



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'informatique

Mémoire

De fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Mathématique et informatique

Filière : informatique

Spécialité : RMSE

(LMD)

Thème

*Conception et réalisation d'une ruche connectée
à base d'un microcontrôleur*

Proposé et dirigé par :

Mr. SEHAD Mounir.

Réalisé par :

Mr. Ait Aider Ferhat

Mr. KETREB Fawzi.

Promotion 2018/2019

Remerciements

Nous rendons grâce à Dieu de nous avoir donné le courage, la volonté ainsi que la conscience nécessaires à l'élaboration de notre projet.

Ce travail n'a pas été possible à réaliser sans le support moral de nos familles. Que ce travail soit un témoignage de notre gratitude envers elles.

Nous tenons à remercier notre promoteur monsieur SEHAD qui nous a accompagnées dès le début de ce projet.

Nos sincères remerciements s'adressent aussi aux membres de jury qui nous avons fait l'honneur de juger notre travail.

Sans oublier de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à toutes personnes
ayant participé de près ou de loin à sa réalisation.*

A mes parents.

A mes frères et mes sœurs.

*A mes amis (Azzedine, Djamel, Si
lshewas, Issad, Ali, Farid, Fawzi, Amine,
Arezki, Boujemaa, Aïssa, Massi).*

*A tous ceux qui me sont chère A tous
ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime Je dédie ce
travail.*

Ferhat

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à toutes personnes
ayant participé de près ou de loin à sa réalisation.*

A mes parents.

A mes frères et mes sœurs.

*A mes amis (Sofiane, Malik, Ferhat,
Hocine, Hakim, Aghiles, Mehdi,*

Djamel, Issad, Ali, Farid).

*A tous ceux qui me sont chère A tous
ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime Je dédie ce
travail.*

Fawzi

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I : Généralités sur l'apiculture et modèles de ruches connectées

I.1. Introduction	1
I.2. Les ruches d'abeilles	1
I.2.1. Définition	1
I.2.2. Les différents types de ruches	1
✓ Les ruches naturelles	1
✓ Les ruches traditionnelles	2
✓ Les ruches modernes	2
I.2.3. Les composants d'une ruche moderne	2
I.2.4. L'emplacement du rucher	3
I.2.5. L'organisation des ruches	4
I.2.6. Paramètres optimales des ruches	4
a) Température idéale	4
b) Humidité idéale	4
c) Luminosité idéale	5
I.2.7. Maladies des abeilles et soins	5
I.2.8. les ennemis des Abeilles	7
I.3. Les ruches connectées	9
I.3.1. Définition	9
I.3.2. Modèles de ruche connectées	9
I.4. Conclusion	12

Chapitre II : Méthodes et Matériels

II.1. Introduction	13
II.2. Systèmes embarqués et objets connectés	13
II.2.1. Système embarqué	13
a) Définition	13
b) Architecture d'un système embarqué	14
c) La conception du système embarqué	15

1. L'architecture matérielle (électronique)	15
2. L'architecture logicielle (code)	15
II.2.2. L'internet des objets (IOT)	15
1. Objet connecté	16
2. Domaines d'application de l'Internet des objets	17
3. Composants d'un système IOT	17
4. Contraintes liées à l'IOT	18
5. Le Web of Things	18
II.3. Notre système de télésurveillance de ruche	19
II.4. Étude des différents blocs du système	21
II.4.1. Unités de commandes	21
A. Le Microcontrôleur	21
B. La carte Arduino UNO	21
1. Description générale	21
2. Caractéristiques techniques	22
3. Schéma interne de la carte UNO	22
II.4.2. les capteurs et les actionneurs	24
1. Capteur de température et d'humidité (DHT11)	24
2. Capteur de luminosité (LDR).....	25
3. Capteur de flamme (LM393)	25
4. Capteur de fin de course	26
5. Capteur de mouvement PIR	26
6. Le Buzzer	27
II.4.3. Interfaces	28
1. Module WIFI	28
2. Module GSM	29
II.5. L'environnement de développement	30
II.5.1. IDE Arduino	30
a) Présentation	30
b) Structure générale d'un programme Arduino	30
c) Téléverser un programme dans la carte	31
II.5.2. Fritzing	33
II.6. Conclusion.....	33

Chapitre III : Conception et réalisation

III.1.Introduction	34
III.2. Structure détaillée du système	34
III.3. Organigramme de fonctionnement général.....	35
III.4. Schéma de branchement général	37
III.5. Vérifications et tests	38
a) Choix du moyen de visualisation	38
b) Les résultats visualisés sur le serveur ThingSpeak	40
c) Recevoir les alertes par SMS	42
III.6. Organigramme de fonctionnement de chaque composant	44
a) Capteur de température et d'humidité	44
b) Capteur de flamme	45
c) Capteur de fin de course	45
d) Détecteur de mouvement	46
e) Module WIFI	47
f) Module GSM	47
III.7. Branchement des différents composants avec la carte Arduino	48
a) Les deux capteurs de température et d'humidité DHT11	48
b) Capteur de lumière (LDR)	49
c) Capteur de flamme	49
d) Capteur de fin de course Numéro 01	50
e) Capteur de fin de course Numéro 02	51
f) Capteur de mouvement	52
g) Le Buzzer	53
h) Module WIFI	54
i) Module GSM	55
III.8. Conclusion	56

Conclusion générale et Perspectives

Bibliographie

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur l'apiculture

Figure I.1 : Un apiculteur et ses abeilles.....	01
Figure I.2 : Les composants d'une ruche	02
Figure I.3 : La ruche connectée Label Abeille	09
Figure I.4 : La ruche connectée CAPAZ GSM200	10
Figure I.5 : La ruche connectée BeeOnline	11

Chapitre II : Méthodes et Matériels

Figure II.1 : Quelques exemples de systèmes embarqués.....	13
Figure II.2 : Architecture d'un système embarqué	14
Figure II.3 : Apparition de l'IOT selon CISCO ISG	16
Figure II.4 : Structure du système avec 3 ruches	20
Figure II.5 : Carte Arduino UNO	21
Figure II.6 : L'architecture interne de la carte UNO	22
Figure II.7 : Le capteur DHT11 / application typique	24
Figure II.8 : Image réelle et Montage électrique d'une photorésistance LDR	25
Figure II.9 : Capteur de flamme LM393	25
Figure II.10 : Capteur fin de course	26
Figure II.11 : Capteur de mouvement HC-SR501.....	27
Figure II.12 : Le Buzzer	27
Figure II.13 : Le Module WIFI ESP8266 (ESP-01)	28
Figure II.14 : Module GSM SIM900	29
Figure II.15 : L'IDE Arduino	30
Figure II.16 : Liaison USB entre un PC et une carte Arduino	31
Figure II.17 : Comment choisir le type de la carte et le port	32
Figure II.18 : Compilation et téléversement d'un programme Arduino	32
Figure II.19 : Fritzing	33

Chapitre III : Conception et réalisation

Figure III.1 : La maquette de la ruche	34
Figure III.2 : Schéma synoptique du système	35
Figure III.3 : Organigramme de fonctionnement	36
Figure III.4 : Branchement général	37
Figure III.5 : Montage complet de système électronique de la ruche	38
Figure III.6 : Inscription sur le site ThingSpeak	39
Figure III.7 : Création des canaux	39
Figure III.8 : Création des champs	40
Figure III.9 : Récupération de la clé de mise à jour	40
Figure III.10 : Graphiques montrants la température et l'humidité à l'intérieur de la ruche ...	41
Figure III.11 : Graphiques montrants la température et l'humidité à l'extérieur de la ruche ...	41
Figure III.12 : Graphiques montrant la luminosité	41
Figure III.13 : Alertes SMS Enlèvement de la ruche ou de son toit	42
Figure III.14 : Alertes SMS Température nuisible	42
Figure III.15 : Alertes SMS Humidité nuisible	43
Figure III.16 : Alerte SMS Flamme	43
Figure III.17 : Alerte SMS Mouvement	43
Figure III.18 : Organigramme DHT11	44
Figure III.19 : Organigramme capteur de flamme	45
Figure III.20 : Organigramme capteur fin de course	45
Figure III.21 : Organigramme détecteur de mouvement	46
Figure III.22 : Organigramme Module WIFI	47
Figure III.23 : Organigramme GSM	47
Figure III.24 : Branchement des capteurs DHT 11	48
Figure III.25 : Schéma imprimé Branchement des capteurs DHT 11	48
Figure III.26 : Branchement du capteur de lumière	49
Figure III.27 : Vue schématique Branchement LDR	49
Figure III.28 : Branchement du capteur de flamme	50
Figure III.29 : Vue schématique Branchement Capteur flamme	50
Figure III.30 : Branchement du capteur de fin de course du Toit	51
Figure III.31 : Vue schématique Branchement fin de course Toit	51
Figure III.32 : Branchement du capteur de fin de course du Sol	52

Figure III.33 : Vue schématique Branchement fin de course Sol	52
Figure III.34 : Branchement du capteur de mouvement	53
Figure III.35 : Vue schématique Branchement Capteur de mouvement	53
Figure III.36 : Branchement du Buzzer	54
Figure III.37 : Vue schématique Branchement Buzzer	54
Figure III.38 : Branchement du Module WIFI	55
Figure III.39 : Vue schématique Branchement Module WIFI	55
Figure III.40 : Branchement du Module GSM	56
Figure III.41 : Vue schématique Branchement Module GSM	56

Liste des tables

Tableau II.1 : Composants d'une solution IOT	17
Tableau II.2 : Caractéristiques du module GSM (SIM900)	29

Introduction générale

Les abeilles font partie depuis des millénaires de la culture et du patrimoine humain, et elles sont donc essentielles au maintien d'une biodiversité végétale très importante pour l'humanité. Pourtant, ces insectes si utiles semblent de plus en plus menacés et il s'agit bien d'un problème mondial aux multiples causes. Il est donc d'autant plus important de s'intéresser encore et toujours aux abeilles et à l'apiculture, pour en améliorer les méthodes de protection et de productions de façon durable.

L'apiculture peut en effet constituer une option très intéressante pour diversifier les revenus de notre pays surtout à cause de l'effondrement des prix du pétrole. L'apiculture permet aussi, grâce aux produits de la ruche, de compléter les revenus familiaux, et requiert peu de temps et d'investissement, si elle est conduite à petite échelle. Les produits majeurs de la ruche, la cire et le miel, sont bénéfiques du point de vue économique d'une part, et il existe aussi des produits supplémentaires, tels le pollen, le couvain, la gelée royale ou la propolis, possèdent aussi des propriétés nutritionnelles et thérapeutiques de premier ordre. Enfin, la pollinisation assurée par les abeilles permet souvent d'améliorer le rendement des cultures et joue un rôle important pour l'ensemble de la flore. On croit souvent, à tort, que le miel est la principale raison d'être de l'apiculture, or, il a été démontré que la valeur du service de pollinisation équivalait à environ 150 fois la valeur du miel et de la cire.

L'apiculture devient de plus en plus complexe et soumise aux aléas extérieurs notamment en ce qui concerne les environnements des ruches, les miellées qui sont de plus en plus courtes et parfois perturbées par les variations du climat, le décalage des saisons, les intoxications, et les coûts de déplacements. Il est désormais devenu nécessaire pour un apiculteur de pouvoir suivre à distance les paramètres de vie et de production des ruches.

Pour toutes ces raisons, nous sommes très intéressés par ce domaine et contribuons aux techniques de télésurveillance des ruches car les apiculteurs souffrent de différentes menaces qui influencent leur rendement.

Ainsi, Le but de notre travail est de concevoir un système à base de la carte Arduino UNO pour la télésurveillance de ruches d'abeilles.

Le système ainsi réalisé permet à l'apiculteur de surveiller à distance ses ruches en recevant sur ordinateur ou smartphone les paramètres tels que la température et l'humidité

ainsi que des alertes par SMS dans les cas de détection de flammes, tentatives de vol des ruches ou valeurs de température et humidité nuisibles pour les abeilles.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres, à travers lesquels nous décrivons le travail effectué pour la conception et la réalisation de notre système :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la filière d'apiculture et les manières de la protection de la ruche d'abeille. De plus la définition des ruches connectées, ainsi que quelques exemples des meilleurs projets actuellement disponibles.

Le deuxième chapitre sera dédié à l'étude des systèmes embarqués connectés et L'internet des objets, ainsi que l'exposition des différents composants matériels qui rentreront dans la mise en œuvre de notre système. Puis dans *le troisième chapitre*, on va présenter d'une part les différentes parties nécessaires pour la conception de notre système et d'autre part donner les résultats des tests pratiques et de simulation.

Enfin, nous terminerons avec une conclusion générale et perspectives.

Chapitre I

*Généralités
sur l'apiculture et
modèles de ruches
connectées*

I.1. Introduction :

Nous consacrons ce chapitre à présenter brièvement la filière d'apiculture et les manières de la protection de la ruche d'abeille. En plus, définir les ruches connectées ainsi que quelques exemples des meilleurs projets actuellement disponibles, leurs caractéristiques et leurs avantages.

L'apiculture c'est une branche de l'agriculture qui consiste en l'élevage d'abeilles à miel pour exploiter les produits de la ruche, principalement du miel. L'apiculteur doit procurer au rucher un abri, des soins, et veiller sur son environnement [1].



Figure I.1 : Un apiculteur et ses abeilles.

I.2. Les ruches d'abeilles :

I.2.1. Définition :

C'est une structure presque fermée abritant une colonie d'abeilles. L'intérieur de la ruche est composé de rayons formés par des cellules hexagonales de cire d'abeille. Les abeilles utilisent ces cellules pour le stockage de la nourriture (miel et pollen), et pour le renouvellement de la population (œufs, larves et nymphes)

L'enruchage ou l'enruchement est l'action de peupler une ruche d'abeilles. Un groupe de ruches est un rucher [2].

I.2.2. Les différents types de ruches :

Les apiculteurs utilisent plusieurs types de ruches, lesquels diffèrent en fonction de la technique d'élevage et de la région d'implantation de l'éleveur d'abeille [3] :

➤ **Les ruches naturelles :** ou ruches horizontales qui n'utilisent ni de cadre préfabriqué, ni de cire. Les insectes produisent et construisent tout ce dont ils ont besoin dans ce type de ruche pour abeilles.

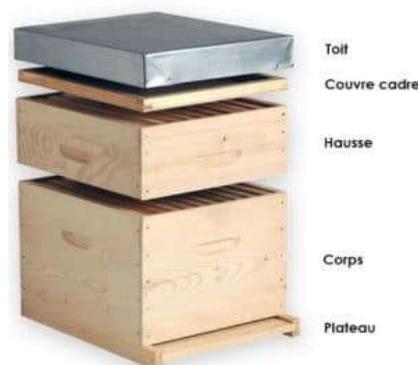
➤ **Les ruches traditionnelles** : sont plutôt utilisées pour leur critère naturel, durable, économique ou encore pour leur facilité de manipulation. Pour ce type de ruche d'abeilles, l'on pourra retrouver la ruche en paille, la ruche tronc, la ruche kényane ou encore la ruche alsacienne.

➤ **Les ruches modernes** : également appelées ruches verticales à cadre symbolisent la ruche d'abeilles la plus courante dans l'apiculture d'aujourd'hui. Dans cette catégorie de ruches modernes, l'on pourra retrouver la ruche Dadant un standard de modernité. Ensuite la ruche Warré, plus connue sous l'appellation de ruche populaire, un dispositif qui aide à faciliter le travail de l'apiculteur.

I.2.3. Les composants d'une ruche moderne :

Les ruches sont le plus souvent vendues par les magasins apicoles avec les éléments suivants (en partant du bas vers le haut) [4] :

- Un plancher
- Un corps de ruche
- Une hausse
- Des cadres de corps et de hausses
- Un couvre cadre
- Un toit



Passons-en revue les différents éléments de la ruche : **Figure I.2** : Les composants d'une ruche.

✓ **Le plancher**

C'est le socle sur lequel le reste de la ruche est posé, ainsi que l'entrée de la ruche pour les abeilles. Traditionnellement il est réalisé en bois et ces dernières années est remplacé par des planchers en plastique de type Nicot.

Les fonds de ruches peuvent être :

- pleins (traditionnellement)
- avec aération arrière (pour favoriser l'aération et éviter la condensation)
- avec aération totale (pour l'aération et contrôler la chute des varroas lors des traitements).

✓ **Le corps de ruche (rez-de-chaussée) :**

C'est l'élément principal de la ruche ; il contient le cœur de la colonie et l'ensemble des éléments nécessaires (miel, pollen, couvain...) à la vie de la colonie tout au long de l'année. C'est une partie vitale que l'apiculteur préservera. Sa contenance dépend du type de ruche que vous choisirez.

✓ Les cadres :

Il existe plusieurs types de cadres :

- Les barrettes sur lesquelles des amorces de cire sont installées particulièrement utilisées pour les ruches Warré ou kényane. Elles sont considérées comme écologiques.
- Les cadres droits communément utilisés avec des crémaillères pour respecter l'espace de circulation des abeilles. Aussi appelée beespace.
- Les cadres Hoffman utilisés sans crémaillère mais avec des bandes lisses. Les cadres sont côte à côte.
- Les cadres à jambage qui font parler d'eux ces derniers mois avec des problèmes de cire.

✓ La hausse :

La hausse est la partie amovible de la ruche que l'on ajoute sur le corps de ruche lorsque la colonie s'est bien développée en sortie d'hiver et que les butineuses rentrent le nectar en masse. (Vers mi-avril) **C'est sur cet élément que se fait la récolte de miel.**

✓ Le couvre cadre :

Sa fonction principale est de fermer le haut de la ruche et d'isoler la colonie entre le toit et le corps ou la hausse. Certains sont vendus avec un trou de quelques centimètres et un encadrement en bois suffisamment haut pour ajouter en début de saison un sac de candi ou un chasse abeille pour la récolte.

✓ Le Toit :

Le toit vient recouvrir la jonction entre le couvre cadre et la hausse ou le corps de ruche. Il est recouvert d'une tôle avec une hauteur plus ou moins importante (65, 80 ou 105 mm).

Il existe 2 types de toit :

- Plat
- Chalet

I.2.4. L'emplacement du rucher :

L'emplacement choisi pour installer le rucher doit répondre à certains critères :

- Calme et loin de toute source de nuisance chimique.
- Terrain débroussaillé.
- Bien éclairé.
- Ensoleillé, mais protégé des chaleurs excessives.
- A l'abri du vent, et des courants d'air (obstacles naturels).
- Sec, loin de l'humidité.
- A proximité de plantes, arbres et fleurs mellifères, en planter si besoin.

- avec une large gamme de plantes à proximité pour s'assurer d'une floraison sur toute l'année.
- A proximité d'un point d'eau.
- Eloigné des autres ruchers de la même exploitation (3-4 km), et ceux du voisinage (7km).

I.2.5. L'organisation des ruches :

Une fois l'emplacement choisi et aménagé, l'apiculteur doit se livrer à une autre tâche, non moins importante que la première : l'organisation des ruches.

- Posées sur une hauteur de 30 à 40 cm, pour éviter l'humidité.
- Distance entre les ruches : entre 2 et 2.5 mètres.
- Distance entre les rangées : près de 3 mètres.
- Orientation par rapport au soleil (sud-est, sud-ouest) : elle varie d'une ruche à l'autre, pour que chacune puisse capter les rayons de soleil le plus tôt possible.
- Planche de vol dirigée vers le sud.
- A l'horizontale, avec une petite inclinaison vers l'avant (faciliter l'évacuation des déchets).
- Disposition préconisée : en forme de fer à cheval.
- Orientation des entrées : pas toutes dans le même sens pour ne pas perturber les abeilles et les induire en erreur.

I.2.6. Paramètres optimaux des ruches :

a) Température idéale :

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 à 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 (« eurythermes »). 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 l'évaporation de l'eau via leurs battements d'ailes) [5].

b) Humidité idéale :

L'humidité relative de la ruche doit être supérieure sous climat tempéré à celle des conditions atmosphériques.

c) Luminosité idéale :

- ✓ **La ruche doit être placée dans un endroit bien ensoleillé**, parce que :
 - les abeilles n'aiment pas les grands froids.
 - la gestation du couvain nécessite une température intérieure de 36°C.
 - le soleil aide à sécher la planche d'envol et déshydrater les déchets de la ruche.
- ✓ **L'abeille a aussi besoin d'ombre :**
 - la cire doit rester ferme, sinon les alvéoles se déforment. Or, à forte température (60°C), elle fond.
 - les ouvrières doivent ventiler et aérer la ruche avec ses 60 000 individus.

I.2.7. Maladies des abeilles et soins :

Dans le Code sanitaire pour les animaux terrestres de l'OIE six maladies sont inscrites dans la catégorie des maladies des abeilles [6] :

• L'acarapiose :

Est causée par un acarien microscopique, appelé acarien trachéal, parasite interne de l'appareil respiratoire de l'abeille adulte, qui se nourrit de l'hémolymphe. L'infection se propage par contact direct et les abeilles nouvellement écloses sont les plus réceptives. Le diagnostic est porté en visualisant les acariens dans la trachée.

➤ Soins :

-Ne pas introduire le parasite dans un rucher par l'intermédiaire de colonies ou de reines achetées.

- Il n'existe pas de vaccin contre la maladie.

• La loque américaine :

Est une maladie grave des abeilles mellifères. Elle est causée par une bactérie sporulante et est présente dans le monde entier. Les bactéries tuent les larves dans la cellule de couvain. Chez les abeilles domestiques infectées, la colonie a un aspect tacheté dû à des alvéoles vides. La loque américaine se propage par les spores de la bactérie formées à l'intérieur des larves infectées, spores qui sont très résistantes et peuvent survivre de nombreuses années. Les spores diffusent la maladie par transfert de cire, de reines, par échange de rayons ou par du miel contaminé. Le diagnostic est confirmé par l'identification des bactéries grâce à des techniques moléculaires, à la mise en culture ou à l'examen au microscope.

➤ **Soins :**

Le traitement par antibiotiques détruit les formes végétatives de la bactérie mais ne tue pas les spores, d'où une récurrence de la maladie. Par conséquent, il est souvent recommandé de brûler la ruche et le matériel, seul moyen parfois de détruire les spores.

