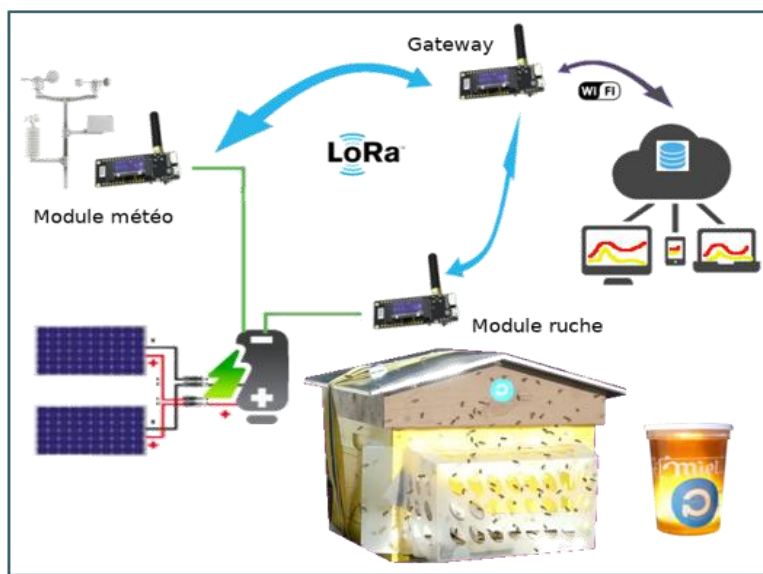


# **Rapport Projet Electronique Semestre 8**

**2023/2024**



**Sujet:**

## **Ruche Connectée par LoRa**

Réalisé par:

**Omar Sadio BARRY**

**Mor DIENG**

Encadré par

**M. Christian PETER**

Polytech Nice SOPHIA

Cycle d'ingénieur électronique et système embarqué

# SOMMAIRE

Introduction .....	3
I. Phase de Prototypage 1.....	3
1. Choix des Modules et Outils :.....	4
2. Exploration des documents .....	5
3. Premiers tests.....	6
II. Phase de Prototypage 2.....	6
1. Connexion et passage site internet par wifi .....	6
2. Utilisation du module SIM7000G – GPS.....	7
3. SIM7000G – LTE .....	8
4. SIM7000G – Unluck SIM.....	8
III. Conception carte SIM7000 X Lora .....	9
1. Schématique de la carte en entier .....	9
2. Routage complet de la carte .....	10
3. Soumission à l'impression.....	12
4. Soudure de la carte .....	13
IV. Implémentation de la librairie RucherLoRa.h .....	14
1. Implémentation des fonctions .....	14
2. Hébergement de la librairie sur GitHub et tests .....	14
V. Difficultés rencontrés et solutions trouvées .....	15
VI. Resultats obtenus et ameliorations futures .....	15
Conclusion.....	15
Bibliographie .....	16

# Introduction

Le projet pédagogique interdisciplinaire débuté en 2017 à Polytech Nice Sophia vise à développer une ruche connectée pour suivre l'activité des abeilles. Installées sur le campus SophiaTech, les ruches bénéficient d'un environnement propice. L'objectif est de relever divers paramètres de la ruche et de rendre ces données accessibles à distance. Les modules autonomes en énergie utilisent LoRa pour la transmission et sont basés sur des cartes Heltec avec ESP32 et SX125x.

