

# RAPPORT D'AVANCEMENT

## BMONS

### Beehive Monitoring System

#### Rédigé par :

Alice Danckaers

Benoît Raymond

Etienne Dalcol

Nicolas Van-Nhân Nguyen

Tao Zheng

Armand Sellier

#### Sous la direction de :

Olivier Reynet



**ENSTA**  
Bretagne

Option Systèmes Perception Information Décision

 2014 Alice Danckaers, Benoît Raymond, Etienne Dalcol, Nicolas Van-Nhân Nguyen, Tao Zheng and Armand Sellier.

Licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International Public License.

*Première impression, décembre 2014*

# Sommaire

<b>I</b>	<b>Introduction au projet</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Formulation initiale du projet</b>	<b>3</b>
1.1	Contexte . . . . .	3
1.2	Expression initiale du besoin . . . . .	3
<b>2</b>	<b>État de l’art</b>	<b>5</b>
2.1	Choix des capteurs . . . . .	7
<b>II</b>	<b>Dossier fonctionnel</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Ingénierie des exigences</b>	<b>11</b>
3.1	Approche Top-Down . . . . .	11
3.2	Approche Bottom-Up . . . . .	12
3.3	Fonctions principales du système . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Spécification fonctionnelle 3 axes</b>	<b>13</b>
4.1	Raffinement FAST . . . . .	13
4.2	Spécification des données . . . . .	15
4.3	Modèle de Données . . . . .	16
4.4	Spécification des comportements . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Architecture fonctionnelle</b>	<b>23</b>
<b>III</b>	<b>Implémentation</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Architecture physique</b>	<b>27</b>
6.1	Architecture physique . . . . .	27
6.2	Structure de découpage du projet . . . . .	27
<b>IV</b>	<b>Organisation</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Méthodes de travail</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Outils pour les échanges</b>	<b>33</b>

<b>9 Répartition des tâches dans le temps</b>	<b>35</b>
<b>V Journal du projet</b>	<b>37</b>
<b>10 Choix et justifications</b>	<b>39</b>
10.1 Choix des capteurs . . . . .	39
<b>11 Résultats et analyses</b>	<b>41</b>
<b>12 Conclusion</b>	<b>43</b>
<b>VI Annexes</b>	<b>45</b>
<b>A Première annexe</b>	<b>47</b>
<b>B Deuxième annexe</b>	<b>49</b>
<b>C Troisième annexe</b>	<b>51</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>53</b>
<b>Index</b>	<b>55</b>
<b>Glossaire</b>	<b>55</b>

# Première partie

## Introduction au projet



# Chapitre 1

## Formulation initiale du projet

### 1.1 Contexte

BeeHive Monitoring System (BMONS) est un projet qui a pour but d'aider les apiculteurs. Il s'agit de leur proposer un système de surveillance et de détection peu onéreux afin de prodiguer les meilleurs soins au meilleur moment aux ruches qui en ont besoin et d'éviter les vols.

En effet, les abeilles sont vitales à l'équilibre écologique. Einstein avait même dit : " Si l'abeille disparaît, l'humanité en a pour quatre ans à vivre ". Sans elles 84 % des espèces végétales cultivées pour l'alimentation disparaîtraient. Or les abeilles sauvages sont aujourd'hui rares et l'espèce ne survivra pas sans l'aide des apiculteurs. Ainsi le travail de ces derniers est crucial non seulement pour assurer la production de miel mais aussi pour la sauvegarde de l'environnement. Cependant, ces dernières années, les apiculteurs ont été confrontés à de nombreux problèmes et nous sommes aujourd'hui face à une diminution du nombre d'abeilles telles que la production annuelle européenne de miel est quatre fois moindre que celle qu'il y a vingt ans.

Pour aider à la résolution de ce problème, nous voulons donc créer un système capable d'aider l'apiculteur dans son travail et de ce fait combattre la disparition des abeilles.

### 1.2 Expression initiale du besoin

Après avoir discuté avec plusieurs apiculteurs, nous avons pu identifier leurs besoins et déterminer de quelle manière nous pouvons les aider. Ainsi l'objectif de ce système est tout d'abord de donner accès à l'apiculteur à des informations clés sur la ruche sans que celui-ci n'ait à se déplacer, ni à ouvrir les ruches. En effet l'ouverture de la ruche perturbe les abeilles et elle n'est pas possible en hiver à cause des températures trop basses. De plus les ruches sont souvent disposées dans des ruchers éloignés les uns des autres, ce qui complique le travail de l'apiculteur. Les informations nécessaires seraient : la température dans et en dehors de la ruche, le poids, l'humidité et les sons de la ruche. Mais le système devra aussi alerter l'apiculteur quand la sécurité de la ruche est compromise, pour permettre une action rapide destinée à sauver la colonie.

Le système BMONS est donc composé de deux parties distinctes. La première consiste en un élément embarqué dans la ruche qui consomme un minimum d'énergie et qui mesure les paramètres clés. Les données de cet élément embarqué sont transmises via un transmetteur sans fils à un serveur qui constitue la deuxième partie du système. Il donne accès à l'apiculteur aux différentes mesures effectuées dans et autour des ruches. Il envoie également des alertes de sécurité à l'apiculteur si besoin.



## Chapitre 2

### État de l'art

En effectuant nos recherches sur le sujet nous avons trouvé beaucoup d'informations sur les abeilles et le travail des apiculteurs en général, ainsi que des systèmes "maison" développés par des particuliers pour surveiller un peu mieux leurs ruches. Cependant nous avons également découvert l'existence de quatre projets similaires au notre : trois projets en cours ayant une approche OpenSource et un projet commercial déjà développé. Ce dernier appartient à la société anglaise Arnia. Ce système est décrit [2] comme permettant à l'utilisateur d'avoir des informations sur une ou plusieurs ruches telles que la température, l'humidité et l'intensité acoustique dans la ruche ainsi que la température du couvain. Les apiculteurs peuvent ensuite visualiser ces informations sur une partie sécurisée du site internet d'arnia. Ils peuvent également comparer les informations et évolution d'une ou plusieurs ruches, comme on peut le voir sur la figure 2.1.



FIGURE 2.1 – Interface du système d'arnia : comparaison des données d'une ruche

L'un des projets OpenSource est développé par Ken Meyer sur le site hackaday [8] et consiste à mesurer la température, l'humidité et le poids d'une ruche. Ce projet est encore en développement et plusieurs prototypes ont déjà été testés.

Il existe également un autre projet OpenSource sur le sujet. Il s'agit de Bzzz [7], développé par le Fablab de Lannion. Ce système propose une supervision de la température intérieure, de la luminosité extérieure et la masse d'une seule ruche via un envoi de données périodique par SMS et par visualisation des données sur

un portail en ligne. L'utilisateur pourra également configurer des alertes via le portail.

Enfin le dernier système existant que nous avons trouvé a été développé conjointement par le Fablab de Barcelone et Open Tech Collaborative, Denver, USA [3]. Ce projet OpenSource, appelé Open Source BeeHive, ne s'adapte pas aux ruches classiques mais propose une architecture simple qui permet de construire sa propre ruche entièrement, comme on peut le voir sur les figures 2.3 et 2.2.

