PROJET B-HIVE

Rapport descriptif

Ismaël COSTEL
Steven EA
Lorette DAUSSY
Alexia TRAN

Année 2020-2021

SOMMAIRE

Introduction **2**

I - Présentation générale du projet **2**

Contexte 2

Problématique 2

Contraintes 2

Enjeux 3

Acteurs 3

II - Notre solution **4**

Paramètres étudiés 4

Technologies et composants choisis 5

III - Déroulement du projet et résultats **6**

Organisation du projet 6

Difficultés rencontrées 7

Dispositif final 7

Résultats 9

Conclusion **10**

Sources 11

Introduction

Nous sommes une équipe de quatre étudiants en quatrième année d'école d'ingénieur à Polytech Sorbonne. Nous avons réalisé un projet de septembre 2020 à janvier 2021 que nous avons appelé "B-Hive". Le but de ce projet est de permettre à un apiculteur de surveiller l'état de sa ruche grâce à un système embarqué. Nous avions pour cela environ cinq mois et un budget de prototypage de 200 €.

I - Présentation générale du projet

a) Contexte

Depuis une vingtaine d'années, la mortalité des abeilles est devenue très inquiétante, passant d'un taux normal de 10 % à 30-35 % en moyenne aujourd'hui. Ce taux, déjà très élevé, peut atteindre 50 % en hiver. Pour cette raison, 30 à 40 % des colonies ont été décimées en moins de 10 ans en Europe.

Cette surmortalité est due à des facteurs que l'on peut classer en deux catégories : les facteurs sur lesquels l'apiculteur ne peut pas agir (pesticides aux alentours, dérèglement climatique…) et d'autres sur lesquels il peut parfois agir (ruche reversée, entrée d'un prédateur dans la ruche…).

b) Problématique

Une solution pour remédier au problème de la surmortalité des abeilles, en agissant sur les facteurs sur lesquels l'apiculteur peut avoir une influence, est de faire de l'acquisition de données dans les ruchers à l'aide de systèmes embarqués. Ces dispositifs permettent à l'apiculteur de surveiller ses ruches et de réagir au plus vite et de façon appropriée en cas de besoin. L'objectif de notre projet est ainsi de proposer un système embarqué permettant d'aider à la conduite de ruches. Ce système a donc pour but de permettre à la fois de lutter contre la surmortalité des abeilles et de donner la possibilité à l'apiculteur d'optimiser sa production de miel. De plus, il ne faut pas ouvrir une ruche en hiver car cela risque de tuer les abeilles, le système a donc également pour but de permettre à l'apiculteur de connaître l'état de sa ruche pendant la période hivernale.

c) Contraintes

Le dispositif final doit respecter un certain nombre de contraintes :

- Le système doit être simple d'installation, d'utilisation et de maintenance pour l'apiculteur qui n'a pas forcément de compétences en électronique et informatique.
- Il doit être autonome en énergie. En effet, l'objectif est d'installer le système dans une ruche et que celui-ci puisse fonctionner en permanence, sans que l'apiculteur ait besoin de le recharger.
- La robustesse est également un paramètre important, le dispositif devant résister aux intempéries et aux abeilles.

- Le système doit être sécurisé autant pour l'apiculteur que pour les abeilles. Il ne doit en aucun cas perturber ou détériorer l'environnement dans lequel il se trouve.
- Le système doit être aussi le plus compact possible, en particulier ce qui va se trouver dans la ruche.
- Enfin, nous avions pour ce projet un budget de prototypage de 200 € fourni par l'école.

d) Enjeux

Les enjeux de ce projet sont multiples. Le premier est écologique, le deuxième économique et le dernier scientifique.

Les trois quarts des cultures mondiales dépendent des insectes pollinisateurs. L'abeille est un des pollinisateurs principaux car elle est capable à elle seule de butiner le pollen de 250 fleurs par heure, et elle pollinise 71 des 100 espèces de plantes faisant partie de nos ressources alimentaires. L'enjeu écologique consiste donc à participer à la protection des abeilles qui sont nécessaires à la sauvegarde de notre biodiversité. Notre système doit permettre à l'apiculteur de préserver ses abeilles en lui permettant d'adapter les conditions de la ruche grâce aux données que nous lui fournirons.