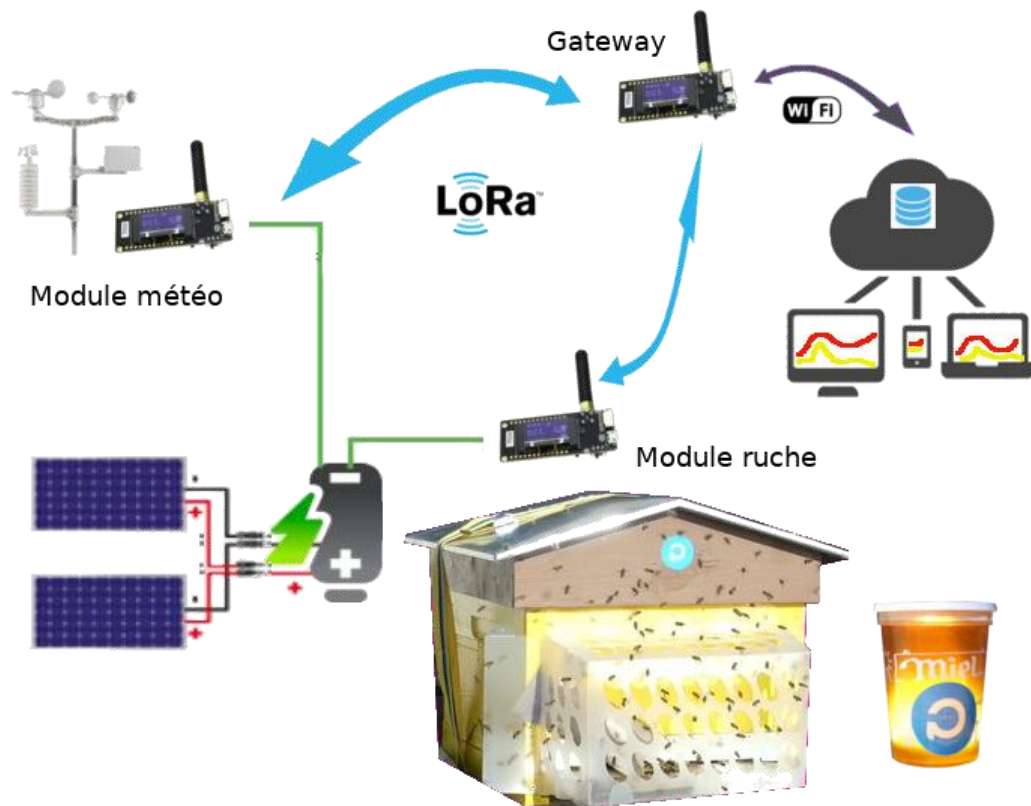


Figure 1 : Contexte du projet LoRa Gateway

## I. Phase de Prototypage 1

Comme cela a été annoncé dans l'introduction ce projet est une continuité d'un travail entamé depuis 2017 par des anciens étudiants. Ce qui signifie que le projet

globalement est déjà spécifié avec un cahier des charges et une liste de matérielle et outils donnés.

Dans cette première phase de prototypage, le travail à faire consiste donc à vérifier si les outils fournis correspondent bien au cahier des charges et surtout si les matérielles et moyens mis à notre disposition est bien en adéquation avec ce que l'on veut obtenir comme résultat.

Pour effectuer ce travail nous avons suivi les étapes suivantes :

## 1. Choix des Modules et Outils :

Pour répondre aux exigences spécifiques du projet, nous avons soigneusement sélectionné les composants et les outils les mieux adaptés à nos besoins. Notre processus de sélection a été guidé par des critères rigoureux visant à garantir la fiabilité, la performance et l'efficacité énergétique du système.

Après une évaluation approfondie des différentes options disponibles sur le marché, nous avons opté pour la carte SIMCOM SIM7000G en raison de sa robustesse et de ses fonctionnalités avancées. Sa compatibilité avec la technologie CAT-M1 eMTC offre des avantages significatifs par rapport aux modèles antérieurs tels que le SIM900 et le SIM800F. Cette persévérance CAT-M1 eMTC nous assure une connectivité fiable et efficace, ce qui est essentiel pour le bon fonctionnement de notre système de suivi de ruche.

En ce qui concerne les cartes de développement, nous avons choisi les cartes Heltec WiFi LoRa en raison de leur réputation bien établie pour leur faible consommation d'énergie et leur excellente intégration des fonctionnalités WiFi et LoRa. Cette combinaison de technologies nous permet non seulement de bénéficier d'une connectivité sans fil robuste, mais aussi d'optimiser l'autonomie énergétique de nos dispositifs, ce qui est crucial pour un déploiement à long terme dans des environnements extérieurs.



Figure 1 : Module SIM7000G

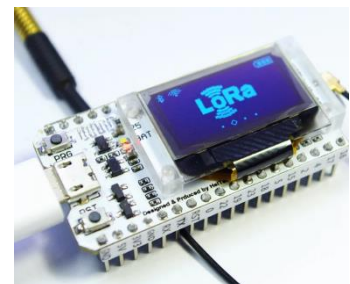


Figure 2 : Module  
d'Evaluation Heltec WiFi LoRa

## 2. Exploration des documents

Dans le cadre de notre exploration des documents nécessaires à la mise en œuvre de notre système de suivi de ruche, nous avons entrepris des étapes méthodiques pour garantir une intégration fluide et efficace des composants matériels et logiciels requis.

Pour commencer, nous avons identifié les pilotes nécessaires pour la communication entre notre système et les composants matériels. À cet effet, nous avons choisi d'installer les pilotes CP2102 et UART, essentiels pour assurer une connexion stable et fiable. Le processus d'installation de ces pilotes a été simplifié grâce à des ressources disponibles sur un site web dédié, où nous avons pu télécharger les fichiers nécessaires et suivre les instructions fournies pour une installation sans heurts.

En ce qui concerne l'intégration entre notre module ESP32 et le module SIM7000G, nous avons suivi une procédure précise pour établir la communication entre les deux composants. En respectant les spécifications techniques, nous avons connecté le module ESP32 au module SIM7000G en utilisant les broches appropriées, assurant ainsi une interconnexion correcte et fonctionnelle. Cette configuration précise, où les tensions et les signaux sont correctement acheminés, garantit une communication efficace entre les deux modules, constituant ainsi une étape cruciale dans le développement de notre système.