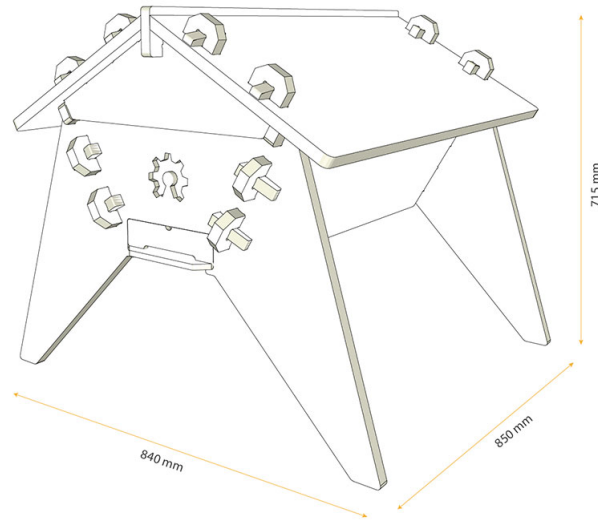


FIGURE 2.2 – Modèle de ruche Open Source Beehive

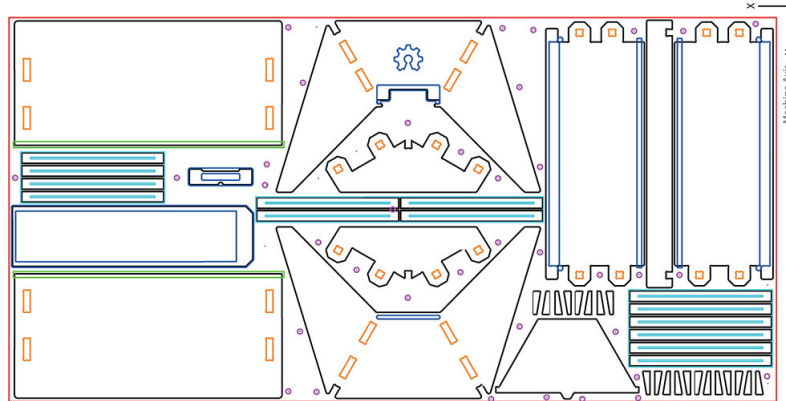


FIGURE 2.3 – Plan de la ruche Open Source Beehive

Ensuite un kit de capteurs à installer permet de mesurer la température, l'humidité, l'intensité acoustique et le nombre d'abeilles via un capteur infrarouge. Les données seront ensuite visibles de tous sur la plateforme Smart Citizen.

Nous n'avons pas détaillé ici tous les projets que nous avons trouvés du fait de leur grand nombre. Cependant nous nous sommes intéressés à ceux qui présentaient un intérêt pour le système que nous voulons développer.

Concernant le traitement sonore, le site internet Beesource comporte une description complète du système Apidictor [1]. Ce système permet de filtrer le son émit par une ruche pour prévoir un essaimage. Un schéma du montage électrique ainsi qu'un texte expliquant quelles fréquences sont surveillées et quelles méthodes ont été utilisées pour vérifier le bon fonctionnement de ce système sont également présents. Nous ne réutiliserons pas le montage proposé, car le traitement du signal sonore se fera de manière informatisée, en revanche le travail effectué pour savoir quelles fréquences sont à surveiller nous sera utile.

## 2.1 Choix des capteurs

Après avoir réalisé l'état de l'art pour notre système de surveillance d'une ruche, nous nous sommes ensuite intéressés aux capteurs que nous allons employer.

### Capteur de température

Nous avons choisis un capteur de température identique pour recueillir la température interne et externe de la ruche. Il s'agit d'une thermistance NTC boîtier Goutte Radial 1000 ohms sortie fil de cuivre émaillé 1 pc(s). Ce dernier possède une gamme de mesure comprise entre -40 C et 100 C ce qui correspond bien aux exigences discutées avec le client (Voir tableau des exigences).

### Capteur d'humidité

On a choisit d'inclure ce capteur dans notre système compte tenu des résultats de l'Etat de l'art. Néanmoins, après discussion avec le client, cette option n'est pas primordiale pour un apiculteur.

**Capteur de pression** Les capteurs de pression vont nous permettre de récupérer le poids de ruche et surtout celui des hausses pour avertir l'apiculteur de la quantité de miel produite. Pour se faire, le projet Bzzz développé par le Fablab de Lannion a prévu d'utiliser deux sachets de Pompote remplis d'eau sucrée pour éviter les variations de pression atmosphérique, le gel et l'évaporation. Cependant, après avoir pris conscience de l'importance de la localisation de la grappe, nous avons pensé installer deux capteurs de pression par cadre (au niveau de chaque extrémité) soit 20 au total mais cette solution s'est avérée être difficile à mettre en place à cause de la surface sur laquelle repose les cadres (simple lamelle en métal). Après discussion avec le client, nous avons finalement opté pour la confection d'un cadre en bois aux même dimensions de la ruche dans lequel se trouverons les capteurs de pression. L'utilisateur décidera de l'endroit où le placer en fonction des données qu'il veut récupérer.

### Tilt sensor

### Ce capteur

### Microphone



# Deuxième partie

## Dossier fonctionnel



# Chapitre 3

## Ingénierie des exigences

### 3.1 Approche Top-Down

Dans cette partie nous allons analyser notre système avec une approche Top-Down. Cela signifie que nous adopterons une démarche de conception descendante. Pour cela nous avons tracé le diagramme "bête à cornes", que l'on peut voir sur la figure 3.1. Il permet de représenter graphiquement l'expression du besoin. Comme on peut le voir sur le diagramme, le système BMONS rend service aux apiculteurs en agissant sur une ou plusieurs ruches. Il a pour but d'aider la surveillance d'un rucher et d'avertir l'apiculteur en cas de problème.

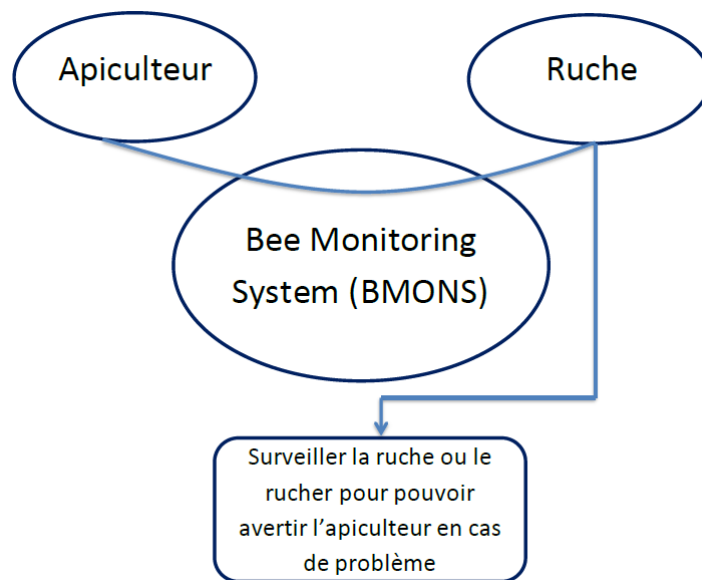


FIGURE 3.1 – Diagramme "bête à cornes" du système BMONS

## 3.2 Approche Bottom-Up

## 3.3 Fonctions principales du système

Les fonctions principale, services et contraintes du système sont regroupées dans ce diagramme pieuvre, figures 3.2 et 3.3 . Les buts et les contraintes imposées au système y sont également représentés.