De plus, la production de miel, qui dépend de la survie et du bien-être des abeilles, est un revenu principal ou secondaire pour plus de 62 000 apiculteurs en France comme nous pouvons le voir sur la figure 1.

En 2019	Apiculteurs		Ruches	
	Nombre	%	Nombre	%
Apiculteurs producteurs familiaux (1 à 49 ruches)	57 523	92,1 %	485 072	31 %
Apiculteurs pluri-actifs (50 à 149 ruches)	2 349	3,7 %	197 250	12 %
Apiculteurs professionnels (150 ruches et plus)	2 593	4 %	901 951	57 %
TOTAL France	**62 445**	**100 %**	**1 584 273**	**100 %**

Figure 1 : Le nombre d'apiculteurs en France et la répartition des ruches
source : ADA FRANCE

L'enjeu économique consiste donc à aider les apiculteurs dans leur travail et idéalement de leur permettre d'augmenter leurs revenus.

Enfin, en plus de ces deux enjeux qui concernent l'apiculteur et ses ruches, il y a un dernier enjeu qui nous concerne nous qui travaillons sur ce projet : un enjeu scientifique. Le but de ce projet est de proposer des solutions innovantes pour répondre à notre problématique qui représente un problème mondial : la surmortalité des abeilles. Nous pouvons pour cela étudier les paramètres de l'environnement des abeilles de notre choix, et également utiliser des composants et technologies variées, tout en respectant les contraintes du projet.

e) Acteurs

Notre équipe, que vous pouvez voir sur la figure 2, est composée d'Ismaël COSTEL, de Lorette DAUSSY, de Steven EA, et d'Alexia TRAN.

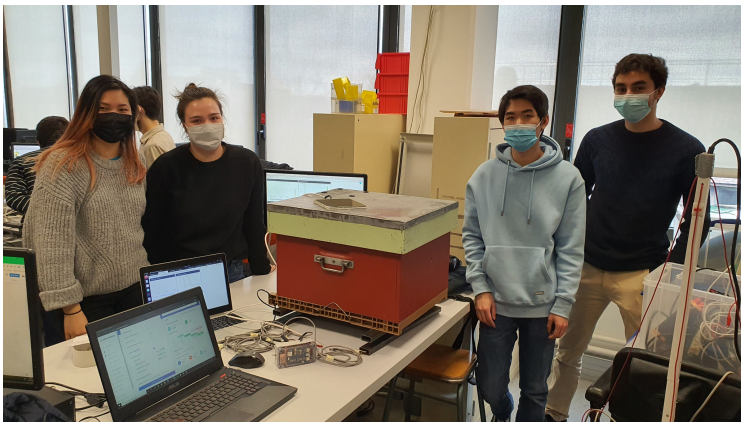

Figure 2 : De gauche à droite Alexia TRAN, Lorette DAUSSY, Steven EA et Ismaël COSTEL

Nous sommes 4 élèves en quatrième année d'école d'ingénieur à Polytech Sorbonne. Dans le cadre de nos études, nous étudions l'électronique et l'informatique appliqués aux systèmes embarqués. De septembre 2020 à janvier 2021 nous avons travaillé sur un projet que nous avons appelé B-Hive. Ce travail entrait dans le cadre de nos études et était encadré par M. Yann DOUZE. Nous avons également pu bénéficier, tout au long du projet, de l'expertise technique de M. Sylvain VIATEUR et du soutien de M. Tarik LARJA en ce qui concerne la gestion de projet. Notre client était M. Jacky BOISSEAU, un apiculteur amateur. Nous avons pu échanger avec lui plusieurs fois pour comprendre ses besoins et répondre à ses questions. À l'issue de cinq mois de travail, nous lui avons confié notre système final en janvier 2021, et ce dernier est depuis installé et en fonctionnement dans une de ses ruches, au rucher école de Plaisir.