En outre, nous avons exploité les ressources mises à notre disposition par SIMCom, notamment le manuel de commandes AT de la série SIM7000\_V1.0. Ce document s'est avéré être une ressource précieuse pour notre équipe de développement IoT, fournissant des instructions détaillées sur l'utilisation des commandes AT pour contrôler et interagir avec le module SIM7000G. Cette référence essentielle nous a permis de développer une compréhension approfondie du fonctionnement du module et de tirer pleinement parti de ses fonctionnalités dans le cadre de notre projet.

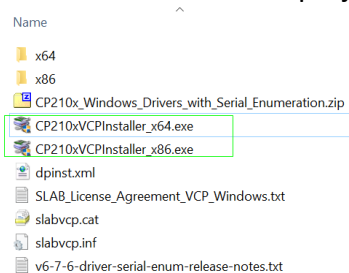


Figure 3: Les pilotes CP2102 et UART

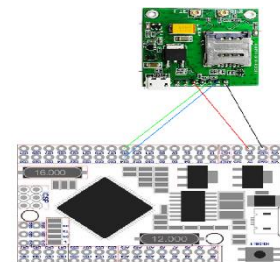


Figure 4 : Brochage de l'ESP32--> SIM7000G



Figure 5 : La documentation de la SIM7000G

### 3. Premiers tests

Dans la phase initiale de notre projet, nous avons entrepris des tests essentiels pour évaluer la fonctionnalité et la fiabilité de nos composants matériels clés.

Le premier test a porté sur la connectivité du Module Heltec WiFi LoRa 32. Ce test a été réalisé pour confirmer la capacité du module à établir une connexion sans fil stable. À travers des procédures de test définies, nous avons vérifié la capacité du module à se connecter à un réseau WiFi et à maintenir cette connexion de manière cohérente. Les résultats de ce test ont confirmé la bonne connectivité du module, nous offrant ainsi l'assurance nécessaire pour poursuivre le développement de notre système.

En parallèle, nous avons également effectué un test crucial sur le Module SIM7000G en exécutant la première commande AT. Cette commande, étant une étape fondamentale dans l'interaction avec le module, était essentielle pour confirmer sa capacité à répondre aux requêtes et à communiquer efficacement. En confirmant avec succès la réception d'une réponse valide à la commande AT, nous avons établi la bonne connectivité et la fonctionnalité opérationnelle du module SIM7000G, ce qui constitue une étape importante dans la validation de notre architecture matérielle.

```
void sendCommand(String myCommand); → AT OK
```

## II. Phase de Prototypage 2

### 1. Connexion et parsing site internet par wifi

Dans la phase suivante de notre projet, nous avons focalisé nos efforts sur l'établissement de la connexion et le parsing des données à partir du site utilisant la connectivité WiFi de notre système, en mettant spécifiquement en œuvre le module SIM7000G - GSM.

Le premier objectif était d'établir une connexion WiFi réussie à partir du module SIM7000G. Après une configuration minutieuse et des tests approfondis, nous avons atteint avec succès cet objectif, confirmant ainsi la capacité du module à se connecter à un réseau WiFi et à maintenir une connexion stable et fiable.

Une fois la connexion WiFi établie, nous avons procédé au parsing du site pour extraire les données pertinentes. Cette étape a nécessité une implémentation précise et robuste du parsing des données HTML à partir du site cible. Grâce à des algorithmes de parsing efficaces et à une manipulation judicieuse des données, nous avons réussi à extraire avec succès les informations requises du site, démontrant ainsi la fonctionnalité complète de notre système dans la récupération et le traitement des données à partir de sources externes.

```
void sendRequestByGSM(const char* url);
```

```
Connecté au réseau WiFi
IP ESP32 local : 192.168.130.201
Force du signal (RSSI) : -62 dBm
-----
200 Code de réponse HTTP -> OKCode de réponse HTTP : 200<html>
  <head>
    <meta name="author" content="author" />
    <title> Exemple HTML </title>
  </head>
  <body>
    <h1>Exemple</h1>
    <p>Ceci est
      <i>really</i> <b>Important</b>. </p>
    <p> L'informatique peut vous aider ! </p>
  </body>
</html>
```

*Figure 2 : Parsage du site réussi avec WiFi*

## 2. Utilisation du module SIM7000G – GPS

Dans la phase suivante de notre projet, nous avons concentré nos efforts sur l'intégration et la fonctionnalité du module SIM7000G - GPS, visant à mettre en place la communication bidirectionnelle ainsi que la lecture des données GPS.

Nous avons débuté par la mise en place de l'envoi de messages à l'aide du module SIM7000G. Après une configuration minutieuse et des tests rigoureux, nous avons réussi à envoyer des messages avec succès à partir du module, démontrant ainsi sa capacité à transmettre des données de manière fiable et efficace.

Par la suite, nous avons réalisé des tests de réception de messages pour vérifier la réactivité et la fiabilité du module SIM7000G dans la réception de données entrantes. Ces tests ont été concluants, confirmant la capacité du module à recevoir des messages avec précision et cohérence.