• **La loque européenne :**

Des abeilles mellifères sont causées par la bactérie *Melissococcus plutonius*. Contrairement à ce que son nom indique, la maladie est présente aussi en Amérique du Nord et du Sud, au Moyen-Orient et en Asie. Comme pour la loque américaine, les bactéries responsables de la loque européenne tuent les larves, laissant des alvéoles vides au sein du couvain. La maladie se propage par contamination mécanique des rayons à miel et persiste donc généralement d'une année sur l'autre. Elle peut également se propager par les abeilles qui ont survécu à l'infection au stade larvaire et qui ont disséminé la bactérie dans leurs matières fécales. Le diagnostic repose sur l'examen microscopique.

Soins : Dès l'apparition des premiers signes cliniques il convient d'agir de façon énergique :

- ✓ Transvasement. (Formation d'un essaim artificiel).
- ✓ Changement de reine.
- ✓ Désinfection adaptées du matériel (Destruction des cadres atteints).
- ✓ Dans les cas graves destruction de la colonie.

• **Infestation par le petit coléoptère des ruches :**

Le petit coléoptère des ruches, est un parasite des colonies d'abeilles domestiques. Il est originaire d'Afrique mais il a été introduit aux Etats-Unis d'Amérique, au Canada et en Australie par les transferts commerciaux d'abeilles. Considéré comme un parasite nuisible mineur dans son habitat local, il est devenu un problème important dans les zones d'introduction. Ce coléoptère, tant au stade larvaire qu'adulte, se nourrit de larves, de pollen et du couvain. Les femelles adultes pondent leurs œufs dans la ruche. Les larves éclosent et se nourrissent de couvain, de pollen et de miel, ensuite elles abandonnent la ruche pour effectuer leur nymphose dans le sol d'où émergent les adultes, puis s'envolent pour rechercher de nouvelles ruches. La propagation peut donc être rapide étant donné que les adultes peuvent parcourir plusieurs kilomètres. En cas d'infestation massive, les abeilles peuvent désertir la ruche. Le diagnostic repose sur l'identification des coléoptères adultes dans la ruche.

➤ **Soins :**

Le traitement est possible par les insecticides qui tuent le coléoptère et non les abeilles, mais il existe un risque de résidu dans le miel.

• **Tropilaelaps :**

Il existe plusieurs espèces d'acariens du genre *Tropilaelaps*, notamment *Tropilaelaps clareae* et *T.koenigerum*. Chaque espèce possède une aire de répartition géographique différente mais toutes les espèces existent en Asie. Ces acariens sont des ectoparasites qui se nourrissent du couvain (larves et pupes) et qui provoquent une configuration irrégulière du couvain operculé et désoperculé, ainsi que certaines difformités observées chez les abeilles adultes. L'infestation se fait par contact direct entre abeilles ou par les déplacements du couvain. Ces acariens sont de taille suffisante pour pouvoir être observés à l'œil nu.

➤ **Soins :**

Il existe des traitements chimiques permettant de réduire le nombre de ces acariens voire de les éliminer.

• **Varroose :**

La varroose est causée par un acarien, ectoparasite de l'abeille adulte et du couvain. Il existe quatre espèces d'acarien *Varroa*, mais *Varroa destructor* est la plus importante. Chez l'abeille adulte, la varroose induit un rétrécissement de l'abdomen. Les premiers signes d'infection passent généralement inaperçus et c'est seulement lorsqu'elle est parvenue à un stade avancé qu'elle devient apparente. Les acariens adultes sont alors visibles sur les abeilles. L'infestation se propage par contact direct entre abeilles adultes et par des déplacements d'abeilles et de couvain infestés.

➤ **Soins :**

- Dépistage de la varroose.
- L'utilisation des moyens physiques pour lutter contre les varroas.
- Les traitements médicamenteux.

I.2.8. les ennemis des Abeilles :

Les abeilles ne manquent pas d'ennemis acharnés. On recense actuellement une trentaine de pathogènes, prédateurs et parasites qui s'attaquent aux ruches [7].

❖ **MALADIES :**

Virus, bactéries et aussi champignons s'attaquent aux abeilles. Parfois, ce sont elles qui s'empoisonnent, lorsqu'en période de disette elles ne trouvent que des fleurs toxiques à butiner comme certaines renoncules, des euphorbes, etc.

❖ PARASITES :

Parmi les parasites, des arachnides (8 pattes) du groupe des acariens sont de véritables plaies pour les abeilles, notamment ceux du genre *Acarapis* et, depuis quelques années, le redoutable *Varroa* contre lequel les apiculteurs sont obligés de traiter leurs ruches. Il y a aussi des insectes (6 pattes) comme le Pou des abeilles (ou Braule) qui n'a de « pou » que le nom car il s'agit d'une mouche sans aile (aptère) qui se balade dans la fourrure de la reine ou des ouvrières et qui vole la nourriture lorsque les ouvrières l'apportent à la reine ou bien « titille » les ouvrières pour qu'elles régurgitent un peu de nourriture.

❖ PRÉDATEURS :

Beaucoup de prédateurs, comme par exemples :

- les frelons, sont susceptibles d'attaquer les abeilles. Le Frelon asiatique, se révèle un prédateur redoutable.
- Le Philanthe apivore (apivore = mangeur d'abeille) est une guêpe solitaire spécialisée dans la capture des abeilles.
- Les araignées apprécient également les abeilles.
- Parmi les oiseaux, les hirondelles chassent parfois près des ruches.
- Le Guêpier d'Europe peut également s'attaquer aux abeilles ainsi que les pics – Pic épeiche et Pic vert – qui, lorsqu'ils ont très faim en hiver, arrivent à percer les ruches et prélever les abeilles hivernantes.

❖ PILLEURS DE RUCHES

- L'Homme, qui « parque » les abeilles sociales dans des ruches alors que dans la nature elles s'installent dans des troncs creux ou des rochers.
- l'Ours brun et le Blaireau européen qui détruisent les ruches.
- Le Sphinx Tête de Mort, superbe papillon de nuit, profite de son épaisse fourrure qui le protège des piqûres pour rentrer dans les ruches et se délecter de miel.
- Le petit Coléoptère des ruches, originaire d'Afrique du Sud, est très étroitement surveillé. Enfin, il arrive que des abeilles domestiques pillent le miel d'une autre ruche après avoir réussi à entrer malgré la vigilance des gardiennes.

 Solutions :

- ✓ Une arme biologique : Le froid et la chaleur et l'humidité.
- ✓ Système de surveillance qui permet de surveiller l'activité dans la ruche.
- ✓ Des caméras espionnes et des balises GPS.
- ✓ La Réduction de la taille des entrées de la ruche.

I.3. Les ruches connectées :

I.3.1. Définition :

C'est une ruche équipée pour surveiller le comportement et la santé de la colonie qui la peuple. Elle est équipée d'une batterie de capteurs, d'enregistreurs et de transmetteurs reliés à un microprocesseur embarqué [8].

I.3.2. Modèles de ruches connectées :

Les meilleurs projets actuellement disponibles [9] :

- **Label Abeille :**

La ruche connectée Label Abeille (Figure 4) 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.



Figure I.3 : La ruche connectée Label Abeille.

- **Caractéristiques :**

- Paramètre mesuré

- ✓ Masse : jusqu'à 500 kg avec précision de 1g
- ✓ Température
- ✓ Orientation
- ✓ Luminosité
- ✓ Humidité
- ✓ Pression atmosphérique.

- Batteries rechargeables

○ **Fonctionnalités :**

- ✓ Géolocalisation
- ✓ Système anti-vol
- ✓ Paramétrage des seuils d'alertes
- ✓ Réception des alertes par mail ou sms
- ✓ Activation des alertes anti-vols et de gestion d'alimentation
- ✓ Fréquence de relevé de données au choix : toutes les heures, toutes les 2heures, 6 fois par jour ou 2 fois par jour
- ✓ Sélection du mode d'émission : GSM ou LoRa.

Prix : A partir de 420 € (selon modèle)

▪ **Modèle CAPAZ GSM200 :**

La balance GSM200 effectue automatiquement, par mesure électronique, des relevés de nombreuses données : le poids de la ruche, la température, la pluviométrie, l'humidité ou en plus la température de couvain. Les données recueillies sont transmises journallement par téléphone portable en SMS ou par E-Mail ou sur serveur CAPAZ Direct.

La télémétrie est par technologie SMS, même un signal faible et suffisant pour émettre un SMS. Il existe un alarme ruche (perte de poids anormal, vandalisme, vol).

Elles composé de deux parties, la station elle-même et le portable qui peut être détaché de la structure.



Figure I.4 : La ruche connectée CAPAZ GSM200.

○ **Caractéristiques :**

- ✓ Les mesures de base : Poids, température, humidité
- ✓ Pluviomètre (en option)
- ✓ Transfer via GSM par SMS ou E-Mail
- ✓ 7 ou 9 mesures par enregistrement
- ✓ Logiciel en équipement de base, base de données évaluation en graphique
- ✓ Sécurité / protection d'accès/ Alarmes (perte de poids anormal).

○ **Paramètres techniques :**

- ✓ Poids maximum jusqu'à 200 kg avec précision de 100 g
- ✓ Sonde de température dans corps de ruche +/- 0.5° C précision (en option)
- ✓ Rallonge, distance portable et balance maxi 50 m (en option)
- ✓ Mémoire interne 1700 mesures
- ✓ Interface RS232 pour téléchargement
- ✓ Autonomie batterie jusqu'à 200 jours, batterie rechargeable 12V, 7.2 AH
- ✓ Plage de fonctionnement -10° C - +45° C.

Prix : A partir de 1300 € (selon option)

▪ **Modèle BeeOnline :**

La société BeeOnline propose plusieurs types de stations de mesure connectée simple, elles se différencient selon le nombre de capteur qu'y sont intégrés.



Figure I.5 : La ruche connectée BeeOnline.

○ **Caractéristiques :**

- ✓ Simple et rapide à installer
- ✓ Identifier l'état de la colonie
- ✓ Suivi des relevés en ligne : interface intuitive et simple
- ✓ Accès par GSM, relevé quotidien, configuration par Internet ou Smartphone, alerte SMS en cas de vol ou chute

- ✓ Gestion des stations de mesures Beeline à distance avec logiciel propriétaire
- ✓ Sauvegarde des données sur un serveur (10 mesures quotidiennes)
- ✓ 2 ans de mesures et de communication sans recharge.

○ **Paramètres techniques :**

- ✓ Mesure du poids : De 0 à 100 kg avec précision 100 gr
- ✓ Mesure de la température : interne/ externe de -20° $+50^{\circ}\text{C}$ – précision 0,1°C
- ✓ Mesure de la pluviométrie : en mm/m² avec précision 0,2 mm
- ✓ Mesure de l'humidité : interne/ externe de 0 à 100% - Précision 0,1%

Prix : A partir de 420 € (selon modèle)

I.4. Conclusion :

Nous avons pu clarifier dans ce chapitre le cadre du projet et présenter son contexte général en deux parties. Dans la première partie nous avons fait une étude sur l'apiculture ainsi que les ruches, leurs composants, leurs organisations et leurs paramètres idéals. de plus les manières de la protection de la ruche d'abeille.

Pour la deuxième partie nous avons présenté les ruches connectées ainsi que quelques systèmes commercialisés, leurs caractéristiques et leurs avantages.

Dans le prochain chapitre nous allons découvrir et présenter les méthodes et le matériel à utiliser pour la réalisation de notre projet.

Chapitre II

*Méthodes
et matériels*

II.1. Introduction :

Nous consacrons ce chapitre à introduire quelques concepts sur les systèmes embarqués particulièrement les systèmes embarqués connectés, ces derniers sont de plus en plus utilisés dans différents domaines technologiques, et sont de plus en plus présent dans la vie quotidienne de chacun. Nous allons ainsi exposer les différents composants matériels qui rentreront dans la mise en œuvre de notre système, notamment les capteurs et les composants qui permettent de lier les différentes parties du système.

Quel que soit le matériel utilisé, ce système nous permet de suivre efficacement l'évolution de la saison apicole.

II.2. Systèmes embarqués et objets connectés :

II.2.1. Système embarqué :

a) Définition :

Un système embarqué peut être défini comme un système électronique et informatique autonome, qui est dédié à une tâche bien précise [10]. Un système embarqué peut être un système à part entière ou enfoui dans un système plus important.

Nous utilisons dans la vie de tous les jours des dizaines de systèmes embarqués (Figure 1), qui sont présent dans notre quotidien de façon de plus en plus persistante par exemples :

- ✓ Avions, trains, voitures... ;
- ✓ Routeurs, box internet, téléphone ;
- ✓ Electro-ménager, TV ;
- ✓ Robotique industrielle ;
- ✓ Imprimantes et photocopieurs ;
- ✓ Terminaux de paiement ;
- ✓ Caméra connectée.



Figure II.1 : Quelques exemples de systèmes embarqués.

b) Architecture d'un système embarqué :

L'architecture d'un système embarqué se définit par le Figure 2 :

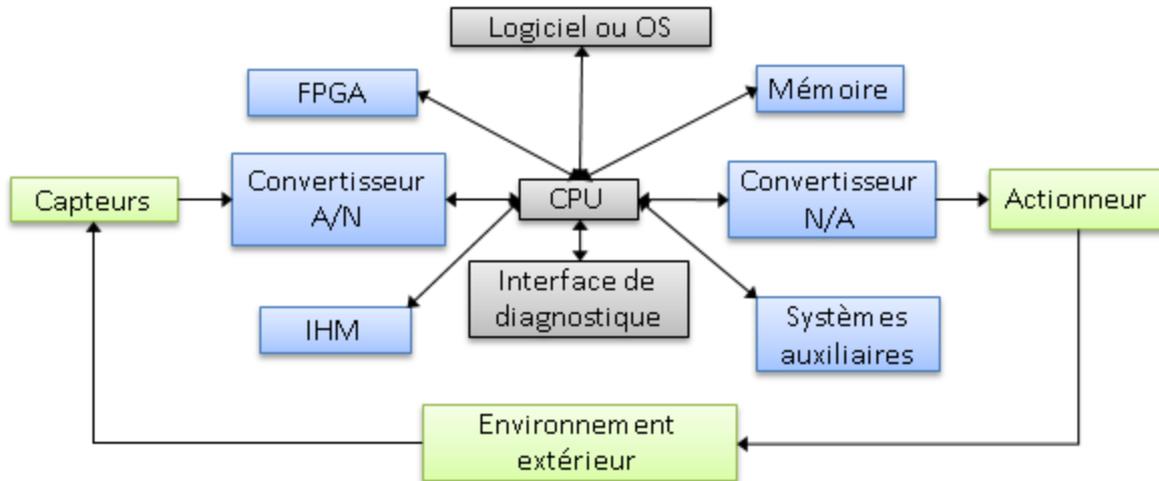


Figure II.2 : Architecture d'un système embarqué.

Cette architecture peut varier selon les systèmes : on peut par exemple, ne pas trouver de systèmes auxiliaires dans de nombreux systèmes embarqués autonome et indépendants. En revanche, l'architecture de base est la plupart du temps composée de [11] :

- Unité centrale de traitement (CPU).
- Un système d'exploitation résident ou parfois uniquement un logiciel spécifique (ex : routeur), ou une boucle d'exécution (ex : **ABS** -système antiblocage des roues).
- Interface IHM n'est pas souvent existante, mais est souvent utile pour reconfigurer le système ou vérifier son comportement.

Le fonctionnement du système se résume ainsi :

- Il reçoit des informations de son environnement extérieur qu'il convertit en signal numérique.
- L'unité de traitement composée du CPU, de la mémoire, du logiciel, et éventuellement des composants auxiliaires traitent l'information.
- Le traitement génère éventuellement une sortie qui est envoyée vers les périphériques, les systèmes auxiliaires, les ports de monitoring ou l'IHM...etc.

c) La conception du système embarqué :

La conception du système se fait simultanément sur L'architecture matérielle et l'architecture logicielle.

1. L'architecture matérielle (électronique) :

Les supports matériels pour l'implémentation des systèmes embarqués se déclinent essentiellement en deux types [12] :

- ✓ Les microcontrôleurs ;
- ✓ Les SOC (System-On-Chip).

❖ Microcontrôleurs :

Ces petits processeurs bon marché, peu complexes à mettre en œuvre, mais relativement limités dans les traitements qu'ils permettent ont un rôle important dans le domaine des systèmes embarqués de par leur faible encombrement et leur consommation électrique réduite.

On les rencontre également en versions plus puissantes dans les dispositifs industriels pour des tâches simples nécessitant une bonne prédictibilité du temps de traitement des événements. Il existe des cartes à microcontrôleurs permettant une mise en œuvre très rapide pour une expérimentation ou un prototypage, comme les Launchpad de Texas Instrument ou le célèbre Arduino et ses dérivés.

❖ Les SOC (system-on-Chip):

Dans un unique circuit intégré sont regroupées les fonctionnalités du microprocesseur, de divers périphériques (contrôleur graphique, réseau, communications série, SPI, i2C, RS232, etc.), ainsi qu'une quantité plus ou moins importante de mémoire flash, voire de mémoire RAM. L'intégration d'un SOC sur une carte personnalisée est un peu plus complexe que celle d'un microcontrôleur, mais reste largement à la portée d'un bureau d'études électroniques.

2. L'architecture logicielle (code) :

Pour les systèmes très réduits, comme les microcontrôleurs, il est fréquent d'employer des OS (Operating Systems – systèmes d'exploitation) très légers. Ces OS simplifiés, qui se résument souvent à un ordonnanceur et des mécanismes de synchronisation entre tâches, sont généralement propriétaires et vendus par le fabricant du microcontrôleur accompagnés d'un environnement de développement spécifique. Il est néanmoins important de noter que, même pour des microcontrôleurs, il existe des systèmes d'exploitation libres comme Lepton, FreeRTOS ou RTEMS. [12]

II.2.2. L'internet des objets (IOT) :

IOT est l'acronyme de « Internet Of Things », ou internet des objets (IDO) en français. Selon l'Union internationale des télécommunications, 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 » [13]. Pour CISCO Internet Business Solutions Group (IBSG), l'IOT correspond simplement au moment où il y a plus d'objets connectés à internet que de personnes (Figure II.3).

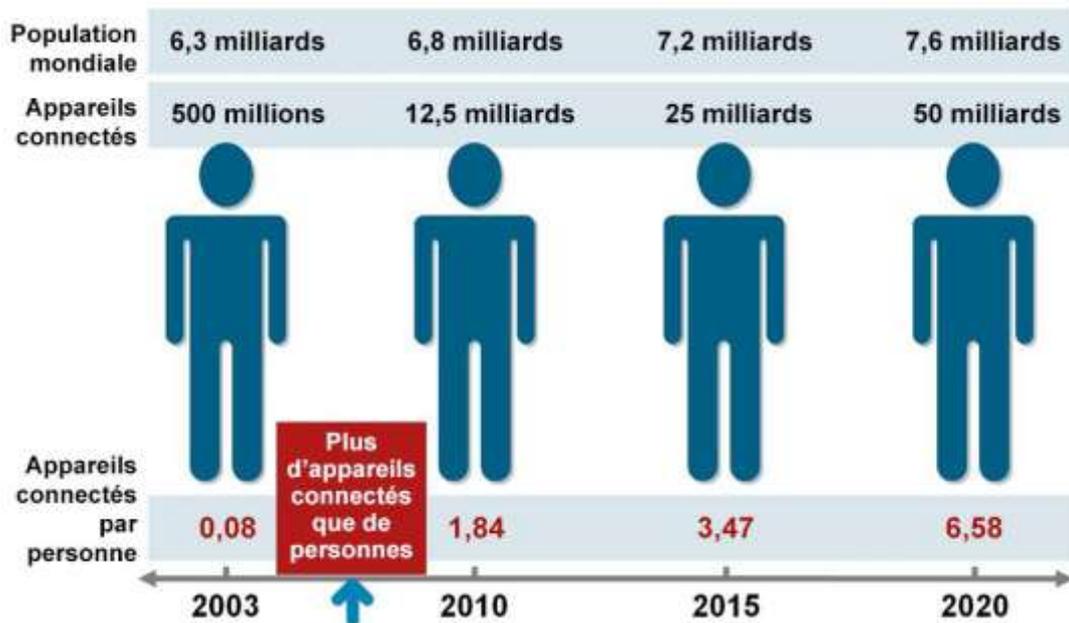


Figure II.3 : Apparition de l'IOT selon CISCO IBSG.

En raison de l'explosion des smartphones et des tablettes le nombre d'appareils connectés à internet a atteint 12.5 milliards en 2010, alors que la population mondiale était de 6.8 milliards. C'est ainsi que le nombre d'appareils connectés par personne est devenu supérieur à 1 pour la première fois dans l'histoire [14].

1. Objet connecté :

Un objet connecté est un objet physique équipé de capteurs ou d'une puce qui lui permettent de transcender son usage initial pour proposer de nouveaux services. Il s'agit d'un matériel électronique capable de communiquer avec un ordinateur, un smartphone ou une tablette via un réseau sans fil (Wi-Fi, Bluetooth, réseaux de téléphonie mobile, réseau radio à longue portée, etc.), qui le relie à Internet ou à un réseau local.

On distingue communément deux grands groupes d'objets connectés :

- ✓ Les objets destinés à la collecte et l'analyse de données, dont la mission principale est de collecter et transmettre des informations ;
- ✓ Les objets qui répondent à une logique de contrôle-commande et permettent de déclencher une action à distance.

2. Domaines d'application de l'Internet des objets :

Lorsque le nombre d'objets connectés à Internet a dépassé celui des personnes, cela a ouvert la voie à d'innombrables opportunités en matière de création d'applications dans les domaines de l'automatisation, de la détection et de la communication machine-machine. En réalité, les possibilités sont presque infinies.