II - Notre solution

a) Paramètres étudiés

Tout d'abord, nous avons choisi d'étudier des paramètres bien précis de l'environnement des abeilles. Ce sont les paramètres qui nous ont semblé les plus pertinents à surveiller après avoir fait une étude bibliographique détaillée sur la question du mode de vie, des besoins et des facteurs de mortalité des abeilles domestiquées. Ces paramètres étaient :

- la température à l'intérieur de la ruche,
- l'humidité à l'intérieur de la ruche,
- le son à l'intérieur de la ruche (pour savoir s'il y a des abeilles dans la ruche et s'il y a une reine),
- la température à l'extérieur de la ruche,
- l'humidité à l'extérieur de la ruche,
- le poids de la ruche.

b) Technologies et composants choisis

Après de nouvelles recherches bibliographiques, nous avons fait des choix pour notre système.

Premièrement, nous avons pris la décision d'utiliser la technologie Sigfox pour envoyer les données récupérées au niveau du rucher à l'apiculteur. Sigfox consomme peu et permet d'envoyer des messages assez fréquemment, comme nous en avons besoin.

Nous avons aussi choisi d'utiliser la plateforme Ubidots pour afficher les données récupérées grâce à nos capteurs. Ubidots est une plateforme gratuite pour les projets non commerciaux. Elle permet d'afficher des données sous forme de graphiques ou de jauges et de les regrouper sur un "tableau de bord", ce qui est très facile à comprendre comme nous pouvons le voir sur la figure 3.

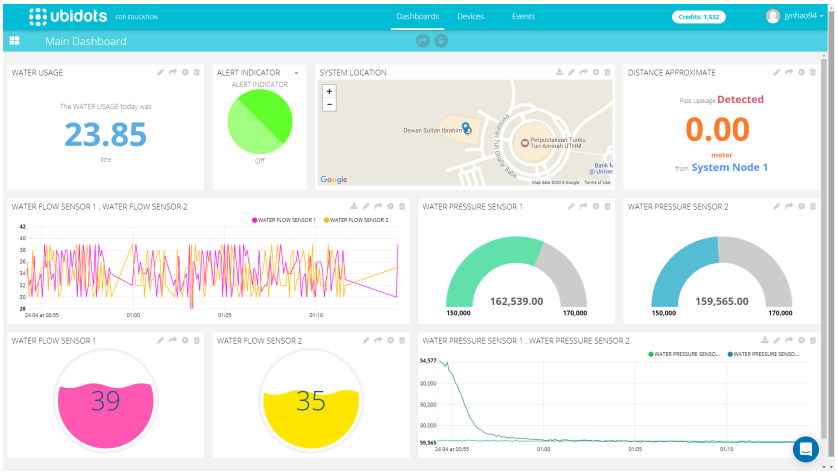

Figure 3 : Exemple d'un tableau de bord sur Ubidots
source : Ubidots

Nous avons choisi d'utiliser seulement des graphiques afin que l'apiculteur puisse avoir un historique de chacune des valeurs étudiées.

De plus, nous avons fait le choix d'envoyer des alertes par mail à l'apiculteur en cas de problème urgent (par exemple si la ruche n'est plus sur son support), cela est également possible via Ubidots.

Ensuite, nous avons choisi les différents composants et capteurs permettant de surveiller les paramètres que nous voulions étudier.

- Tout d'abord nous avons choisi le microcontrôleur STM32 Nucleo L432KC car nous connaissions les cartes STM32 et étions habitués à programmer sur Mbed. Cette carte comporte également un grand nombre de pin.
- En ce qui concerne la température dans la ruche, nous avons décidé de mettre quatre capteurs à l'intérieur de la ruche pour avoir une température moyenne plus précise. Nous avons pris des sondes DS18B20, qui ont fait leurs preuves lors de projets similaires. Ce sont des capteurs ayant un cordon de 90 cm, ce qui est pratique puisque notre microcontrôleur est en dehors de la ruche et que ces capteurs doivent être à l'intérieur. Ils sont également peu chers (7,95 € TTC).
- Nous avons choisi le DHT22 car c'est un capteur à la fois de température et d'humidité. Il est peu cher (10,20 € TTC) et à une grande plage de mesures pour la température (-40 à +80 °C).