En réponse aux messages reçus, notre système a été configuré pour envoyer des réponses appropriées, assurant ainsi une communication bidirectionnelle fluide et réactive avec le module SIM7000G.

### 3. SIM7000G – LTE

Dans notre déploiement du module SIM7000G - LTE, nous avons concentré nos efforts sur l'obtention de l'adresse IP pour permettre la connexion à Internet, ainsi que sur le parsing réussi du site ciblé.

Nous avons commencé par configurer le système pour obtenir une adresse IP, une étape essentielle pour établir une connexion Internet stable et fiable. Ce processus a été mené avec succès, permettant à notre système de se connecter efficacement à Internet via le réseau LTE.

Une fois la connexion établie, nous avons procédé au parsing du site ciblé pour extraire les données pertinentes. Cette étape a nécessité une mise en œuvre précise et robuste du parsing des données HTML à partir du site spécifié. Grâce à des algorithmes de parsing efficaces et à une manipulation judicieuse des données, nous avons réussi à extraire avec succès les informations requises du site, démontrant ainsi la fonctionnalité complète de notre système dans la récupération et le traitement des données à partir de sources Internet externes.

L'obtention réussie de l'adresse IP et le parsing réussi du site ciblé avec le module SIM7000G - LTE constituent des étapes importantes dans le développement de notre projet, démontrant notre capacité à utiliser efficacement la connectivité LTE pour accéder et traiter des données en ligne. Ces réalisations représentent un progrès significatif vers notre objectif final de mise en œuvre d'un système de suivi de ruche complet et fonctionnel.

```
void initLTE(const char* apn); → Pour obtenir l'adresse IP  
void sendRequestByLTE(const char* url); → Pour scraper (parser le site)
```

### 4. SIM7000G – Unluck SIM

Dans le cadre de notre implémentation du module SIM7000G - GSM, nous avons également pris en charge des fonctionnalités essentielles telles que le déverrouillage de la SIM via PIN et la possibilité de changer ce PIN.

Le déverrouillage de la SIM via PIN a été configuré pour garantir la sécurité des communications et des données transitant par notre système. Après une configuration adéquate, notre système est capable de saisir et de vérifier le code PIN fourni, permettant ainsi l'accès au réseau GSM et assurant la confidentialité des transmissions.

De plus, notre système a été équipé de la capacité de changer le PIN de la carte SIM. Cette fonctionnalité offre une flexibilité supplémentaire en permettant aux utilisateurs de modifier le code PIN selon leurs besoins de sécurité spécifiques.



Ces fonctionnalités, bien qu'apparemment simples, sont essentielles pour garantir la sécurité et la fiabilité de notre système de suivi de ruche, en assurant que seuls les utilisateurs autorisés ont accès aux fonctionnalités de communication et de traitement des données. En les intégrant dans notre système, nous avons renforcé sa robustesse et sa capacité à répondre aux exigences de sécurité les plus strictes.

### III. Conception carte SIM7000 X Lora

#### 1. Schématique de la carte en entier

Dans la conception de notre système, nous avons utilisé les logiciels EAGLE et Altium Designer pour élaborer le design schematic et le PCB.

Le processus a commencé par la création d'un design schematic complet, comprenant toutes les composantes et les connexions nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de notre système. Ce design schematic a été minutieusement élaboré, prenant en compte chaque détail pour garantir la fiabilité et la performance de notre système.

Une fois le design schematic finalisé, nous avons procédé à l'élaboration du Bill of Materials (BOM), répertoriant tous les composants nécessaires à la construction du système, ainsi que leurs spécifications et leurs quantités requises.

Par la suite, nous avons utilisé ces informations pour concevoir le PCB, en plaçant les composants de manière optimale et en routant les connexions de manière efficace pour assurer un fonctionnement optimal du système. Ce processus a nécessité une attention particulière pour garantir la compatibilité électrique et mécanique de tous les composants.

Une fois le design schematic et le PCB terminés, ils ont été validés par notre professeur pour s'assurer de leur conformité aux spécifications du projet. Après validation, le design complet a été rendu disponible sur notre dépôt GitHub, permettant ainsi à toute l'équipe de travailler de manière collaborative sur le projet et de partager les progrès réalisés.