- ✓ Transport et logistique
- ✓ Le domaine pharmaceutique
- ✓ Le domaine de la santé
- ✓ Le domaine de la mode
- ✓ Le domaine agriculteur
- ✓ Le domaine de la domotique
- ✓ Environnements intelligents
- ✓ Le domaine de l'énergie (Smart Grid)

3. Composants d'un système IOT [10] :

L'internet des objets n'est pas une technologie à part-entière mais plutôt un système intégrant plusieurs autres systèmes. Lier un objet ou un lieu à internet est un processus plus complexe que la liaison de deux pages Web. Divers composant sont de mise, L'IOT en exige sept :

1. Une étiquette physique ou virtuelle pour identifier les objets et les lieux ;
2. Un moyen de lire les étiquettes physiques, ou de localiser les étiquettes virtuelles ;
3. Un dispositif mobile (smartphone, tablette, ordinateur portable) ;
4. Un logiciel additionnel pour le dispositif mobile ;
5. Un réseau sans fil de type 2G, 3G ou 4G ;
6. L'information sur chaque objet lié ;
7. Un affichage pour regarder l'information sur l'objet lié.

Le tableau suivant résume les principaux systèmes technologiques nécessaires à l'implantation d'une solution IOT.

Type de système	Enjeux	Technologies employées
Identification	Reconnaître chaque objet de façon unique et recueillir les données stockées au niveau de l'objet.	Code-barres, URI, GPS, radio identification(RFID), ADN...etc.
Capteurs	Recueillir des informations présentes dans l'environnement pour enrichir les fonctionnalités du dispositif.	Luxmètre, capteur de proximité, thermomètre, hydromètre, accéléromètre, gyroscope...etc.

Connexion	Connecter les systèmes entre eux.	Câbles, fréquences radio, Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, ZWave, NFC...etc
Intégration	Intégrer les systèmes pour que les données soient transmises d'une couche à l'autre.	Middleware (simple et complexe), analyse décisionnelle des systèmes complexe
Traitement de données	Stocker et analyser les données pour lancer des actions ou pour aider à la prise de décisions.	Tableur, base de données, entrepôt de données, progiciel de gestion intégré (PGI).
Réseaux	Transférer les données dans les mondes physiques et virtuels.	Internet

Tableau II.1 : Composants d'une solution IOT.

4. Contraintes liées à l'IOT [10] :

Les implications sociales et cognitives de ces applications et de celles à venir de l'IOT posent un certain nombre de problèmes quant à la protection de la vie privée, voire des façons de se comporter dans un environnement. L'interconnexion d'objets transmettant continuellement de l'information sur les personnes pourrait ainsi, selon certaines critiques, marquer la disparition complète du contrôle des individus sur les données les concernant.

Il y a aussi la difficulté de trouver une norme de communication qui consomme peu de courant, pour augmenter l'autonomie de la batterie, et peu de donnée pour limiter la consommation de forfait Internet GSM.

Des problèmes environnementaux peuvent aussi être soulevés, l'électronique moderne utilise une large variété de métaux lourds et de métaux rares, aussi bien que de produits chimiques synthétiques fortement toxiques, ce qui les rend difficilement recyclables.

5. Le Web of Things :

Le web of Things (Web 3.0) est né après de nombreuses itérations du web, c'est un sous-jacent de l'internet Of Things. Il est basé sur des technologies web tel que le HTTP pour le transfert de données, html5 pour la structuration, CSS3 pour l'interfaçage, et JavaScript pour les interactions. Un objet physique est alors vu comme un ensemble de services accessibles au travers du web (navigateur web ou application mobile hybride) [10].

II.3. Notre système de télésurveillance de ruche :

La réalisation de notre projet rentre dans le cadre de la mise en œuvre d'un système embarqué connecté, cette mise en œuvre doit réunir un certain nombre d'étapes qui constituent le flot de conception d'un système embarqué. La première étape est la spécification du cahier des charges. Pour ce faire, nous devons initialement identifier la finalité de notre projet et cibler le contexte de son utilisation.

L'objectif de notre travail est de réaliser un système électronique qui permet de collecter les informations utiles à l'apiculteur d'un ensemble de ruches (rucher). Le système ne doit en aucun cas gêner l'apiculteur dans son travail et doit permettre à la ruche de rester mobile, aussi le système doit être autonome.

Le système prévu doit être :

- capable de collecter plusieurs paramètres (température, humidité, luminosité) à partir d'un nombre donné de ruches, ensuite de stocker ces informations de manière organisée, et permettre leur consultation de manière simple et intuitive sur le cloud.
- Capable de déclencher une alerte par téléphone (SMS) en cas de :
 - Valeurs de température et humidité nuisibles pour les abeilles.
 - Tentatives de vol.
 - Présence de flammes.
 - Présence humaine ou animale autour de la ruche.
- Déclencher des alertes sonores en cas de :
 - Présence humaine ou animale autour de la ruche.
 - Enlèvement de la ruche ou de son toit.
 - Présence de flammes.

Cahier de charge :

Pour la réalisation de notre système nous avons fixé un certain nombre d'exigence et de contraintes qui peuvent être énumérées comme suit :

- Le système doit fonctionner de manière autonome.
- Le système doit être reconfigurable.
- Le système doit être facilement intégrable dans les ruches.
- Transfert de données sans fil vers un stockage de données centralisé.
- Les données mesurées doivent également être accessibles à un apiculteur sans déplacement.
- Faible consommation d'énergie.
- Alimentation solaire si possible.
- Design résistant aux éléments de la nature.
- Un coût réduit pour la réalisation du système.

Le système permet de mesurer les paramètres suivants :

- La température et l'humidité à l'intérieur de la ruche
- La température et l'humidité à l'extérieur de la ruche
- La luminosité à l'extérieur de la ruche.
- Il doit fournir des données de diagnostic.

De plus :

- Déclencher des alertes en cas de tentative de vol, incendie ou présence humaine ou animale autour de la ruche.

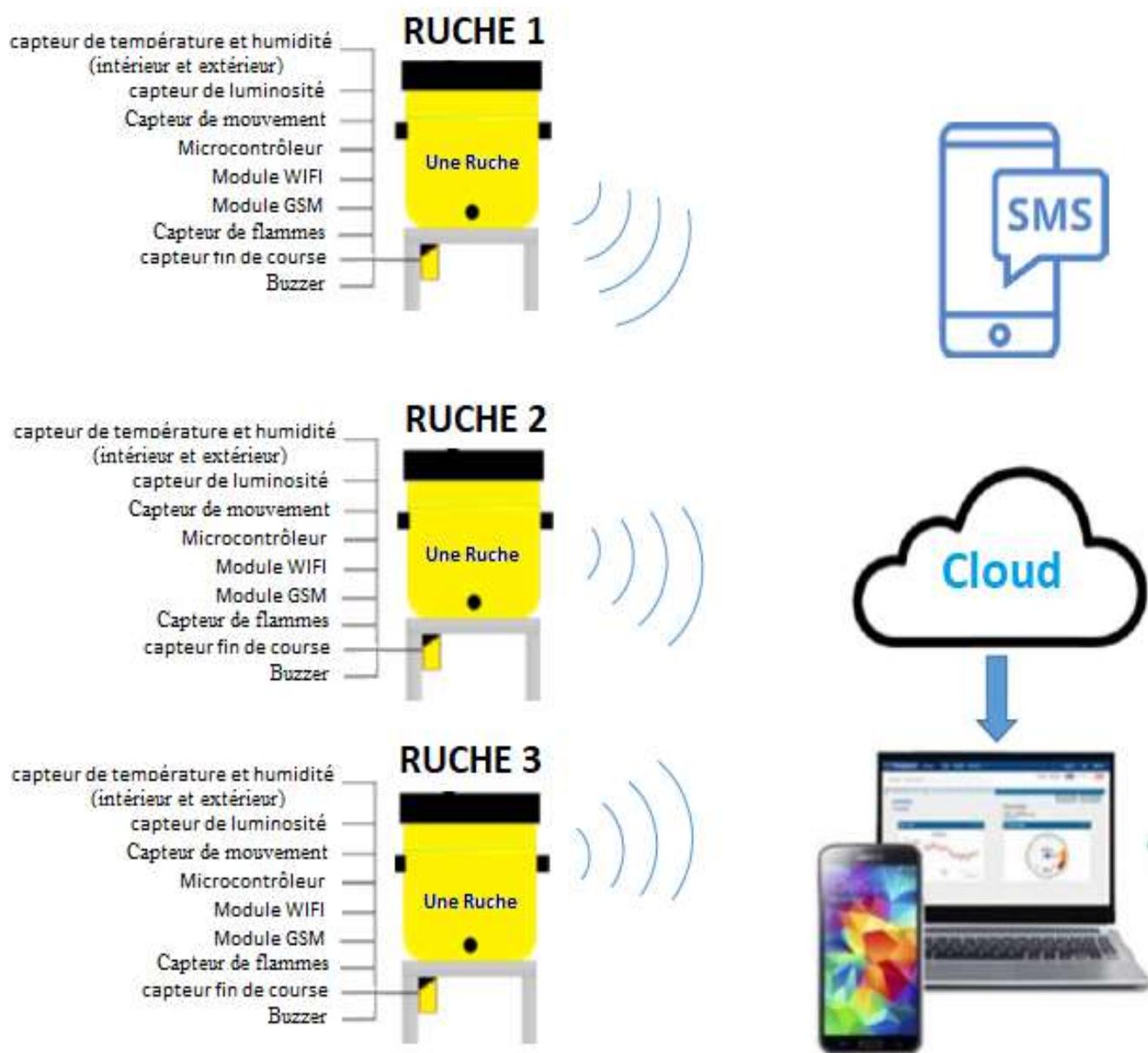


Figure II.4 : Structure du système avec 3 ruches.

II.4. Étude des différents blocs du système :

II.4.1. Unités de commandes :

A. 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.
- ✓ Doit avoir des interfaces de communication telles que : UART, SPI, I2C.
- ✓ Doit avoir des entrées analogiques.
- ✓ Doit avoir une plate-forme de développement logicielle et matériel performante.

Nous avons ainsi choisi le microcontrôleur ATmega328 de Atmel, ces microcontrôleurs sont disponibles sur carte de développement Arduino UNO.

B. La carte Arduino UNO [15] :

Cette carte est l'élément principal du système côté ruche, elle permet de gérer l'ensemble des capteurs nécessaires et la communication RF.

1. Description générale :

Le modèle UNO de la société ARDUINO est une carte électronique dont le cœur est un microcontrôleur ATMEL de référence ATmega328. Le microcontrôleur ATmega328 est un microcontrôleur 8bits de la famille AVR dont la programmation peut être réalisée en langage C.

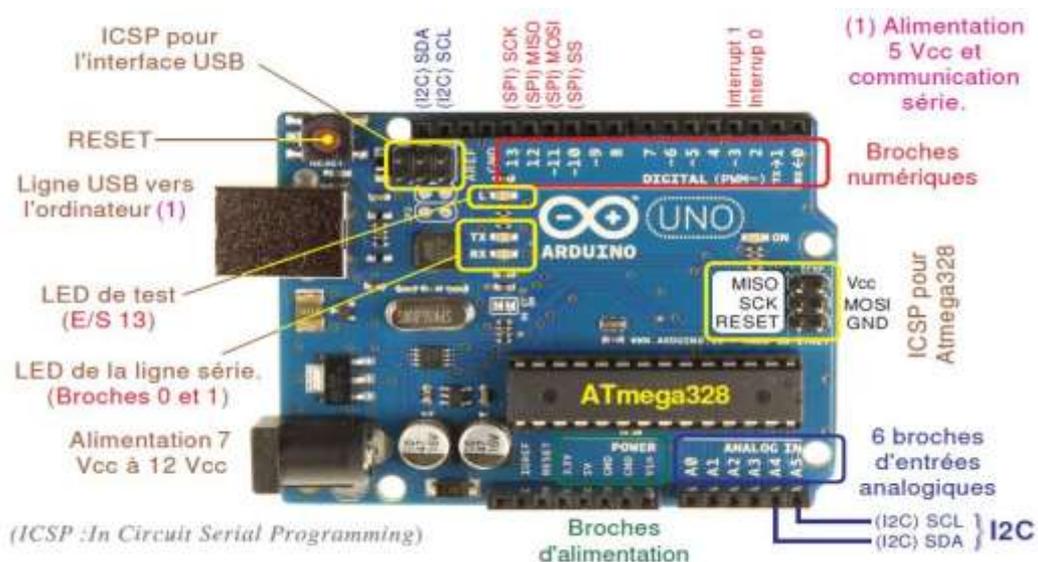


Figure II.5 : Carte Arduino UNO.

2. Caractéristiques techniques :

- ✓ Microcontrôleur : ATmega328.
- ✓ Tension de fonctionnement : 5V.
- ✓ Tension d'alimentation (recommandée) : 7-12V.
- ✓ Tension d'alimentation (limites) : 6-20V.
- ✓ Broches E/S numériques : 14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM).
- ✓ Broches d'entrées analogiques : 6 (utilisables en broches E/S numériques).
- ✓ Intensité maxi disponible par broche E/S (5V) : 40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S).
- ✓ Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V : 50 mA.
- ✓ Intensité maxi disponible pour la sortie 5V : Fonction de l'alimentation utilisée – 500 mA max si port USB utilisé seul.
- ✓ Mémoire Programme Flash : 32 KB (ATmega328) dont 0.5 KB sont utilisés par le bootloader.
- ✓ Mémoire SRAM (mémoire volatile) : 2 KB (ATmega328).
- ✓ Mémoire EEPROM (mémoire non volatile) : 1 KB (ATmega328).
- ✓ Vitesse d'horloge : 16 MHz.

3. Schéma interne de la carte UNO :

Les signaux d'entrée-sortie du microcontrôleur ATmega328 sur la carte Arduino UNO sont reliés à des Connecteurs selon le schéma ci-dessous :

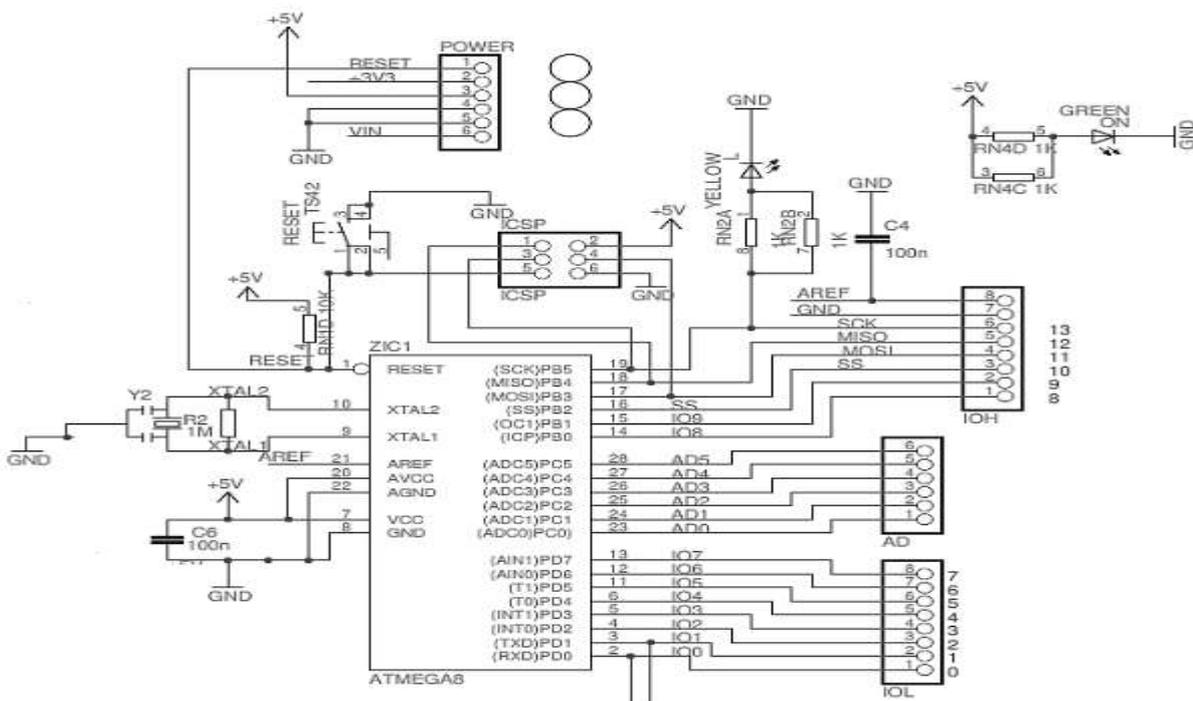


Figure II.6 : L'architecture interne de la carte UNO.

Le ATMEL ATmega328 est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits, il se caractérise par :

- **FLASH** : mémoire programme de 32 Ko
- **SRAM** : données (volatiles) de 2 Ko
- **EEPROM** : données (non volatiles) de 1 Ko
- **Digital I/O (entrées-sorties Tout Ou Rien)** : 3 ports PortB, PortC, PortD (soit 23 broches en tout I/O).
- **Timers/Counters** : Timer 0 et Timer 2 (comptage 8 bits), Timer1 (comptage 16 bits) Chaque timer peut être utilisé pour générer deux signaux PWM. (6 brochesOCxA/OCxB)
- **Plusieurs broches multifonctions** : certaines broches peuvent avoir plusieurs fonctions différentes choisies par programmation.
- **PWM** : 6 broches OC0A(PD6), OC0B(PD5), OC1A(PB1), OC1B(PB3), OC2A(PB3), OC2B(PD3)
- **Analog to Digital Converter (résolution 10 bits)** : 6 entrées multiplexées ADC0(PC0) à ADC5(PC5)
- **Gestion bus I2C (TWI Two Wire Interface)** : le bus est exploité via les broches SDA(PC5)/SCL(PC4).
- **Port série (USART)** : émission/réception série via les broches **TXD(PD1)/RXD(PD0)**
- **Comparateur Analogique** : broches AIN0(PD6) et AIN1 (PD7) peut déclencher interruption Watch dog Timer programmable.
 - Gestion d'interruptions (24 sources possibles) : en résumé
 - Interruptions liées aux entrées INT0 (PD2) et INT1 (PD3)
 - Interruptions sur changement d'état des broches PCINT0 à PCINT23
 - Interruptions liées aux Timers 0, 1 et 2 (plusieurs causes configurables)
 - Interruption liée au comparateur analogique
 - Interruption de fin de conversion ADC
 - Interruptions du port série USART
 - Interruption du bus TWI (I2C).

II.4.2. les capteurs et les actionneurs :

1. Capteur de température et d'humidité (DHT11) :

Nous avons opté pour un capteur de type DHT11 qui réunit sur le même circuit deux capteur, celui de la température et celui de l'humidité (Figure II.7).

Ce capteur 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 [16].

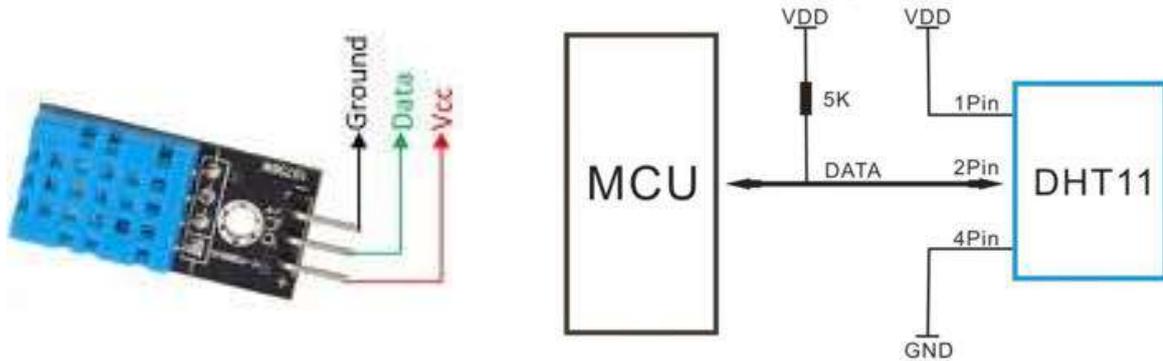


Figure II.7 : Le capteur DHT11 / application typique.

○ Caractéristiques :

- Alimentation +5V (3.5 - 5.5V)
- Température : de 0 à 50°C, précision : +/- 2°C
- Humidité : de 20 à 96% RH, précision +/- 5% RH

○ Réveil du capteur :

Le DHT11 est une grosse feignasse, il passe son temps à dormir. Si vous voulez qu'il vous envoie ses données il faut le secouer en lui envoyant un signal de Start.

Le signal de Start consiste en un état bas (0v) de 18 millisecondes et d'un état haut (5v) de 40 microsecondes.

Ensuite le DHT11 va répondre pour dire qu'il est bien réveillé. Pour ce faire il va placer le signal à l'état bas pendant 80 microsecondes puis à l'état haut pendant 80 autres microsecondes. A ce moment précis le capteur est prêt, les mesures de la température et de l'humidité sont faites et le capteur va pouvoir commencer à envoyer les données.

2. Capteur de luminosité (LDR) :

Nous avons utilisé un capteur de type photorésistance (LDR), C'est une résistance dont la valeur varie (diminue en générale) en fonction de l'intensité lumineuse. La conductance change avec la variation de luminosité.

La photorésistance est largement utilisée dans beaucoup de domaines tels que l'éclairage public, les systèmes de sécurités, etc.

Dans l'obscurité quasi-parfaite la résistance est grande. Cette résistance est pratiquement infinie. La photorésistance se comporte comme un isolant de courant [17].

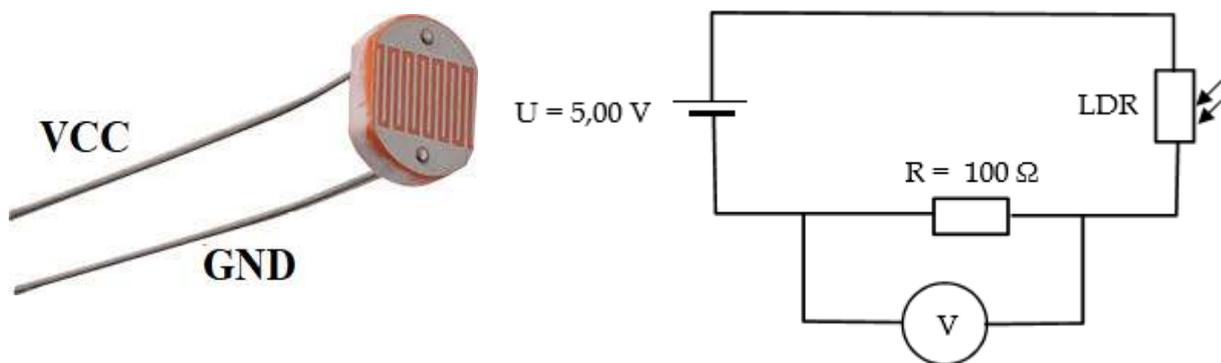


Figure II.8 : Image réelle et Montage électrique d'une photorésistance LDR.

