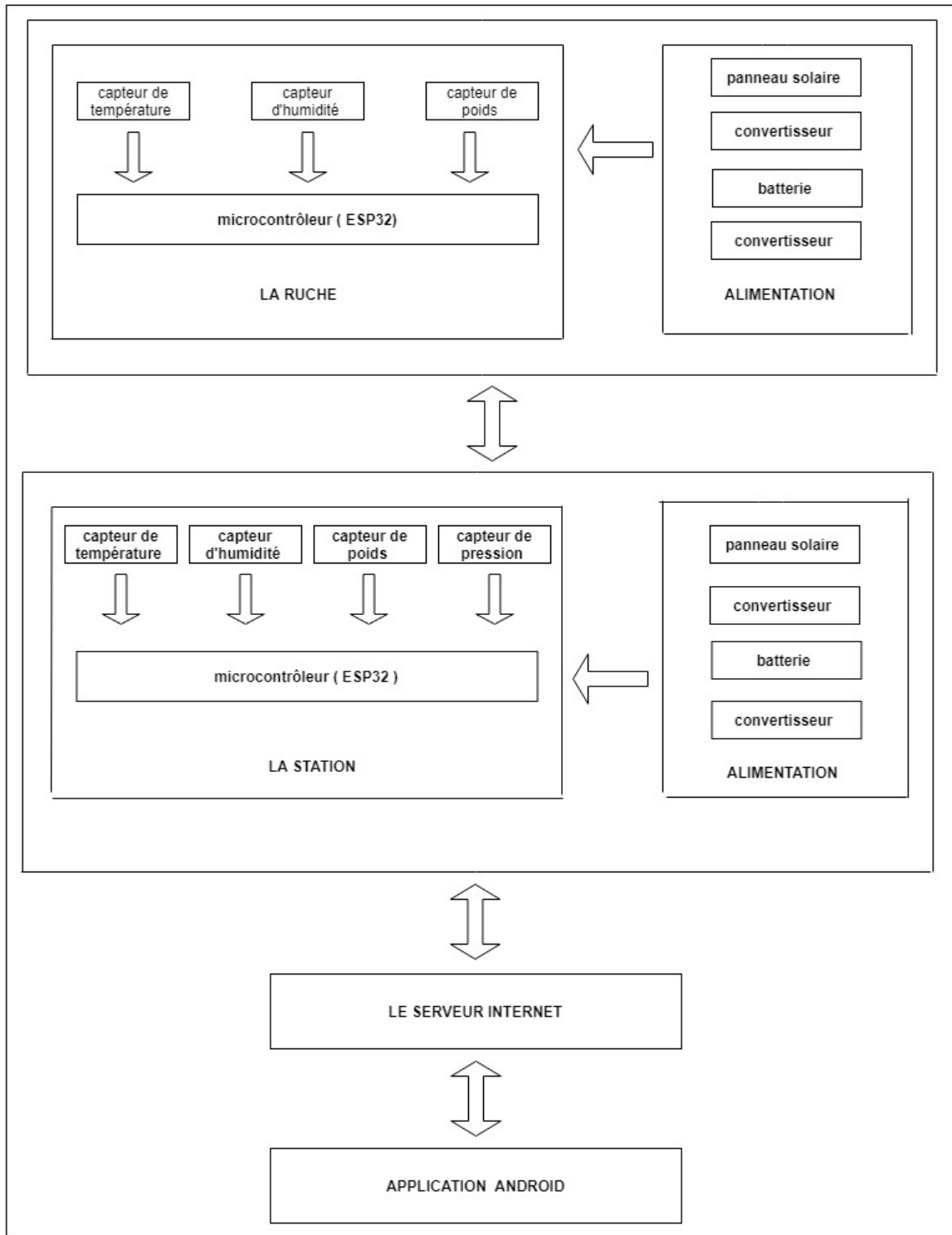


Figure II. 9 : schéma synoptique du système.

L'architecture physique que nous avons choisie permet d'accomplir toutes les tâches que nous avons décrit dans les cas d'utilisation et les diagrammes de séquence. L'architecture de notre système est devisée en deux grands sous-système qui représentent une partie intégrée dans un ruche et une autre partie intégrée dans une station de base.

La partie station de base, permet de récupérer les données récoltées pour chaque ruche ainsi que d'autres paramètres environnementaux qui sont commun au rucher. La station de base permet de communiquer ces données à un serveur internet à la demande ou de manière cyclique ou évènementielle.

7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons établi les concepts et les notions qui permettent à notre système d'être en adéquation avec les attentes de notre projet. Nous avons ainsi présenté les éléments clés de notre conception en proposons un ensemble de spécification, d'exigence et de contraintes qui assureront la robustesse et la fiabilité de fonctionnement.

L'analyse du système ciblé a permis de créer un ensemble de diagrammes UML (diagramme de cas d'utilisation, diagramme de séquence ...) afin d'aider le concepteur à comprendre et maîtriser le fonctionnement du système.

Dans le chapitre qui suit, nous allons donner plus de détails sur le choix des composants qui permettent la réalisation du projet.

Chapitre III

Matériels utilisés

1. Introduction

Après avoir achevé la conception générale de notre système dans le chapitre précédent, nous allons détailler la structure du système dans le présent chapitre. Nous allons ainsi préciser le choix du matériel en présentant les différents composants de ce projet de façon détaillé, afin de nous aider plus dans la réalisation finale.

2. Choix du matériel

La figure III.1 présente un schéma synoptique pour la réalisation de notre plateforme de surveillance apicole. La partie matérielle de cette plateforme est composée essentiellement de deux parties :

- Une station de gestion et de communication ;
- Un ensemble de ruches (Rucher).

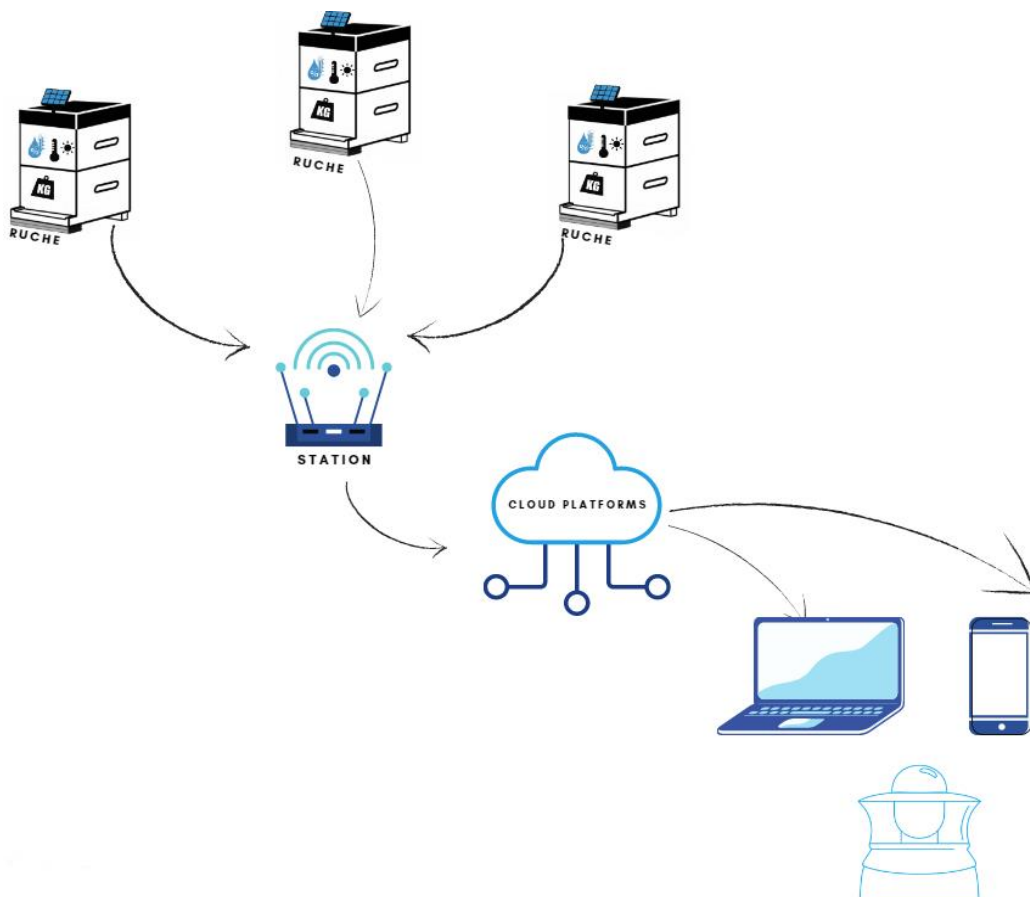


Figure III.1 : Schéma synoptique de la plateforme de surveillance apicole

3. Les composants

Dans les paragraphes suivants nous allons présenter l'essentiel des composants que nous allons utiliser pour la réalisation matérielle de notre plateforme. Nous allons utiliser pour les ruches et pour la station de base un ensemble de composants électroniques, ainsi que des capteurs pour la mesure des grandeurs que nous voulons surveillés.