A	B	C	D	E	F
Comment	Description	Designator	Footprint	LibRef	Quantity
BH-18650-W	BATTERY HOLDER 18650 6 LEADS	BT	BAT_BH-18650-W	BH-18650-W	1
100n	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C1, C4, C6, C17, C18	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	5
10u	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C2, C3, C5	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	3
0.1uF	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C7, C12, C14	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	3
1uF	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C8	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	1
10uF	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C9	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	1
100uF	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C10, C13, C16	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	3
0.22uF	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C11	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	1
33pF	CAP 22uF 10V ±10% 1210 (3225 Metric) Thickness 2.8mm SMD	C15	CAPC1210(3225)280	LCMP-1038-02268-1	1
LED_Green	LED GREEN CLEAR SMD	D1	FP-LTST-C191KGKT-MF	CMP-2000-05198-2	1
LED_Bleue	LED BLUE CLEAR CHIP SMD	D2, D3	FP-LTST-C193TBKT-5A	CMP-2000-06624-2	2
PESD5V0X1UB	8V Typ Clamp 1.5A 8/20Aµs Ipp Tvs Diode Surface Mount	D4, D5	SOD523	PESD5V0X1UB	2
LED_Red	LED RED CLEAR 1006 SMD	D6	FP-SML-P11UTT86-MF	CMP-08952-000028-1	1
TSW-102-24-L-S	Connector Header Through Hole 2 position 0.100 (2.54mm)	J1, J2	SAMTEC_TSW-102-24-TSW-102-24-L-S		2
SIM7000G	802.15.4 Cat-M, Cat-NB, EDGE, GPRS, LPWA Transceiver Modu	J3	SIM7000G	SIM7000G	1
TSW-106-XX-X-S	TSW - Samtec 2.54mm Pin Header 10.92mm Overall Pin Length	J4	SAMTEC_TSW-106-XX-TSW-106-XX-X-S		1
TP1	<a href="https://pricing.snapeda.com/parts/TSW-101-07-L-S/J5">https://pricing.snapeda.com/parts/TSW-101-07-L-S/J5</a>		SAMTEC_TSW-101-07-TSW-101-07-L-S		1

Figure 2 : La liste de matériels utilisés – BOM

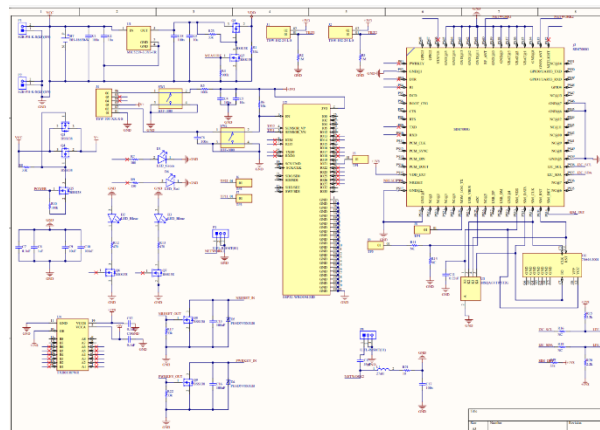


Figure 2 : La schématique du projet complet disponible sur notre github

## 2. Routage complet de la carte

Dans la phase de routage du projet, nous avons pris en compte des spécifications précises pour assurer une intégration optimale des composants et une performance maximale du PCB.

Nous avons choisi d'utiliser deux couches pour le routage, ce qui nous a permis de maintenir une complexité gérable tout en assurant une efficacité de conception. Cette décision a été prise après une évaluation approfondie des besoins du projet et des contraintes de conception.

La taille finale du PCB a été fixée à 90mm x 58mm, une dimension qui répondait à nos exigences de taille tout en offrant un espace adéquat pour l'agencement des composants et des pistes de routage.

Le processus de routage complet a été réalisé avec soin, en tenant compte de la disposition optimale des composants, de la minimisation des interférences électromagnétiques et de la gestion efficace des pistes de connexion. Chaque trace a été tracée avec précision pour assurer une intégrité de signal maximale et une performance optimale du système.

Une fois le routage terminé, le PCB a été soumis à une validation rigoureuse pour garantir sa conformité aux spécifications du projet. Après validation, le PCB a été considéré comme valide, prêt à être fabriqué et intégré dans notre système.