3. Capteur de flamme (LM393) :

Ce module est sensible à la flamme, mais peut également mesurer la lumière ordinaire. Habituellement utilisé comme une alarme de flamme. A bord, l'interface de sortie numérique peut être directement connectée au microcontrôleur IO [18].

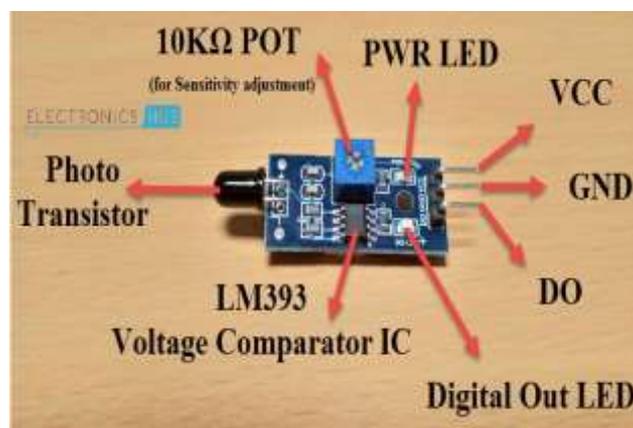


Figure II.9 : Capteur de flamme LM393.

○ **Fonctionnalités :**

- ✓ Mesurer une flamme ou une source lumineuse d'une longueur d'onde comprise entre 760 nm et 1100 nm
- ✓ Mesurer l'angle d'environ 60 degrés, il est sensible au spectre de la flamme.
- ✓ Précision réglable
- ✓ Tension de fonctionnement 3.3V ~ 5V

4. Capteur de fin de course :

Un microrupteur type "microswitch" ou "fin de course" est un interrupteur miniature utilisé pour les capteurs de contact, pour les fins de courses et autres ouvertures de portes.

D'un point de vue électronique, il est équivalent à un interrupteur à trois positions ou "toggle switch" dans les logiciels d'électroniques en anglais [19].



Figure II.10 : Capteur fin de course.

○ **Définition et principe :**

On trouve généralement 3 dimensions :

- Standard (30x20x10 mm)
- Miniatures (20x10x6 mm)
- Subminiature (13x6x6 mm)

Et de 3 sortes :

- Avec levier (languette)
- Sans levier (juste le poussoir)
- Avec levier et roulette

5. Capteur de mouvement PIR (Passive Infrared sensor)

Ces capteurs captent les rayonnements infrarouges émis par les êtres vivants à sang chaud passant dans le champ de détection du capteur. Pour élargir la zone de détection, ceux-ci sont souvent recouverts d'une lentille dite de Fresnel. Des composants électroniques divers traitent la sortie analogique du capteur en lui-même et permettent d'obtenir une sortie numérique en fonction du mouvement détecté [20].

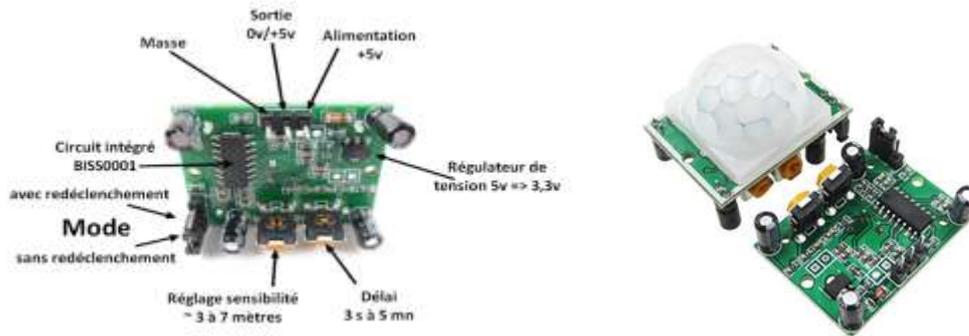


Figure II.11 : Capteur de mouvement HC-SR501.

○ Caractéristique du capteur PIR

- Alimentation : **5V** ! (instable sous 3,3 V)
- Signal de sortie : digital, niveau haut à 3.3V.
- Portée : détection jusqu'à 6 à 7 mètres max. (Cône de 120 degrés)
- Longueur: 24,03 mm
- Largeur: 32,34 mm
- Distance entre trous de fixation: 28 mm
- Trou de fixation (diamètre visserie): 2 mm
- Hauteur (avec lentille): 24,66 mm
- Poids: 5,87 g

6. Le Buzzer

Le Buzzer est un composant constitué essentiellement d'une lamelle réagissant à l'effet piézoélectrique. La piézoélectricité est la propriété que possèdent certains minéraux de se déformer lorsqu'ils sont soumis à un champ électrique. Ce phénomène est réversible ; si nous déformons ce minéral, il produit de l'énergie électrique [21].

Dans l'univers Arduino, le Buzzer est principalement utilisé pour émettre un son.



Figure II.12 : Le Buzzer.

II.4.3. Interfaces :

1. Module WIFI ESP8266 ESP-01 :

Ce module de communication permettant d'instaurer une liaison Wifi complète et autonome avec le microcontrôleur Arduino ou Raspberry Pi. Un Module série Wifi fonctionne en effet dans les 2 sens : il utilise une liaison série TX/RX pour recevoir et envoyer des données, et se comporte donc comme un hôte pour vos applications Wifi, mais il peut également confier toutes les fonctions liées au réseau Wifi à un autre processeur d'application [22].

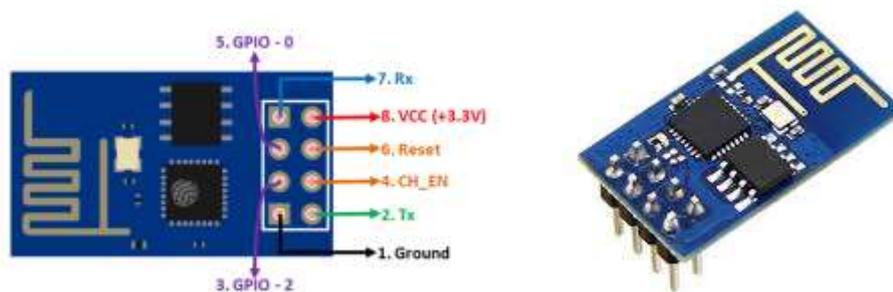


Figure II.13 : Le Module WIFI ESP8266 (ESP-01).

○ Caractéristiques :

- ✓ Protocole TCP/IP intégré
- ✓ Wifi direct (P2P), soft-AP
- ✓ 802.11 b/g/n
- ✓ Switch TR, balun, LNA, amplificateur de puissance et réseau d'adaptation intégrés
- ✓ PLL, régulateurs, DCXO et unités de gestion de l'alimentation intégrés
- ✓ Puissance de sortie : +19,5 dBm en mode 802.11b
- ✓ Mise hors tension pour un courant de fuite inférieur à 10uA
- ✓ Processeur 32-bit faible puissance intégré, pouvant être utilisé comme un processeur d'application
- ✓ SDIO 1.1/2.0, SPI, UART
- ✓ STBC, MIMO 1x1, MIMO 2x1
- ✓ Agrégation A-MPDU et A-MSDU, 4 ms d'intervalle de garde
- ✓ Réveil et transmission de paquets en moins de 2 ms
- ✓ Consommation en mode veille inférieure à 1 mW (DTIM3)
- ✓ Dimensions : 21,1 x 13,2 mm

2. Module GSM (SIM900)

Le module GSM/GPRS est une carte d'interface compatible Arduino. Elle permet d'envoyer et recevoir des SMS, des données ou des communications vocales depuis le réseau mobile. Le module est basé sur le circuit SIM900 de la société SIMCOM. Il est contrôlé via les commandes AT depuis une carte Arduino.

Le module est livré avec une antenne patch déportée. Un connecteur au dos de la platine est prévu pour recevoir une carte SIM ainsi qu'une pile Lihtium CR1220.

La communication entre le module et une carte Arduino est réalisée par la liaison série asynchrone : UART ou une liaison série logique [23].

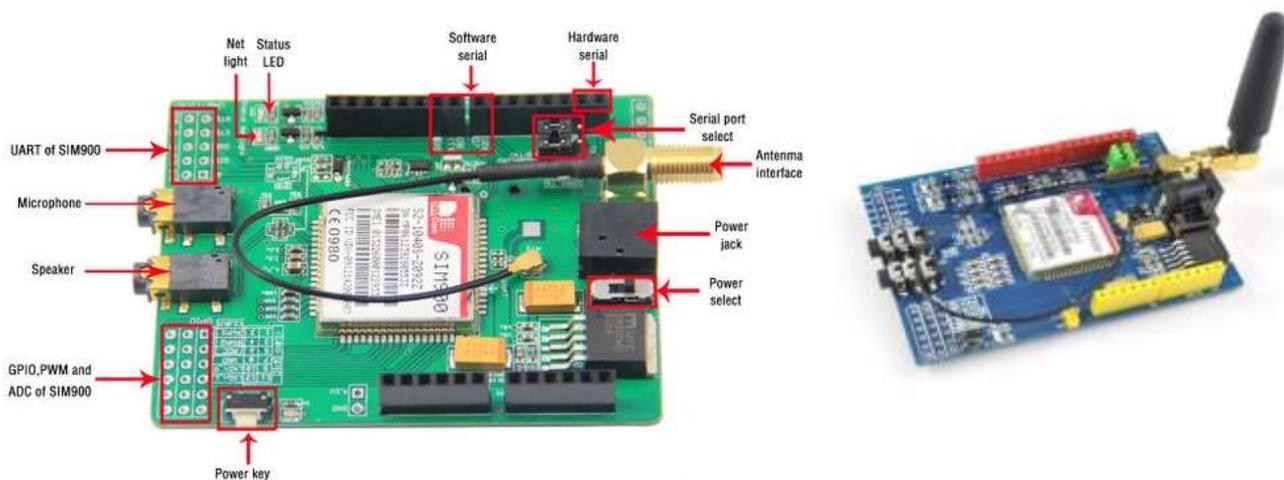


Figure II.14 : Module GSM SIM900.

○ Caractéristiques principales

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques du module GSM (SIM900).

Module Quad-band	850/900/1800/1900
Protocoles supportés	TCP/UDP
Tension d'alimentation	5 V par la broche 5V 6,5 V à 12 V par la broche Vin
Consommation	1,5 mA en veille 400 mA max
Puissance	Classe 4 (bandes 850/ 900 MHz) : 2 W Classe 1 (bandes 1800/ 1900 MHz) : 1 W
Température de fonctionnement	- 40 °C à + 85 °C
Dimensions	68.58 x 53.34mm

Tableau II.2 : Caractéristiques du module GSM (SIM900).

II.5. L'environnement de développement:

II.5.1. IDE Arduino [25] :

A) Présentation :

L'IDE Arduino est un logiciel multiplateforme qui permet de programmer les différentes cartes Arduino avec un langage propre à lui dont la structure s'apparente aux langages C/C++. Il inclut un éditeur de code avec des fonctionnalités telles que la coloration syntaxique, accolade correspondante, et fournit un mécanisme simple d'un seul clic pour compiler et téléverser les programmes à une carte Arduino.

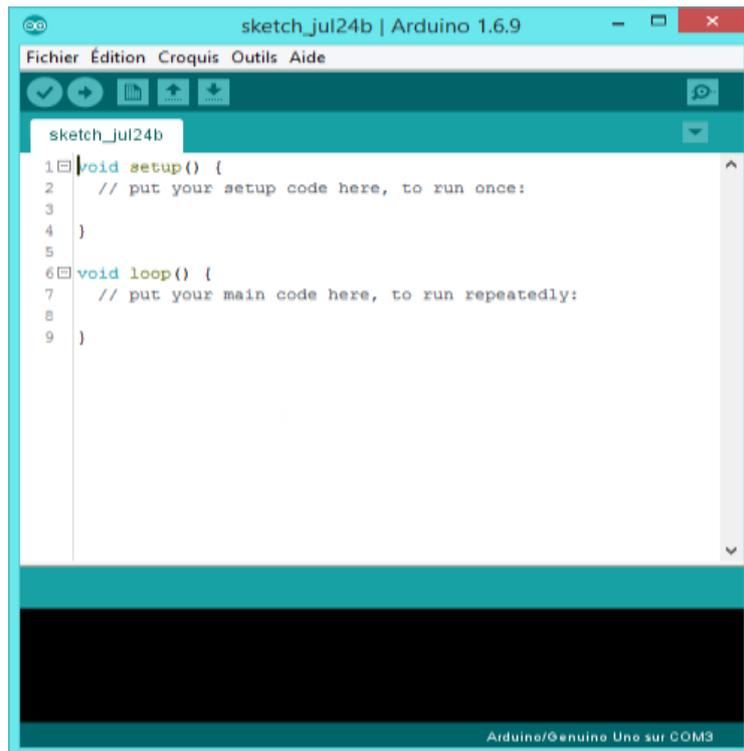


Figure II.15 : L'IDE Arduino.

B) Structure générale d'un programme Arduino :

La structure de base du langage de programmation Arduino est assez simple et comprend au moins deux parties. Ces deux parties contiennent des blocs d'instructions.

```
1 void setup()
2 {
3 //blocs d'instructions;
4 }
5
6 void loop()
7 {
8 //blocs d'instructions;
9 }
```

Setup () et Loop () sont impérativement requises pour que le programme fonctionne.

La fonction setup () doit suivre la déclaration des variable au tout début du programme. Il s'agit de la première fonction à exécuter dans le programme.

Elle est exécutée une seule fois et sert à établir le mode d'une broche (pin-Mode) ou à initialiser la communication série.

```
1 void setup()  
2 {  
3 pinMode(broche, OUTPUT); //met la broche comme sortie  
4 }
```

La fonction Loop () suit immédiatement et comprend le code à exécuter en continue - lisant les capteurs en entrée et déclenchant les actionneurs en sortie, etc. Cette fonction est le noyau de tout programme Arduino et réalise l'essentiel du travail.

```
1 void loop()  
2 {  
3 digitalWrite(broche, HIGH); //met la broche en ON  
4 delay(1000); //pause pendant une seconde  
5 digitalWrite(broche, LOW); //met la broche en OFF  
6 delay(1000); //pause pendant une seconde  
7 }
```

C) Téléverser un programme dans la carte :

Avant de téléverser le programme dans la carte, il faut relier notre carte Arduino avec un ordinateur via le câble USB.

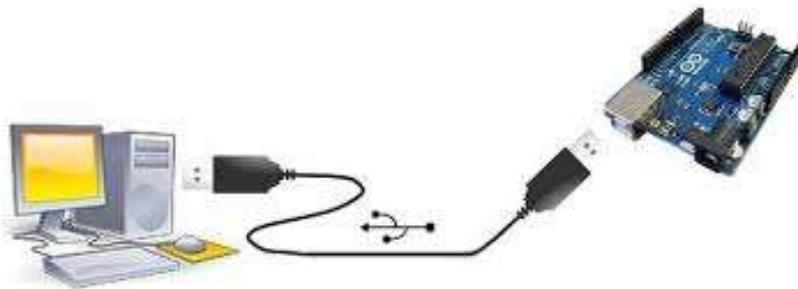


Figure II.16 : Liaison USB entre un PC et une carte Arduino.

Une fois la carte reconnue par l'ordinateur, il faut éventuellement désigner le bon port dans l'interface et choisir le type de la carte Arduino à utiliser.

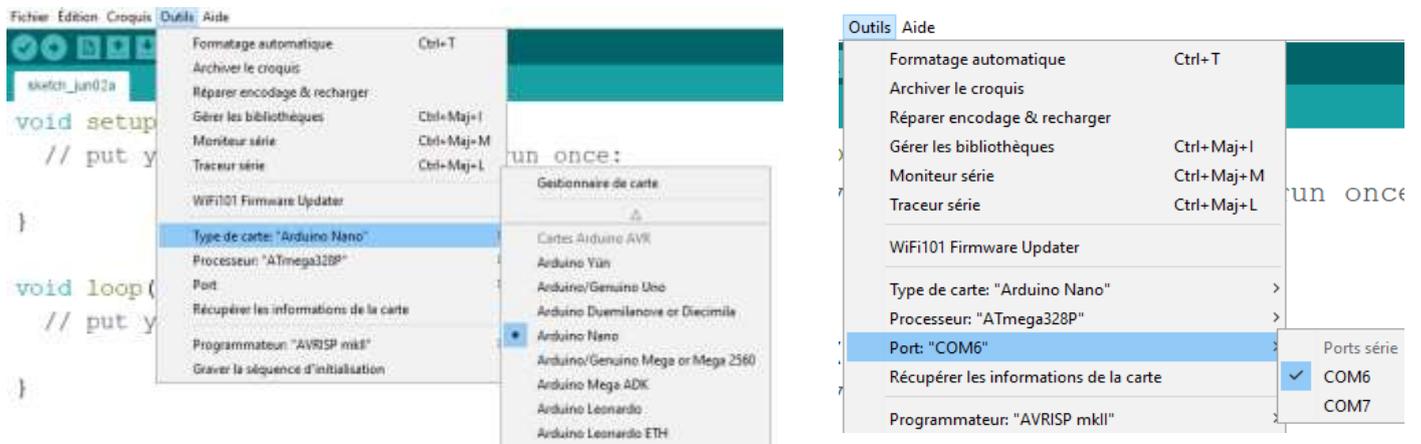


Figure II.17 : Comment choisir le type de la carte et le port.

Finalement, le processus de rédaction du programme jusqu'à son téléversement dans la carte peut être résumé par cette figure.



Figure II.18 : Compilation et téléversement d'un programme Arduino.

II.5.2. Fritzing :

Lors de la création d'un projet ou d'un circuit on doit généralement extraire un schéma relatif au câblage du circuit et cela avant tout commencement, et à fin de pouvoir élaborer ces schéma on a opté pour l'utilisation du programme connu sous le nom Fritzing [25].

Fritzing est un logiciel libre de conception de circuit imprimé qui permet de concevoir de façon entièrement graphique le circuit et d'en imprimer le typon.

Le logiciel comporte trois vues principales :

- La « Platine d'essai », où l'on voit les composants tels qu'ils sont dans la réalité et où l'on construit le montage.
- La « Vue schématique », représentant le schéma fonctionnel du circuit.
- Le « Circuit imprimé », représentant la vue du circuit imprimé tel qu'il sera sorti en PDF pour être imprimé.

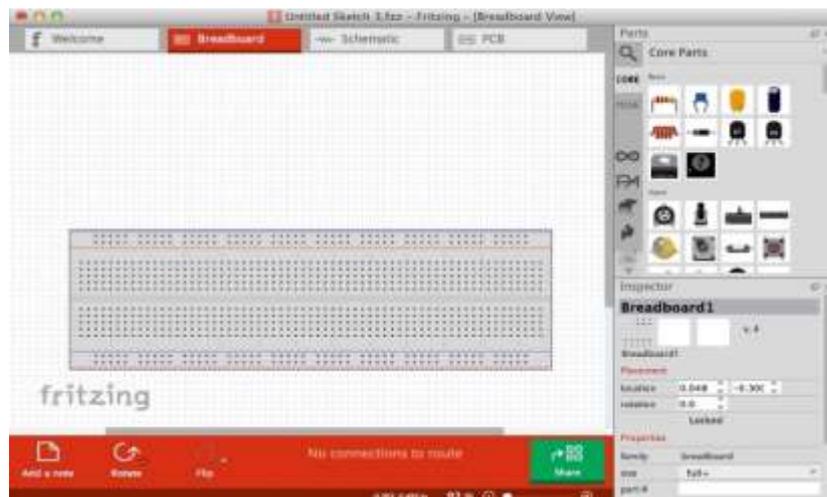


Figure II.19 : Fritzing.

II.6. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons introduit quelques concepts sur les systèmes embarqués ainsi que quelques notions sur l'internet des objets et des objets connectés .De plus, nous avons présenté les différents composants matériel et l'environnement de développement logiciel qui nous permettrons la mise en œuvre de notre système. Ces descriptions détaillées nous permettent de bien comprendre le fonctionnement de chaque élément.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons nos résultats de simulation à base de la carte ARDUINO UNO, et la partie expérimentale.

Chapitre III

*Conception
et réalisation*

III.1. Introduction :

Nous allons présenter dans ce chapitre les différentes parties nécessaires pour la conception de notre système, ainsi que les branchements des différents composants entrants dans sa mise en œuvre. Nous allons définir les étapes à suivre pour la réalisation effective de notre projet. Nous aurons à voir aussi les différents algorithmes qui régissent le fonctionnement du système et nous terminerons par la vérification des fonctionnalités du système en faisant des vérifications et tests.

III.2. Structure détaillée du système :

La figure 1 montre une vue détaillée de tous les éléments qui sont nécessaires pour la construction d'un prototype du système. Trois parties sont essentielles pour son fonctionnement.

- La première partie concerne la réalisation d'une maquette (prototype) d'une ruche avec des dimensions réduites (Longueur : 30 cm, Largeur : 25 cm, Hauteur : 28 cm).



Figure III.1 : La maquette de la ruche.

- La deuxième partie concerne la réalisation du système électronique de la ruche.

Cette partie contient une carte Arduino UNO, deux capteurs DHT11 qui permettent de mesurer la température et l'humidité à l'intérieure et à l'extérieure de la ruche, un capteur LDR pour mesurer la luminosité, un capteur de mouvement relié avec un Buzzer pour éloigner les corps étranges, un capteur AC0019 pour détecter les flammes qui menace la colline. Ainsi que deux capteurs de fin course pour la détection en cas de vol ou de déplacement de la ruche ou enlèvement de de son toit, un module wifi ESP8266 et un autre GSM SIM900 pour établir la communication entre la ruche et l'apiculteur.

