



BeeGuardAI

Système embarqué de détection des frelons asiatiques
et de surveillance de l'activité des abeilles par IA

Groupe 4

Encadrant : DOUZE Yann

Chef de projet : BOUHAI Yasser

Membres de l'équipe :

HANAFI Ghazlene

BEKKAR Yanelle

NAIT SI AHMED Amine

RATIARISON Hadriel

Table des matières

1	Résumé de la proposition de projet	2
2	Programme scientifique et technique, organisation du projet	2
2.1	Description des travaux par tâche	2
2.1.1	Tâche 0 : Gestion de projet et coordination	2
2.1.2	Tâche 1 : Préparation et installation du matériel	2
2.1.3	Tâche 2 : Collecte et annotation des données	3
2.1.4	Tâche 3 : Développement IA et Machine Learning	3
2.1.5	Tâche 4 : Infrastructure backend, base de données et transmission IoT	4
2.1.6	Tâche 5 : Développement de l'interface web (Frontend)	4
2.1.7	Tâche 6 : Validation et documentation	5
2.2	Calendrier des tâches et jalons	5
3	Liste du matériel nécessaire	6
3.1	Configuration A – XIAO ESP32-S3 Sense	6
3.2	Configuration B – Arduino Nicla Vision	6
4	Organisation logistique et réservation des salles	7

1 Résumé de la proposition de projet

Les abeilles jouent un rôle essentiel dans la pollinisation et la préservation de la biodiversité. Leur disparition aurait des conséquences écologiques et économiques considérables. Depuis plusieurs années, les colonies d'abeilles sont menacées par de multiples facteurs : pesticides, maladies, changements climatiques et surtout la prédation exercée par le frelon asiatique (*Vespa velutina*).

Ce prédateur, introduit accidentellement en Europe, s'attaque directement aux ruches en capturant les abeilles butineuses, affaiblissant la colonie jusqu'à son effondrement. Avec l'avènement des technologies TinyML et IoT bas débit (LoRaWAN), il devient possible de concevoir un système autonome, peu énergivore et embarqué qui combine vision et audio pour analyser l'activité de la ruche.

Le projet BeeGuardAI vise à développer un dispositif expérimental déployé sur deux sites pilotes : ruches en zone semi-rurale à Saint-Cyr et ruches urbaines sur le toit de Jussieu (Sorbonne Université). Le système combinera IA embarquée, communication IoT et interface web pour détecter les frelons asiatiques, compter le trafic des abeilles, évaluer leur état de santé et analyser acoustiquement la colonie.

2 Programme scientifique et technique, organisation du projet

2.1 Description des travaux par tâche

2.1.1 Tâche 0 : Gestion de projet et coordination

Description :

Tâche transversale assurant la coordination générale du projet, le suivi des jalons, la gestion des risques, l'organisation des réunions, la validation des livrables et la communication entre les équipes.

Activités principales :

- Organisation et animation des réunions hebdomadaires
- Suivi de l'avancement et respect du planning
- Gestion des risques et résolution des blocages
- Coordination entre toutes les équipes du projet

Imbrication : Supervise et valide l'ensemble des tâches du projet.

2.1.2 Tâche 1 : Préparation et installation du matériel

Durée : 10 novembre - Mi-novembre

Description :

Préparation de la liste et achat des composants nécessaires, programmation des cartes ESP32 et Niela Vision pour l'acquisition d'images et de sons, tests du matériel sur banc d'essai, intégration de l'alimentation autonome (panneaux solaires, batteries), documentation de l'intégration d'un capteur supplémentaire (température, pression) et installation des dispositifs sur les ruches pilotes.

Activités principales :

- Préparer la liste et l'achat des composants nécessaires
- Programmer les cartes ESP32/Niela Vision pour l'acquisition d'images
- Programmer les cartes pour l'acquisition du son
- Tester le matériel sur banc d'essai
- Intégrer une source d'alimentation autonome (panneaux solaires, batterie)
- Documenter l'intégration d'un capteur supplémentaire (température, pression)
- Installer les dispositifs sur les ruches pilotes

2.1.3 Tâche 2 : Collecte et annotation des données

Durée : Mi-novembre - Fin novembre

Description :

Collecte intensive des données brutes (images et sons) sur les ruches pilotes de Saint-Cyr et Jussieu pendant la période où les abeilles et frelons sont encore actifs (avant l'hiver). Cette collecte sera suivie de l'annotation des données recueillies (identification des abeilles, frelons, abeilles mortes, sons typés), de tests de fonctionnement en conditions réelles, de la préparation de l'envoi des données sur Edge Impulse pour le pré-traitement et la labellisation IA, et de la validation des annotations par intervention humaine.

Activités principales :

- Réaliser des tests de fonctionnement sur place
- Collecter intensivement des données brutes : images et sons (avant l'hiver)
- Annoter les données recueillies (abeilles, frelons, sons)
- Préparer l'envoi des données sur Edge Impulse pour le pré-traitement
- Valider les annotations par intervention humaine

Tâche à effectuer en novembre, avant l'arrêt de l'activité des abeilles et frelons pendant l'hiver.