- Pour connaître le poids, nous avons choisi d'utiliser une jauge de contrainte. Le modèle nous a été conseillé par nos professeurs.
- Pour étudier le son, nous avons fait le choix d'étudier la piste de l'intelligence artificielle et du machine learning. Nous avons choisi d'utiliser en premier lieu la carte STM32L4 Discovery kit et Edge Impulse. Edge impulse est une plateforme gratuite pour les développeurs et accessible à des personnes n'ayant pas particulièrement de connaissances en ce qui concerne le machine learning (ce qui était notre cas).

  Nous avons commandé un micro-cravate conseillé par nos professeurs pour faire l'acquisition du son.
- Nous avons aussi décidé de faire un circuit imprimé pour avoir un système robuste et donc fiable dans le temps.
- En ce qui concerne le chargement et l'autonomie, nous avons choisi de prendre une batterie et un panneau solaire SOL3W pour que le système soit complètement autonome. Nous avons pris une batterie Accu Li-Ion 3,7 V 1050 mAh avec la carte Lipo Rider Pro pour la recharger. La carte permet de recharger la batterie par USB pour notre phase de tests et de la recharger grâce à une cellule solaire ensuite.

III - Déroulement du projet et résultats

a) Organisation du projet

Notre projet a commencé le 21 septembre 2020 et s'est achevé le 18 janvier 2021 lorsque nous avons donné notre système à M Jacky BOISSEAU pour qu'il l'installe dans une de ses ruches.

Nous avions 112 h réservées à ce projet dans notre emploi du temps. Nous avons divisé notre travail en quatre phases.

Tout d'abord, du 21 septembre au 5 octobre 2020 nous avons travaillé sur la recherche bibliographique et sur l'état de l'art et nous avons choisi les composants et technologies à utiliser mentionnés précédemment. Il nous a fallu étudier le mode de vie des abeilles, les paramètres pouvant avoir une influence sur leur mortalité et sur leur production de miel que nous pouvions mesurer, et enfin de faire des recherches sur les systèmes déjà existants permettant de monitorer des ruches.

Ensuite, lors de la deuxième phase, du 5 octobre au 19 octobre 2020, nous avons réalisé un premier prototype sur Labdec composé de l'antenne Sigfox et des capteurs de température et d'humidité. Nous avons aussi commencé à observer les résultats de nos mesures sur Ubidots. De plus, nous avons commencé à faire des premiers tests sur Edge Impulse pour étudier le son à l'aide de bibliothèques en ligne de sons de ruches.

Du 19 octobre au 23 novembre, nous avons fini les tests sur Labdec avec tous les capteurs et réalisé notre premier PCB. Nous avons également implémenté nos codes de détection d'abeilles et de reines sur la carte IoT Discovery Kit.

Enfin, entre le 23 novembre 2020 et le 18 janvier 2021, nous avons réalisé des tests de consommation et créé un nouveau PCB, plus compact et plus économe en énergie. Nous avons aussi mis en place les alertes par mail pour l'apiculteur. Nous avons réalisé différentes phases de tests sur le terrain, dans le rucher école de Plaisir, à partir du 24

novembre. Cela nous a permis de mettre en lumière certains problèmes que nous avons réglés par la suite.

Le 18 janvier 2021, nous avons présenté notre projet et notre système à quatre apiculteurs. Nous avons donné notre système à M Jacky BOISSEAU en lui expliquant son fonctionnement et en lui fournissant une notice d'utilisation et de maintenance.

En ce qui concerne la répartition du travail au sein de l'équipe, nous nous sommes d'abord attribué des rôles : Ismaël COSTEL était le chef de projet, Lorette DAUSSY la responsable budgétaire, Steven EA le gestionnaire des risques et Alexia TRAN la responsable communication. À partir de novembre environ, Ismaël COSTEL et Steven EA se sont concentrés sur la partie IA alors que Alexia TRAN et Lorette DAUSSY ont travaillé sur les PCB et sur l'amélioration du système après les tests sur le terrain.

b) Difficultés rencontrées

Lors de notre projet, nous avons rencontré plusieurs problèmes que nous avons essayé de contourner au mieux.