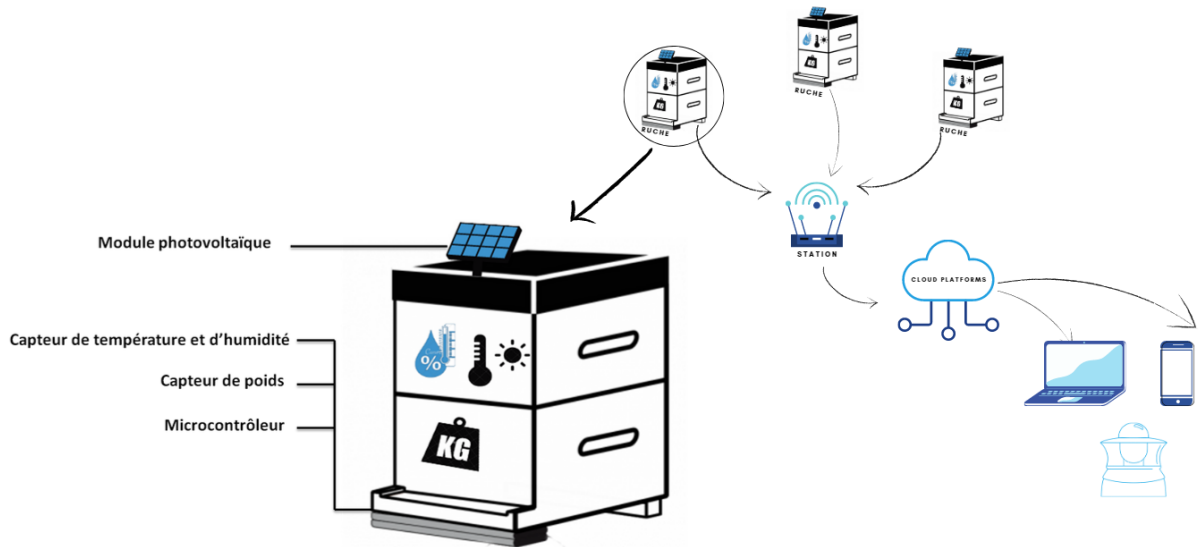


Figure III.2 : Schéma détaillé du système.

La figure III.2 montre les éléments essentiels du système qui sont rattachés à une seule ruche. Ces éléments sont :

- Un microcontrôleur de moyenne performance ;
- Des capteurs de température et d'humidité ;
- Des jauges de contrainte pour la mesure du poids ;
- Des capteurs pour la mesure de la pression atmosphérique et de la température ambiante.

3.1. Le microcontrôleur

Nous avons fixé un certain nombre de fonctionnalités que doit contenir le microcontrôleur, nous les résumons comme suit :

- ✓ Le microcontrôleur doit être performant ;
- ✓ Ne doit pas consommer beaucoup d'énergie, et doit contenir des modes de mise-en-veille de basse consommation ;

- ✓ Doit avoir un assortiment d'interfaces de communication telles que les interfaces UART, SPI, I2C... ;
- ✓ Doit prendre en charge au moins un type de communications sans-fil tel que : le Wifi, le Bluetooth, le nRF...
- ✓ Doit avoir des entrées analogiques avec convertisseur analogique numérique intégré ;
- ✓ Doit avoir une plate-forme de développement logicielle et matérielle performante.

En respectant cet ensemble d'exigences, nous avons ainsi choisi les cartes de développement ESP32.

3.1.1 Le module ESP32

Le module ESP32 repose sur une série de microcontrôleurs de type système sur une puce (SoC) d'Expressif Systems, basé sur l'architecture Xtensa LX6 de Tensilica. Ce module intègre la gestion du Wi-Fi et du Bluetooth, ainsi qu'un DSP pour le traitement du signal. C'est une évolution des cartes de développement ESP8266.

Son support des liaisons de communication Wi-Fi et Bluetooth, en fait un système apprécié dans le domaine de l'internet des objets [22].

3.1.2. La carte ESP32-DEVKITC

ESP32-DevKitC est une carte de développement système minimale à faible encombrement, compatible avec la maquette et pouvant être alimentée par le Modules des séries ESP32-WROOM-32D, ESP32-WROOM-32U, ESP32-WROVER-B et ESP32-SOLO-1.

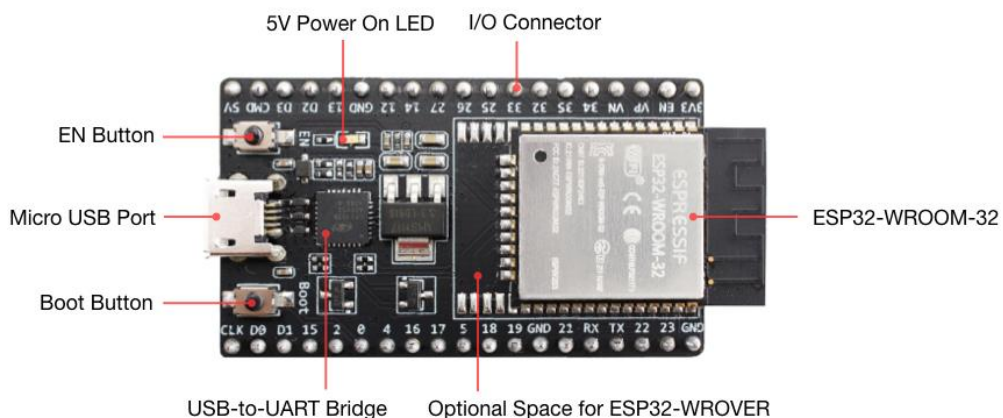


Figure III.3 : La carte ESP32-DEVKITC

3.1.3. Spécifications techniques ESP32

Le tableau ci-dessous présente les spécifications techniques de la carte ESP32 utilisé.

Tableau III.1 : Spécifications techniques de la carte ESP32

Microprocesseur	Tensilica Xtensa LX6
Fréquence de fonctionnement maximale	240 MHz
Tension de fonctionnement	3,3 V
Broches d'entrée analogique	12 bits, 18 canaux
Broches DAC	8 bits, 2 canaux
Broches d'E / S numériques	39 (dont 34 sont des broches GPIO normales)
Courant CC sur les broches d'E / S	40 mA
Courant CC sur la broche 3,3 V	50 mA
SRAM	520 Ko
Interface de communication	SPI (4), I2C (2), I2S (2), CAN, UART (3)
Wifi	802.11 b/g/n
Bluetooth	V4.2 - Prend en charge BLE et le Bluetooth classique

3.1.4. Comprendre la carte ESP32

L'ESP32 est conçu pour les applications IoT (Internet of Thing) à faible consommation d'énergie. Sa puissance de traitement élevée avec ses capacités de fonctionnement Wi-Fi / Bluetooth et Deep Sleep intégrées le rend idéal pour la plupart des appareils IoT portables. Aussi maintenant, depuis qu'Arduino IDE a officiellement publié des gestionnaires de cartes pour ESP32, il est devenu très facile de programmer ces dispositifs.

3.1.5. Applications

- ✓ Prototypage d'appareils IoT ;
- ✓ Applications fonctionnant sur batterie à faible puissance ;
- ✓ Projets de réseau ;
- ✓ Facile à utiliser pour les bricoleurs et les fabricants de niveau débutant ;

- ✓ Projets nécessitant plusieurs interfaces E / S avec fonctionnalités Wi-Fi et Bluetooth.

3.1.6. Alimentation

Il existe trois façons différentes d'alimenter une carte ESP32 :

- ✓ Prise micro USB : En connectant la mini prise USB à un chargeur de téléphone ou à un ordinateur via un câble et elle consommera l'énergie nécessaire au fonctionnement de la carte ;
- ✓ Broche 5V : La broche 5V peut être fournie avec un 5V régulé, cette tension sera à nouveau régulée à 3,3V via le régulateur de tension intégré, étant donné que le module ESP32 fonctionne uniquement avec 3,3V ;
- ✓ Broche 3,3 V : Si on dispose d'une alimentation régulée de 3,3 V, on peut la brancher directement à la broche 3,3 V de l'ESP32 [23].

3.2. Les capteurs

Un ensemble de capteur est nécessaire pour la mise en œuvre de notre système de surveillance de ruche. Nous donnons les détails nécessaires à leur utilisation dans les paragraphes suivants.

3.2.1. Le capteur de température et d'humidité DHT22 :

Le DHT22 est un capteur de température et d'humidité couramment utilisé. Le capteur est livré avec un NTC dédié pour mesurer la température et un microcontrôleur 8 bits pour sortir les valeurs de température et d'humidité sous forme de données série. Le capteur est également calibré en usine et donc facile à interfacer avec d'autres microcontrôleurs. Le capteur peut mesurer la température de -40°C à 80°C et l'humidité de 0% à 100% avec une précision de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ et $\pm 1\%$.

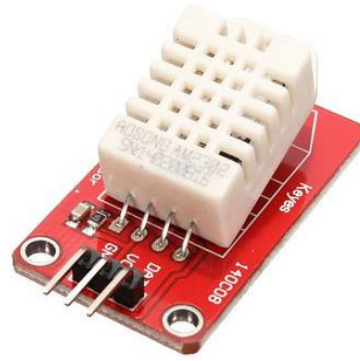


Figure III.4 : Le capteur DHT22.

A. Identification et configuration des broches

Le tableau ci-dessous présente l'identification et la configuration des broches du module DHT22.

Tableau III.2 : Identification et configuration des broches

Ref	Nom de la broche	La description
1	Vcc	Alimentation 3,5V à 5,5V
2	Les données	Émet les valeurs de la température et de l'humidité via des données série
3	NC	Pas de connexion et donc pas utilisé
4	Sol	Connecté à la masse du circuit

B. Spécifications

- ✓ Tension de fonctionnement : 3,5 V à 5,5 V ;
- ✓ Courant de fonctionnement : 0,3mA (mesure) 60uA (veille) ;
- ✓ Sortie : données série ;
- ✓ Plage de température : -40 ° C à 80 ° C ;
- ✓ Plage d'humidité : 0% à 100% ;
- ✓ Résolution : la température et l'humidité sont toutes deux sur 16 bits ;
- ✓ Précision : $\pm 0,5$ °C pour la température et $\pm 1\%$ pour l'humidité [24].

3.2.2. Capteur de poids

Le poids de la ruche est une donnée importante pour l'apiculteur, car il permet de savoir si la ruche est en bonne santé ou non, ainsi de savoir le moment idéal pour récolter le miel. En hiver, il permet de surveiller si les réserves de nourriture sont suffisantes [25].

Pour la mesure du poids nous avons utilisés un ensemble de 4 jauges de contrainte (cellule de charge) de 50kg.

