

## EI4 FISA : Projet Système Embarqué IoT

L'objectif de ce projet est de développer un dispositif complet qui permet de mesurer plusieurs grandeurs physiques et de les rendre disponible à travers une Interface Homme Machine (IHM) sur une application internet. Ce projet doit permettre de récupérer et mettre en forme des données mesurées par des capteurs et ensuite les envoyer sur un serveur (Cloud) grâce à une technologie longue portée et basse consommation (LPWAN).

### Sujets des projets 2024-2025 :

- Smart Farming : Monitoring de plantes dans la serre géodésique
- Open Ruche : Monitoring d'une ruche d'abeille

### 1. Smart Farming : Monitoring de plantes dans la serre géodésique

#### 1.1 Description générale du projet

Ce projet consiste à développer un **système IoT (Internet of Things)** permettant de **surveiller les paramètres environnementaux** essentiels dans une **serre géodésique** afin d'optimiser les conditions de croissance des plantes. La serre géodésique, par sa forme unique, offre des avantages en termes de répartition de la lumière, de gestion thermique et de résistance structurelle, mais pour maximiser son efficacité, il est nécessaire de suivre en temps réel les **conditions du sol** et de **l'atmosphère intérieure**.

Le système doit permettre de collecter des données sur des paramètres tels que :

- La **température**
- L'**humidité** de l'air
- Le **taux de CO2**
- L'**humidité du sol**
- L'**intensité lumineuse**
- La **pression atmosphérique**

L'ensemble des données collectées doit être envoyé à une **interface utilisateur** permettant de suivre l'évolution des conditions, d'identifier d'éventuels problèmes, et d'optimiser les pratiques agricoles.

#### Objectif principal du projet

L'objectif de ce projet est de :

- **Créer un système de monitoring autonome** capable de suivre les paramètres environnementaux dans une serre géodésique.
- **Détecter les anomalies** ou écarts par rapport aux seuils recommandés pour les cultures spécifiques.
- **Alerter en temps réel** les utilisateurs en cas de problème (via notifications mobiles ou web).
- **Optimiser la gestion des ressources** (eau, lumière, ventilation) grâce à des données précises.

## 1.2. Spécifications techniques du projet

### *Capteurs à intégrer dans le système IoT*

Le projet nécessite l'intégration de différents capteurs pour mesurer les variables environnementales importantes :

| Paramètre              | Type de capteur           | Plage de mesure    | Précision |
|------------------------|---------------------------|--------------------|-----------|
| Température            | Capteur de température    | -40°C à +80°C      | ± 0,5°C   |
| Humidité de l'air      | Capteur d'humidité        | 0 % à 100 % HR     | ± 2 %     |
| Humidité du sol        | Capteur d'humidité du sol | 0 % à 100 %        | ± 5 %     |
| CO2                    | Capteur de CO2            | 0 à 5000 ppm       | ± 50 ppm  |
| Intensité lumineuse    | Capteur de lumière (Lux)  | 0 à 65 535 lux     | ± 1 lux   |
| Pression atmosphérique | Capteur de pression       | 300 hPa à 1100 hPa | ± 1 hPa   |

Autonome : Batterie LiPo rechargeable et panneaux solaires comme source d'énergie.

Communication des informations par réseau LPWAN (LoRAWAN)

Envoi des données toutes les 10 minutes (éventuellement paramétrable)

Bouton on/off

LED ou Buzzer qui s'allume quelques secondes au démarrage du système ou alors génération d'un son.

Affichage des données sous forme graphique sur une application internet : Ubidots STEM ou serveur perso avec InfluxDB, Graphana ou NodeRed.

### **Niveau d'exigence forte :**

- Humidité du sol à 10 cm de profondeur (précision 1 % , résolution 0,1 % , intervalle entre 0 et 100 %). La calibration doit être faite en laboratoire (pas de calibration au démarrage) .
- Température du sol à 10 cm de profondeur (Précision 0,5 °C, résolution 0,1 °C, intervalle entre -20 °C et 85 °C).
- État de la batterie exprimée en pourcentage (Précision 1 % , résolution 1 %)
- Capteurs d'humidité dans la serre (Précision 2%, résolution 0,1 % , intervalle entre 0 et 100%)
- Capteurs de température dans la serre (Précision 0,5 °C, résolution 0,1 °C, intervalle entre - 20 °C et 85 °C).
- Luminosité exprimée en lux.

### **Niveau d'exigence moyen :**

- Humidité du sol sur 3 niveaux de profondeur 10 cm, 20 cm et 30 cm (précision 1 % , résolution 0,1 % , intervalle entre 0 et 100 %). La calibration doit être faite en laboratoire (pas de calibration au démarrage) .
- Taux de Co2 dans la serre exprimé en ppm (0 à 5000 ppm, précision de 50 ppm)
- Luminosité exprimée en lux dans les différents spectres de couleurs
- Changer les paramètres du système depuis l'application web par des downlinks :
  - Changer la fréquence d'envoi (1 minutes à 60 minutes par pas de 1 minute)
  - Calibration des capteurs ( températures, humidité, etc..)