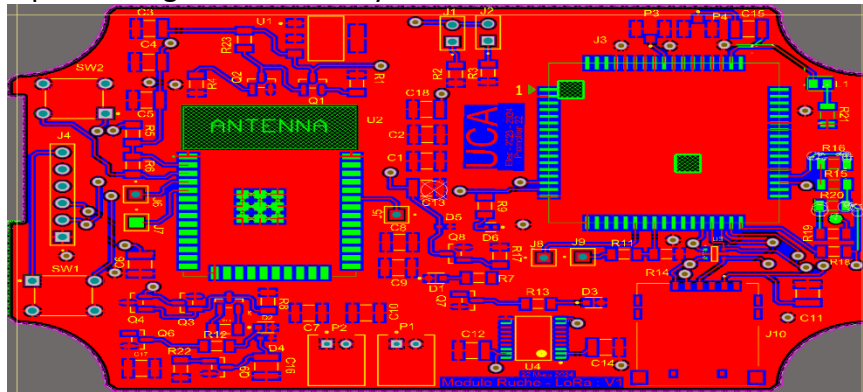


Figure 2 : Le routage du projet complet disponible sur notre github

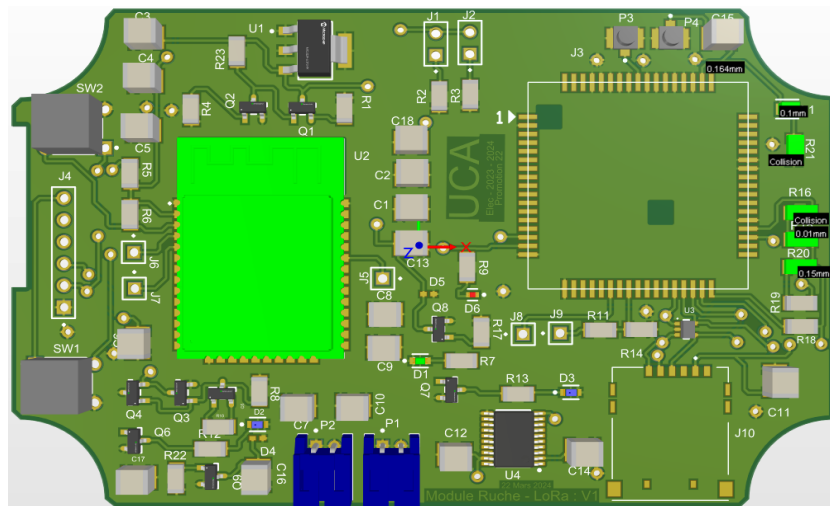


Figure 2 : vue 3D de la carte finale - recto

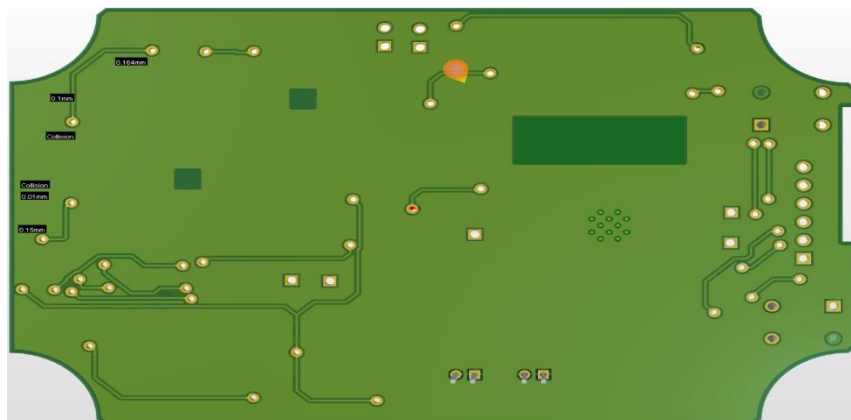


Figure 2 : vue 3D de la carte finale – verso

### 3. Soumission à l'impression

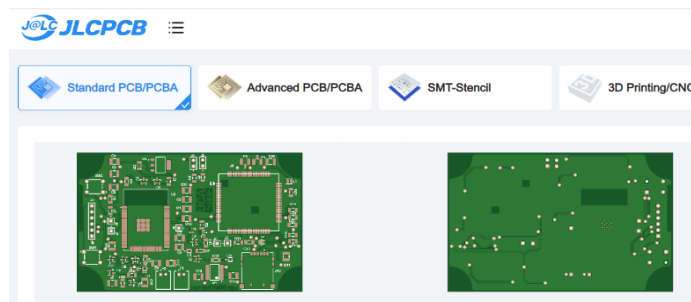
Dans la dernière étape de notre processus de conception, nous avons soumis notre PCB à l'impression pour garantir sa conformité et sa qualité de fabrication. Nous avons utilisé JLCPCB, une plateforme reconnue pour son excellence en fabrication de PCB, pour cette soumission.

En soumettant notre PCB sur JLCPCB, nous avons pu vérifier que tous les fichiers nécessaires étaient conformes aux spécifications de fabrication. Cela comprenait le design schematic, le routage complet du PCB, ainsi que toutes les informations de fabrication pertinentes telles que le placement des composants et les spécifications de la couche de cuivre.

Nous avons également vérifié que les dimensions du PCB étaient correctes et correspondaient à nos exigences de taille.

Une fois que nous avons confirmé que tous les fichiers étaient corrects et conformes, nous avons procédé à la soumission finale sur JLCPCB pour la fabrication.