A. Cellule de charge

Ce capteur de charge, parfois appelé jauge de contrainte, est identique à celui des balances numériques. Pour la réalisation de notre système, nous utilisons un montage de jauge de contrainte en demi-pont. Mais on général, il existe 3 façons d'utiliser ces capteurs :

- ✓ Utiliser un capteur avec une résistance externe pour former une mesure en pont complet, la plage d'une plage de capteurs : 50 kg. Résistance externe aux exigences les plus élevées ;
- ✓ Utiliser deux capteurs pour former une mesure en pont complet, plage de mesure de la somme des deux capteurs : $50\text{kg} \times 2 = 100\text{kg}$;
- ✓ Utiliser quatre capteurs pour former une mesure en pont complet, plage de mesure pour la somme de quatre capteurs : $50\text{kg} \times 4 = 200\text{kg}$ [26].

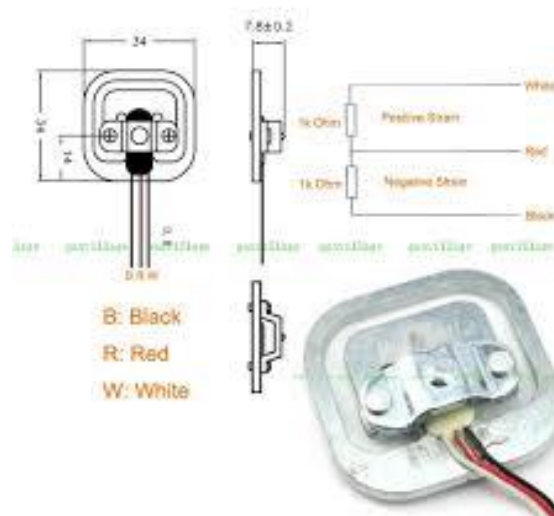


Figure III.5 : Jauge de contrainte de 50 kg

B. HX711– Convertisseur analogique-numérique (CAN)

Le HX711 est un convertisseur analogique numérique avec préamplificateur intégré. La puce est spécialement conçue pour les applications de pesée. Les cellules de pesée qui mesurent généralement le poids fournissent des sorties de tension en millivolts. Ces sorties sont difficiles à gérer directement par les microcontrôleurs, nous pouvons donc utiliser le circuit intégré HX711 qui récupère ces signaux de tension et fournit des valeurs numériques standard, qui peuvent par la suite être utilisées par un microcontrôleur. La puce a un préamplificateur spécialement intégré pour gérer ces basses tensions.



Figure III.6 : Le convertisseur HX711

Caractéristiques et spécifications du HX711

- ✓ Deux canaux d'entrée différentiels sélectionnables ;
- ✓ PGA actif à faible bruit sur puce avec gain sélectionnable de 32, 64 et 128 ;
- ✓ Régulateur d'alimentation sur puce pour cellule de charge et alimentation analogique pour le CAN;
- ✓ Oscillateur sur puce ne nécessitant aucun composant externe avec cristal externe en option ;
- ✓ Réinitialisation à la mise sous tension sur puce ;
- ✓ Commande numérique simple et interface série : commandes à broches, aucune programmation nécessaire ;
- ✓ Débit de données de sortie sélectionnable 10SPS ou 80SPS ;
- ✓ Rejet des harmoniques du réseau électrique à 50 et 60 Hz ;
- ✓ Consommation de courant : fonctionnement normal <1,5 mA, mise hors tension < 1uA ;

- ✓ Plage de tension d'alimentation de fonctionnement : 2,6 V à 5,5 V ;
- ✓ Plage de température de fonctionnement : -40 °C à + 85 °C [27].

C. Câblage des cellules de charge et HX711

La figure III.7 représente le schéma de câblage pour la connexion des cellules de charge avec le module HX711.

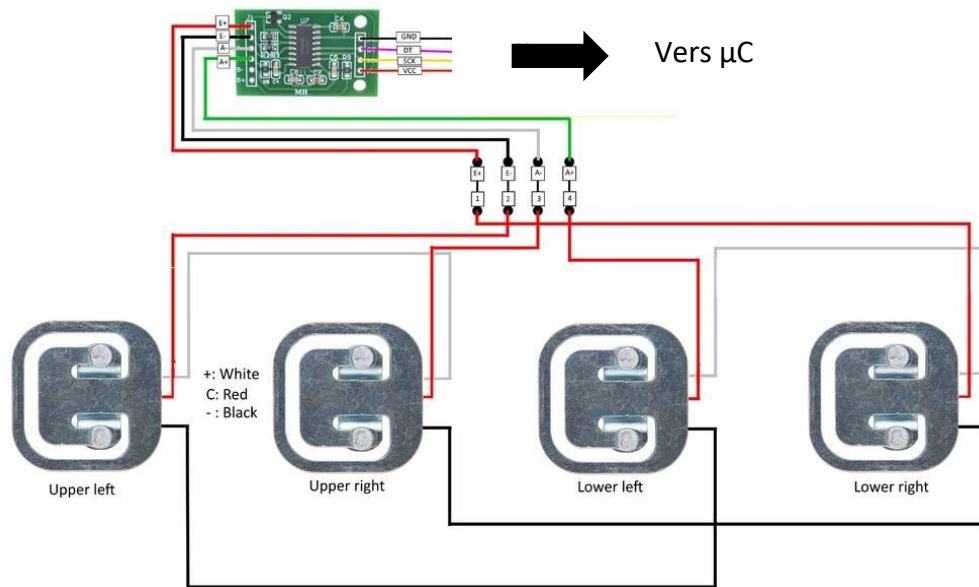


Figure III.7 : Schéma de câblage des cellules de charge avec le HX711

3.2.3. Capteur de pression

Le capteur de pression GY-BMP280 est une carte de dérivation pour baromètre numérique haute précision et basse consommation basé sur le circuit intégré Bosch BMP280. Il peut être utilisé pour mesurer avec précision la température et la pression atmosphérique. Il peut être connecté à un microcontrôleur avec une interface de type I2C ou SPI.



Figure III.8 : Brochage du module GY-BMP280

A. Configuration des broches

Le tableau ci-dessous présente la configuration des broches.

Tableau III.3 : configuration des broches.

N ° de broche	Nom de la broche	Description des broches
1	VCC	Source d'alimentation de 3,3 VDC
2	GND	Masse
3	SCL	Horloge série
4	SDA	Données série
5	CSB	Broche CSB vers GND pour avoir SPI et vers VCC (3,3 V) pour I2C. C'est une entrée à la puce.
6	SDO	Broche Serial Data Out / Master In Slave Out , pour les données envoyées du BMP280 vers le microcontrôleur

B. Caractéristiques

- ✓ Le module GY-BMP280 est livré avec un capteur BMP280, qui est un capteur environnemental avec température et pression barométrique qui constitue la nouvelle génération des capteurs BMP085/BMP180/BMP183 ;
- ✓ Ce capteur est idéal pour toutes sortes de détection météorologique et peut même être utilisé à la fois en I2C et SPI ;
- ✓ Ce capteur de précision est la meilleure solution de détection de précision à faible coût pour mesurer la pression barométrique avec une précision absolue de ± 1 hPa et la température avec une précision de $\pm 1,0$ ° C. Parce que la pression change avec l'altitude et que les mesures de pression sont si bonnes, vous pouvez également l'utiliser comme altimètre avec une précision de ± 1 mètre ;
- ✓ Pas de broche : 2,54 mm ;
- ✓ Taille du module : 11,5 mm * 15 mm.

C. Spécifications électriques du module GY-BMP280

- ✓ Modèle : GY-BMP280-3.3 ;
- ✓ Puce : BMP280 ;
- ✓ Alimentation : 3V / 3.3V DC ;
- ✓ Courant de crête : 1,12 mA ;
- ✓ Plage de pression atmosphérique : 300-1100hPa ;
- ✓ Plage de température : -40... + 85 ° C ;
- ✓ Interfaces numériques : I²C (jusqu'à 3,4 MHz) et SPI (3 et 4 fils, jusqu'à 10 MHz) ;
- ✓ Consommation de courant du capteur BMP280 : 2,7 μ A à une fréquence d'échantillonnage de 1 Hz [28].

4. Alimentation

Concernant l'alimentation des ruches, nous avons fixés un nombre de points que l'alimentation et le système devront satisfaire tels que :

- Utilisation des modes veille pour réduire la consommation des μ C ;
- Utilisation des interruptions lors de la programmation, ce qui réduit considérablement la consommation des μ C ;
- Utilisation d'un module photovoltaïque éventuellement ;
- Utilisation des batteries lithium ;
- Coût réduit de l'alimentation ;
- Complexité minimum de l'alimentation.

Deux configurations sont possibles pour l'alimentation de notre système :

- Module photovoltaïque + Batterie lithium + convertisseur de puissance ;
- Batterie lithium + convertisseur de puissance.

Nous avons utilisé ces deux configurations, mais avant tous il faut faire une estimation de l'énergie consommée par les différents composants du système.

4.1. Alimentation avec module photovoltaïque

Pour ce faire, nous avons choisi la configuration de la figure ci-dessous, cette configuration permet l'utilisation et la charge d'une batterie lithium à travers l'utilisation d'un module photovoltaïque.