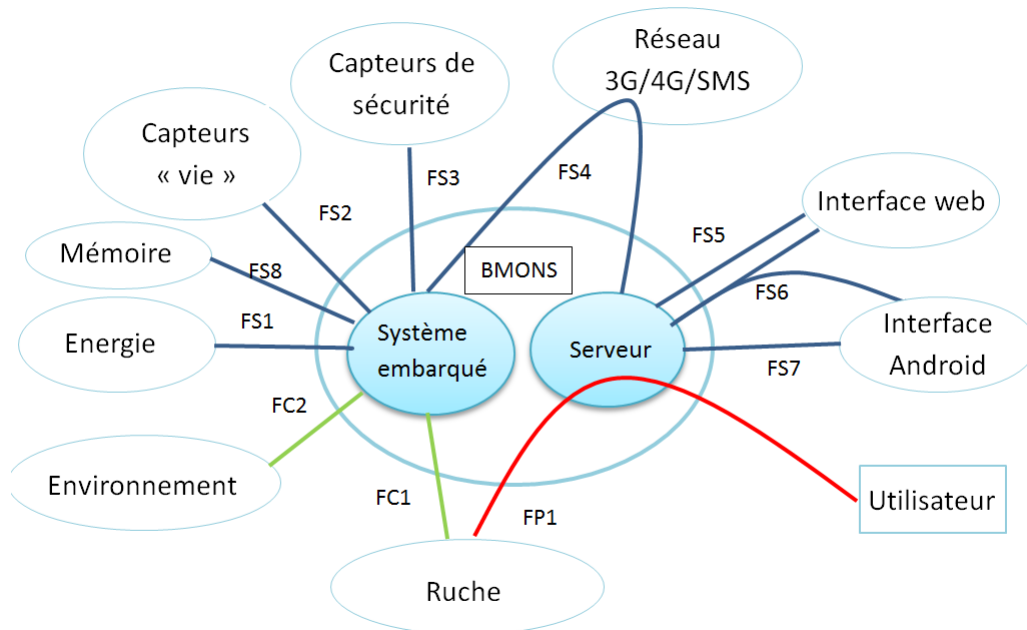


FIGURE 3.2 – Diagramme pieuvre du système BMONS

FP1 : Informer l'apiculteur de l'état de la ruche

FC1 : Etre adapté aux dimensions de la ruche

FC2 : Résister à l'environnement de la ruche

FS1 : Etre autonome en énergie

FS2 : Acquérir les données relatives à la vie de la ruche

FS3 : Acquérir les données relatives à l'intégrité de la ruche

FS4 : Communiquer avec le serveur via le réseau 3G/4G/SMS

FS5 : Proposer une IHM web

FS6 : Proposer un accès via l'API

FS7 : Proposer une IHM Android

FS8 : Conserver les données localement

FIGURE 3.3 – Légende diagramme pieuvre du système BMONS



# Chapitre 4

## Spécification fonctionnelle 3 axes

### 4.1 Raffinement FAST

Le diagramme FAST regroupe les fonctions principales, techniques et contraintes globales définies dans lors de l'établissement des exigences et après leur discussion avec le client. Ainsi, certaines exigences que nous avons préalablement établit ont été acceptée mais d'autres ont écartée comme l'analyse des odeurs dans la ruche jugée finalement trop compliquée à mettre en place et difficile à exploiter. D'autres exigences ont vu le jours après les échanges avec l'apiculteur ce qui est venus enrichir et compléter notre tableau des exigences. Le raffinement des trois types de fonctions en sous fonctions et les solutions techniques associées a celles-ci apparaissent également. Il a évolué au cours du projet en fonction des autres documents d'ingénierie système et des solutions techniques retenues. On peut voir la version finale du FAST sur la figure [4.1](#)