Imbrication : Dépend de la Tâche 1. Fournit les données pour la Tâche 3.

2.1.4 Tâche 3 : Développement IA et Machine Learning

Durée : Décembre - Mi-janvier

Description :

Développement et entraînement des algorithmes de détection visuelle (identification et comptage des frelons asiatiques et des abeilles) et de classification acoustique (état normal, colonie stressée, absence de reine, effondrement de la colonie). Cette tâche inclut l'optimisation des modèles vision TinyML pour exécution embarquée sur ESP32, l'extraction des caractéristiques audio (MFCC, spectrogrammes), la programmation du système de comptage automatique des abeilles détectées et les tests de robustesse des modèles face aux conditions météorologiques variables et au bruit ambiant.

Activités principales :

- Développer l'algorithme de détection visuelle (frelons, abeilles)

- Développer l'algorithme de classification acoustique (normal, stress, etc.)
- Optimiser les modèles vision TinyML pour embarqué
- Extraire les caractéristiques audio (MFCC, spectrogrammes, etc.)
- Programmer le comptage automatique des abeilles détectées
- Tester la robustesse des modèles face aux conditions météo/bruit

Imbrication : Dépend de la Tâche 2. Les modèles développés seront déployés dans les Tâches 4 et 5.

2.1.5 Tâche 4 : Infrastructure backend, base de données et transmission IoT

Durée : Décembre - Mi-janvier

Description :

Cette tâche concerne l'ensemble de l'infrastructure côté serveur et la communication IoT. Elle comprend la mise en place de la base de données pour le stockage des résultats d'analyse (pas les données brutes mais les résultats traités : nombre de frelons détectés, abeilles comptées, état acoustique), la définition et l'implémentation du protocole de transmission LoRaWAN/IoT pour la communication longue portée entre les ESP32 et le serveur, la programmation de l'envoi des résultats depuis les cartes embarquées vers le serveur distant, la structuration des données pour optimiser leur exploitation ultérieure, et les tests de transmission pour garantir la fiabilité et la sécurité des communications.

Activités principales :

- Mettre en place la base de données backend (pour les résultats)
- Structurer les résultats d'analyse pour stockage optimisé
- Définir et implémenter le protocole de transmission LoRaWAN/IoT
- Programmer l'envoi des résultats depuis les ESP32 vers le serveur
- Développer les API REST pour l'accès aux données
- Tester la transmission et la fiabilité du système IoT

Imbrication : Parallèle à la Tâche 3. Fournit l'infrastructure nécessaire pour la Tâche 5.

2.1.6 Tâche 5 : Développement de l'interface web (Frontend)

Durée : Mi-janvier - Fin janvier

Description :

Cette tâche concerne exclusivement le développement de l'interface web utilisateur (frontend) permettant la visualisation des données. Elle comprend la conception de l'architecture de l'interface utilisateur, le développement du dashboard graphique interactif avec visualisation temps réel des indicateurs (histogrammes du nombre de frelons par heure, graphiques du trafic des abeilles entrées/sorties, jauges visuelles pour l'état des abeilles, diagrammes d'état acoustique de la colonie), la connexion de l'interface aux APIs développées dans la Tâche 4, et la gestion des accès multi-utilisateurs pour les apiculteurs et chercheurs.

Activités principales :

- Concevoir l'architecture de l'interface web utilisateur
- Développer le dashboard graphique interactif (histogrammes, jauges, diagrammes)
- Connecter l'interface aux APIs REST de la Tâche 4
- Implémenter la visualisation temps réel des données
- Gérer les accès multi-utilisateurs et l'authentification

Imbrication : Dépend de la Tâche 4 (APIs backend). S'intègre avec la Tâche 6 pour validation.

2.1.7 Tâche 6 : Validation et documentation

Durée : Fin janvier

Description :

Réalisation d'une vidéo de présentation du projet montrant le système en fonctionnement, comparaison des résultats automatiques avec des observations manuelles pour valider la précision du système, rédaction de la documentation technique complète et du guide utilisateur, présentation des résultats à l'équipe et aux encadrants, et analyse des perspectives d'évolution vers des systèmes autonomes d'alerte et de défense (pièges déclenchés automatiquement en présence de frelons).

Activités principales :

- Réaliser une vidéo de présentation du projet
- Comparer résultats automatiques/observations manuelles
- Rédiger la documentation technique et utilisateur
- Présenter les résultats à l'équipe et aux encadrants
- Analyser les perspectives d'évolution (système d'alerte autonome)

Imbrication : Synthétise l'ensemble des travaux du projet. Nécessite que toutes les tâches précédentes soient terminées.

2.2 Calendrier des tâches et jalons

Le diagramme de Gantt ci-dessous illustre la planification temporelle de l'ensemble des tâches du projet BeeGuardAI.