Parallèlement, tous nos fichiers de conception, y compris le design schematic, le routage complet du PCB et les fichiers de fabrication, ont été rendus disponibles sur notre dépôt GitHub. Cela permet à toute l'équipe de rester synchronisée et de disposer d'un accès facile à tous les documents pertinents du projet



*Figure 2 : Soumission du projet*

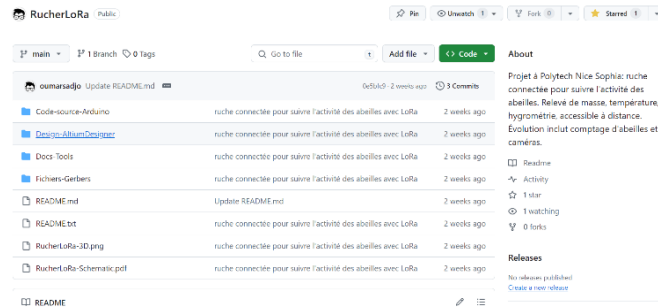


Figure 2 : Le dépôt sur notre GitHub

#### 4. Soudure de la carte

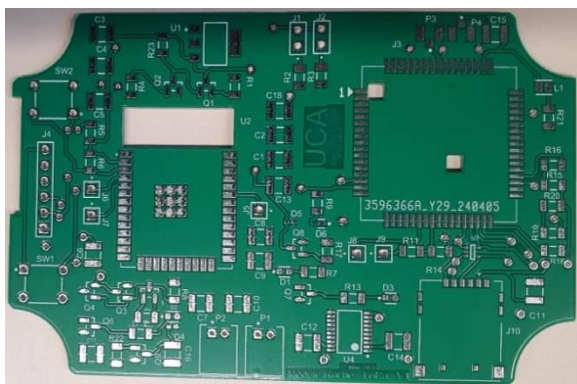
Dans la phase de soudure de la carte, nous avons procédé au montage des composants sur le PCB, en suivant des procédures précises pour assurer une connexion électrique solide et fiable.

Nous avons commencé par le soudage du module LoRa, un composant clé de notre système. Ce module a été soigneusement positionné sur le PCB et soudé en place avec précision, en suivant les recommandations du fabricant pour garantir une connexion électrique optimale.

Une fois tous les composants en place, la carte a été placée dans le four de soudage pour finaliser le processus. Le four de soudage a été réglé sur les paramètres appropriés pour assurer une fusion efficace des soudures et une adhérence solide des composants au PCB.

Pendant tout le processus de soudage, des contrôles de qualité ont été effectués pour vérifier l'intégrité des soudures et assurer la conformité aux spécifications du projet.

Le soudage de la carte, notamment du module LoRa, a été réalisé avec soin et précision pour garantir la fiabilité et la performance de notre système. Ce processus constitue une étape critique dans la fabrication de notre solution de suivi de ruche, assurant ainsi sa qualité et sa robustesse.



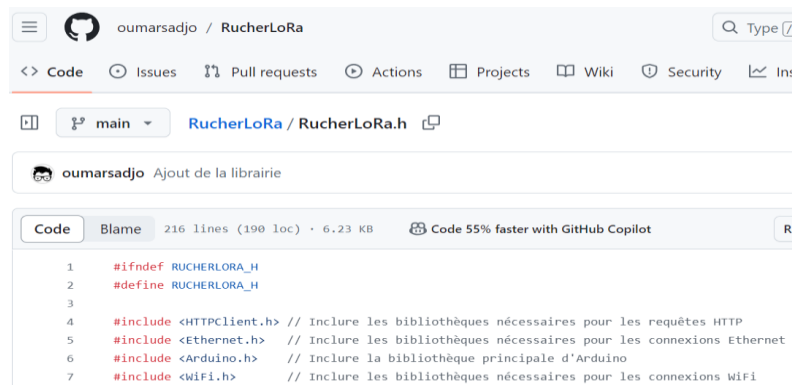
## IV. Implémentation de la librairie RucherLoRa.h

### 1. Implémentation des fonctions

Dans l'étape d'implémentation de la bibliothèque RucherLoRa.h, nous avons pris en charge un total de 36 fonctions définies dans ce fichier d'en-tête. Ces fonctions ont été soigneusement implémentées pour assurer la fonctionnalité complète de la bibliothèque dans notre système de suivi de ruche.

Chaque fonction a été développée en tenant compte des exigences spécifiques du projet et des fonctionnalités attendues de la bibliothèque. Les processus de développement et de test ont été rigoureux pour garantir la précision et la fiabilité des fonctions implémentées.

Les 36 fonctions ont été intégrées de manière cohérente dans notre système, offrant une gamme complète de fonctionnalités pour la collecte, le traitement et la transmission des données de suivi de ruche. Ces fonctions couvrent divers aspects du système, notamment la communication avec les capteurs, la gestion des données et l'interaction avec les périphériques externes.



```
1  #ifndef RUCHERLORA_H
2  #define RUCHERLORA_H
3
4  #include <HTTPClient.h> // Inclure les bibliothèques nécessaires pour les requêtes HTTP
5  #include <Ethernet.h>   // Inclure les bibliothèques nécessaires pour les connexions Ethernet
6  #include <Arduino.h>    // Inclure la bibliothèque principale d'Arduino
7  #include <WiFi.h>       // Inclure les bibliothèques nécessaires pour les connexions WiFi
```

### 2. Hébergement de la librairie sur GitHub et tests

Après l'implémentation des fonctions de la bibliothèque RucherLoRa.h, nous avons procédé à son hébergement sur GitHub, une plateforme largement utilisée pour le développement collaboratif de logiciels. L'hébergement réussi sur GitHub a permis à notre équipe de collaborer efficacement sur le code source, de gérer les versions et de faciliter les contributions externes.