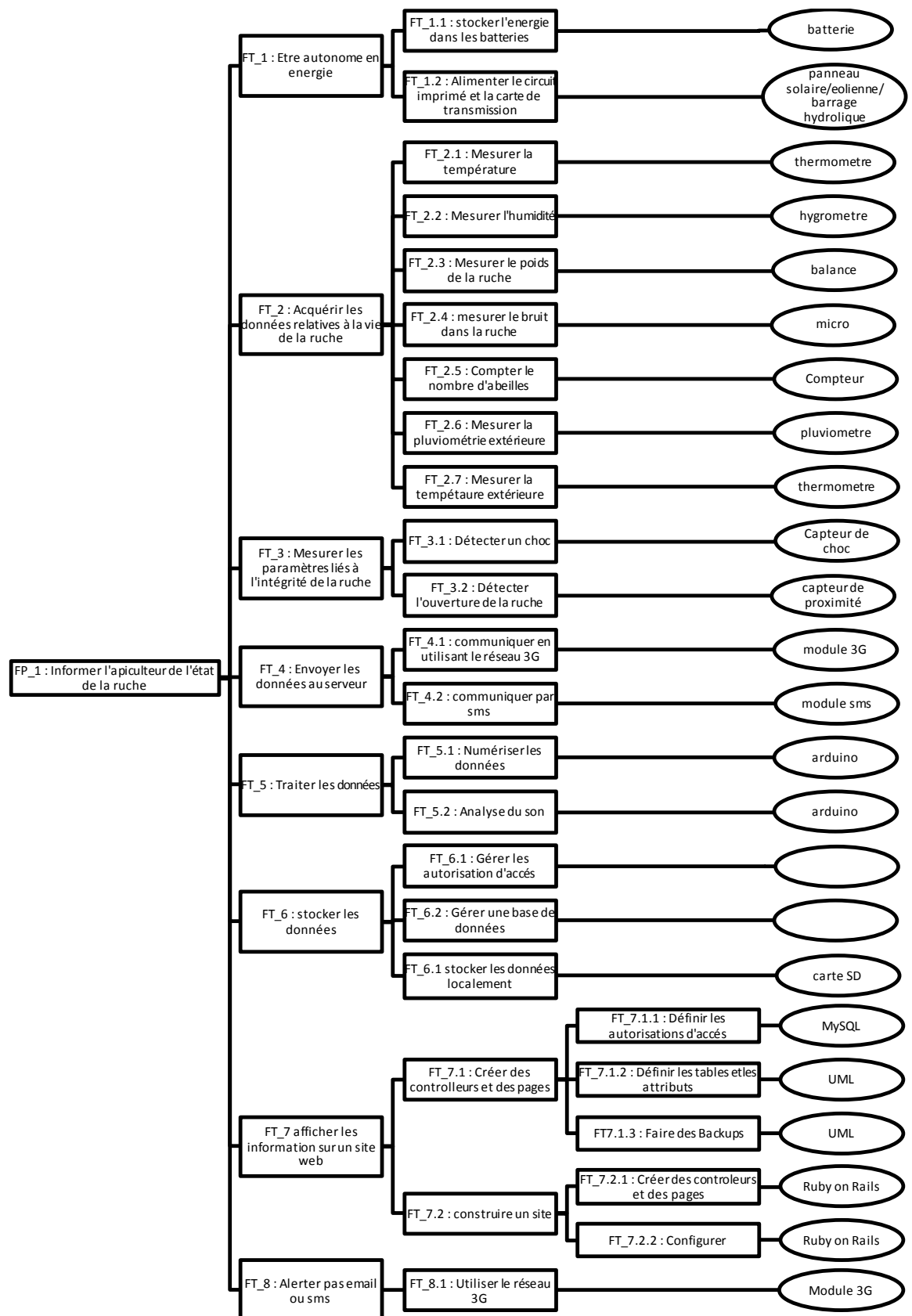


FIGURE 4.1 – Diagramme FAST du système BMONS

## 4.2 Spécification des données

La spécification des données permet de mettre à jour les différentes grandeurs et unités intervenant dans notre système. Grâce à cela, nous savons exactement quel type de donnée traiter et comment convertir les données numériques de sortie des capteurs en grandeurs physiques facilement compréhensible pour l'apiculteur. Il faudra ensuite envoyer ces données traitées au serveur qui les stockera dans une base de données. Cette étude a aussi permis d'établir les alertes qu'il va falloir prévoir afin d'avertir le propriétaire de l'état de son rucher. Ces dernières seront aussi stockées sur le serveur qui viendront compléter l'historique de la ruche. Il est possible qu'une alerte soit envoyée après avoir effectué un recoupement d'informations. Par exemple, pour alerter l'apiculteur d'un essaimage en cours, il est nécessaire de détecter une agitation dans la ruche (chant de la reine) grâce au microphone et une chute importante de la masse grâce à la balance.

Il existera deux types d'alertes : les alertes actives qui préconiseront l'apiculteur à agir directement sur la ruche (par exemple lorsque le développement de la grappe est excentrée par rapport aux cadres) et des alertes passives qui encourageront le client à se rendre sur le serveur pour consulter les derniers relevés.

L'axe Data comportant la spécification des messages, des événements et des alarmes est fourni en annexe. Le diagramme des données est décrit dans la figure 4.2

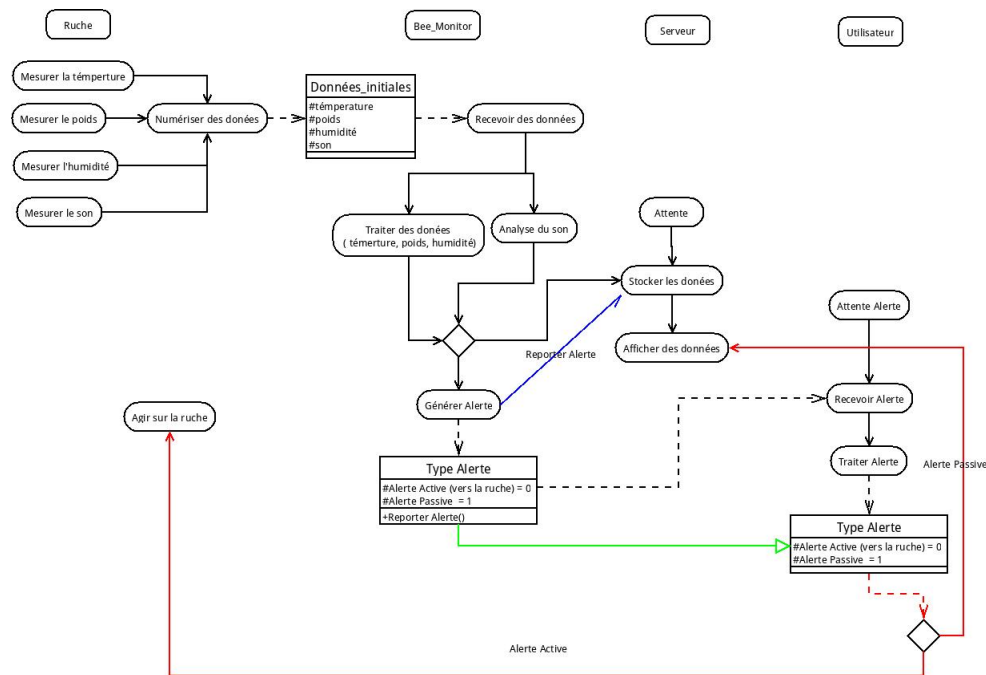


FIGURE 4.2 – Diagramme d'activité du flux de données

### 4.3 Modèle de Données

Le modèle de données est une façon abstraite de représenter les données du système et de modéliser les informations contenus dans une base de données. Le modèle constitue des ensembles possédant d'un nom et des attributs nommés. La des relations est fait via des clés primaires (id, dans notre cas) et des clés étrangères.

4.3

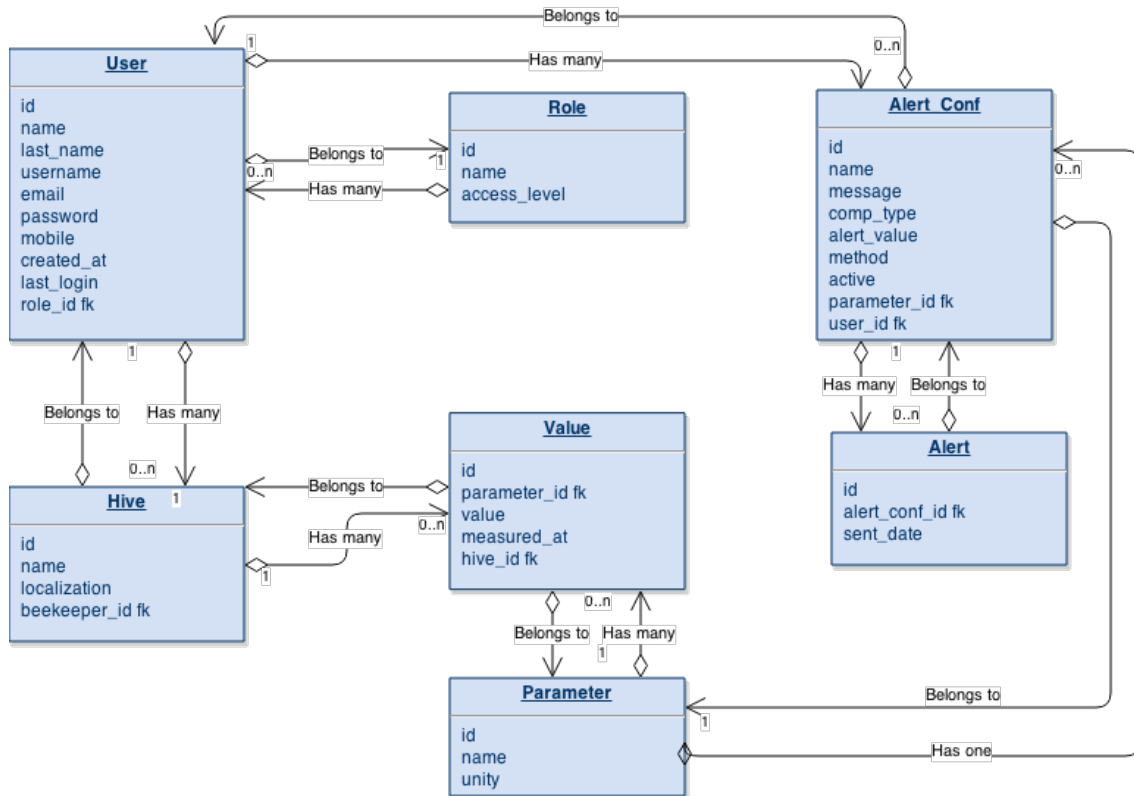


FIGURE 4.3 – Modèle de données pour le système BMONS

## 4.4 Spécification des comportements

Nous allons ici décrire le fonctionnement de notre système. Il est résumé dans la figure 4.9.