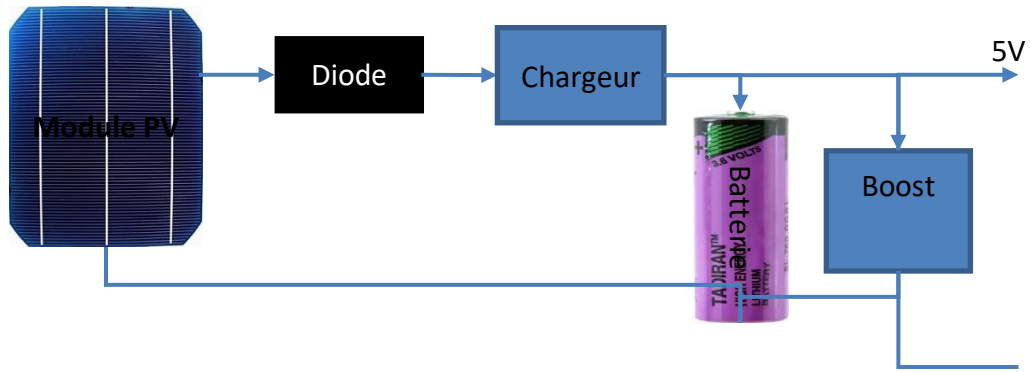


Figure III.9 : Configuration pour l'alimentation du système

4.2. Chargeur de batterie

Nous avons choisi le chargeur de batterie TP4056, qui est le plus utilisé pour les systèmes embarqués, il est représenté sur la figure suivante :

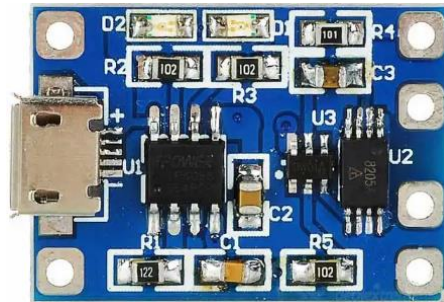


Figure III.10 : Chargeur de batterie Li-Ion TP4056

Le TP4056 est un chargeur linéaire complet à courant constant / à tension constante pour une seule cellule batteries lithium-ion. Son faible nombre de composants du TP4056 idéalement adapté aux applications portables. En outre, le TP4056 peut fonctionner à l'intérieur et au mur adaptateur. La tension de charge est fixée à 4.2V, et le courant de charge peut être programmé extérieurement avec une seule résistance. Le TP4056 termine automatiquement le cycle de charge lorsque le courant de charge tombe au 1/10 de la valeur programmée. Le module que nous avons choisi, peut générer un courant de charge de 1 A.

4.3. Convertisseur Boost

Nous avons choisi d'utiliser un convertisseur continue/continue de type Boost qui fournit une tension de 5V, il existe en vente des modules intégrés tel que celui de la figure ci-dessous.



Figure III.11 : Module Boost USB 5V

Le Boost utilisé dans notre projet aux caractéristiques suivantes :

- Tension d'entrée : 0.9V-5V DC ;
- Rendement : 96% (max) ;
- Port USB ;
- Courant de sortie max 600mA.

4.4. Choix des batteries Li-Ion

Dans le cas où le système est alimenté uniquement par une batterie Li-Ion, des calculs rigoureux permettront de calculer la consommation du système sur une période importante (de plusieurs mois), et de déduire ainsi la taille de la batterie.

Sinon dans le cas d'une alimentation avec module solaire, nous pouvons utiliser des batteries de 1300mAh qui seront largement suffisantes pour faire fonctionner le système, notamment en l'absence du soleil.

4.5. Choix du module PV

La source principale d'alimentation du module de capteur est un panneau solaire. Il doit donc être capable de fournir un courant suffisant pour alimenter le système, ainsi que le courant pour recharger la batterie pendant la journée.

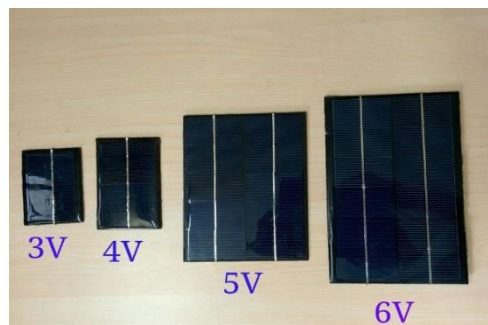


Figure III.12 : Module photovoltaïque

Pour bien choisir le module le plus adapté à notre application, un compromis s'impose, pour cela il faut suivre les règles empiriques suivantes :

- Tension : Choisir une tension 1,5 fois la tension de la batterie ;
- Courant : Le courant tiré par le système + un courant suffisant pour la charge de la batterie.

Aussi, certaines règles permettent d'associer un type de batterie au type de module choisi. Le tableau suivant montre la relation qui lie la tension de la batterie avec celle du module photovoltaïque.

Tableau III.4 : Relation entre la tension de la batterie et celle du module PV.

Batterie	Module PV
1.2V	2V ~ 2.5V
2.4V	3.5V ~ 4V
3.6V	5V ~ 6V
6V	7.5V ~ 9V
12V	15V ~ 18V

Nous allons ainsi choisir un module photovoltaïque qui génère une tension de 6V avec une puissance de 3W , ce qui nous donne un courant maximum de 600mA[29].

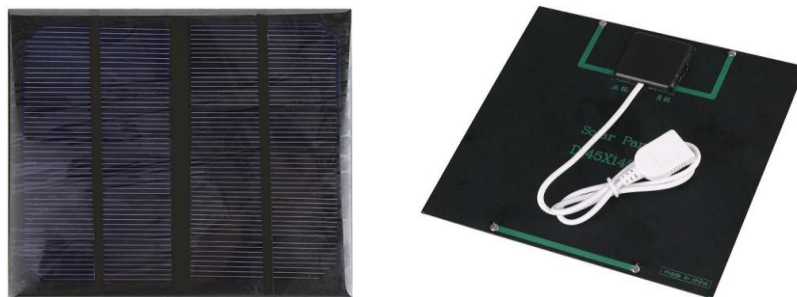


Figure III.13 : Module photovoltaïque choisi

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différents composants qui permettent la mise en œuvre de notre projet. Afin de bien maîtriser la conception du système nous avons décrit en détail chaque élément matériel.

Ceci dit, les composants présentés dans ce chapitre sont les composants que nous avons sélectionnés parmi les composants disponibles. Nous avons utilisé un certain nombre de critères pour effectuer notre choix, nous avons utilisé les composants qui consomment le moins d'énergie avec des performances acceptables, ainsi qu'une fiabilité et une robustesse qui sont en adéquation avec les besoins de notre système.

Chapitre IV

Réalisation du projet

1. Introduction

Le chapitre précédent nous a permis de montrer les différents composants entrants dans la mise en œuvre du système, ainsi que leurs caractéristiques qui nous aide à mieux comprendre leurs fonctionnements.

Nous allons dans ce présent chapitre décrire les différentes étapes de la réalisation du projet, aussi nous allons présenter les tests effectués aux éléments du système ainsi les résultats finaux de la validation du fonctionnement du système.

2. Organigramme de fonctionnement

Selon de nouvelles exigences relevant de la situation actuelle du pays, nous avons décidé de simplifier le travail de réalisation, pour ce faire nous allons concevoir seulement une partie du système qui est une ruche connectée qui englobe de plus les fonctionnalités de la station de base.

Cette partie contient également une carte ESP32, des capteurs (DHT22, HX711 et BMP280) afin de mesurer la température, l'humidité, le poids et la pression atmosphérique. Aussi, elle permet d'envoyer les données récupérées directement sur un serveur Web.

Le programme principal comporte plusieurs sous-programmes, chacun est destiné à réaliser une tâche spécifique, on commence par la configuration du microcontrôleur et des interfaces du système, puis, on déclare les différentes constantes.

- compteur : le temps du compteur (nombre d'itération de mesure T) et définit par l'apiculteur.
- Tmax et Tmin changent en fonction des endroits et saisons , définis par l'apiculteur.
- P0: poids du cadre de la ruche vide(avec un nombre des abeille)