Jalons principaux :

- **J1** (9 novembre) : Validation avant-projet et démarrage phase technique
- **J2** (mi-novembre) : Matériel installé sur les ruches
- **J3** (fin novembre) : Dataset complet collecté et annoté
- **J4** (mi-janvier) : Modèles IA opérationnels et infrastructure backend fonctionnelle
- **J5** (fin janvier) : Système complet validé et documentation finalisée

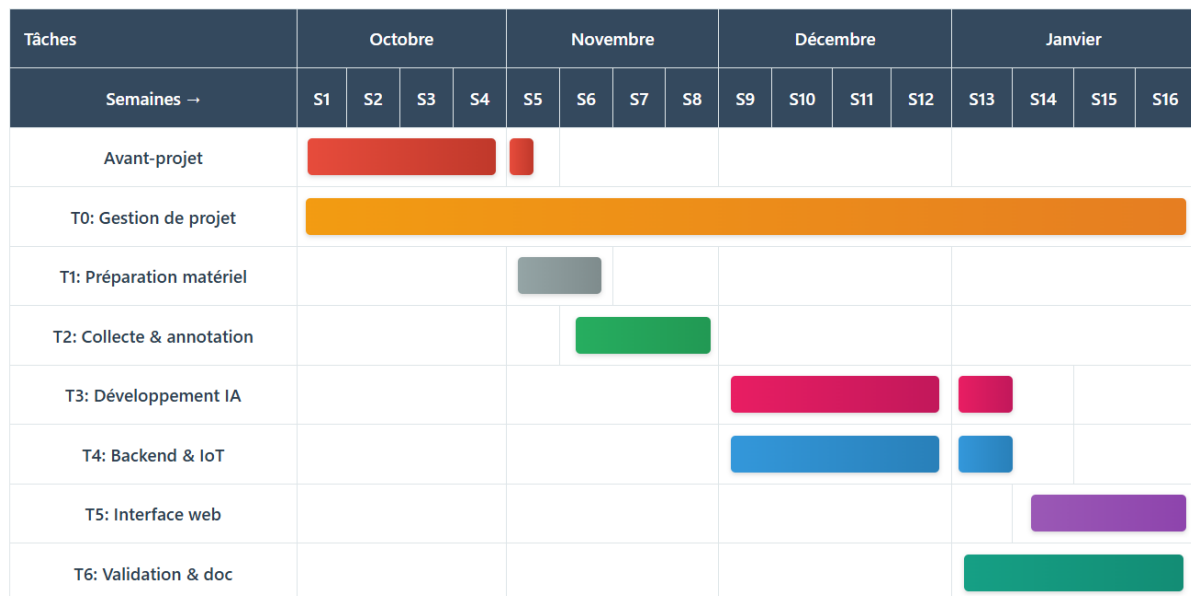


FIGURE 1 – Diagramme de Gantt du projet BeeGuardAI

3 Liste du matériel nécessaire

3.1 Configuration A – XIAO ESP32-S3 Sense

- Carte Seeed Studio XIAO ESP32-S3 Sense (caméra intégrée)
- Module de gestion d'énergie LiPo Rider Pro
- Batterie Li-Po 3.7V (capacité 1000–2000 mAh selon autonomie)
- Panneau solaire 6V / 1W à 2W compatible avec le LiPo Rider Pro
- Câble USB-C pour programmation et alimentation
 - permet de transférer le programme depuis l'ordinateur vers la carte via le port série
 - sert à alimenter la carte lors du développement ou du test
 - permet aussi la communication série (debug, logs, envoi de données vers le PC)
- Fils Dupont / connecteurs JST 2.0 pour relier la carte au module d'alimentation
- Boîtier ou support (idéalement étanche pour usage extérieur)
- Carte microSD (8–32 Go) pour stockage local

3.2 Configuration B – Arduino Nicla Vision

- Carte Arduino Nicla Vision (caméra + WiFi + capteurs)
- Module de gestion batterie + solaire (LiPo Rider Pro ou équivalent)
- Batterie Li-Po 3.7V (capacité adaptée à l'autonomie)
- Panneau solaire 5–6V (puissance adaptée selon l'exposition)

- Câble USB pour programmation et alimentation
 - indispensable pour flasher le microcontrôleur via l'IDE Arduino
 - permet de tester le fonctionnement avant l'alimentation autonome
 - assure la communication série pour le suivi et le débogage
- Fils / connecteurs (kit adapté)
- Boîtier ou support pour montage

4 Organisation logistique et réservation des salles

Des réservations de salles sont demandées pour le mois de janvier 2025 afin de permettre les séances de travail d'équipe et de tests du projet. Deux créneaux hebdomadaires sont prévus 2 fois par semaine par exemple : **12, 14, 19, 21, 26 et 28 janvier 2025.**

Ces sessions serviront aux intégrations finales, tests matériels et validations avant la présentation du projet.