### **Niveau d'exigence faible :**

- Plusieurs capteurs d'humidité pour mesurer plusieurs zones (communication avec ou sans fil).

- Température extérieure de la serre, (précision 0,5 °C, résolution 0,1 °C)
- Pression atmosphérique exprimé en hPa ( 300 hPa à 1100 hPa, résolution de 1 hPa)
- Humidité à l'extérieur de la serre. (Précision 2%, résolution 1 %)

Analyse de la variation de l'humidité par Edge computing (IA embarqué)

- Phase d'arrosage en cours
- Anomalie du capteur
- Nouveau calibrage nécessaire

#### Alertes :

- Humidité
- Température
- Batterie

## 2. Open Ruche: Monitoring d'une ruche d'abeille

### 2.1 Problématique

Le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles (en anglais, « Colony Collapse Disorder » : CCD) est un phénomène de mortalité anormale et récurrente des colonies d'abeilles domestiques notamment en France et dans le reste de l'Europe, depuis les années 90.

Le phénomène prend la forme de ruches subitement vidées de presque toutes leurs abeilles, généralement à la sortie de l'hiver, plus rarement en pleine saison de butinage. Aux États-Unis, près de 25 % du cheptel a disparu au cours de l'hiver 2006-2007. De nombreux pays européens sont touchés depuis le début des années 2000. Les pertes peuvent atteindre, localement, jusqu'à 90 % des colonies. Les taux de mortalité hivernale des ruches d'abeilles domestiques, mesurés depuis l'apparition du phénomène sont quasi systématiquement supérieurs au taux d'environ 10 % observé auparavant.

Ce syndrome est jugé très préoccupant par les apiculteurs, mais aussi par de nombreux écologues, économistes et experts en raison de l'importance économique et écologique de l'abeille en tant que pollinisatrice : les pommiers, mais aussi les amandiers, les avocatiers, les cerisiers, les oignons, les concombres, le coton, l'arachide, le melon, etc. dépendent à 90 %, voire à 100 % des abeilles pour leur pollinisation. Selon l'INRA, la survie de 80 % des plantes à fleurs et la production de 35 % de la nourriture des hommes dépendent directement des pollinisateurs.

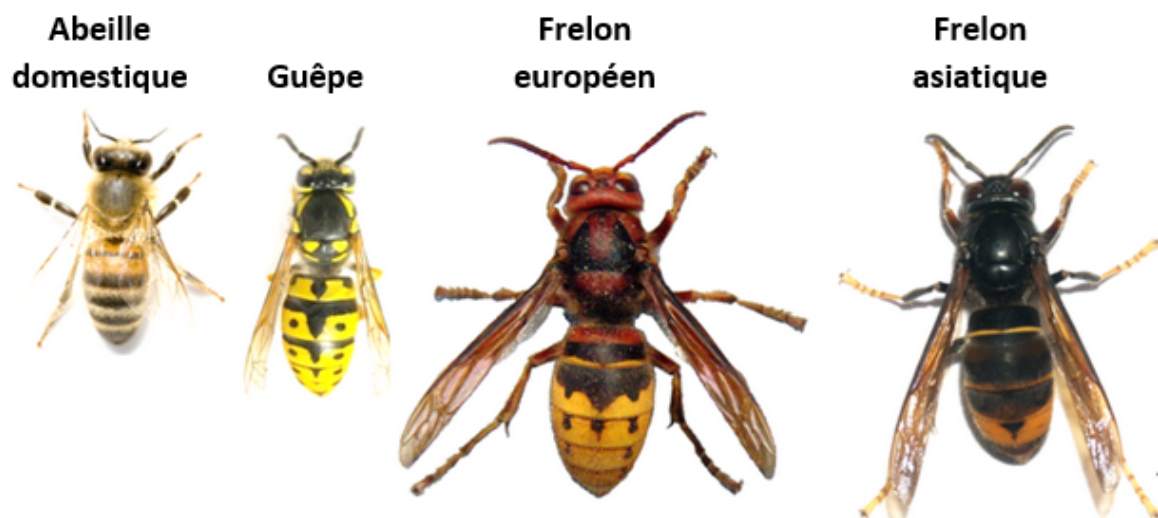
**Aujourd'hui les abeilles sont menacées par les nouveaux prédateurs (varroa et frelon asiatique), les insecticides, le vol des ruches et les changements climatiques.**

Le varroa a été signalé pour la première fois en France en 1982 et en Belgique en 1984. Cet acarien, originaire d'Asie orientale, parasite les abeilles et fait partie des causes favorisant le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles domestiques.