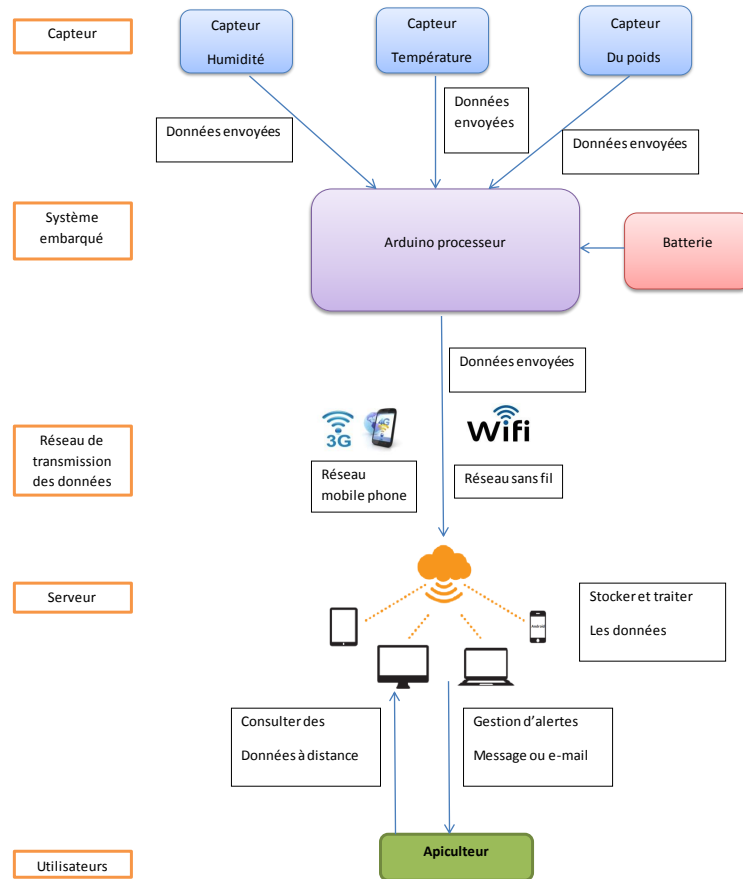


FIGURE 4.4 – Diagramme de spécification des comportements

Les capteurs mesurent plusieurs paramètres internes à la ruche : l'humidité, la température et le poids de la ruche. Les données sont ensuite transmises au système embarqué. Dès que le système embarqué les reçoit, il traite les données, sélectionne celles qui sont valides et les envoie au serveur soit par le réseau sans fil (2G ou 3G), soit par le réseau téléphone si besoin. Une fois que le serveur reçoit les données, elles sont traitées et stockées dans une base de données sécurisée. Une représentation sous forme de graphiques permet une vision pratique et exploitable des informations par l'apiculteur.

Quand les mesures effectuées dépassent certains critères, par exemple, si la température est plus élevée que la température maximum pour la ruche, le serveur