Lors de notre premier test sur le terrain nous nous sommes aperçus que le capteur DHT22 était trop gros pour rentrer dans la ruche sans déranger les abeilles. Nous avons donc enlevé de notre système le DHT22 que nous voulions mettre dans la ruche.

Nos tests dans le rucher école nous ont également permis de nous rendre compte que notre premier système consommait bien trop d'énergie. Nous avons donc passé l'alimentation de notre système de 5 V à 3,3 V grâce à une LDO, nous avons utilisé un composant appelé TPL5110 et nous avons pris le modèle de panneau solaire ayant un taille au-dessus de celui que nous avions initialement choisi. Il est difficile de tester ce type de système en hiver. Puisque l'ensoleillement est moindre, le potentiel du système est mal représenté.

Nous avons aussi remarqué que le microphone conseillé par nos professeurs n'était pas assez performant pour l'utilisation que nous voulions en faire. Nous avons donc changé de microphone pour un microphone à électret.

Nous avons réussi à entraîner un modèle de reconnaissance sonore d'abeilles et de reines et à l'implémenter sur la carte STM32L4 Discovery kit. Nous avons eu la chance de pouvoir avoir un entretien avec M. Aurélien LEQUERTIER, ingénieur à Edge Impulse qui nous a donné de précieux conseils. Cependant, nous ne sommes pas parvenus à l'implémenter sur la carte STM32 de notre projet, faute de documentation sur le sujet.

c) Dispositif final

Notre dispositif final est composé d'un microcontrôleur, de quatre capteurs de température pour l'intérieur de la ruche, d'un capteur température/humidité pour l'extérieur de la ruche, d'une jauge de contrainte à mettre sous la ruche, d'une batterie, d'une carte permettant de recharger la batterie et d'un panneau solaire à mettre au dessus de la ruche. Le schéma électronique de notre système est représenté sur la figure 4.

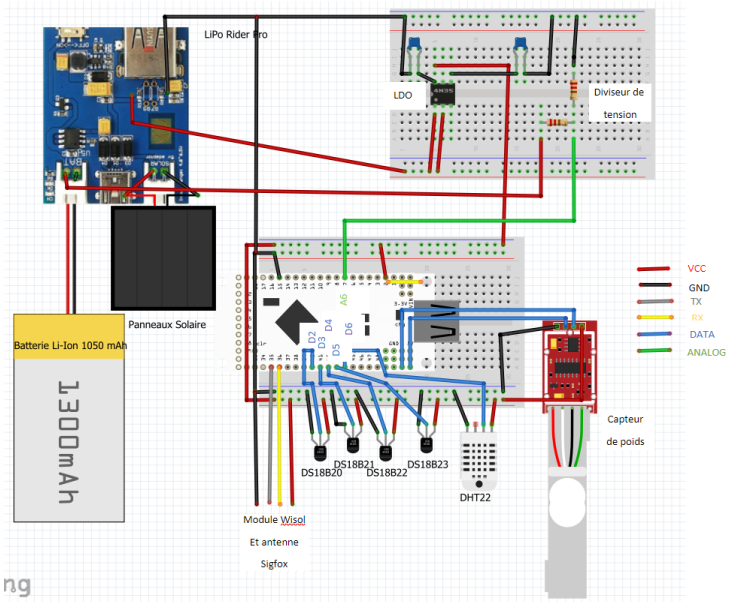

Figure 4 : Schéma électronique de notre système final fait sur Kicad

Tous ces composants sont soudés à un PBC. Le microcontrôleur, la batterie et la carte de chargement se trouvent dans une boîte fermée hermétiquement. Nous avons ajouté un interrupteur sur la boite permettant d'allumer et d'éteindre le système si besoin. Le capteur de température/humidité est également collé à cette boite. Cette boîte peut être placée sous la ruche.