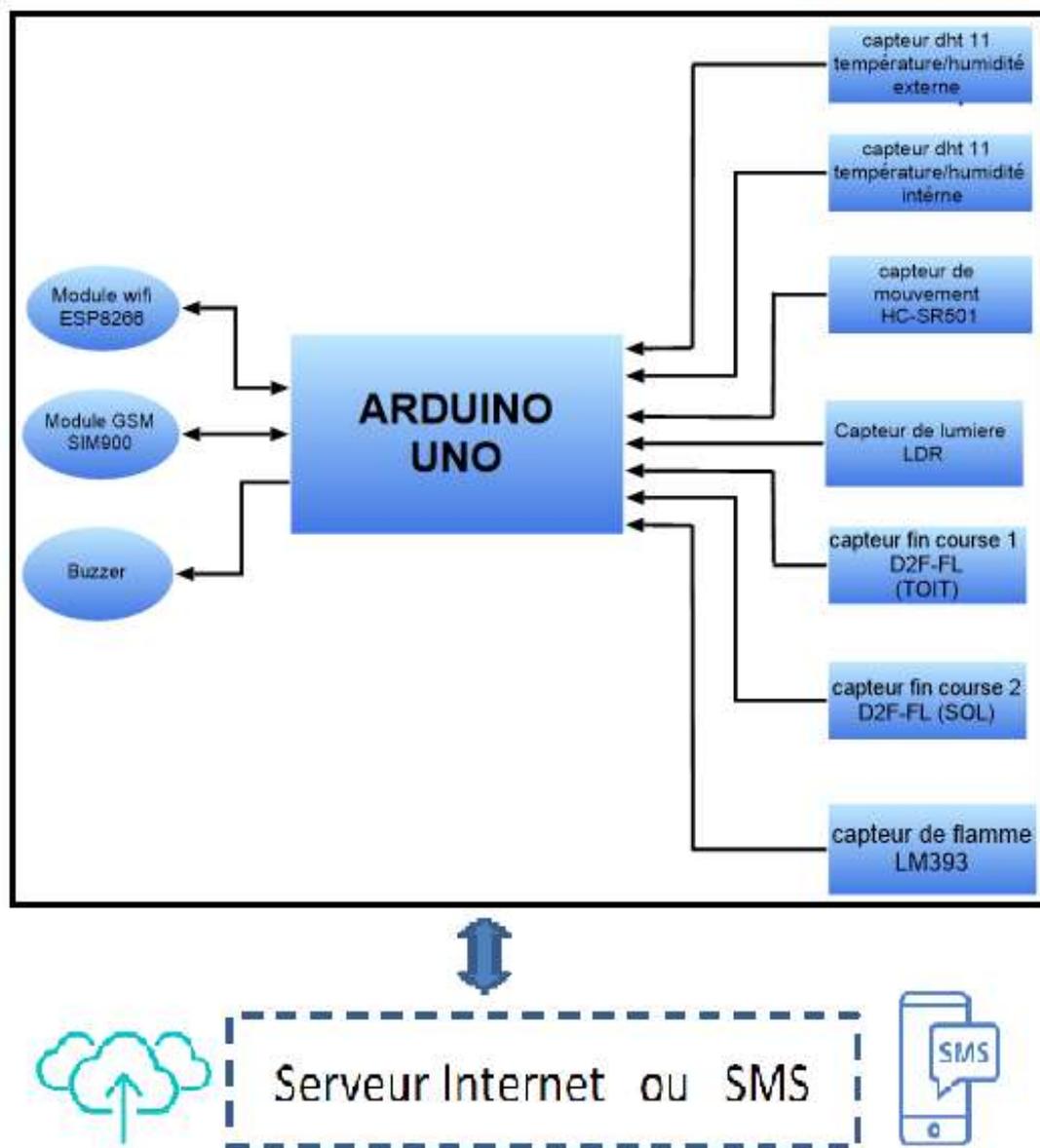


Figure III.2 : Schéma synoptique du système.

- La troisième partie concerne la récupération et la visualisation des données mesurées et recevoir les alertes venant de la ruche.

III.3. Organigramme de fonctionnement général :

La ruche dispose d'un système électronique qui mesure la température, l'humidité, la luminosité, détecte les flammes, et les tentatives de vol ainsi que la présence humaine ou animale et puis renvoie instantanément les données mesurées et les alertes associées. Ceci est illustré par le diagramme suivant :

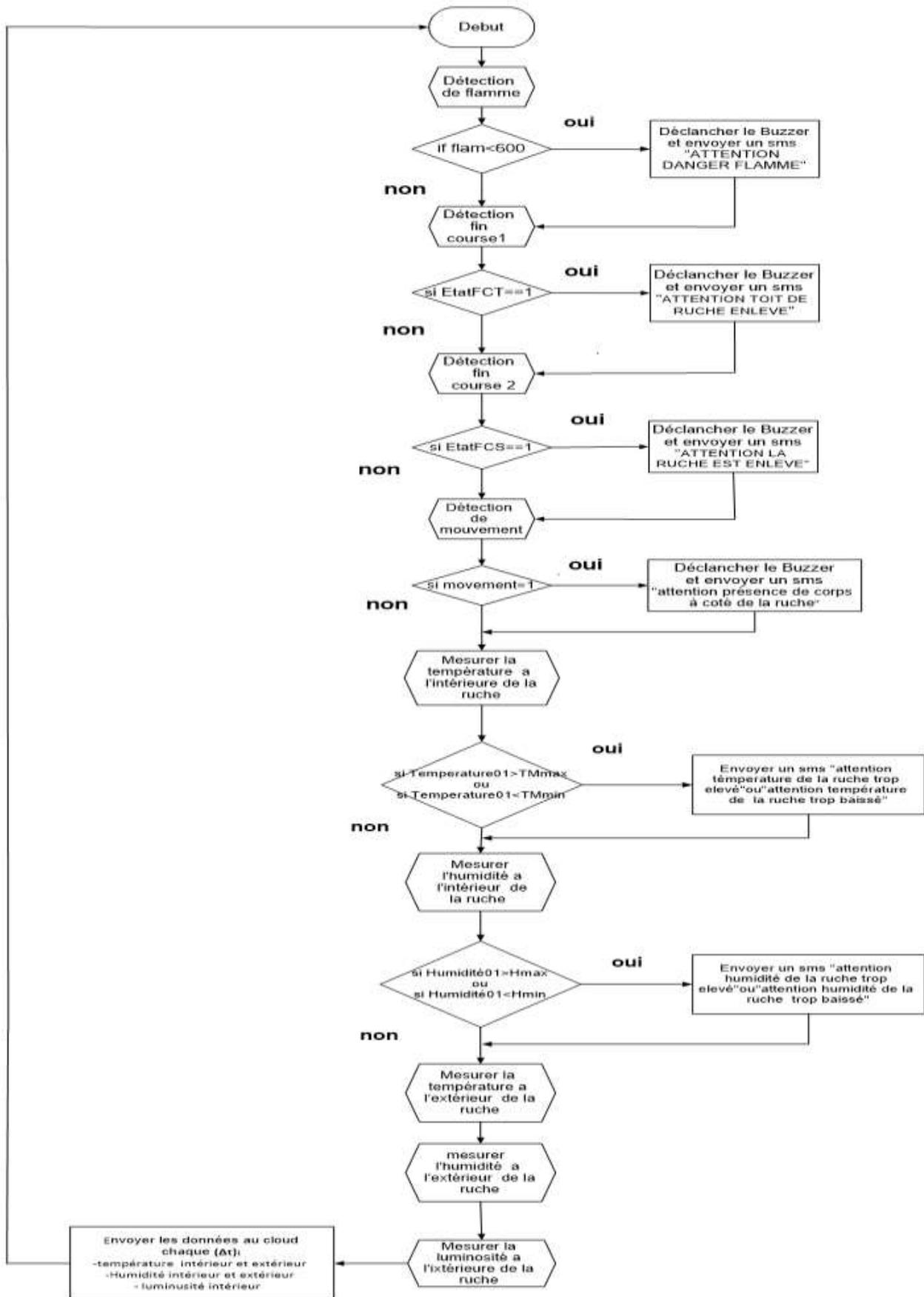


Figure III.3 : Organigramme de fonctionnement.

Notre programme comporte différentes sous-programme, chacune est destinée à remplir une tâche spécifique, au début on commence par la configuration de microcontrôleur pour ses différentes entrées sorties numériques, ainsi que les sorties digitales à utiliser. Puis, on déclare les différentes constantes.

III.4. Schéma de branchement général :

La figure suivante montre le schéma de montage global :

Nb : La carte Arduino UNO est alimentée par une batterie externe de 9Volts via la prise jack.

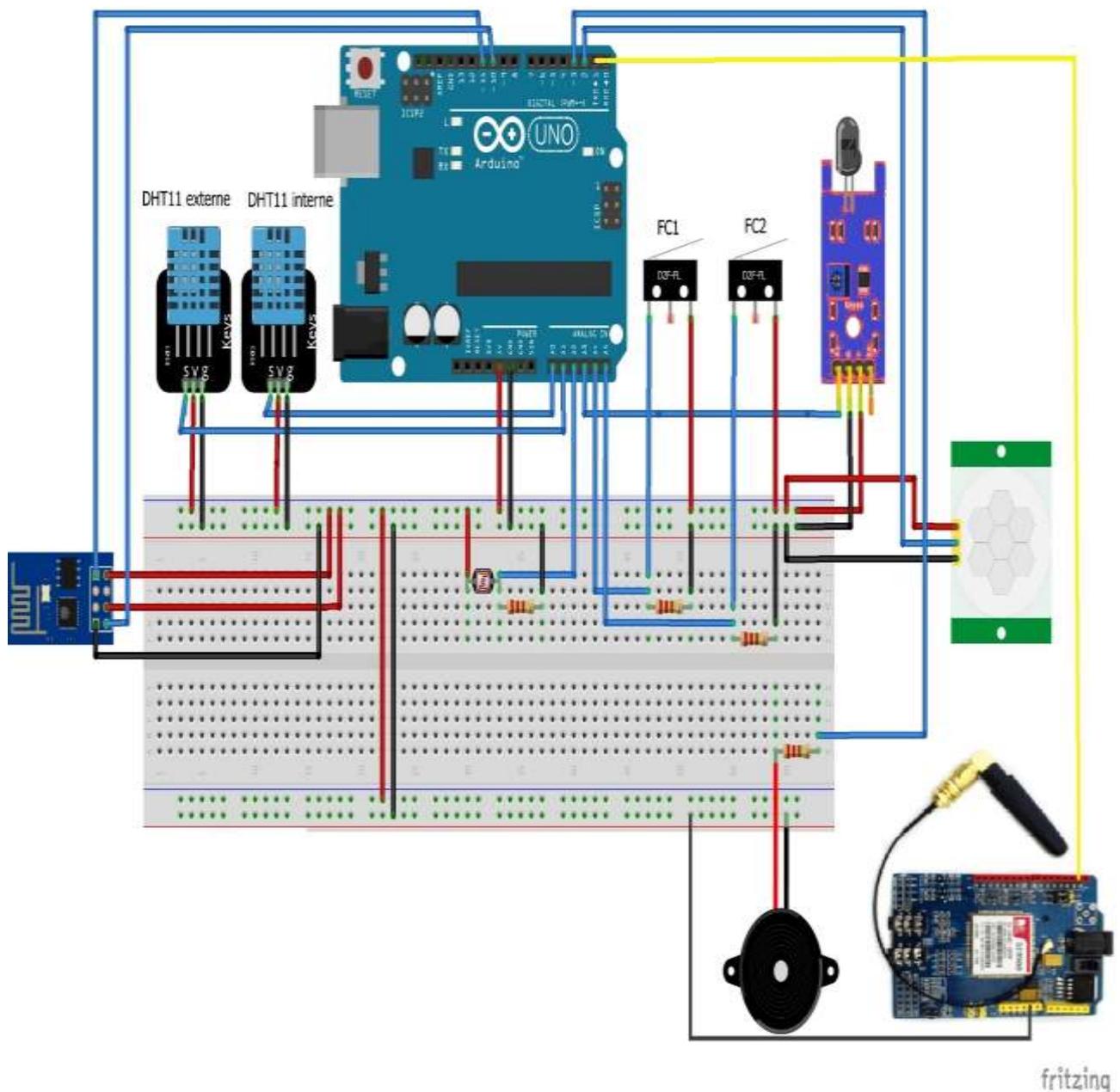


Figure III.4 : Branchement général.

III.5. Vérifications et tests :

Après avoir testé les différents éléments du système, nous avons pu rassembler tous les éléments pour vérifier les fonctionnalités du système, particulièrement la communication RF et la communication GSM.



Figure III.5 : Montage complet de système électronique de la ruche.

a) **Choix du moyen de visualisation :**

Pour que l'utilisateur ou plus précisément l'apiculteur accède aux données récoltées, nous avons choisi d'utiliser un serveur d'objets connectés, plusieurs serveurs existent et qui fournissent des services incluant entre autres des algorithmes de traitement et d'analyse de données.

Pour notre projet, nous avons choisi une solution simple et adaptée aux besoins de notre système. Ainsi nous avons choisi le site « **ThingSpeak** » pour la récupération et l'affichage des résultats en temps réel. Ce site est une entreprise qui propose différents services exclusivement destinés à la construction d'applications IOT et qui revendique être une plateforme gratuite.

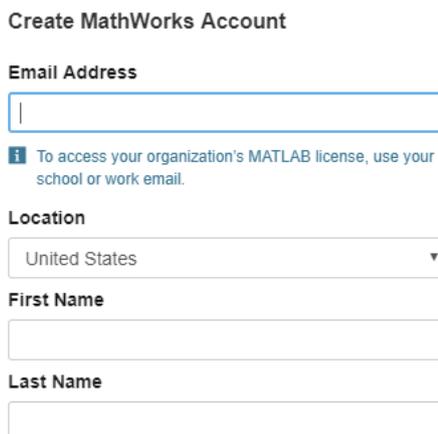
Le site propose un support d'IOT en permettant de :

- ✓ Collecter les données en temps réel (fréquence supérieure ou égale à 15 secondes).
- ✓ Visualiser les données collectées sous forme de graphes.

- ✓ Créer des plugins et des applications pour collaborer avec des web services, des réseaux sociaux et d'autres APIs.

Pour pouvoir utiliser le serveur **ThingSpeak** pour la visualisation des données de notre système, il faut suivre les étapes décrites ci-dessous [26] :

- S'inscrire au site (<https://thingspeak.com/>).



Create MathWorks Account

Email Address

i To access your organization's MATLAB license, use your school or work email.

Location

United States ▼

First Name

Last Name

Figure III.6 : Inscription sur le site ThingSpeak.

- Créer le nombre de canaux (Channels) nécessaires.



Figure III.7 : Création des canaux.

- Créer les champs (Fields) de donnée, chaque canal peut stocker au maximum Huit champs (Température, humidité, luminosité,...).

The screenshot shows the 'New Channel' page on the ThingSpeak website. The form includes a 'Name' field with the value 'ruche connecte', a 'Description' field, and seven 'Field' inputs. Fields 1 through 5 are labeled 'TEMP1' through 'LUM' and have checkboxes checked. Fields 6 and 7 are empty. To the right, the 'Help' section explains that channels store data and lists settings like Channel Name, Description, Field, Metadata, Tags, Link to External Site, and Show Channel Location (Latitude and Longitude).

Figure III.8 : Création des champs.

- Récupérer la clé de mise à jour (API Key ; Write KEY) et Read API Key.

The screenshot displays the 'Write API Key' and 'Read API Keys' sections. The 'Write API Key' section shows a key 'QFP9UBUZJJCVZMG4' and a button to 'Generate New Write API Key'. The 'Read API Keys' section shows a key 'UG5AU08HSIJIKLF3'.

Figure III.09 : Récupération de la clé de mise à jour.

Parallèlement, pour pouvoir envoyer les données vers le site ThingSpeak, il faut utiliser la clé fournie lors de l'inscription, cette clé est introduite dans le code source de la routine qui communique avec le module WIFI, ainsi nous pouvons envoyer les données dans n'importe quel champ, et dans n'importe quel canal.

b) Les Résultats visualisés sur le serveur ThingSpeak :

Après l'installation du prototype de test de notre système. Nous avons effectué quelques tests pour vérifier le bon fonctionnement du système. Les figures suivantes représentent l'évolution des différents paramètres mesurés **chaque 10 minutes**. Nous avons récupéré ces courbes du serveur ThingSpeak. Nous avons pris ces mesures dans une période d'une journée (Le 11 juillet 2019).

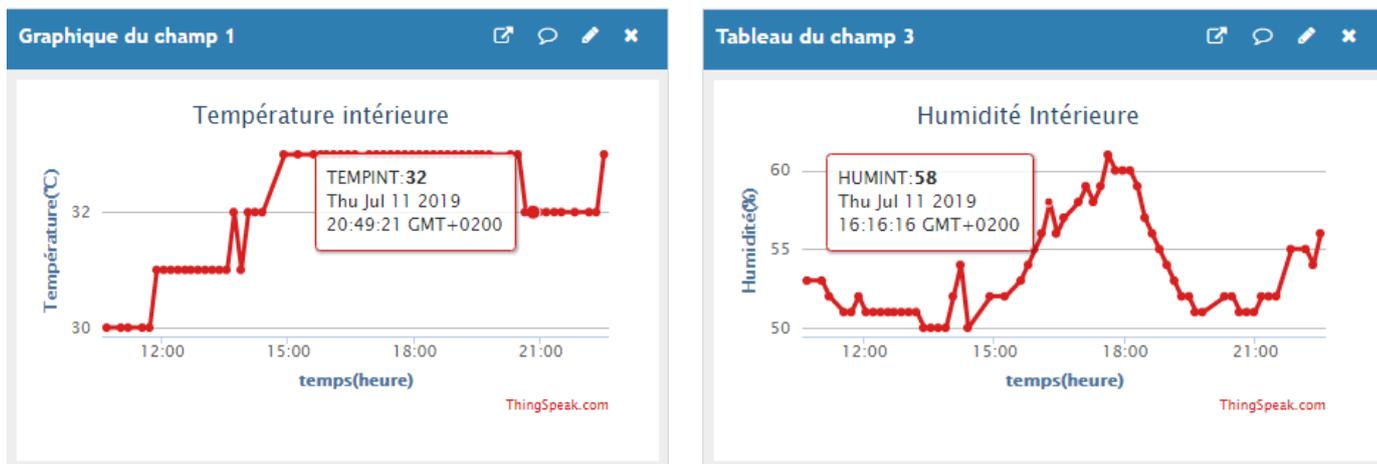


Figure III.10 : Graphiques montrants la température et l’himidité à l’intérieur de la ruche.

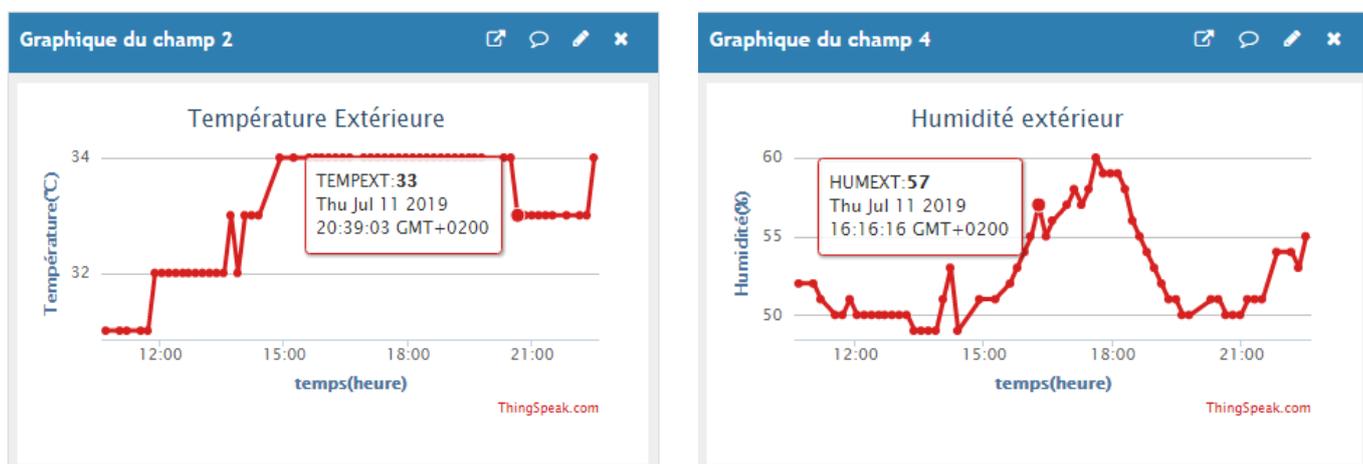


Figure III.11 : Graphiques montrants la température et l’himidité à l’extérieur de la ruche.

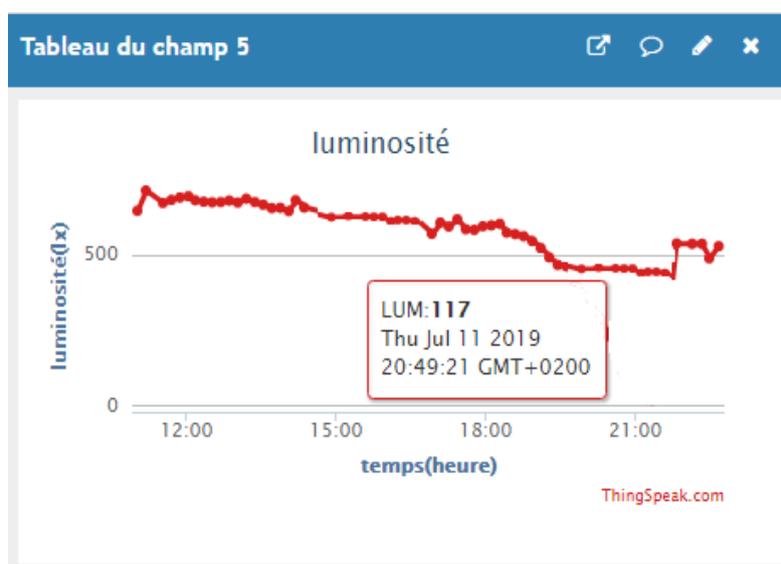


Figure III.12 : Graphiques montrant la luminosité.

c) Recevoir les alertes par SMS :

Nous avons équipé notre système d'une option qui permet à l'apiculteur de recevoir des alertes en temps réel on cas de :

- Enlèvement de la ruche ou de son toit.
- Flamme qui menace la ruche.
- Température ou Humidité nuisibles pour les abeilles.