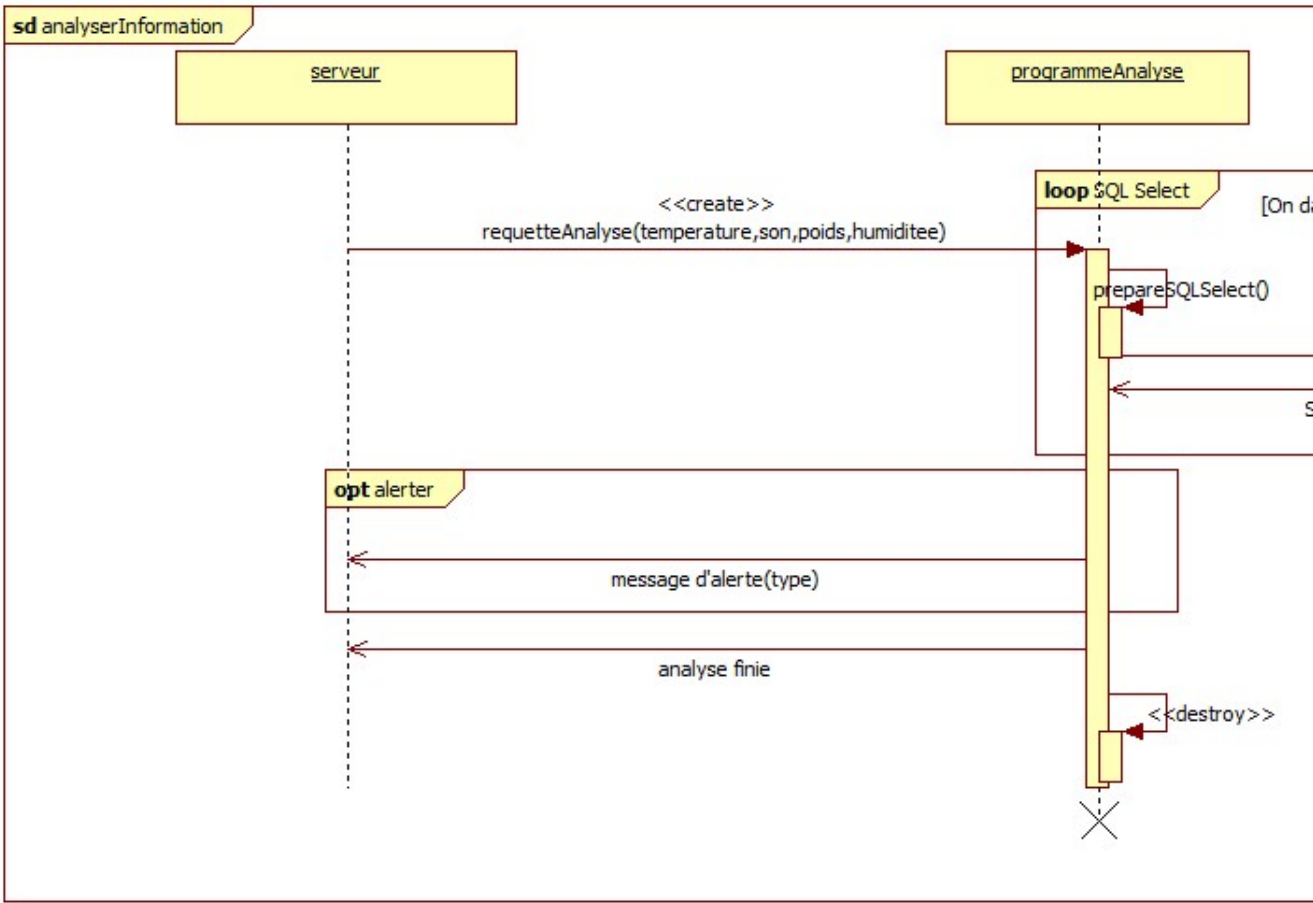


FIGURE 4.6 – Diagramme de spécification des comportements

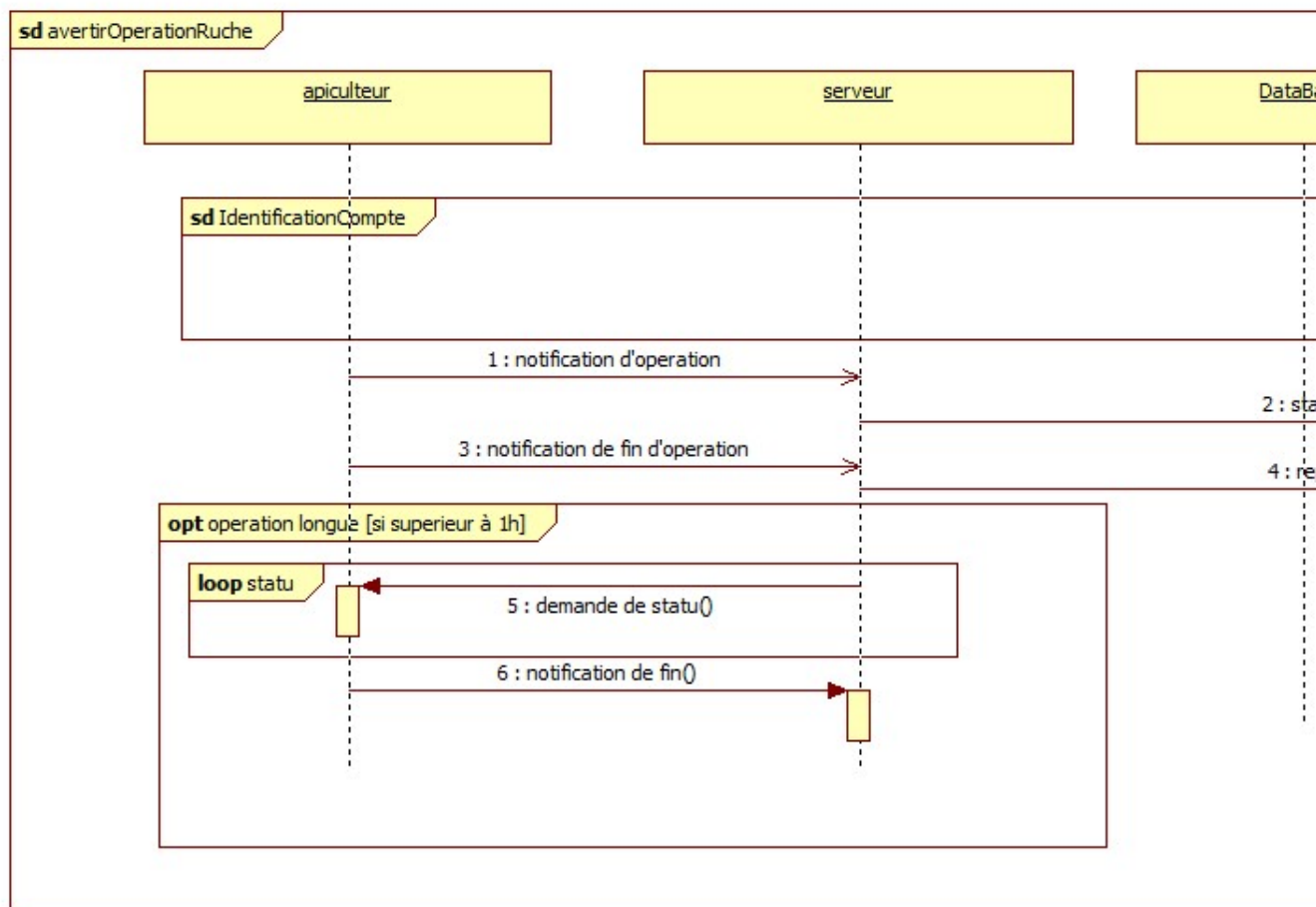


FIGURE 4.7 – Diagramme de spécification des comportements





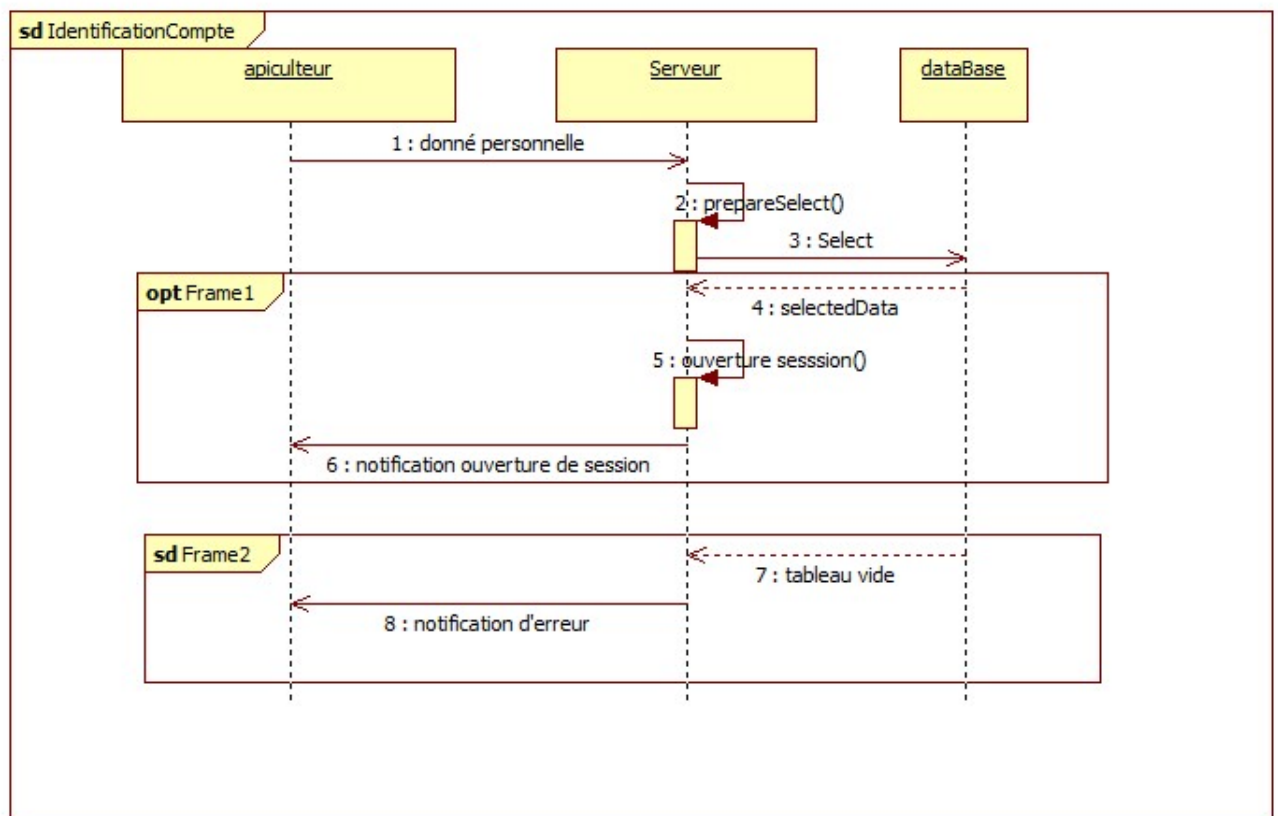


FIGURE 4.9 – Diagramme de spécification des comportements

# Chapitre 5

## Architecture fonctionnelle

L'étude de la spécification fonctionnelle trois axes a permis d'établir l'architecture fonctionnelle du système qui est représentée sur la figure 5.1. Ce schéma résume les interactions entre chaque partie : Bee Monitor qui regroupe l'ensemble des capteurs, la carte Arduino ainsi que la carte SSD pour l'enregistrement local des données, le module de transmission et le système d'alimentation rendant notre projet autonome en énergie et le serveur. Chaque acteur interagissant avec le système y sont également représentés : Les abeilles/ruche, l'apiculteur et l'environnement.