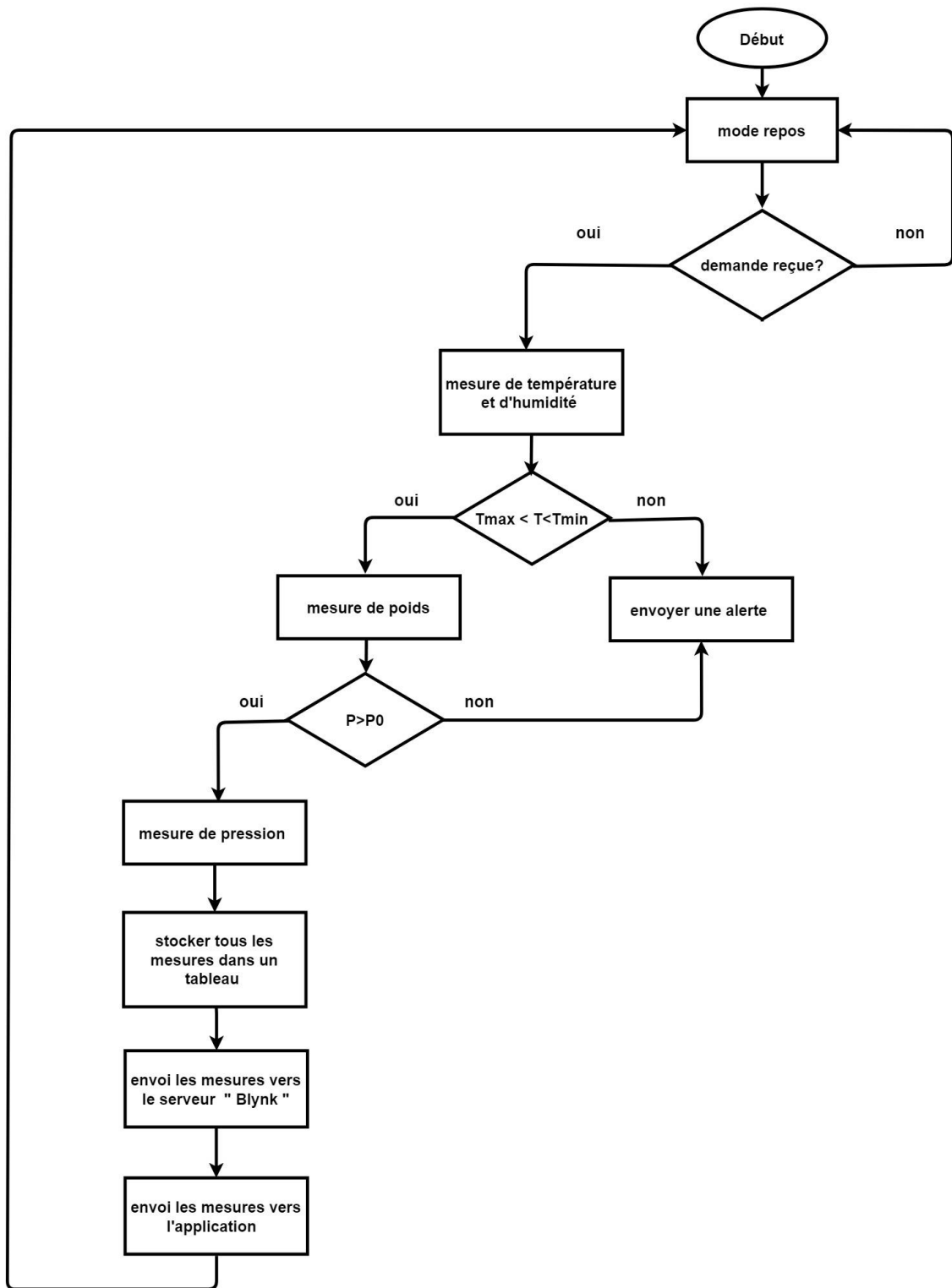


Figure IV.1 : Organigramme du projet

3. Conception et réalisation du système

3.1 Configuration de la carte ESP32 avec les capteurs

3.1.1. Interfaçage de la carte ESP32 avec le module DHT22

Pour mesurer la température et l'humidité, nous utilisons le capteur DHT22 (Voir la section 3.2.1 du chapitre 3), pour ce faire il faut relié ce module à la carte du microcontrôleur, la connexion du capteur DHT22 à l'ESP32 est définit comme suit :

- Mettre l'ESP32 sur la carte ;
- Mettre le capteur sur votre modèle ainsi que l'ESP32 ;
- Connecter la broche VCC du capteur à la broche 3,3 V de l'ESP32 et à le GND du capteur au GND du ESP32 ;
- Connecter également la broche de données du capteur à la broche D4 de l'ESP32 ;
- Placer une résistance de rappel de 10 K Ω entre le VCC et la ligne de données .

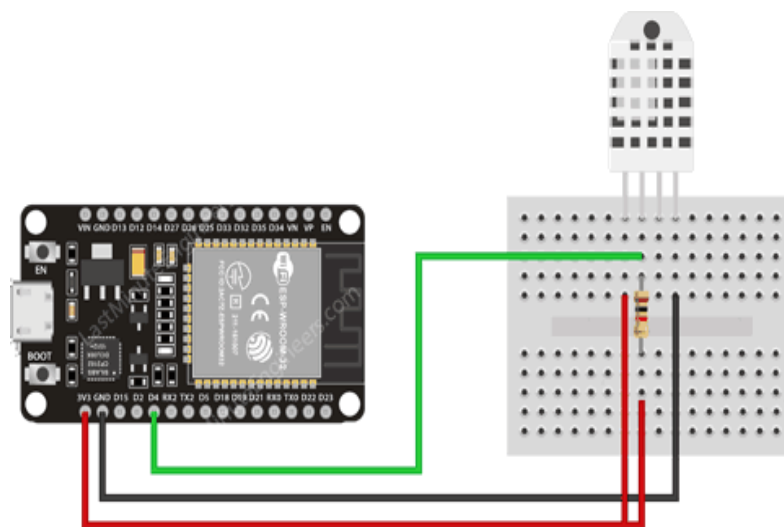


Figure IV .2 : montage de l'ESP32 avec DHT22

3.1.2. Interfaçage de la carte ESP32 avec le HX711 et les jauges de contrainte

Pour mesurer les poids des ruches nous utilisons une balance composée de 4 cellules de charge de 50kg chacune, ces cellules son connecté à la carte ESP32 au

travers d'un module HX711 pour numériser le signal mesuré (Voir la section 3.2.2 du chapitre 3).

HX711 - entrée (côté jauges de contrainte) :

- Signal de cellule de charge supérieure gauche => HX711 E- broche ;
- Signal de cellule de charge inférieure gauche => HX711 A+ broche
- Signal de cellule de charge supérieure droite => HX711 A- broche
- Signal de cellule de charge inférieure droite => HX711 E+ broche

HX711 - sortie (côté carte ESP32) :

- Broche HX711 Vcc => broche ESP32 3.3V
- HX711 broche GND => broche ESP32 GND
- HX711 broche SCK => broche ESP32 GPIO 2 (broche D9)
- Broche HX711 DT => broche ESP32 GPIO 5 (broche D8)

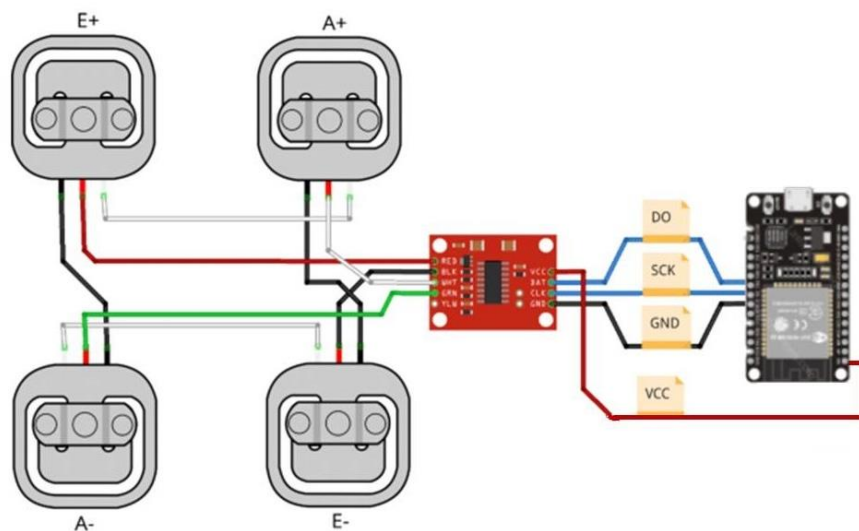


Figure IV.3 : branchement du HX711 avec ESP32

3.1.3. Interfaçage de l'ESP32 avec le module BMP280

Pour mesurer la pression atmosphérique, nous utilisons le capteur BMP280 (Voir la section 3.2.3 du chapitre 3).

Les connexions sont décrites comme suit :

- Connecter la broche VIN à la sortie 3.3V de l'ESP32 ;
- Connecter le GND à la masse ;
- Connecter la broche SCL à la broche D22 sur l'horloge I2C de l'ESP32 ;
- Connecter la broche SDA à la broche D21 des données I2C de l'ESP32.

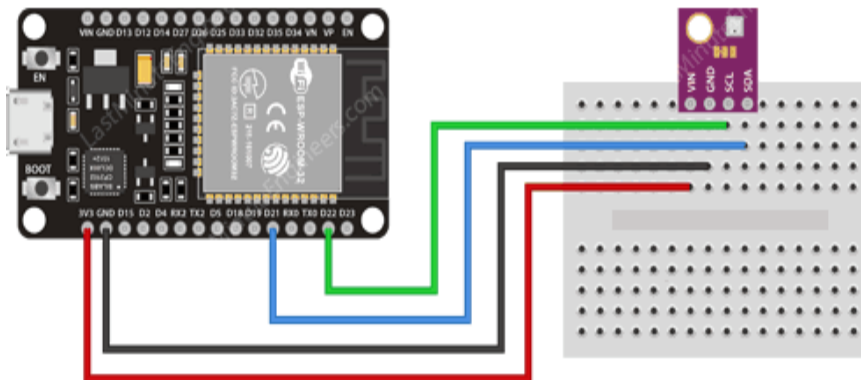


Figure IV.4 : Montage de l'ESP32 avec BMP280.

4. Interfaçage ESP32 / téléphone portable

4.1 Présentation de l'Internet des Objets (Internet of Things-IoT)

4.1.1 C'est quoi l'Internet des Objets ?

L'Internet des objets est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ». En réalité, la définition de ce qu'est l'Internet des objets n'est pas figée. Elle recoupe des dimensions d'ordres conceptuel et technique. D'un point de vue conceptuel, l'Internet des objets caractérise des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capables de communiquer les uns avec les autres. Ce réseau crée en quelque sorte une passerelle entre le monde physique et le monde virtuel. D'un point de vue technique, l'IoT consiste en l'identification numérique directe et normalisée (adresse IP, protocoles smtp, http...)

d'un objet physique grâce à un système de communication sans fil qui peut être une puce RFID, Bluetooth ou Wi-Fi [30].



