



Mémoire de Projet

Chauffage de ruche solaire

Réalisé par : **Simon Bressot, Melilla Caillot, Laura Boivin**

Sous la supervision de : **M. Peter**

Dans le cadre de notre cursus ingénieur Electronique et Systèmes Embarqués

15/05/2025

ELSE4 FISA

Table des matières

1. Résumé / Introduction.....	1-1
1.1 Objectif du projet	1-1
Contexte d'utilisation	1-1
Ce que le système fait	1-1
Ce que le document contient.....	1-2
2. Liste du Matériel.....	2-3
Logiciels utilisés	2-3
Sites d'achats.....	2-3
Matériel de laboratoire	2-3
Consommable.....	2-3
Liste des composants/BOM.....	2-4
3. Schéma montage	3-5
Schéma fonctionnel.....	3-5
Schéma Electronique.....	3-5
Dimensionnement des résistances.....	3-5
Schématique complète sur Altium.....	3-6
Schéma de la caractérisation du panneau solaire	3-7
4. PCB.....	4-7
Routage/PCB.....	4-7
5. Montage et Mesures pour caractérisation du Pannneau solaire.....	5-15
Montage de la carte	5-15
Mesures pour caractérisation du panneau solaire	5-17
6. Code Source.....	6-19
Liens Code Arduino sur GitHub	6-19
Explication des principales fonctions	6-19
Acquisition de tension et courant via le capteur INA219.....	6-19
Mesure de température avec les capteurs DS18B20	6-20
Régulation de puissance solaire par MPPT et PWM.....	6-21
Diagramme de Flux	6-21
7. Utilisation	7-22
Téléversement	7-22
Paramétrage d'affichage.....	7-22
Sur port serial :	7-22
Sur wifi direct :	7-22
Vérification du bon fonctionnement :	7-23
Données bien reçues.....	7-23
Chauffage des résistances chauffantes.....	7-23
Suivi du MPPT	7-23
8. Résultats/ amélioration.....	8-24
Ce que fait le système quand tout est configuré	8-24
Problèmes actuels	8-24
Ce qu'il faut implémenter pour continuer le travail effectué	8-24
9. Annexes/ Bibliographie.....	9-24

1. RESUME / INTRODUCTION

1.1 Objectif du projet

Contexte d'utilisation

Ce projet de chauffage pour les ruches d'abeilles a été conçu pour une utilisation personnelle, plus précisément pour les ruches de M. Peter, qui sont situées sur le campus de Polytech Nice Sophia-Antipolis, dans les Alpes-Maritimes. L'idée, c'est de créer un système de chauffage efficace et simple à utiliser, spécialement adapté pour les ruches, afin de mieux réguler la température intérieure. Cela permettrait de protéger les colonies d'abeilles des variations climatiques, ainsi que l'essaim des abeilles, un facteur important pour leur survie et leur productivité.

En plus de son utilisation actuelle, ce projet a aussi été pensé comme une base de travail pour les étudiants de notre formation en Ingénierie Electronique et Systèmes Embarqués, afin de participer à un projet électronique. Les prochaines promotions pourront sans doute l'améliorer et y ajouter de nouvelles fonctionnalités.

Concernant la structure du chauffage, nous avons choisi de le réaliser sous forme de cadrant que l'on superposera directement sur les ruches. Cette approche a l'avantage d'être simple à installer et à retirer, tout en assurant une bonne répartition de la chaleur. Le cadrant peut être facilement adapté à différentes tailles de ruches et offre une flexibilité intéressante pour les apiculteurs, qu'ils soient amateurs ou professionnels. De plus, ce format permet de limiter les pertes de chaleur et de mieux protéger les abeilles contre les variations soudaines de température.

Ce projet vise non seulement à répondre à un besoin pratique pour les ruches de M. Peter, mais aussi à servir de point de départ pour des améliorations futures, tout en offrant une opportunité aux étudiants de se familiariser avec les défis de l'électronique embarquée appliquée à l'apiculture.

Ce que le système fait

Le système récupère l'énergie produite par le panneau solaire pour alimenter un microcontrôleur ESP32. Cette énergie permet non seulement de faire fonctionner le microcontrôleur, mais aussi de piloter l'ensemble du système. Le microcontrôleur est chargé de relever en temps réel la température, le courant et la tension du système, ce qui lui permet de surveiller l'état du chauffage. En fonction des données collectées, il adapte la puissance des résistances chauffantes du cadre pour maintenir une température optimale. Cela garantit que le cadre ne surchauffe pas et que l'énergie solaire est utilisée de manière efficace. De plus, le système peut envoyer ces données via Wi-Fi, permettant un suivi à distance si besoin. Cela rend le cadre plus intelligent et autonome, tout en utilisant uniquement l'énergie renouvelable du panneau solaire.