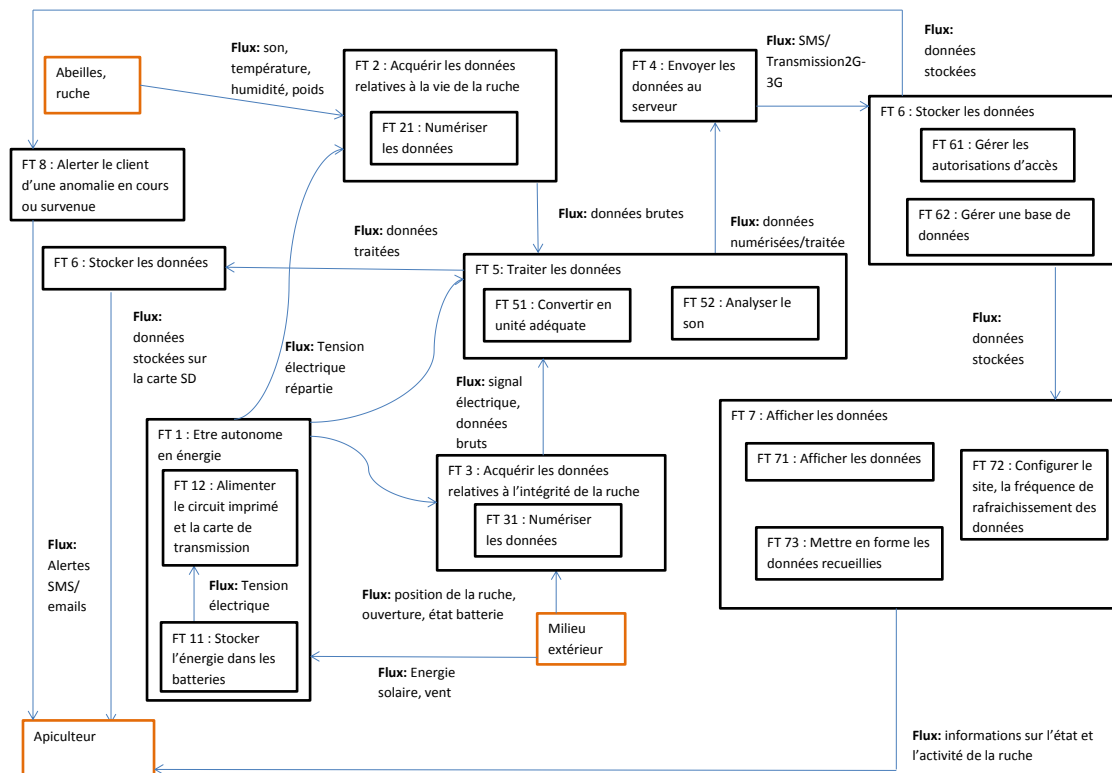


FIGURE 5.1 – Architecture fonctionnelle



# Troisième partie

## Implémentation



# Chapitre 6

## Architecture physique

### 6.1 Architecture physique

### 6.2 Structure de découpage du projet

Structure de découpage du projet, ou Work Breakdown Structure (WBS) en anglais, est un diagramme hiérarchique, axée sur les tâches et activités que l'équipe de projet doit exécuter pour atteindre les objectifs du projet.

Dans cette partie nous allons analyser nos tâches. Elles sont divisés en deux parties : Serveur et Arduino. La partie serveur comprend tout qu'est lié au développement du site et les scripts qui contrôlent les logiciels, les backups et l'obtention de données. La partie arduino comprend tous les capteurs et modules, l'énergie et les scripts de contrôle des capteurs et manipulation des données.