Le Frelon à pattes jaunes, *Vespa velutina* (souvent appelé Frelon asiatique), est un frelon invasif d'origine asiatique dont la présence en France a été signalée pour la première fois dans le Lot-et-Garonne en 2006.

Pour capturer les abeilles domestiques, il se place en vol stationnaire à l'entrée d'une ruche ou patrouille au-dessus des fleurs fréquentées par les abeilles. Sa taille plus importante et ses grandes pattes lui permettent de saisir une abeille et de l'emporter avec lui. Il ne gardera de l'abeille que le thorax et en fera une boulette qu'il emportera pour nourrir les larves de sa colonie. C'est un nouveau facteur d'affaiblissement des ruches.



Les néonicotinoïdes, introduit dans les années 90, sont une classe d'insecticides agissant sur le système nerveux central des insectes. Ces substances sont utilisées principalement en agriculture pour la protection des plantes (produits phytosanitaires) et par les particuliers ou les entreprises pour lutter contre les insectes nuisibles à la santé humaine et animale (produits biocides).

Leur faible biodégradabilité, leur effet toxique persistant et leur diffusion dans la nature (migration dans le sol et les nappes phréatiques) commencent au bout de vingt ans à poser d'importants problèmes d'atteinte à des espèces vivantes qui n'étaient pas ciblées : insectes (abeilles, papillons...), prédateurs d'insectes (oiseaux, souris, taupes, mulots, chauve-souris) et agents fertilisants des sols (vers de terre).

De nombreux apiculteurs mettent en cause ces molécules pour expliquer le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles. La Commission européenne a suspendu 3 néonicotinoïdes en 2013 sur la base des travaux de l'AESA (Autorité Européenne de Sécurité des Aliments). Plusieurs études scientifiques ont mis en évidence la toxicité de ces insecticides sur les abeilles et bourdons.

**Pour faire face à ses nouvelles menaces, l'apiculteur doit suivre leur activité plus finement. La solution : l'apiculture de précision grâce au suivi à distance des ruches.**

## 2.2 Objectif

L'objectif de ce projet est donc de réaliser un système connecté munis de capteurs qui permettent de suivre à distance l'évolution d'une colonie d'abeille. Les données doivent être accessible sous forme graphique à partir d'une interface web sur ordinateur ou téléphone portable. Le système doit également pouvoir envoyer des alertes sur smartphone (SMS ou Mail) lorsque des comportements anormaux sont détectés.

Le boîtier et la ruche doivent être équipés de capteurs destinés à analyser et à fournir des données sur l'état de santé des abeilles et leurs productivités.

## 2.3 Spécifications techniques :

Autonome : Batterie LiPo rechargeable et panneaux solaires comme source d'énergie.

Communication des informations par réseau LPWAN (LoRAWAN)

Envoi des données toutes les 10 minutes (éventuellement paramétrable)

Bouton on/off.

LED ou Buzzer qui s'allume quelques secondes au démarrage du système ou alors génération d'un son.

Affichage des données sous forme graphique sur une application internet : Ubidots STEM pendant la phase de développement et BEEP Monitor (app.beep.nl) pour le rendu final du projet.

### Niveau d'exigence forte :

- Poids de la ruche (précision 100 g, résolution 10 g, intervalle entre 0 et 120 Kg). La tare doit être faite en laboratoire.
- Température intérieure de la ruche. (Précision 0,5 °C, résolution 0,1 °C, intervalle entre -10 °C et 85 °C). Cable avec une longueur de 1,5 m.
- État de la batterie exprimée en pourcentage (Précision 1 %, résolution 1 %)
- Capteurs d'humidité à l'intérieur de la ruche. (Précision 2%, résolution 0,1 %, intervalle entre 0 et 100%)

### Niveau d'exigence moyen :

- Plusieurs capteurs de température à l'intérieure de la ruche. (3 max)
- Détection de l'essaimage (analyse du poids, IA éventuellement)
- Luminosité extérieure exprimé en lux
- Changer les paramètres du système depuis l'application web par des downlinks :
  - Changer la fréquence d'envoi (1 minutes à 60 minutes par pas de 1 minute)
  - Calibration des capteurs (poids, températures, humidité, etc..)
- Analyse du son des abeilles pour déterminer plusieurs informations :
  - Présence de la reine ou pas
  - Détection de la présence de frelon asiatique
  - Détection de comportement anormaux

### Niveau d'exigence faible :

- Température extérieure de la ruche, (précision 0,5 °C, résolution 0,1 °C)
- Humidité à l'extérieur de la ruche. (Précision 2%, résolution 1 %)
- Détection du vol de la ruche (analyse du poids), envoi des coordonnées approximatives de la ruche obtenue par le réseau LPWAN (si possible).
- Analyse d'image avec un ESP32 Cam pour détecter plusieurs phénomènes :

- Présence de frelons asiatique
- Nombre d'abeilles sur la planche d'envol
- Rentré de pollen

**Alertes :**

- Essaimage
- Poids de la ruche trop bas.
- Poids de la ruche élevé.
- Température trop basse.
- Charge batterie faible.
- Vol de la ruche

### 3. Éléments de cadrage :

Pour ces 2 projets, le système devra être autonome énergétiquement à l'aide d'une batterie et d'une petite cellule solaire.