Les données obtenues par les capteurs et envoyées via SIgfox sont visualisables par l'apiculteur sous forme de graphiques sur son tableau de bord Ubidots. Il reçoit également des mails dans le cas de problèmes urgents :

- Si la température à l'intérieur de la ruche est supérieure à 39°C car les abeilles ne peuvent pas survivre à une température supérieure à 39°C.
- Si le poids sur la jauge de contrainte est inférieur à 5 kg car cela signifie que la ruche est tombée ou s'est faite voler.

Ce système respecte l'intégralité des contraintes du projet :

- Il est simple d'utilisation pour l'apiculteur qui a juste à installer les composants dans sa ruche et à l'allumer l'interrupteur pour que le système soit en fonctionnement. Il dispose ensuite d'une notice d'utilisation pour configurer Ubidots (notamment mettre son adresse mail). Il peut ensuite observer à tout moment les courbes renvoyées par les capteurs sur son téléphone, sa tablette ou son ordinateur.
- Notre système est complètement autonome en énergie grâce à la batterie et au panneau solaire.
- Il est robuste car nous avons mis les cartes et la batterie dans une boite hermétique, et que les autres composants sont solides et résistants à l'eau.
- Notre système est sécurisé, il ne comporte aucune partie pouvant blesser l'apiculteur et la batterie est protégée dans la boîte.
- Il est aussi très compact, la boîte a les dimensions suivantes : 119 x 65 x 26 mm.
- Nous avons également respecté le budget donné par notre école.

d) Résultats

Notre système est installé depuis le 30 janvier dernier dans une ruche du rucher école de Plaisir, comme vous pouvez le voir sur la figure 5.

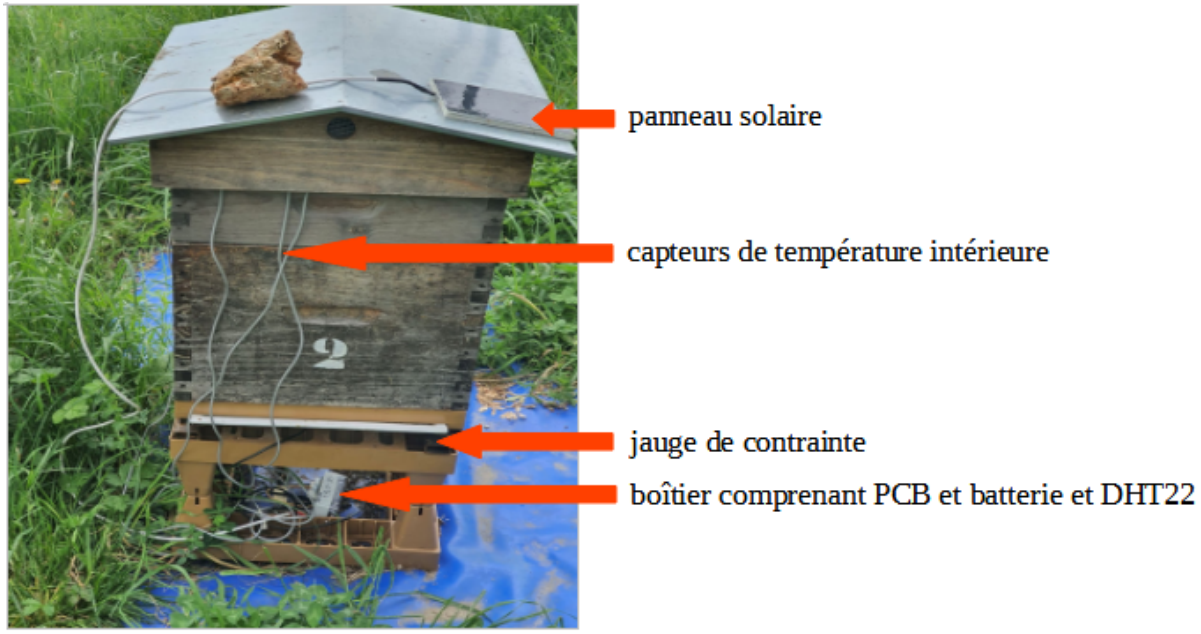

Figure 5 : notre dispositif dans la ruche, samedi 8 mai 2021

Sur Ubidots l'apiculteur peut observer l'évolution de sa ruche comme sur la figure 6.