Figure IV.5 : internet des objets

4.1.2. Architecture IoT du projet

La couche physique se compose des dispositifs qui doivent être contrôlés. Les capteurs pour détecter les conditions environnementales sont également connectés à cette couche. La couche de liaison de données se compose de routeur de passerelle IoT, gestionnaire de périphériques et divers protocoles de communication. Cette couche relie les appareils électroménagers au serveur web ou au cloud via la communication Wi-Fi. Blynk est utilisé comme serveur privé pour stocker les données du capteur et aussi il envoie des données aux utilisateurs finaux sur demande. Dans ce système, Blynk tombe sous la couche base de données/serveur. La couche application et présentation se composent de protocole Web. Cette couche consiste soit à concevoir une page Web permettant d'accéder aux appareils connectés à la couche perception via un PC ou un ordinateur portable, soit à construire une application mobile Android ou iOS si les appareils doivent être contrôlés et surveillés via des Smartphones. Les couches d'IoT pour le système proposé sont indiquées ci-dessous

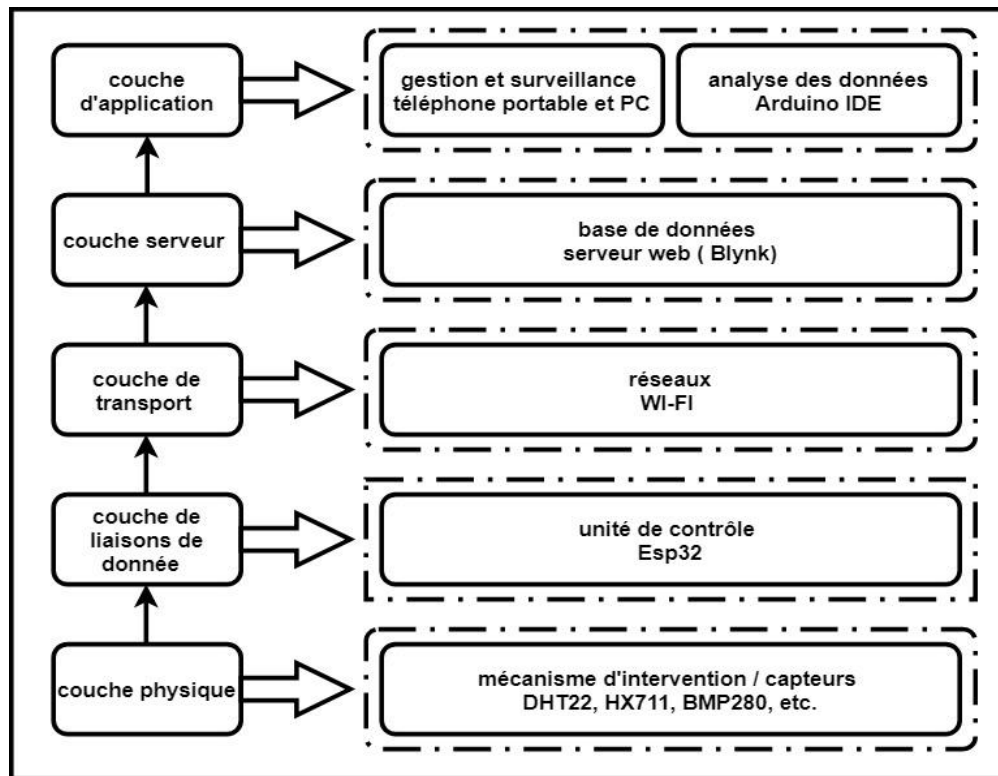


Figure IV .6 : Architecture IoT du projet

4.2 Transfert des données au site Blynk

4.2.1. Fonctionnement de Blynk

Blynk a été conçu pour l'Internet des objets. Il peut contrôler le matériel à distance, il peut afficher les données des capteurs, il peut stocker des données, visualiser et faire beaucoup d'autres choses cool. Il y a trois composants principaux dans la plateforme :

- Blynk App - vous permet de créer des interfaces étonnantes pour vos projets en utilisant divers widgets que nous fournissons.
- Blynk Server - responsable de toutes les communications entre le smartphone et le matériel. Vous pouvez utiliser notre Cloud Blynk ou exécuter votre serveur Blynk privé localement. Il est open-source, pourrait facilement gérer des milliers d'appareils et peut même être lancé sur un Raspberry Pi.

- Les bibliothèques Blynk - pour toutes les plateformes matérielles populaires - permettent la communication avec le serveur et traitent toutes les commandes entrantes et sortantes.
- Imaginez maintenant : chaque fois que vous appuyez sur un bouton dans l'application Blynk, le message se déplace vers l'espace Blynk Cloud, où il trouve magiquement son chemin vers votre matériel. Cela fonctionne de même dans la direction opposée et tout se passe dans un blynk de l'oeil.

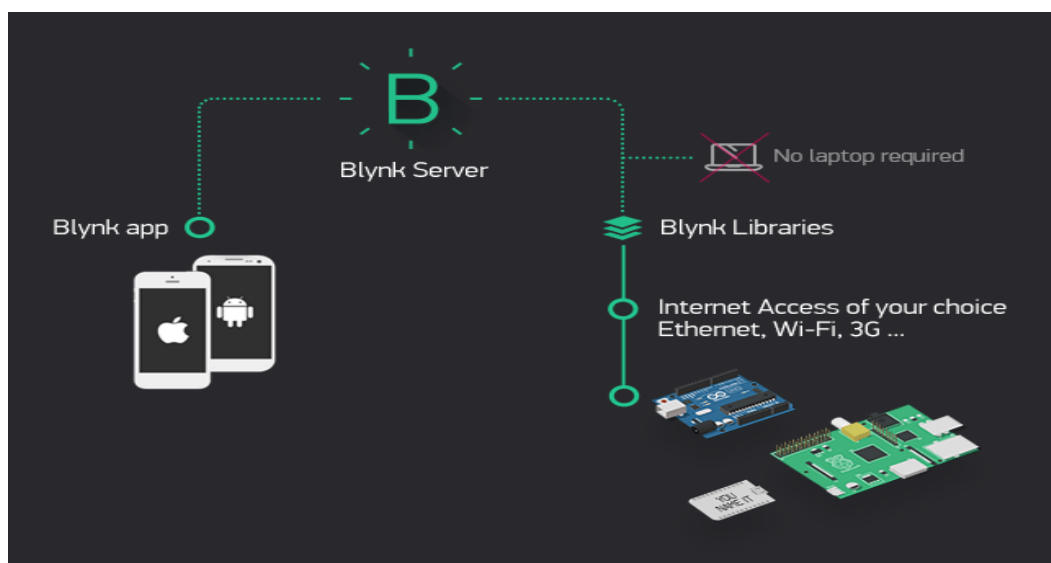


Figure IV.7 : La plateforme Blynk

4.2.2. Caractéristiques

- Interface utilisateur et API similaires pour tout le matériel et les appareils pris en charge
- Connexion au cloud en utilisant :
 - WiFi
 - Bluetooth et BLE
 - Ethernet
 - USB (série)
 - GSM ...

- Ensemble de widgets faciles à utiliser
- Manipulation directe des pin sans écriture de code
- Facile à intégrer et facilité d'ajouter de nouvelles fonctionnalités à l'aide des pins virtuels
- Surveillance des données d'historique via le widget SuperChart
- Communication de périphérique à périphérique à l'aide de Bridge Widget
- Envoi de courriels, tweets, notifications push, etc
- Ainsi que de nouvelles fonctionnalités qui sont constamment ajoutées!

4.2.3. De quoi avons-nous besoin pour Blynk ?

A. Matériel.

En premier nous aurons besoin d'un module communiquant avec internet tel que : Arduino, Raspberry Pi, ou un kit de développement similaire.

La plateforme Blynk fonctionne avec le réseau Internet.

Cela signifie que le matériel que nous choisissons devrait pouvoir se connecter à Internet. Certaines cartes, comme Arduino Uno auront besoin d'un Ethernet Shield ou d'un Wi-Fi Shield pour communiquer, d'autres y sont déjà compatibles: comme l'ESP8266, Raspberri Pi avec dongle WiFi, Particle Photon ou SparkFun Blynk Board. Mais même si nous n'avons pas de shield, nous pouvons le connecter via USB à traver ordinateur portable ou de bureau c'est un peu plus compliqué, mais faisable. Ce qui est interessant, c'est que la liste du matériel qui fonctionne avec Blynk est énorme et continuera d'acroître.

B. Un smartphone.

La deuxième facette de la plateforme Blynk est une Application pour Smartphone du même nom. Cette application est un constructeur d'interface logiciel bien conçu. Il fonctionne à la fois sur le système d'exploitation iOS et Android [31].

5. Réalisation et tests

Lors de la réalisation de notre système, nous avons effectué plusieurs tests, qui permettent de vérifier et de valider le fonctionnement de chaque élément et ensuite de l'ensemble de la plateforme réalisé, dans les paragraphes ci-dessous, nous allons présenter l'essentiel des tests effectués.

5.1 Le test du module photovoltaïque

La figure suivante présente le test que nous avons fait pour vérifier le module photovoltaïque d'alimentation de notre système.

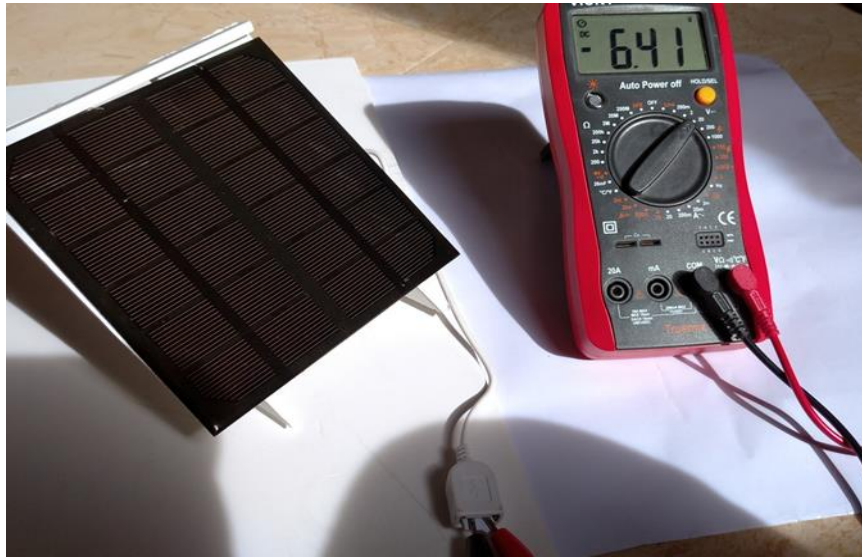


Figure IV.8 : Test du module photovoltaïque

Le test a permis de vérifier la tension de sortie du module PV, cette tension est essentielle pour le fonctionnement de l'alimentation du système. Une tension de 6.4V permet de charger la batterie et d'alimenter l'ensemble du système.

5.2 Test du chargeur de batterie

La figure suivante présente le test que nous avons fait au chargeur de batterie du notre système. Lors de ce test, nous avons vérifié le fonctionnement du module de recharge de la batterie en le reliant au module PV.