Ce que le document contient

Ce document est le manuel utilisateur du système de chauffage pour ruches, décrivant chaque étape de sa conception, de l'objectif initial jusqu'aux améliorations futures. Il débute par une Introduction (section 1) qui présente l'objectif du projet, le contexte d'utilisation, ainsi que les fonctionnalités principales du système, tout en résumant le contenu du document.

Ensuite, la Liste du Matériel (section 2) regroupe tout ce qui est nécessaire pour construire le système, y compris les logiciels utilisés, le matériel de laboratoire, les consommables et la liste des composants (BOM), ce qui permet de bien préparer la phase de montage.

Le Schéma de Montage (section 3) comprend à la fois le schéma fonctionnel et le schéma électronique, offrant une vue d'ensemble du circuit et de son fonctionnement. La section suivante, PCB (section 4), se concentre sur le routage et la réalisation du circuit imprimé, une étape importante pour l'assemblage final.

Dans la section Montage et Mesures pour caractérisation du Panneau Solaire (section 5), le document détaille les étapes pour assembler la carte et mesurer les performances du panneau solaire, assurant ainsi une caractérisation précise.

La partie Code Source (section 6) décrit le langage de programmation utilisé, fournit le lien GitHub pour le code, et explique les principales fonctions ainsi que le diagramme de flux, offrant un aperçu complet du fonctionnement logiciel du système.

La section Utilisation (section 7) guide l'utilisateur dans le téléversement du code, le paramétrage de l'affichage via le port série ou Wi-Fi direct, et inclut des vérifications pour s'assurer du bon fonctionnement, comme la réception correcte des données et le contrôle de température.

Enfin, la section Résultats / Amélioration (section 8) résume les performances actuelles du système, les problèmes rencontrés et les améliorations possibles pour les futures versions. Le document se termine par les Annexes / Bibliographie (section 9), regroupant les références et les documents complémentaires pour ceux qui souhaitent approfondir.

2. LISTE DU MATERIEL

Logiciels utilisés

- VS code
- GitHub
- Arduino IDE
- Altium Designer (ou equivalent: KiCad, EasyEDA)
- Web Browser

Sites d'achats

- Composants électronique : Mouser, Digikey, RSonline, Amazon, Aliexpress
- Fabrication du PCB : JLCPCB, PCBWAY, proto-electronics

Matériel de laboratoire

- Oscilloscope
- Multimètre
- Fer à braser
- Four de brasage, préprogrammer
- Kit solaire : Panneaux solaire, Solar power-mètre, Rhéostat, Autotransformateur
- Tournevis plat
- Connecteurs : Bananes, BNC, XT60, Dupont male/femelle
- Adaptateur convertisseur UART, Interface série TTL
- Brucelles
- Pince à couper
- Cutter

Consommable

- Tresse à dessouder
- Étain
- Fil avec awg ≥ 24

Liste des composants/BOM

Nom Composant	Ref manufacture	Quantité	Designator(s)
Condensateur électrolytique 1mF 50V (Würth WCAP-ASLI)	865080663020	1	C1
Condensateur céramique 0.1µF 50V X7R 0805	GCM21BR71H104KA37K	4	C2, C4, C7, C8
Condensateur céramique 10µF 35V X5R 0805	GRM21BR6YA106ME43L	2	C3, C5
Condensateur céramique 1µF 50V X7R 0805	GRJ21BR71H105KE01L	1	C6
Diode Zener 6.8V, 225 mW, SOT-23 (ON Semiconductor)	BZX84C6V8LT1G	1	D1
Connecteur alimentation type XT60 (male)	XT60PW-M	1	J1
Connecteur header 6 pins, angle droit (Würth)	61300611021	1	J2
Header 2 broches	Header 2-Pin	4	PR11, PR12, PR21, PR22
Header 3 broches	Header 3-Pin	1	PT1
Transistor MOSFET N-Channel 50V 220mA SOT-23	BSS138	2	QN1, QN2
MOSFET P-Channel (Fairchild/ON Semiconductor)	FQB22P10TM	2	QP1, QP2
Résistance CMS 15kΩ 5% 1206	ERJ-P08J153V	1	R1
Résistance CMS 820Ω 5% 1206	ERJ-P08J821V	1	R2
Résistance CMS 4.7kΩ 1% 1206	CRCW12064K70FKEA	1	RPU4
Résistance CMS 470 Ohms 500 mW 1206 1%	RC1206FR-7W470RL	1	R3
Résistance CMS 1kΩ 5% 1206	ERJ-P08J102V	1	R4
Résistance CMS 10.2Ω 1% 1206	ERJ-8ENF10R2V	2	R5, R6
Résistance CMS 3.3kΩ 5% 1206	ERJ-8GEYJ332V	2	R7, R8
Résistance de shunt 0.1Ω 1% 1W 2512	WSL2512R1000FEA	1	R_shunt1
Résistance CMS 100kΩ 5% 1206	ERJ-P08J104V	2	Ren1, RIO01
Résistance CMS 33kΩ 5% 1206	ERJ-P08J333V	5	RPD1, RPD2, RPU1, RPU2, RPU3
Comparateur analogique simple, SOT-25	AP331AWG-7	1	U1
Module WiFi + Bluetooth SoC ESP32, 16MB Flash	ESP32-WROOM-32E	1	U2
Moniteur de courant / puissance, précision 1%, SOT23-8	INA219AIDCNR	1	U3
Régulateur de tension 3.3V faible dropout	TLS850B0TEV33ATMA1	1	ULR1
Capteur de température numérique 1-Wire (Maxim)	DS18B20U+T&R	4	UT1, UT2, UT3, UT4