Figure 6 : Données renvoyées par notre système durant la semaine du 19 au 26 avril 2021

Nous pouvons voir qu'un de nos capteurs de température intérieure (courbe orange du graphique "Température intérieure") n'a jamais fonctionné, probablement parce qu'il a été malencontreusement débranché par l'apiculteur lors du transport ou de l'installation. Cela ne pose pas de problème étant donné qu'il y a trois autres capteurs de température dans la ruche.

Nous remarquons également que le poids de la ruche augmente fortement lorsque les températures extérieures augmentent.

Le système fonctionne sans intermittence depuis son installation comme nous pouvons le voir par exemple par rapport à la mesure du poids sur la figure 7.

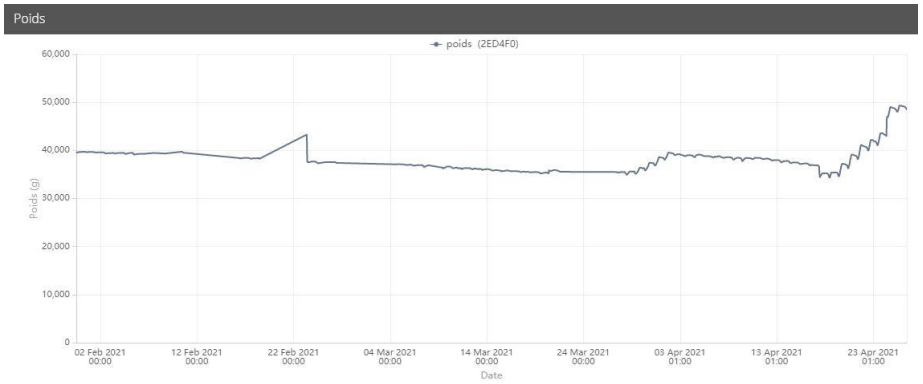

Figure 7 : Graphique de l'évolution du poids du 30 janvier au 26 avril 2021

En ce qui concerne la partie analyse du son, nous avons réussi à l'implémenter sur la carte STM32L4 Discovery kit avec une fiabilité assez satisfaisante comme nous pouvons le voir sur la figure 8.

	BEE	NO BEE	NO QUEEN BEE	QUEEN BEE
BEE	43.2%	0%	14.4%	42.4%
NO BEE	0.5%	99.3%	0%	0.2%
NO QUEEN B...	6.3%	0%	78.5%	15.2%
QUEEN BEE	7.2%	0%	11.9%	80.9%
F1 SCORE	0.48	1.00	0.80	0.77

Figure 8 : Matrice de confusion obtenue sur Edge Impulse

Nous avons écrit un article sur Hackster.io intitulé "B-Hive" pour partager notre projet avec d'autres personnes qui pourraient être intéressées par notre travail pour réaliser leurs propres projets.

Conclusion

Nous avons réussi, après cinq mois de travail, à développer un système embarqué, autonome, simple d'utilisation et peu cher permettant à un apiculteur de surveiller l'état de ses ruches à distance. En parallèle, nous avons développé un algorithme de machine learning permettant de savoir si une ruche contient des abeilles et s'il y a une reine. Notre système est maintenant en utilisation dans une ruche depuis janvier.

Sources

méthode rapport de projet :
https://web.umons.ac.be/app/uploads/sites/37/2018/06/Guide-El%C3%A9mentaire-pour-la-R%C3%A9daction-dun-Rapport-de-Projet.pdf
pollinisation abeilles :
https://www.apiculture.net/blog/mieux-comprendre-pollinisation-abeilles-n115
apiculteurs en france :
https://www.adafrance.org/dvpt-apicole/apiculture-chiffres.php
Ubidots :
https://www.ubidots.com/
Edge Impulse :
https://www.edgeimpulse.com/
notre article sur Hackster.io :
https://www.hackster.io/dect/b-hive-a14efa