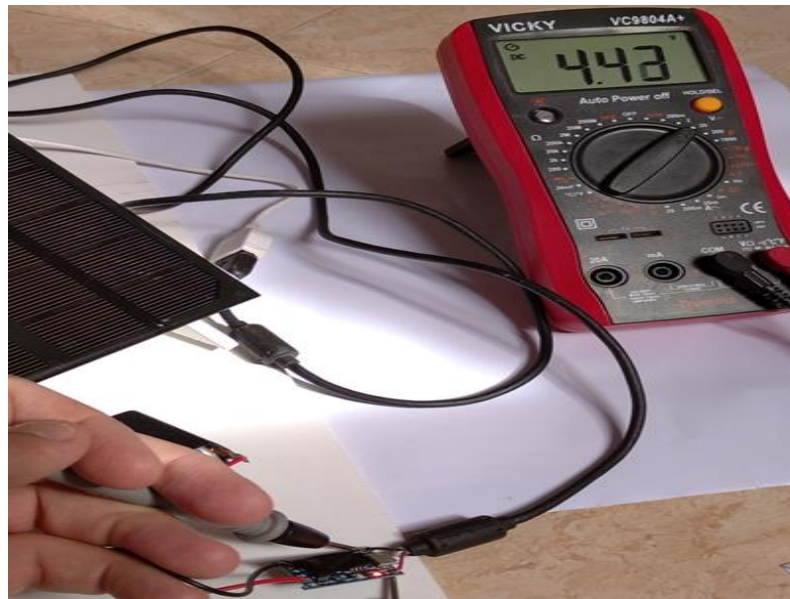


Figure IV.9 : Test du chargeur de batterie

5.3 Test de recharge de la batterie

La figure suivante présente le test que nous avons fait aux recharges de batterie de notre système. Dans ce test nous avons réalisé le montage qui permet d'utiliser le module PV pour la charge de la batterie, dans le test nous avons relevé une tension de 4.4V, cette tension permet de charger la batterie de manière efficace.



Figure IV. 10 : test de recharge de la batterie

5.4 Assemblage et test de la partie matérielle du système

Après avoir testé la partie matérielle du système, nous avons pu rassembler tous les éléments pour vérifier les fonctionnalités du système. La figure IV.11 montre l'assemblage de la partie matériel du système final.

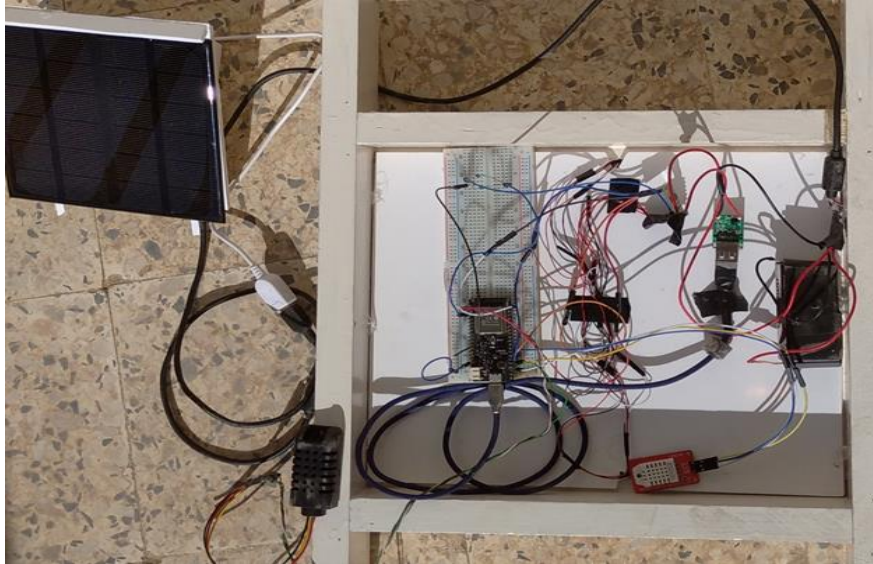


Figure IV.11 : Assemblage et test de la partie matérielle du système

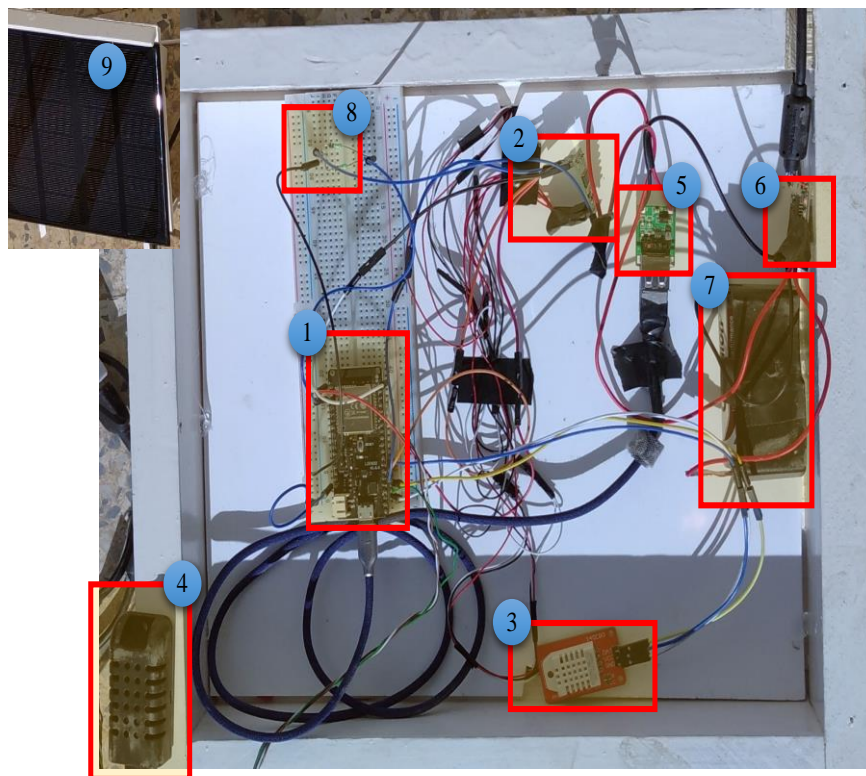


Figure IV.12 : Assemblage final du système avec marquage de chaque composant

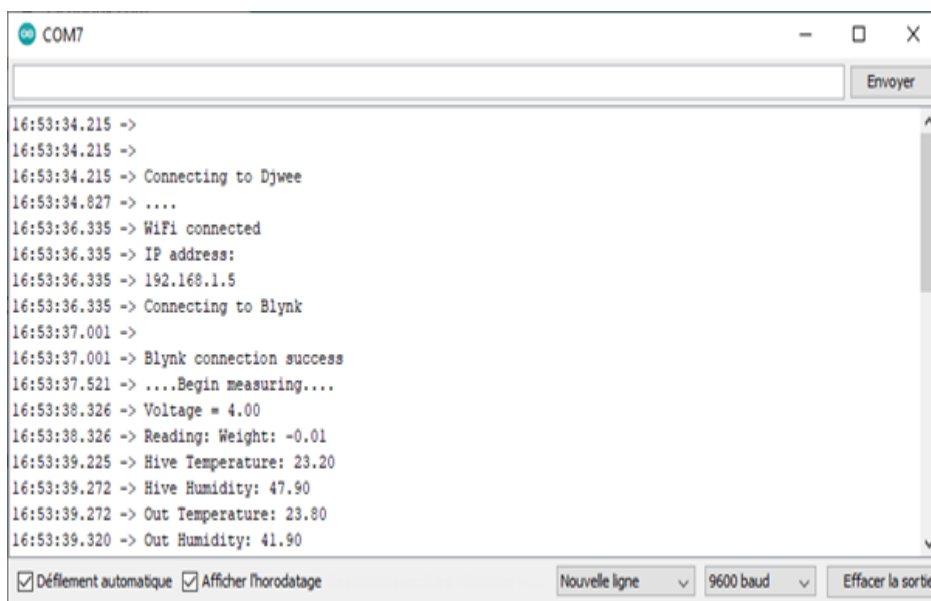
Les différents numéros marqués dans la figure IV.12 représente les éléments suivants du système :

1. Module ESP32 Lolin32
2. Module HX711
3. Capteur DHT22 (pour l'intérieur de la ruche)
4. Capteur DHT21 (pour l'extérieur de la ruche en remplacement du BME280)
5. Module convertisseur Boost (sortie 5V-600mA)
6. Chargeur batterie TP4045
7. Batterie Lithium (Ref : 18650)
8. Diviseur de tension pour la mesure de la charge de la batterie
9. Module PV 6V 4W

5.5 Test des programmes

La figure IV.13 montre une capture d'écran de l'interface série, cette figure montre les détails de l'initialisation et du fonctionnement du système lors du test. Ceci permet de vérifier les points de fonctionnement suivants :

- ✓ Connexion à internet via un routeur Wifi ;
- ✓ Connexion au serveur Blynk ;
- ✓ Mesure des paramètres du système et de la ruche chaque 2 secondes.



```
COM7
16:53:34.215 ->
16:53:34.215 ->
16:53:34.215 -> Connecting to Djwee
16:53:34.827 -> ....
16:53:36.335 -> WiFi connected
16:53:36.335 -> IP address:
16:53:36.335 -> 192.168.1.5
16:53:36.335 -> Connecting to Blynk
16:53:37.001 ->
16:53:37.001 -> Blynk connection success
16:53:37.521 -> ....Begin measuring....
16:53:38.326 -> Voltage = 4.00
16:53:38.326 -> Reading: Weight: -0.01
16:53:39.225 -> Hive Temperature: 23.20
16:53:39.272 -> Hive Humidity: 47.90
16:53:39.272 -> Out Temperature: 23.80
16:53:39.320 -> Out Humidity: 41.90
 Défilement automatique  Afficher l'horodatage
Nouvelle ligne 9600 baud Effacer la sortie
```

Figure IV.13 : Test des programmes

6. Résultats

Après le montage du prototype de test de notre projet, nous avons pu faire des différents tests pour vérifier si le fonctionnement du système est celui qu'on a exigé au départ. La figure IV.14 montre la récupération des mesures d'humidité et de température externe du système sous forme de courbes en utilisant l'application Blynk et le widget SuperChart.