Pour cela il faut envoyer un SMS vers le numéro de la carte SIM installée dans le système, ce message doit spécifier le type de la menace pour que l'apiculteur doit intervenir rapidement et efficacement.

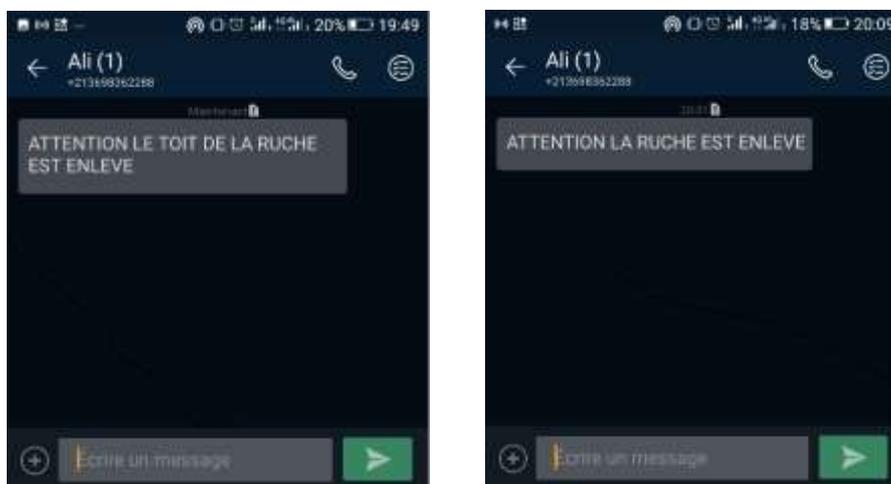


Figure III.13 : Alertes SMS Enlèvement de la ruche ou de son toit.

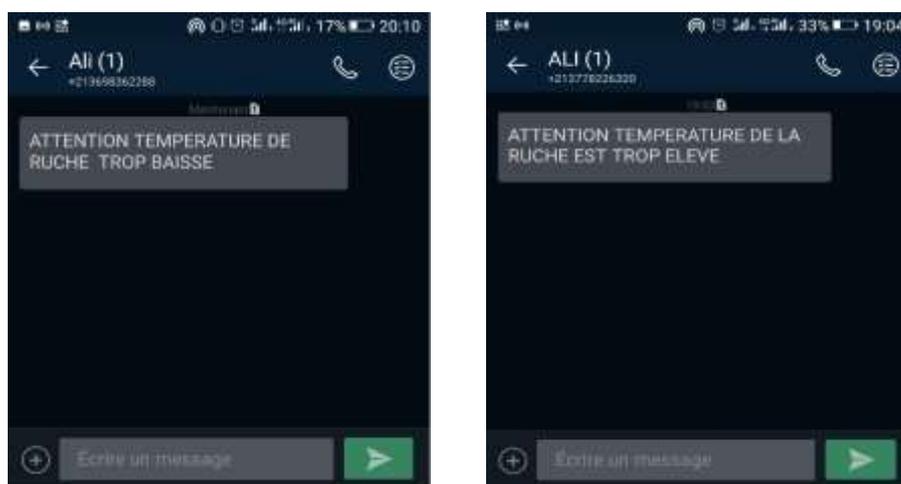


Figure III.14 : Alertes SMS Température nuisible.

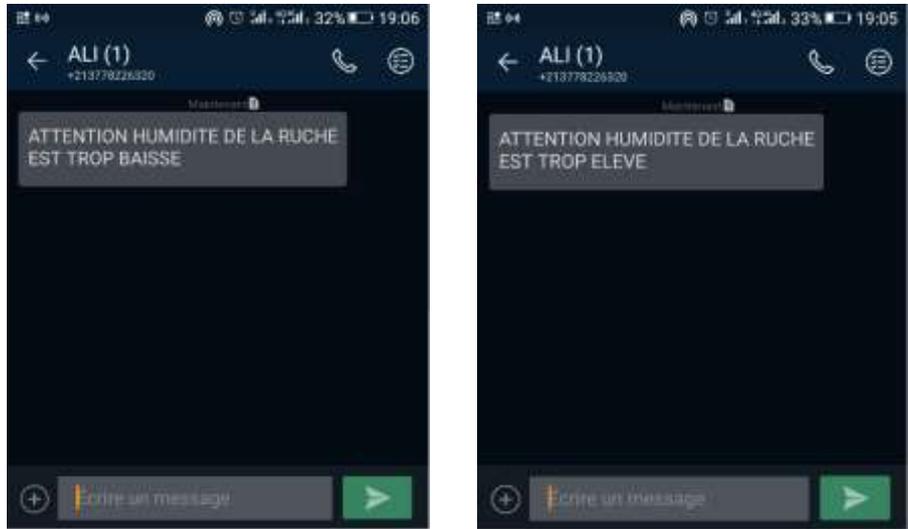


Figure III.15 : Alertes SMS Humidité nuisible.

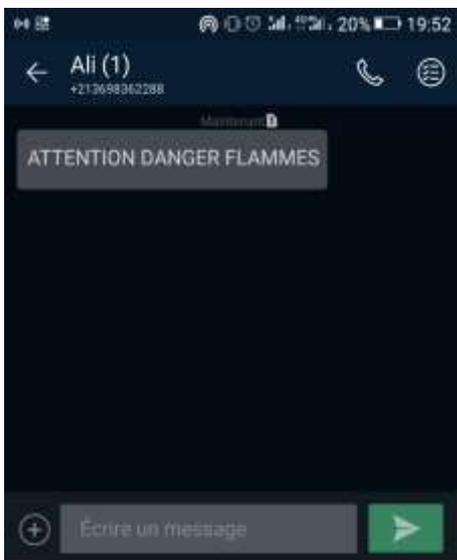


Figure III.16 : Alerte SMS Flammes.



Figure III.17 : Alerte SMS Mouvement.

III.6. Organigramme de fonctionnement de chaque composant :

a) Capteur de température et d'humidité :

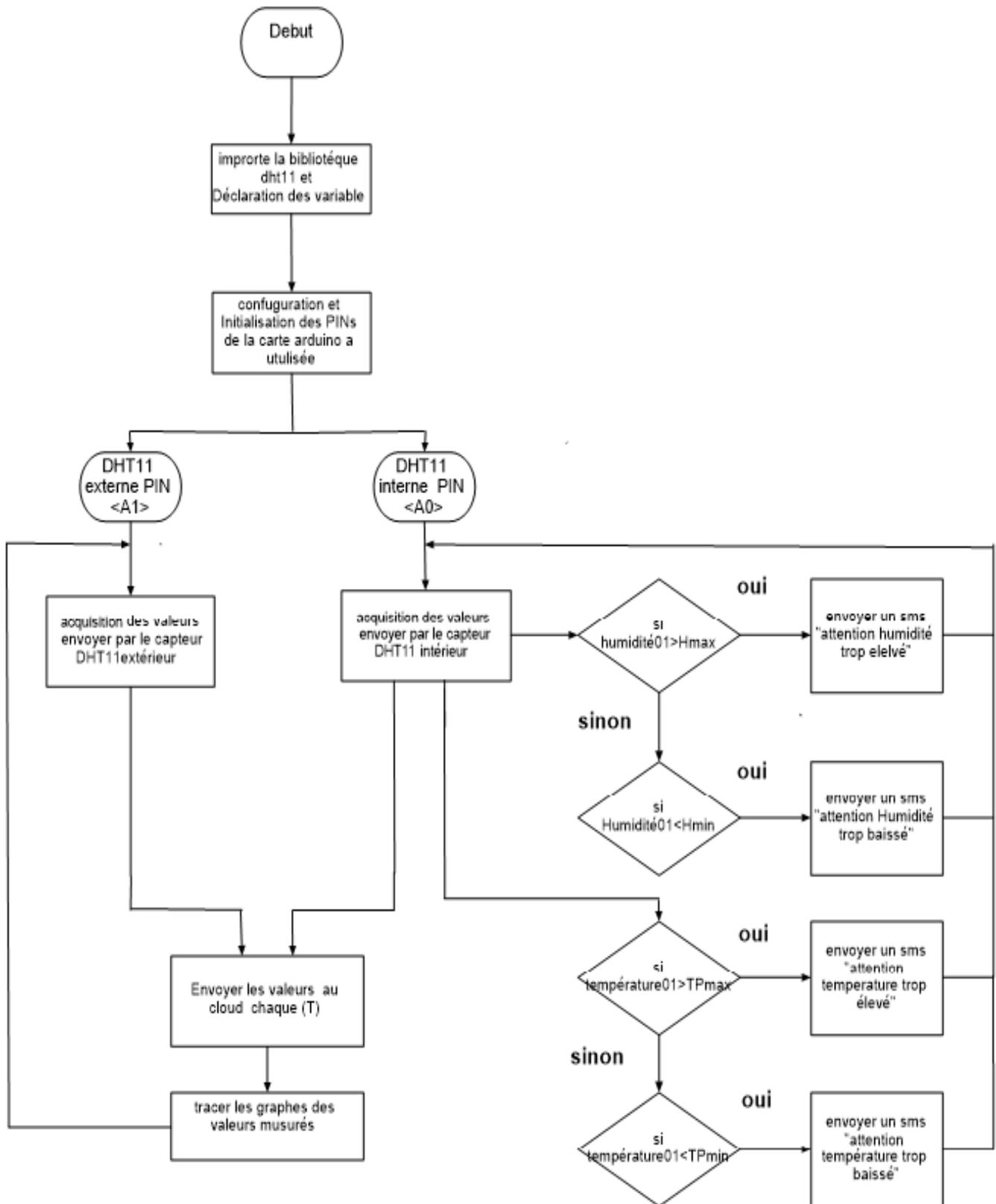


Figure III.18 : Organigramme DHT11.

b) Capteur de flamme :

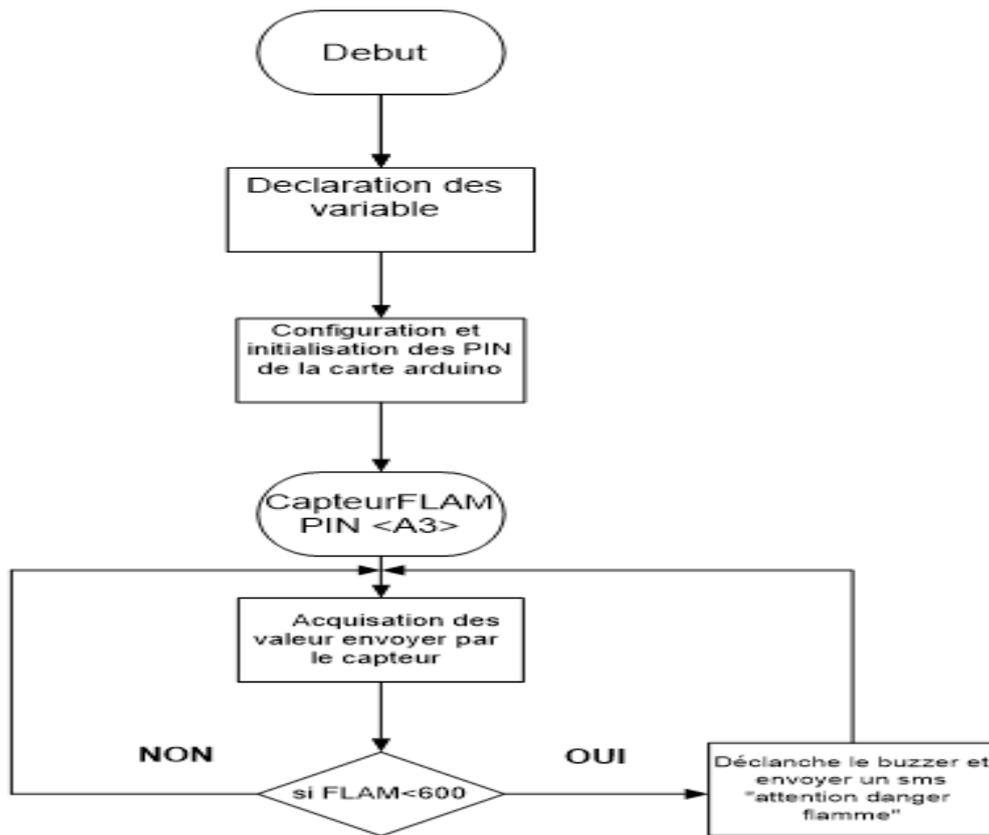


Figure III.19 : Organigramme capteur de flammes.

c) Capteur de fin de course :

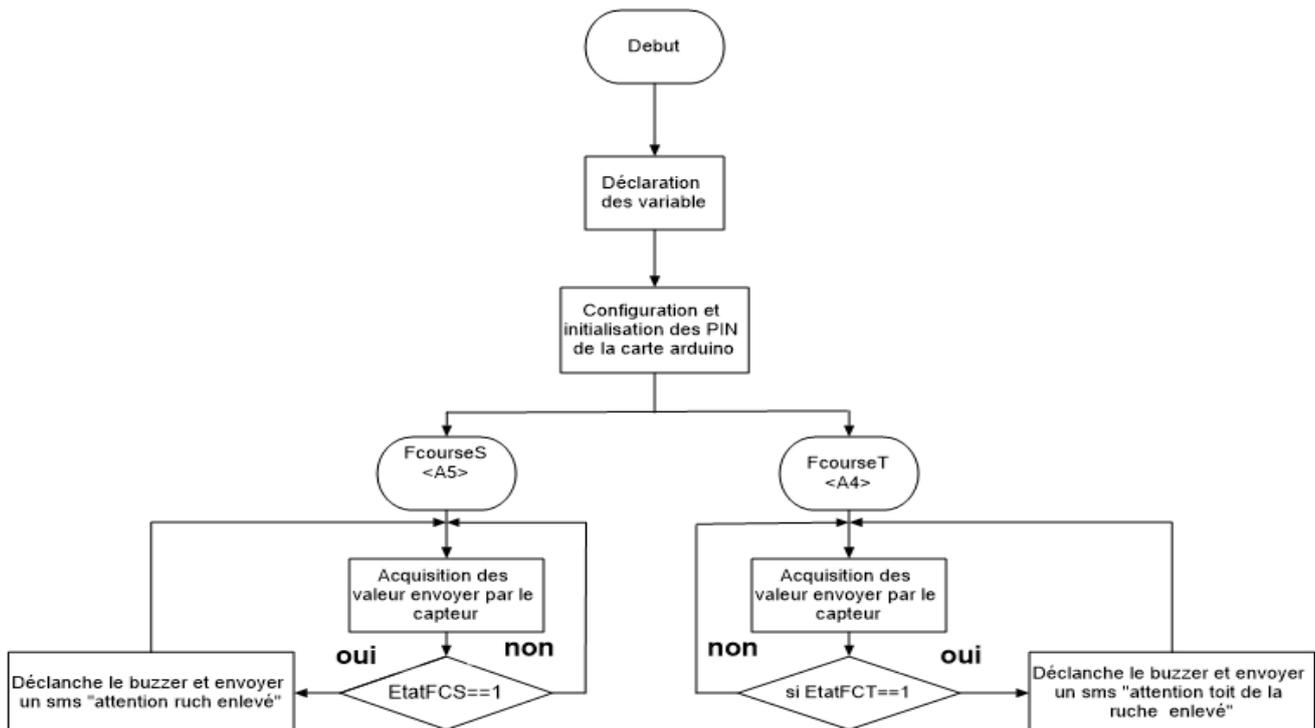


Figure III.20 : Organigramme capteur fin de cours.

d) Détecteur de mouvement :

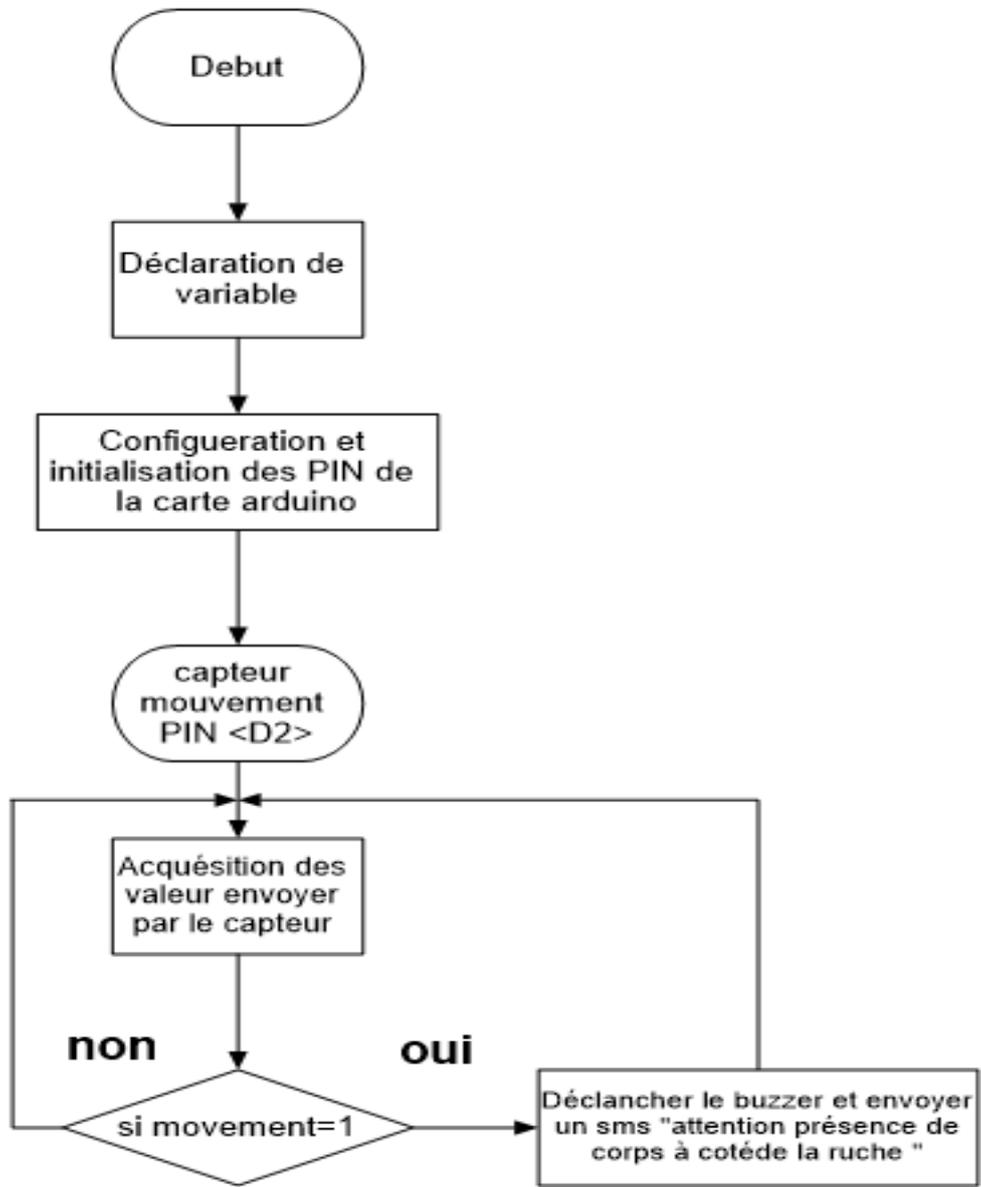


Figure III.21 : Organigramme détecteur de mouvement.

e) Module WIFI :

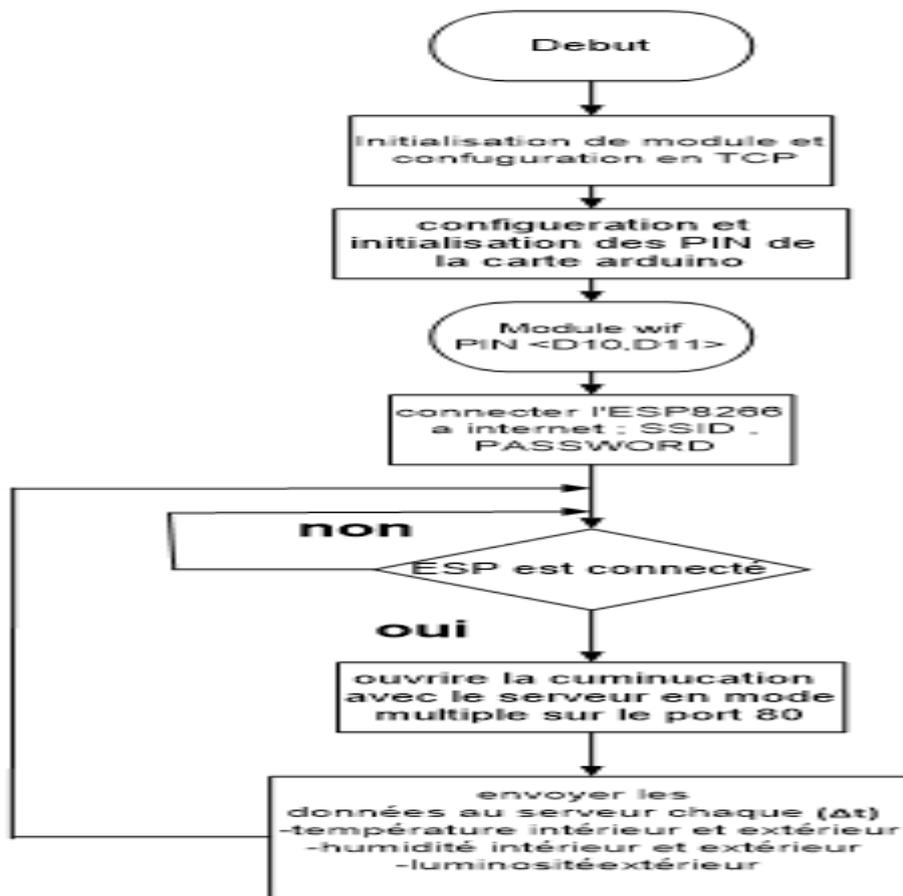


Figure III.22 : Organigramme Module WIFI.