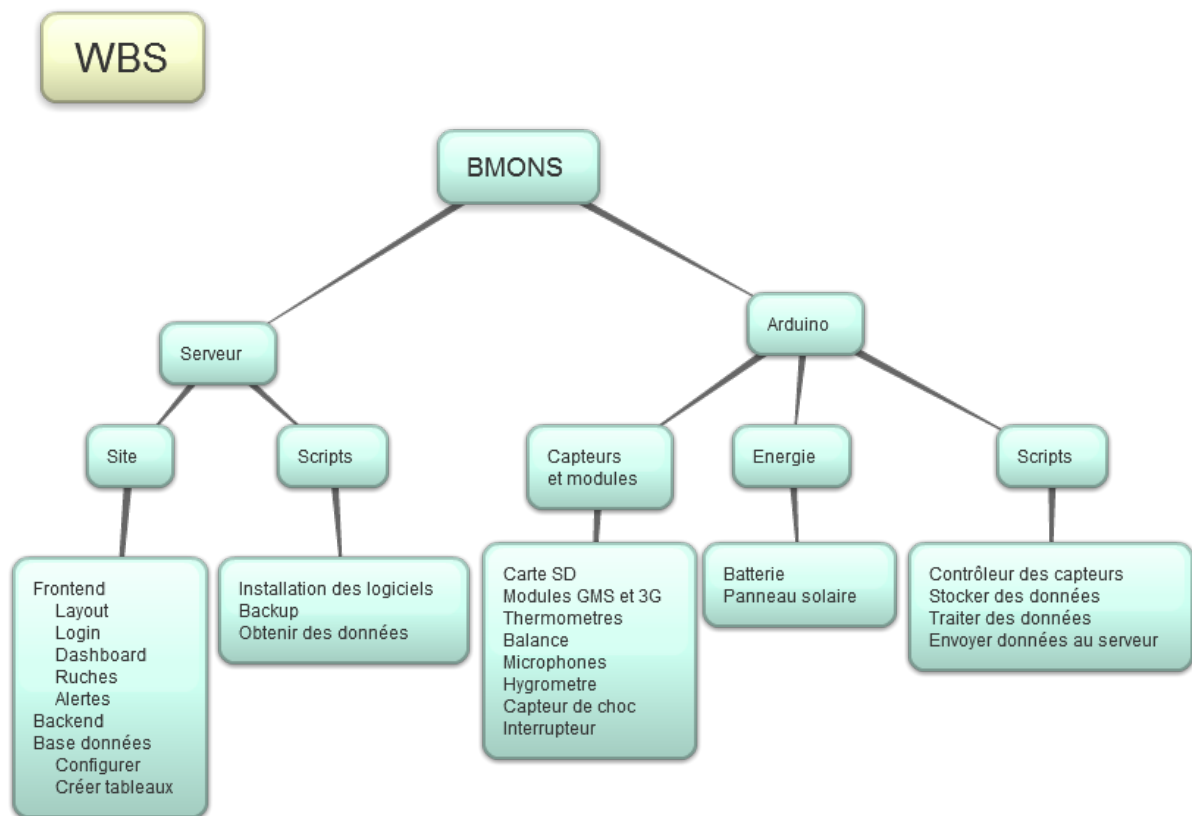


FIGURE 6.1 – Structure de découpage du projet du système BMONS



# Quatrième partie

## Organisation



# Chapitre 7

## Méthodes de travail

Méthodes de travail Organisation temporelle, spatiale, humaine interactions  
des membres de l'équipe projet interactions avec les encadrants interactions avec  
les tiers



# Chapitre 8

## Outils pour les échanges

Quels sont les outils qui nous permettent de travailler ensemble ?



# Chapitre 9

## Répartition des tâches dans le temps

WBS et diagramme de Gantt





# Cinquième partie

## Journal du projet



# Chapitre 10

## Choix et justifications

### 10.1 Choix des capteurs

Après avoir réalisé l'état de l'art pour notre système de surveillance d'une ruche, nous nous sommes ensuite intéressés aux capteurs que nous allons employer.

#### Capteur de température

Nous avons choisis un capteur de température identique pour recueillir la température interne et externe de la ruche. Il s'agit d'une thermistance NTC boîtier Goutte Radial 1000 ohms sortie fil de cuivre émaillé 1 pc(s). Ce dernier possède une gamme de mesure comprise entre -40 C et 100 C ce qui correspond bien aux exigences discutées avec le client (Voir tableau des exigences). Le capteur placé à l'extérieur nous renseignera sur les conditions météorologique et expliquer une éventuelle diminution de la production de miel par exemple. Celui placé à l'intérieur nous donnera une idée de l'isolation de la ruche en hiver et de sa ventilation en été.

#### Capteur d'humidité

On a choisit d'inclure ce capteur dans notre système compte tenu des résultats de l'état de l'art. Néanmoins, après discussion avec le client, cette option n'est pas primordiale pour un apiculteur.

#### Capteur de pression

Les capteurs de pression vont nous permettre de récupérer le poids de ruche et surtout celui des hausses pour avertir l'apiculteur de la quantité de miel produite. Pour se faire, le projet Bzzz développé par le Fablab de Lannion a prévu d'utiliser deux sachets de "Pompote" remplis d'eau sucrée pour éviter les variations de pression atmosphérique, le gel et l'évaporation. Cependant, après avoir pris conscience de l'importance de la localisation de la grappe, nous avons pensé installer deux capteurs de pression par cadre (au niveau de chaque extrémité) soit 20 au total mais cette solution s'est avérée être difficile à mettre en place à cause de la surface sur laquelle repose les cadres (simple lamelle en métal). Après discussion avec le client, nous avons finalement opté pour la confection d'un cadre en bois aux même dimensions de la ruche dans lequel se trouveront les capteurs de pression. L'utilisateur décidera de l'endroit où le placer en fonction des données qu'il veut récupérer. On pourra aussi utiliser ce capteur pour détecter l'ouverture du couvercle à cause du vent.

#### Tilt sensor

Ce capteur permet de savoir si la ruche a reçu un choc ou si elle a été déplacé. Il renvoie une information binaire qui pourra être couplée avec les données de la carte GPS et ainsi avertir l'apiculteur en cas de détérioration, renversement ou vol de la ruche. Ce dernier événement étant de plus en plus fréquent. Nous avons choisi le TikerKit Tilt Sensor.

#### Microphone

L'utilisation d'un microphone s'est imposée comme une nécessité dans la surveillance d'une ruche car il permet de recueillir des données pouvant avertir l'apiculteur sur plusieurs types d'évènements. En effet, grâce à ce dernier, on pourra détecter la présence d'abeilles dans la ruche notamment en hiver et éventuellement recueillir la source du bourdonnement et ainsi localiser la grappe approximativement. On pourra aussi détecter les prémices d'un essaimage en percevant le champs d'une raine caractéristique de ce type d'évènement. Cette information pourra ensuite être couplée avec les données des capteurs de pression et confirmer l'essaimage en cours si le poids chute brutalement. Nous avons choisi le Capsule micro pour CI 2 V/DC sensibilité 44 dB - 3 dB 100 - 10000 Hz.

# Chapitre 11

## Résultats et analyses

analyse des tests et des performances analyse des échecs, des décalages et des retards Que reste-t-il à faire ? Comment ?



Chapitre 12

Conclusion





## Sixième partie

### Annexes



## Annexe A

### Première annexe



## Annexe B

### Deuxième annexe



Annexe C

Troisième annexe





# Références bibliographiques

- [1] Apidictor. <http://www.beesource.com/build-it-yourself/apidictor/>. Accessed : 2014-12-15.
- [2] Arnia remote hive monitoring. <http://www.arnia.co.uk/>. Accessed : 2014-12-01.
- [3] Open source beehive. <http://www.opensourcebeehives.net/>. Accessed : 2014-12-01.
- [4] AFIS : Accueil - notre métier : L'ingénierie système. <http://www.afis.fr/nm-is/default.aspx>, 2010. Accédé le 30 août 2014.
- [5] Denis BITOUZÉ et Jean-Côme CHARPENTIER : *LATEX, l'essentiel*. Pearson Education France, 2010.
- [6] Bernard DESGRAUPES : *LATEX : apprentissage, guide et référence*. Vuibert informatique, 2003.
- [7] fablab LANNION : Bzzz : Suivi des ruches. [http://fablab-lannion.org/wiki/index.php?title=Suivi\\_des\\_ruches](http://fablab-lannion.org/wiki/index.php?title=Suivi_des_ruches). Accessed : 2014-12-01.
- [8] Meyer KEN : Honeybee hive monitoring. <http://hackaday.io/project/1741-honeybee-hive-monitoring>. Accessed : 2014-12-01.
- [9] Leslie LAMPORT : *LT<sub>E</sub>X—A Document*, volume 410. pub-AW, 1985.
- [10] Noël-Arnaud MAGUIS : *Rédigez des documents de qualité avec LaTeX*. Livre du Zéro, 2010.
- [11] Noël-Arnaud MAGUIS : Rédigez des documents de qualité avec latex. <http://fr.openclassrooms.com/informatique/cours/redigez-des-documents-de-qualite-avec-latex>, 2013. Accédé le 30 août 2014.
- [12] Fabrizio SEBASTIANI : Machine learning in automated text categorization. *ACM computing surveys (CSUR)*, 34(1):1–47, 2002.