En plus de l'hébergement sur GitHub, nous avons également réalisé des tests unitaires et des tests complets pour garantir le bon fonctionnement de la bibliothèque. Les tests unitaires ont été utilisés pour vérifier le bon comportement de chaque fonction individuellement, tandis que les tests complets ont évalué l'interaction et l'intégration de l'ensemble de la bibliothèque dans notre système.

Les tests ont été menés de manière rigoureuse, en simulant divers scénarios et en vérifiant les résultats par rapport aux attentes définies. Les résultats des tests ont confirmé le bon

fonctionnement de la bibliothèque dans différentes conditions et ont validé sa fiabilité et sa performance.

## V. Difficultés rencontrés et solutions trouvées

La principale difficulté rencontrée était lors du routage de la carte.

En effet l'idée de base de ce projet était de faire la conception PCB avec les logiciels EASY EDA ou EAGLE, mais par manque de maîtrise de ces deux logiciels, nous avons eu beaucoup de difficultés à procéder au routage du PCB.

Nous avons eu du mal à faire un routage correct en respectant les dimensions et contraintes de la carte à concevoir.

Il nous a fallu plusieurs essais avant de finalement décider à basculer vers un autre logiciel mieux maîtrisé : Altium.

Ainsi nous avons poursuivi la conception de la carte avec ce logiciel en veillant à ce qu'il soit compatible au logiciel que l'on utilise de base.

## VI. Resultats obtenus et ameliorations futures

Globalement nous avons réussi à définir toute la partie software du projet en définissant toutes les fonctions nécessaires pour permettre à notre module de répondre à toutes les requêtes de transmission et de réception de données.

Ce qui reste à faire dans notre projet comprend principalement la finalisation du processus de soudage et la réalisation des tests nécessaires pour garantir le bon fonctionnement de notre système dans son ensemble. Ceci sera possible une fois que la livraison du convertisseur TXB0108PWR, essentiel pour alimenter le module SIM7000G en 1.8 V.

Sans ce composant, nous sommes dans l'incapacité de terminer le soudage de notre système et de procéder aux tests nécessaires pour valider son fonctionnement.

## Conclusion

En conclusion, ce projet de suivi de ruche a été une expérience enrichissante qui nous a permis d'acquérir de nouvelles compétences et de mettre en pratique nos connaissances dans divers domaines. À travers ce projet, nous avons développé et renforcé un large éventail de compétences, notamment :

Conception électronique : Nous avons appris à concevoir des schémas électriques et des PCBs, en utilisant des logiciels tels qu'EAGLE et Altium Designer pour traduire nos idées en réalité.

Programmation embarquée : Nous avons développé des compétences en programmation pour les microcontrôleurs, en utilisant des langages tels que C/C++ pour contrôler le comportement de notre système.

Gestion de projet : Nous avons appris à planifier, organiser et gérer les différentes phases d'un projet, en tenant compte des contraintes de temps et de ressources pour atteindre nos objectifs.

Collaboration et communication : Nous avons travaillé en équipe, partageant nos idées, nos progrès et nos défis, et en communiquant efficacement pour résoudre les problèmes rencontrés.

Résolution de problèmes : Nous avons développé notre capacité à identifier, analyser et résoudre les problèmes techniques rencontrés tout au long du projet.

Gestion des approvisionnements : Nous avons acquis de l'expérience dans la gestion des achats de composants électroniques et dans la planification des livraisons pour assurer la disponibilité des ressources nécessaires.

Ce projet a été une opportunité précieuse pour mettre en pratique nos compétences académiques dans un contexte réel, nous préparant ainsi à relever les défis du monde professionnel. Nous avons également développé une compréhension plus profonde des technologies émergentes telles que l'IoT (Internet des Objets) et les réseaux sans fil, ainsi qu'une sensibilisation accrue aux enjeux environnementaux liés à la protection des abeilles et de la biodiversité.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre professeur pour nous avoir confié ce projet passionnant. Son soutien et ses conseils ont été précieux tout au long du processus, nous aidant à surmonter les obstacles et à atteindre nos objectifs. Ce projet restera une expérience mémorable qui aura contribué à notre développement personnel et professionnel.

## Bibliographie

[www.manualslib.com/manual/1498555/Simcom-Sim7000g.html](http://www.manualslib.com/manual/1498555/Simcom-Sim7000g.html)

[LILYGO T-SIM7000G ESP32 Get GPS Data Latitude Longitude Altitude | Random Nerd Tutorials](#)

[EasyEDA Std Tutorial](#)

[Tutoriel sur EAGLE | Le blog de Lulu \(lucidar.me\)](#)

[Tutorial - A Complete Design Walkthrough with Altium Designer | Altium Designer 24 and 23 Technical Documentation](#)