f) Module GSM :

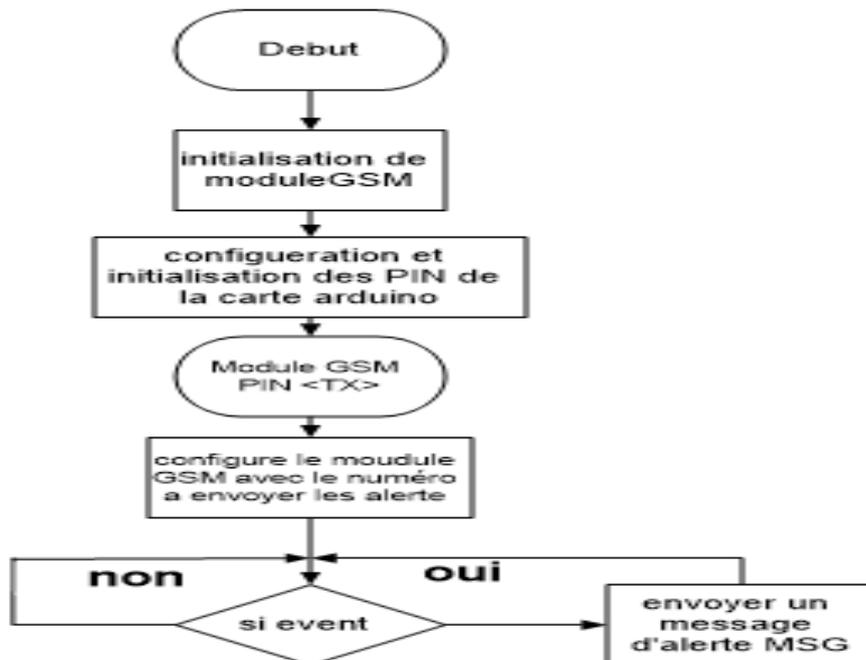


Figure III.23 : Organigramme GSM.

```

EVENT:FLAM<FLAM_MAX MSG:"ATTENTION DANGER FLAMME";
EVENT:EtatFCT==1 MSG:="ATTENTION TOIT DE LA RUCHE EST ENLEVE";
EVENT:HUMIDITE01>Hmax MSG:="ATTENTION HUMIDITE TROP ELEVE";
EVENT:EtatFCS==1 MSG:="ATTENTION LA RUCHE EST ENLEVE";
EVENT:HUMIDITE01<Hmin MSG:="ATTENTION HUMIDITE TROP BAISSSE";
EVENT:TEMPERATURE01>Tmax MSG:="ATTENTION TEMPERATURE TROP ELEVE";
EVENT:TEMPERATURE01<Tmax MSG:="ATTENTION TEMPERATURE TROP BAISSSE";
    
```

III.7. Branchement des différents composants avec la carte Arduino :

Nb : La carte Arduino UNO est alimentée par une batterie externe de 9Volts via la prise jack.

a) Les deux capteurs de température et d’humidité DHT11 (interne, externe) :

Pour câbler ces capteur avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches VCC, GND et DAT de chaque capteur aux broches 5V, GND et A0 pour celui interne et A1 pour celui externe.

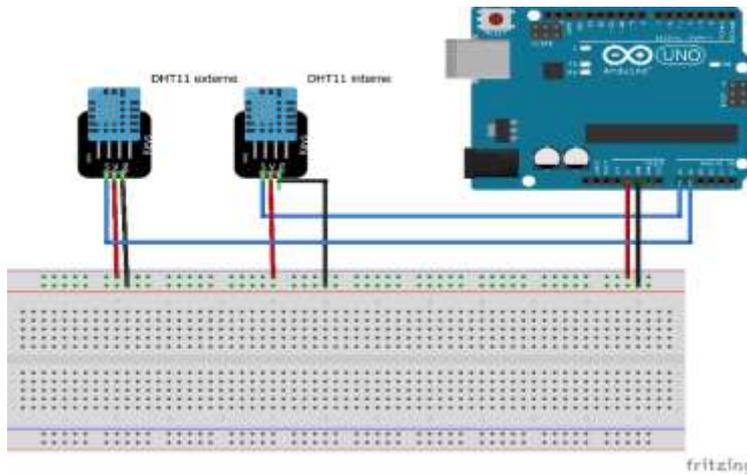


Figure III.24 : Branchement des capteurs DHT 11.

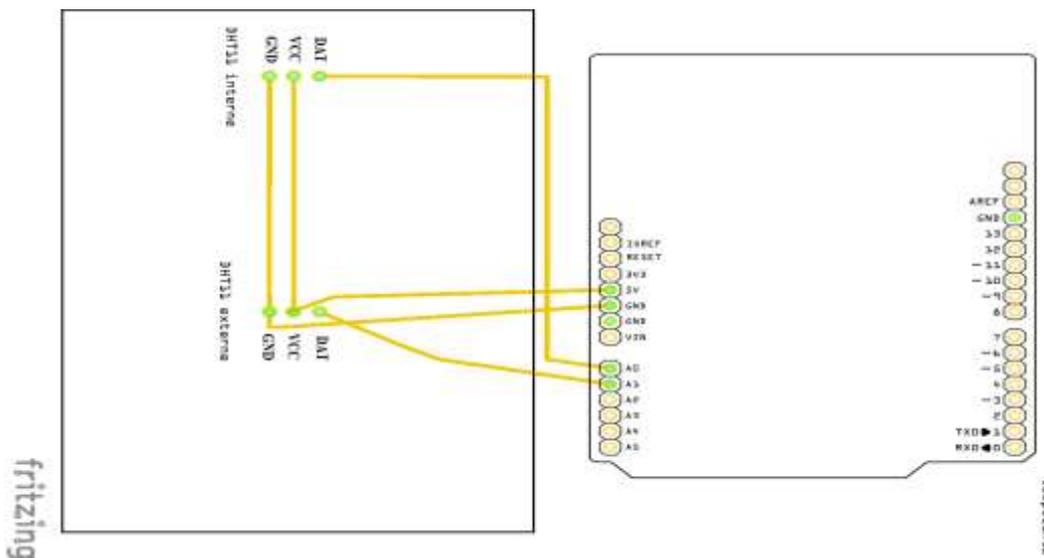


Figure III.25 : Schéma imprimé Branchement des capteurs DHT 11.

b) Capteur de lumière (LDR) :

Pour câbler ce capteur avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter l'une de ces deux broches à la broche VCC et l'autre à GND et A2 de la carte Arduino a l'aide d'une résistance de 10 KOhms.

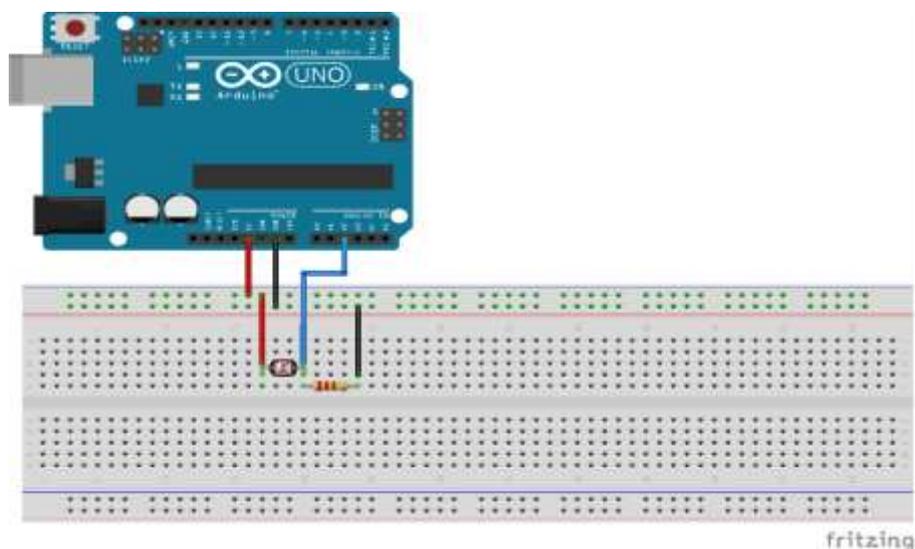


Figure III.26 : Branchement du capteur de lumière.

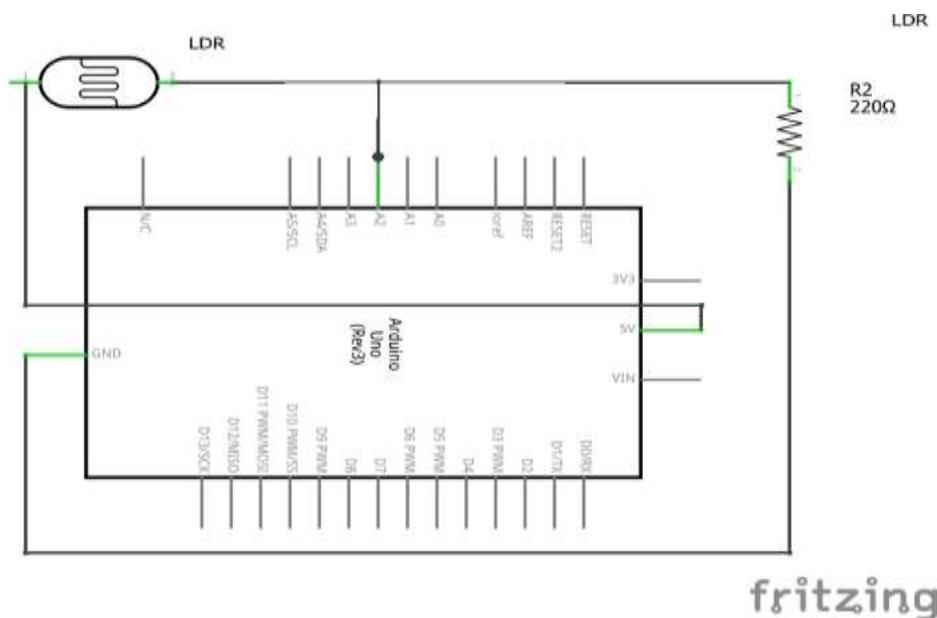


Figure III.27 : Vue schématique Branchement LDR.

c) Capteur de flamme :

Pour câbler ce capteur avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches VCC, GND et A0 de ce capteur aux broches 5V, GND et A3 de la carte Arduino UNO du sous-système.

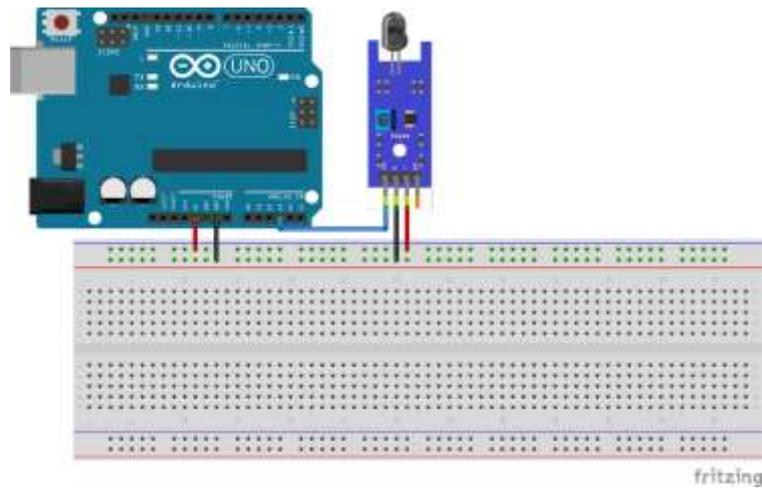


Figure III.28 : Branchement du capteur de flamme.

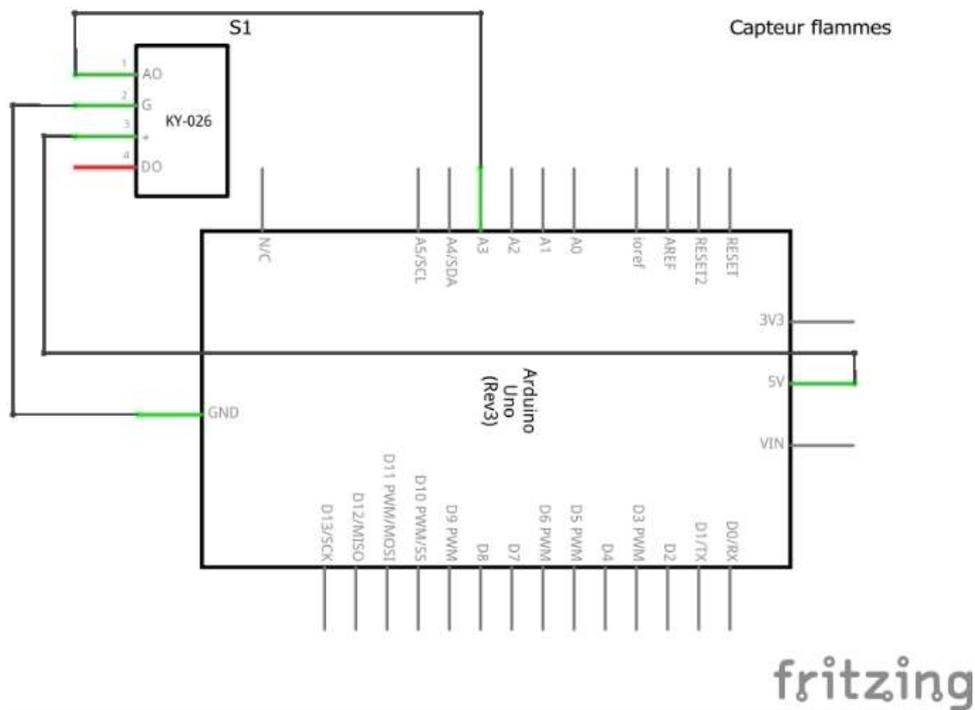


Figure III.29 : Vue schématique Branchement Capteur flammes.

d) Capteur de fin de course Numéro 01 (Toit) :

Pour câbler ce capteur avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches NC et COM de ce capteur aux broches VCC et A4 de la carte Arduino à l'aide d'une résistance de 10 KOhms.

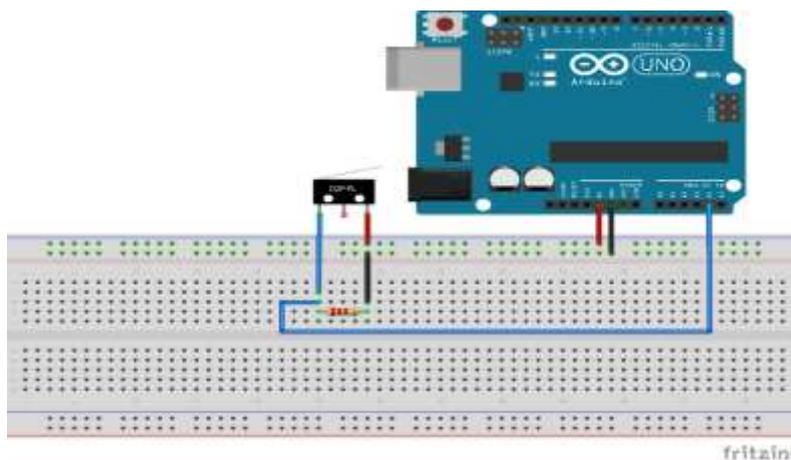


Figure III.30 : Branchement du capteur de fin de course Toit.

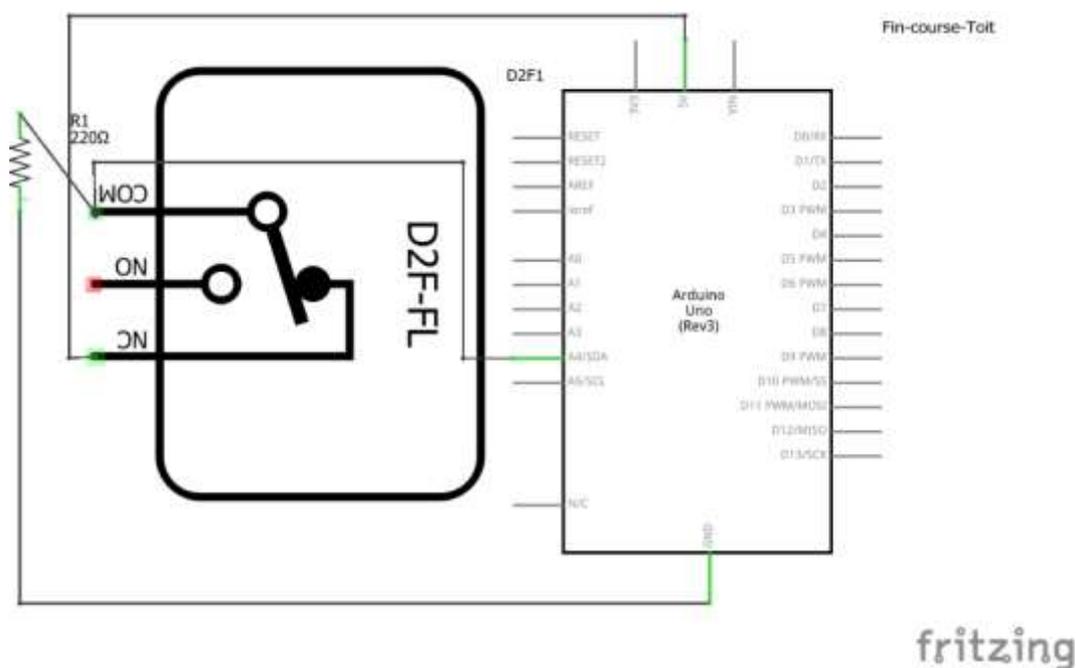


Figure III.31 : Vue schématique Branchement fin de course Toit.

e) Capteur de fin de course Numéro 02 (Sol) :

Pour câbler ce capteur avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches NC et COM de ce capteur aux broches VCC et A5 de la carte Arduino à l'aide d'une résistance de 10 KOhms.

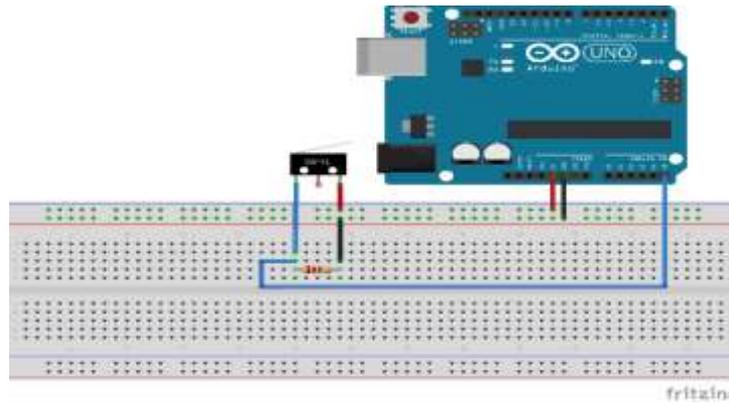


Figure III.32 : Branchement du capteur de fin de course du Sol.

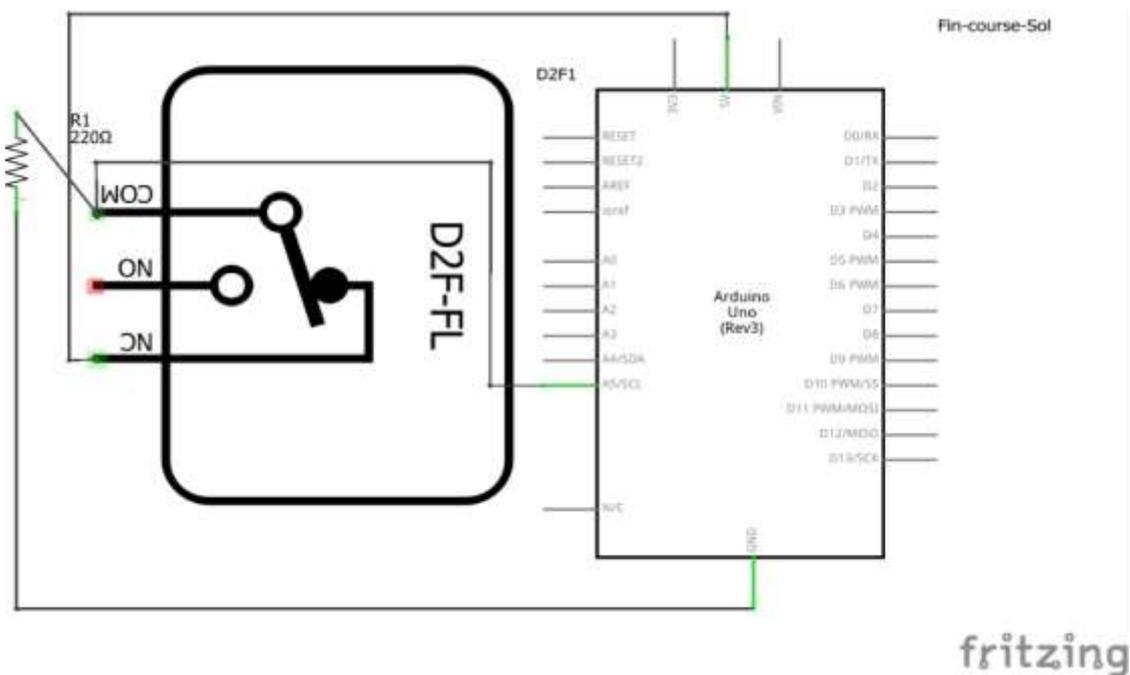


Figure III.33 : Vue schématique Branchement fin de course Sol.

f) Capteur de mouvement :

Pour câbler ce capteur avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches VCC, GND et OUT de ce capteur aux broches 5V, GND et D2 de la carte Arduino UNO.