Il faudra dans un premier temps faire un prototype sur carte de prototypage.

Les données capteurs devront être reporté sur une plateforme de visualisation des données avec un tableau de bord qui permet de voir évoluer les grandeurs dans le temps et éventuellement générer des alarmes (mail ou SMS). Pendant le développement, on vous conseille d'utiliser la plateforme Ubidots STEM qui est simple d'utilisation, gratuite dans le cadre de l'éducation et propose beaucoup de solution pour faire des tableaux de bords.

Pour le rendu final du projet Open Ruche, il faudra utiliser la plateforme BEEP Monitor ([beep.app.nl](http://beep.app.nl)) qui doit rassembler sur un même compte les données de tous les prototypes de la classe (login : [or2021@yopmail.com](mailto:or2021@yopmail.com), mdp : Sigfox21#)

Ensuite il faudra réaliser un circuit électronique (PCB) avec la graveuse et un boîtier pour avoir un produit robuste qui puisse être utilisé en extérieur.

Plusieurs soutenances intermédiaires seront organisées afin de vérifier la fonctionnalité et les caractéristiques de votre prototype.

**Composition des groupes :**

- 29 élèves = 5 groupes de 4 élèves et 3 groupes de 3 élèves
- Si possible 1 fille par groupe

**Planning des revues de projet :**

**17/02 : 1<sup>ère</sup> revue de projet**

**Livrables :**

- Charte d'équipe
- Outils de gestion de projet utilisé
- Budget prévisionnel
- Bibliographie,
- Liste du matériel nécessaire,
- Schéma fonctionnel de la solution

**Critères d'évaluation :**

- Organisation de l'équipe projet formalisée (rôles et responsabilités, modalités de collaboration et de communication)
- Pertinence de l'exploitation de l'outil de gestion de projet

- Budget prévisionnel établi
- Constats sur le fonctionnement de l'équipe et apprentissages / actions à mettre en place
- Liste du matériel à commander
- Qualité du schéma de la solution
- Qualité de la bibliographie
- Qualité du diaporama
- Qualité de la présentation

**17/03 : 2<sup>ème</sup> revue de projet**

- Démo du prototype fonctionnant sur carte de prototypage ou PCB + visualisation des données sur plateforme Cloud (beep.nl, Ubidots ou solution équivalente)
- Analyse des risques et plan d'action associé
- Tableau de bord de pilotage du projet

**Critères d'évaluations :**

- Qualité de la démonstration,
- Précision des données mesurées par les capteurs,
- Communication des données par LPWAN,
- Qualité de l'IHM sur la plateforme Cloud,
- Schémas de câblage,
- Qualité de la démonstration,
- Mesure de la consommation électrique du système
- Evaluation de l'autonomie du système et amélioration envisageable
- Pertinence de l'analyse de risque et des options identifiées pour les traiter
- Qualité du tableau de bord et pertinence de l'analyse des indicateurs
- Constats sur le fonctionnement de l'équipe et apprentissages / actions à mettre en place
- Qualité du diaporama
- Qualité de la présentation

**Mercredi 2 avril : installation des prototypes à St-Cyr l'école****09/04 : Soutenance finale de projet**

- Prototype final, résultat des tests sur le terrain
- Critères d'évaluations : validité des tests, méthode de test, précision des mesures capteurs, mesure de la consommation, optimisation de la consommation, qualité du prototype final, qualité de la démonstration, qualité du retour d'expérience

**Présentation :**

- Présentation des résultats finaux
- Démonstration
- Retour d'expérience

**Rendu**

- Guide utilisateur
- Document de test
- Rapport de bilan du projet (REX)

**Modalités d'évaluation :**

**20 % pour la première revue de projet**

**20 % pour la deuxième revue de projet**

**20 % pour la soutenance et démonstration finale.**

**20 % pour la qualité de l'article qui devra être rédigé sur un site de partage de connaissance**

**Hardware (Hackster.io, instructable.com ou Github.com)**

**20 % pour la qualité du prototype final (robustesse, fiabilité, facteur de forme, fonctionnalités)**