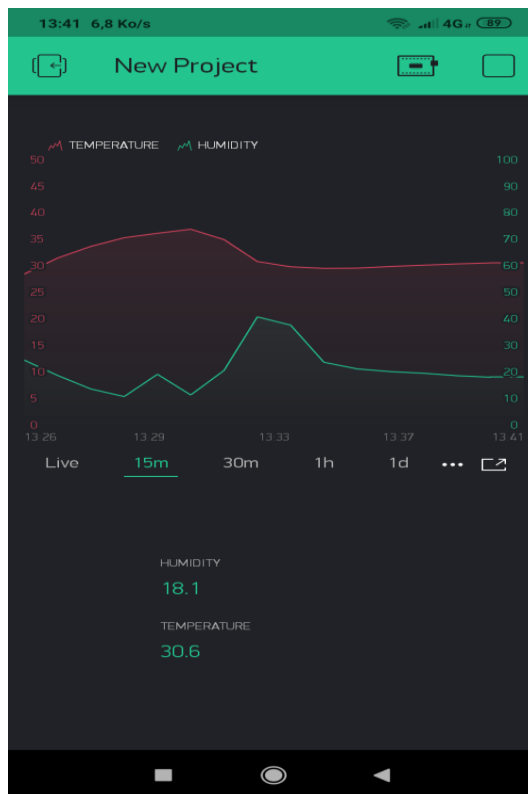


Figure IV.14 : Récupération des mesures d'humidité et de température externe

6. Conclusion

Dans ce présent chapitre, nous avons réalisé le système final avec ses différents composants fonctionnels, ainsi que les différents tests nécessaires pour sa validation.

La partie matérielle de notre projet est réalisée à travers l'utilisation d'une carte ESP32 ainsi qu'un ensemble de modules capteurs. Lors de la réalisation de ce projet, nous avons effectué différents tests pour la validation de chaque tâche et fonction du système. Nous avons aussi utilisé la plateforme Blynk qui a permis de simplifier la conception et permis de valider la plupart des exigences du système que nous avons préalablement établies.

Conclusion générale

Notre projet de fin d'étude consiste à concevoir une plateforme qui assure une surveillance continue à tout moment, basée sur la technologie de l'internet des objets (IoT). Cette plateforme permet aux apiculteurs de vérifier les paramètres climatiques ainsi que les paramètres des ruches, tel que le poids, pour ensuite les traiter et les envoyer à un serveur internet, pour ensuite les visualiser dans une application android.

Pour ce faire, nous avons utilisé l'une de nos méthodologies de conception d'un projet de système embarqué. Pour pouvoir mettre en oeuvre ce système, nous avons dû suivre les étapes suivantes :

- ✓ La première étape consiste à appréhender le domaine de l'apiculture ainsi que les difficultés qui s'y rapportent, en passant par la recherche sur les technologies des ruches connectées qui déjà commercialisées. Cela nous a aidé à avoir une première idée des fonctionnalités requises pour notre système.
- ✓ La deuxième étape consiste à déterminer le cahier de charge du système, dans lequel nous avons fixé le concept général, les spécifications (les exigences et les contraintes) et la conception fonctionnelle. Ceci nous a permis de mieux cerner les fonctionnalités du système et de maîtriser leur interactions.
- ✓ La troisième étape consiste à étudier le choix des composants utilisés, soit côté matériel (microcontrôleur ESP32, capteur DHT22, capteur HX711, capteur BMP280 ...) ou logiciel (Arduino IDE, Application). Un autre choix primordial pour le fonctionnement du système concerne l'alimentation, où nous avons choisi un module photovoltaïque avec une batterie lithium, qui sont gérés à travers des modules de convertisseur de puissance.
- ✓ La quatrième étape consiste à réaliser le projet complet. Après avoir testé et vérifié chaque élément seul, nous avons commencé par concevoir le système électronique de base avec son programme de commande. Ensuite, nous avons vérifié si toutes les exigences sont satisfaites, et enfin nous avons validé le fonctionnement expérimental du système.

En perspectives, nous proposons ces recommandations pour améliorer la conception hardware et software de la plateforme conçue :

- Ajouter des capteurs de haute précision au système pour obtenir d'autres mesures nécessaires au système tels que les capteurs : accéléromètre, l'orientation de vent, antivol...etc.
- Améliorer encore l'efficacité énergétique du système.
- Ajouter des algorithmes de traitement de données pour suggérer les actions que doit faire l'apiculteur.
- Ajouter l'affichage des mesures sur des écrans LCD montés sur le système de base ainsi que des caméras de surveillance....
- Ajouter un système d'exploitation à la base pour avoir plus de flexibilité de fonctionnement et faciliter sa maintenance.

Espérant ce mémoire sera utile par les futures promotions.

Bibliographies et Webographies

- [1] “L’apiculture pour tous `.”
- [2] “Apiculture.” <http://www.mon-abeille.com/apiculture.php> (accessed Aug. 12, 2020).
- [3] “Apiculteur.” <http://www.mon-abeille.com/apiculteur.php> (accessed Aug. 12, 2020).
- [4] “Élevage de reines.” http://www.mon-abeille.com/elevage_de_reines.php (accessed Aug. 12, 2020).
- [5] “Essaimage.” <http://www.mon-abeille.com/essaimage.php> (accessed Aug. 12, 2020).
- [6] “Couvain.” <http://www.mon-abeille.com/couvain.php> (accessed Aug. 12, 2020).
- [7] “Ruche.” <http://www.mon-abeille.com/ruche.php> (accessed Aug. 12, 2020).
- [8] “La ruche connectée : l’abeille sous surveillance numérique | Cairn.info.” <https://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2019-3-page-28.htm#> (accessed Aug. 12, 2020).
- [9] “Poids d’une ruche | ApiaRobotics.” <https://apiarobotics.com/fr/connaissances/poids-dune-ruche> (accessed Aug. 12, 2020).
- [10] “Disparition des abeilles.” https://www.one-bee.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=165 (accessed Aug. 12, 2020).
- [11] M. Benhacene, A. Benhamadouche, and A. Bellouti, “Réalisation d’un rucher connecté,” 2018.
- [12] “Surveillance des abeilles.” https://www.one-bee.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=172 (accessed Aug. 12, 2020).
- [13] “BEEWISE pèse ruche électronique : Transfert du poids par SMS - Icko Apiculture.” <https://www.icko-apiculture.com/beewise.html> (accessed Aug. 12, 2020).
- [14] “ITSAPBalances automatiques pour suivi de ruches - ITSAP.” <https://itsap.asso.fr/outils/balances-automatiques/> (accessed Aug. 12, 2020).
- [15] “Solutions pour Apiculteurs - Ruche connectée | Monitoring et Antivols.” <https://hostabee.com/ruche-apiculture/> (accessed Aug. 12, 2020).
- [16] “BeeGuard - Le suivi à distance de vos ruches.” <https://www.beeguard.fr/> (accessed Aug. 12, 2020).

- [17] “Ruche connectée : quels sont les meilleurs modèles.” <https://www.objetconnecte.net/abeilles-ruche-connectee-2203/> (accessed Aug. 12, 2020).
- [18] “BeeZbee Classique | beezbee.” <https://www.beezbee.fr/product-page/beebee-balance-pro> (accessed Aug. 12, 2020)
- [19] “Bee2Beep - Vous êtes apiculteur.” https://bee2beep.com/press_media.php (accessed Aug. 12, 2020).
- [20] “Optibee - Balance électronique pour ruche.” <https://www.optibee.fr/> (accessed Aug. 12, 2020).
- [21] “BeetrackingTM - Surveillance apicole : protection des ruches contre le vol, balances électroniques pour ruches.” <http://www.beetracking.com/fr/> (accessed Aug. 12, 2020).
- [22] “ESP32 — Wikipédia.” <https://fr.wikipedia.org/wiki/ESP32> (accessed Aug. 20, 2020).
- [23] “ESP32 DevKitC Pinout, Overview, Features & Datasheet.” <https://components101.com/microcontrollers/esp32-devkitc> (accessed Aug. 19, 2020).
- [24] “DHT22 Sensor Pinout, Specs, Equivalents, Circuit & Datasheet.” <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet> (accessed Aug. 19, 2020).
- [25] “Ruche Connectée – Projets dpt GEII Mulhouse.” <http://www.projetsgeii.iutmulhouse.uha.fr/ruche-connectee/> (accessed Aug. 20, 2020).
- [26] “4pcs Capteur de poids Capteur de poids 50kg Demi-pont Jauge de contrainte du corps humain avec amplificateur HX711 AD Module de pesage pour Arduino Wshiot : Amazon.fr : High-tech.” <https://www.amazon.fr/Échelle-Pondération-amplificateur-Hx711-AD-Contrainte/dp/B07FMN1DBN> (accessed Aug. 20, 2020).
- [27] “HX711–24 Bit Analog to Digital Converter (ADC) Pinout, Datasheet & Features.” <https://components101.com/ics/hx711-24-bit-analog-digital-converter-adc> (accessed Aug. 19, 2020).
- [28] “GY-BMP280 Module Pinout, Features & Datasheet.” <https://components101.com/sensors/gy-bmp280-module> (accessed Aug. 19, 2020).
- [29] M. Benhacene, A. Benhamadouche, and A. Bellouti, “Réalisation d’un rucher connecté,” 2018.
- [30] “Définition | Internet des objets - IdO - Internet of things - IOT | Futura Tech.” <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/> (accessed Sep. 29, 2020).

[31] “(No Title).” <https://docs.blynk.cc/> (accessed Sep. 29, 2020).