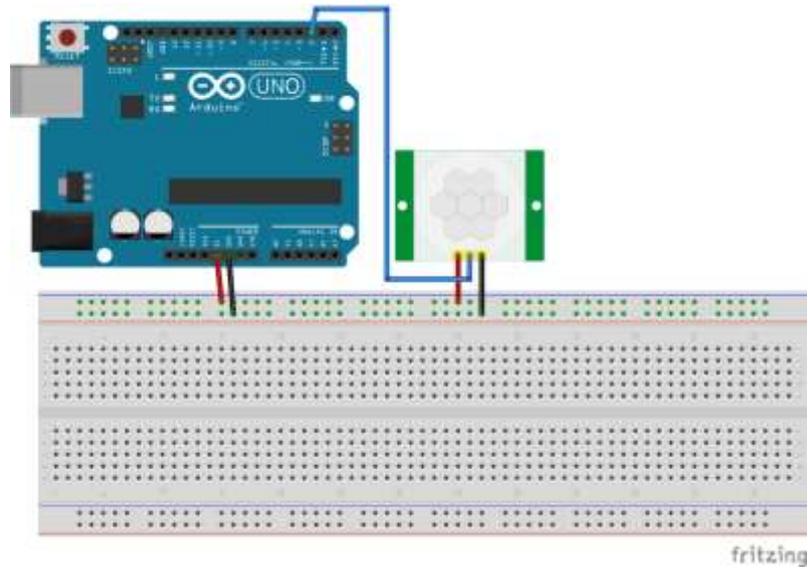


Figure III.34 : Branchement du capteur de mouvement.

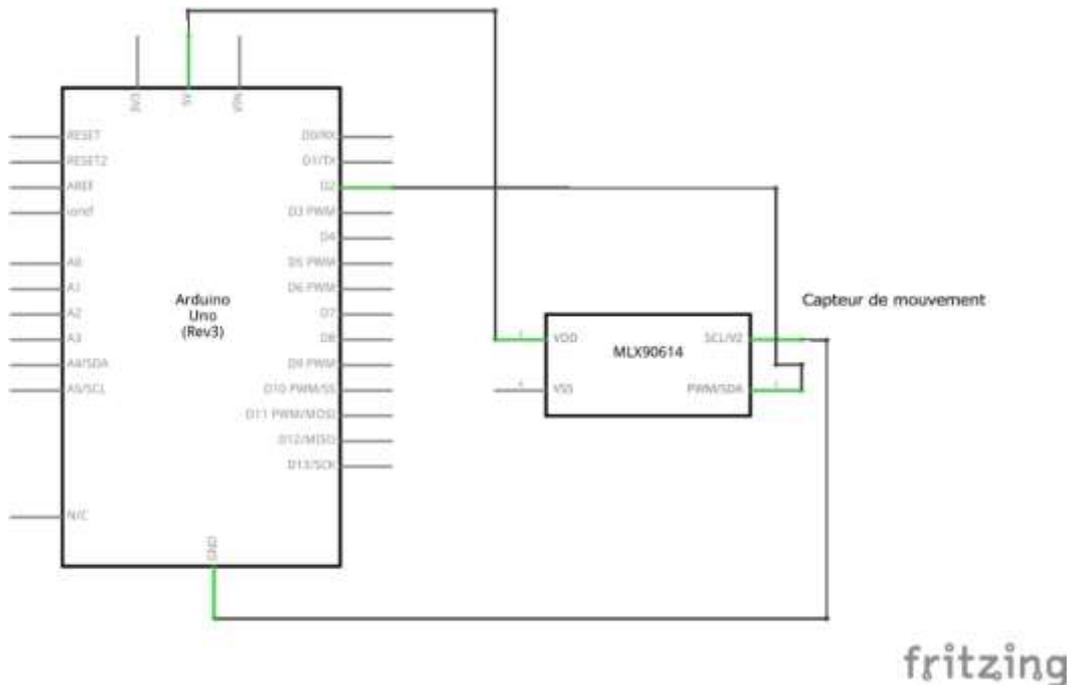


Figure III.35 : Vue schématique Branchement Capteur de mouvement.

g) Le Buzzer :

Pour câbler le Buzzer avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter sa petite patte à la broche GND et sa grande patte à la broche D3 de la carte Arduino UNO à l'aide d'une résistance de 10 KOhms.

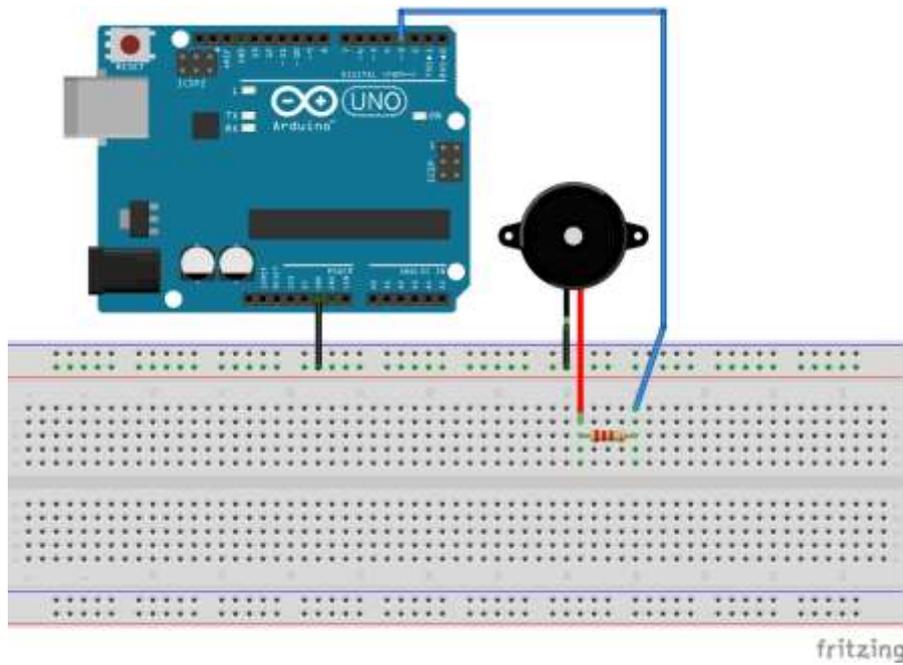


Figure III.36 : Branchement du Buzzer.

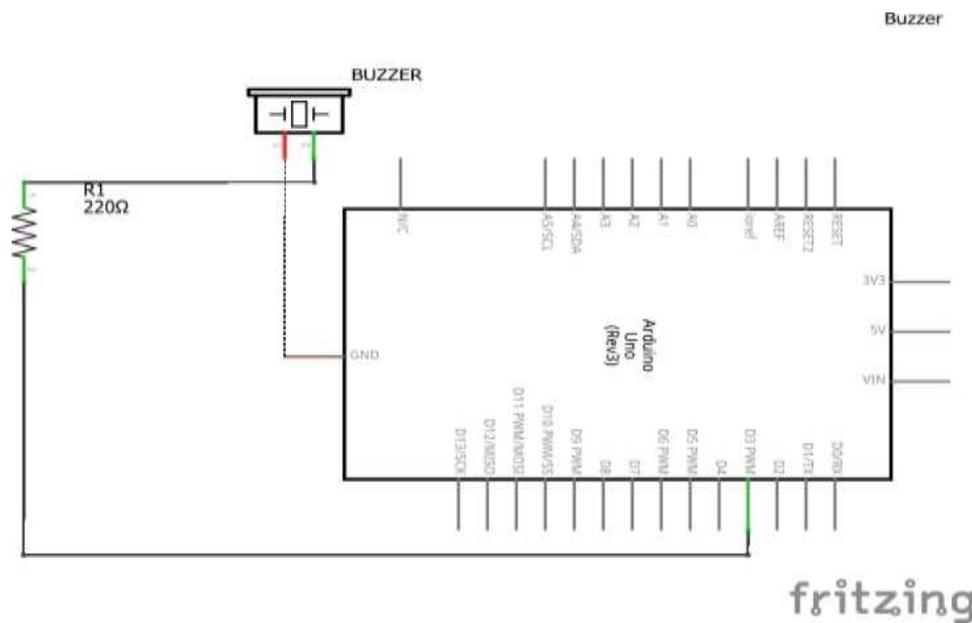


Figure III.37 : Vue schématique Branchement Buzzer.

h) Module WIFI :

Pour câbler ce module avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches VCC, GND, TX, RX, CH_PD de ce capteur aux broches 3V3, GND, D10, D11 et 3V3 de la carte Arduino.

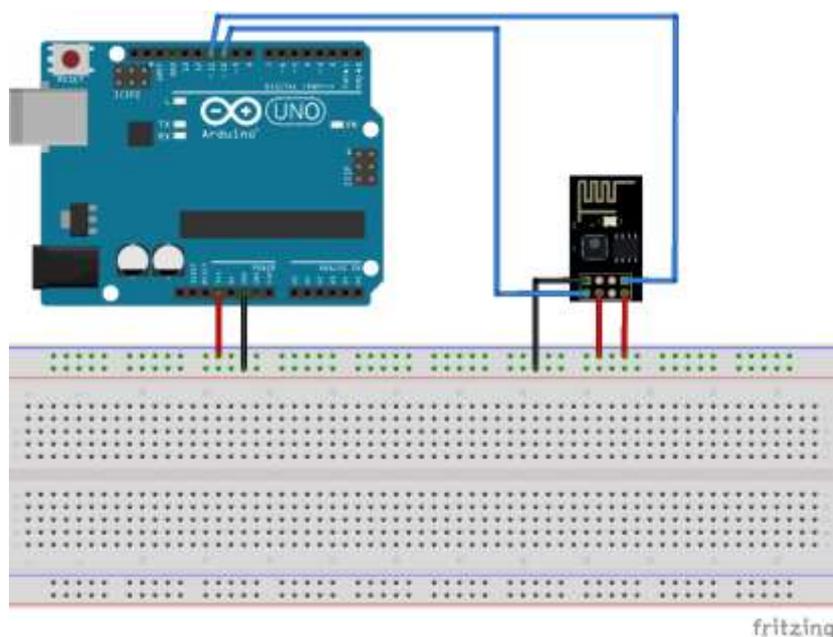


Figure III.38 : Branchement du Module WIFI.

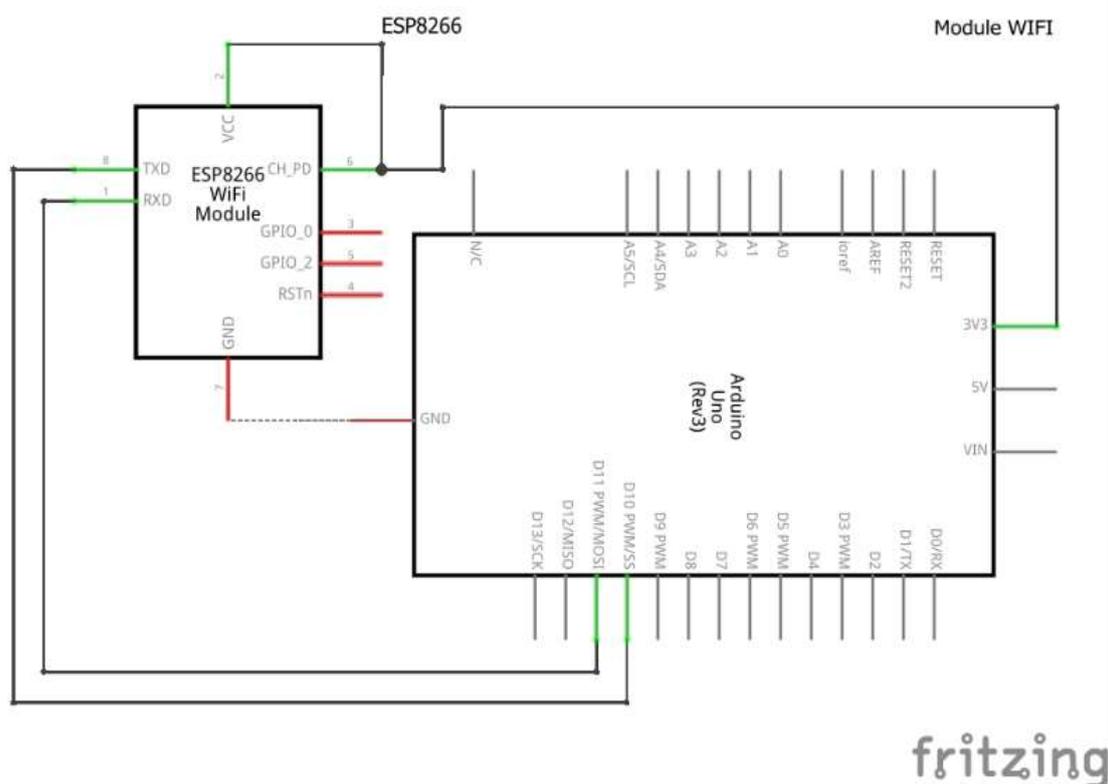


Figure III.39 : Vue schématique Branchement Module WIFI.

i) Module GSM :

Pour câbler ce module avec notre carte Arduino UNO, on doit connecter respectivement les broches RX et GND de ce module aux broches TX et GND de la carte Arduino UNO.

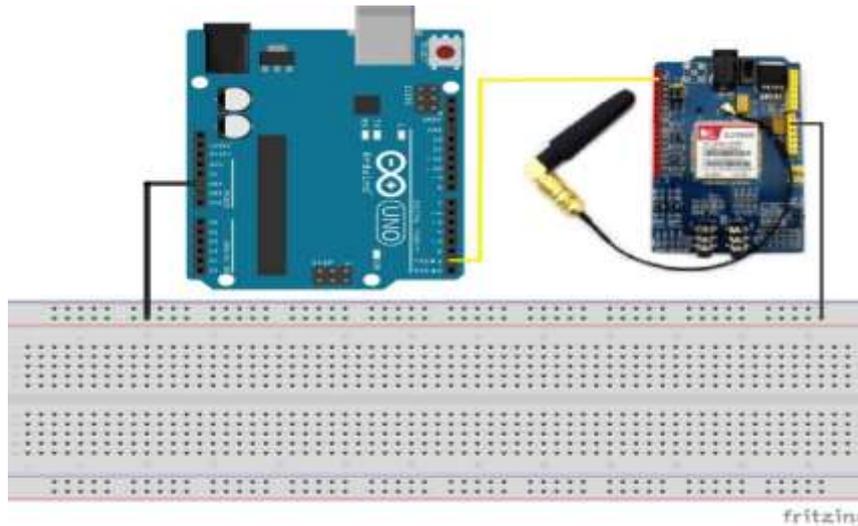


Figure III.40 : Branchement du Module GSM.

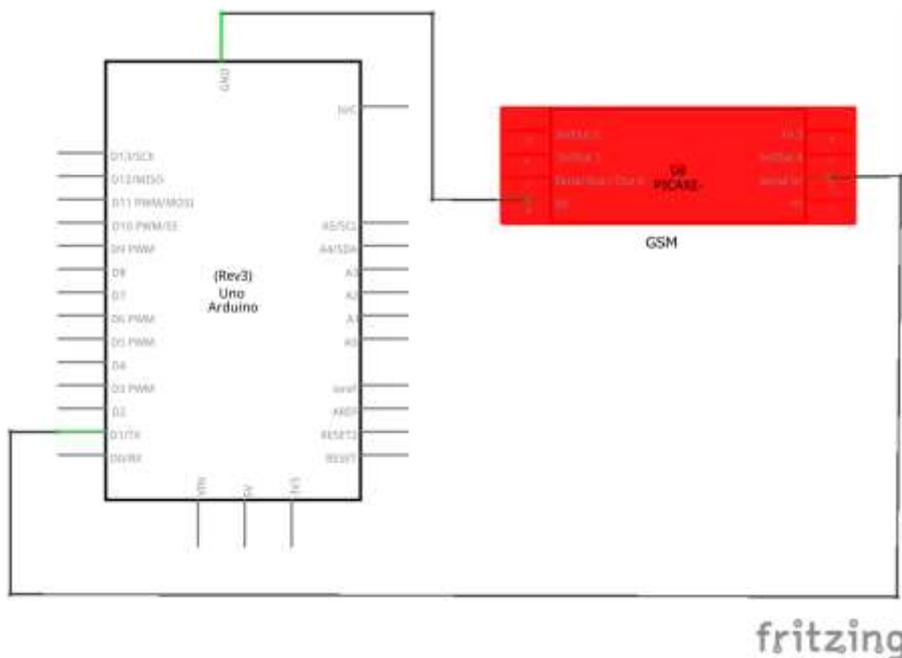


Figure III.41 : Vue schématique Branchement Module GSM.

III.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons fourni une explication détaillée de la méthode de conception et réalisation de notre ruche connectée.

Nous avons fait des mesures expérimentales en dehors de laboratoire pour voir les cas de déclenchement des alertes et voir comment les phénomènes physiques variés (la température, l'humidité et la luminosité). Les résultats des mesures sont montrés sous forme des graphes en fonction du temps.

Conclusion générale et Perspectives

Le travail élaboré consiste à installer au niveau d'une ruche un système de télésurveillance qui permet de connaître en temps réel l'état de la ruche de point de vue température/humidité et luminosité, en plus signaler la présence humaine ou animale et lancer des alertes sur les lieux et des SMS d'urgence à l'apiculteur.

Ce type de ruche télé surveillé est appelé ruche connectée permet à l'apiculteur de contrôler les ruches à distance en se connectant par internet au cloud par l'intermédiaire du site ThingSpeak.

On peut alors suivre l'évolution de la température et l'humidité à l'intérieur et à l'extérieur de la ruche ainsi que la luminosité en fonction du temps.

De plus, notre système permet d'avertir par SMS l'apiculteur dans les cas d'incendie, de présence animale ou humaine, tentatives de vol des ruches et en cas de température ou humidité nuisibles pour les abeilles, Ainsi déclencher des alertes sonores pour intervenir en cas danger.

Les résultats des tests sont satisfaisants, toutefois des améliorations peuvent être envisagées en perspectives telles que :

- Pouvoir obtenir à distance la valeur du poids de la ruche on intégrant au système un capteur de poids et ce afin de déduire la quantité du miel et l'état des réserves.
- Protéger la ruche avec l'antivol GPS pour suivre la ruche lors des transhumances mais aussi en cas de vol de ruche et cela afin de retrouver la ruche et éviter la perte d'exploitation.
- Evaluer la pluviométrie, l'hygrométrie et la pression atmosphérique.
- Utiliser une caméra d'inspection pour inspecter la ruche dans les moindres recoins et enregistrer toutes les informations importantes pour le développement de l'essaim et vérifier l'état de santé des abeilles.
- Alimenter le système avec un module photovoltaïque en ajoutant une configuration qui permet l'utilisation et la charge d'une batterie lithium à travers l'utilisation d'un module photovoltaïque.

Bibliographie

- [1] https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1425_PDF_1.pdf
- [2] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ruche>
- [3] <http://www.zapiculture.com/les-ruches/>
- [4] <https://ruches.net/tout-savoir-sur-lapiculture/lapiculture/presentation-composition-dune-ruche/>
- [5] http://itsap.asso.fr/pages_thematiques/gestion-du-cheptel-et-production/ruche-connectee-objet-de-surveillance-environnementale-de-zootecnie-de-decouverte-recreative/
- [6] http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Media_Center/docs/pdf/Disease_cards/BEES-FR.pdf
- [7] http://www.insectes.org/insectes/questions-reponses.html?id_quest=2
- [8] https://www.apiservices.biz/documents/articles-fr/bees_big_data_ruches_connectees.pdf
- [9] <https://www.objetconnecte.net/abeilles-ruche-connectee-2203/>
- [10] ACHAT Asalas et LAOUBI Lyes, 'Conception et réalisation d'une application mobile cross Platform pour l'Internet of Things', Mémoire de fin d'étude, UNIVERSITE A/MIRA DE BEJAIA, Juin 2017.
- [11] <http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2002/SE/architecture.html> (consulté en mai 2019).
- [12] <http://www.orsys.fr/mail/other/doc/041215SystemesEmbarques.pdf> (consulté en mai 2019).
- [13] <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/internet-internet-objets-15158/>
(consulté en mai 2019).
- [14] www.cisco.com/c/dam/global/en_ca/solutions/executive/assets/pdf/internet-ofthings-fr.pdf (consulté en mai 2019).
- [15] BOULAKHOUA Walid. Etude et réalisation d'un système de télésurveillance apicole, université MOHAMED LARBI BEN M'HIDI - OUM EL BOUAGHI, 2018
- [16] <https://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino/>

- [17] AMMOUR Ahmed et BARED Zakaria. Réalisation d'un interrupteur tactile Thermosensible, université ABOU BAKR BELKAID – TELEMEN, 2017.
- [18] https://fr.banggood.com/LM393-3-Pin-IR-Flame-Detection-Sensor-Module-Fire-Detector-Infrared-Receiver-Module-For-Arduino-p-1387558.html?cur_warehouse=CN
- [19] <https://www.pobot.org/Interrupteur-Microswitch.html>
- [20] BOULAKHOUA Walid. Etude et réalisation d'un système de télésurveillance apicole, université MOHAMED LARBI BEN M'HIDI - OUM EL BOUAGHI, 2018
- [21] <https://pecquery.wixsite.com/arduino-passion/le-buzzer>.
- [22] <https://www.generationrobots.com/fr/402044-module-serie-wifi-esp8266.html>
- [23] https://lewebpedagogique.com/isneiffel/files/2017/06/Module-GSM_GPRS_Seed_Studio.pdf
- [24] HAMADI Lyes et HARBANE Fazia. Conception et réalisation d'un dispositif de surveillance-protection contre l'inondation et l'incendie. , université MOULOUD MAMMERI – TIZI OUZOU, 2016.
- [25] BERSI Ouiza et LEBBAL Nassima. Conception et réalisation d'un système de surveillance d'une chambre de malade/nourrisson, université MOULOUD MAMMERI – TIZI OUZOU, 2017.
- [26] DEGHCHE Noureddine et BOUHARRAG Ismail. Réalisation d'un rucher connecté, université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2018.