R5 et R6 peuvent être à plus ou moins à 1ohm de la vraie valeur.

R7 et R8 peuvent aussi être à 4,7kohm vu qu'ils sont utilisés pour le pull up de l'i2c.

Cette liste de composants est à commander pour une carte avec la référence du manufacturer sur les sites de composant électroniques.

3. SCHEMA MONTAGE

Schéma fonctionnel

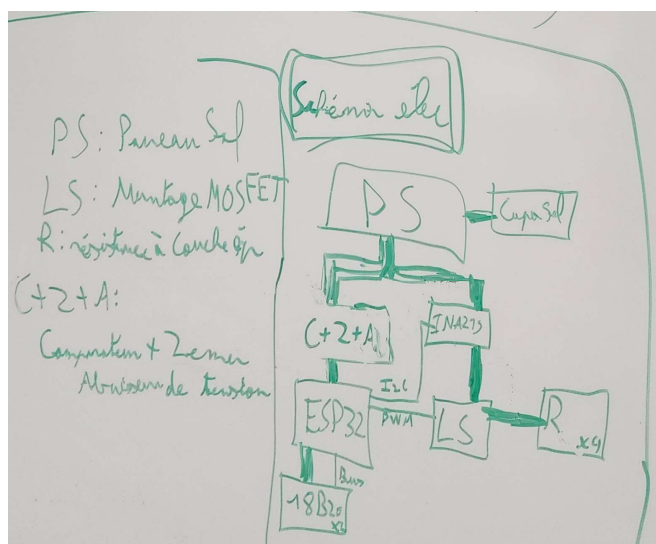


Schéma Electronique

Cette partie regroupe toute la partie électronique du point de vue dimensionnement et caractéristique du schéma électrique complet de la carte.

Dimensionnement des résistances

Dimensionnement des résistances (régulation et pont diviseur)

Le dimensionnement des résistances est une étape fondamentale dans l'élaboration d'un système autonome, notamment lorsqu'il est alimenté par un panneau solaire. Ici, il s'agissait d'adapter la tension d'entrée du panneau à l'alimentation de l'ESP32, tout en respectant un seuil de déclenchement à partir duquel le système s'active. Ce seuil a été déterminé en observant la courbe caractéristique du panneau : la tension de fonctionnement stable commence autour de 10 V.

Étapes de réflexion :

- Une **diode Zener** de 6,8 V a été choisie pour servir de référence de tension au comparateur. Ce choix repose sur un compromis entre standardisation et efficacité : bien qu'une Zener de 10 V soit plus proche de la tension max du panneau, elle ne tiendrait pas compte de la chute de tension provoquée par la résistance série R2.
- À partir de là, une **analyse KVL (loi des mailles)** a été menée pour déterminer la valeur de la résistance R2 :

$$R2 = \frac{V_{\text{panneau}} - V_{\text{Zener}}}{I_{\text{Zener}}}$$

En prenant un courant de 5 mA (suffisamment au-dessus de $I_Z \text{ min} \approx 2 \text{ mA}$), on obtient une première estimation de $R2 \approx 640 \Omega$. Cette valeur a été ajustée à 820Ω , valeur normalisée, permettant de respecter la puissance maximale dissipée par la Zener (350 mW) tout en conservant un fonctionnement fiable.

Pont diviseur (PDT) :

Pour créer une tension de référence à comparer avec celle de la Zener, un **pont diviseur résistif** (R3-R4) a été dimensionné. Le but est que la tension en sortie du pont égale 6,8 V lorsque le panneau fournit 10 V. Plusieurs simulations (via Lush Project) ont permis de trouver un bon couple :

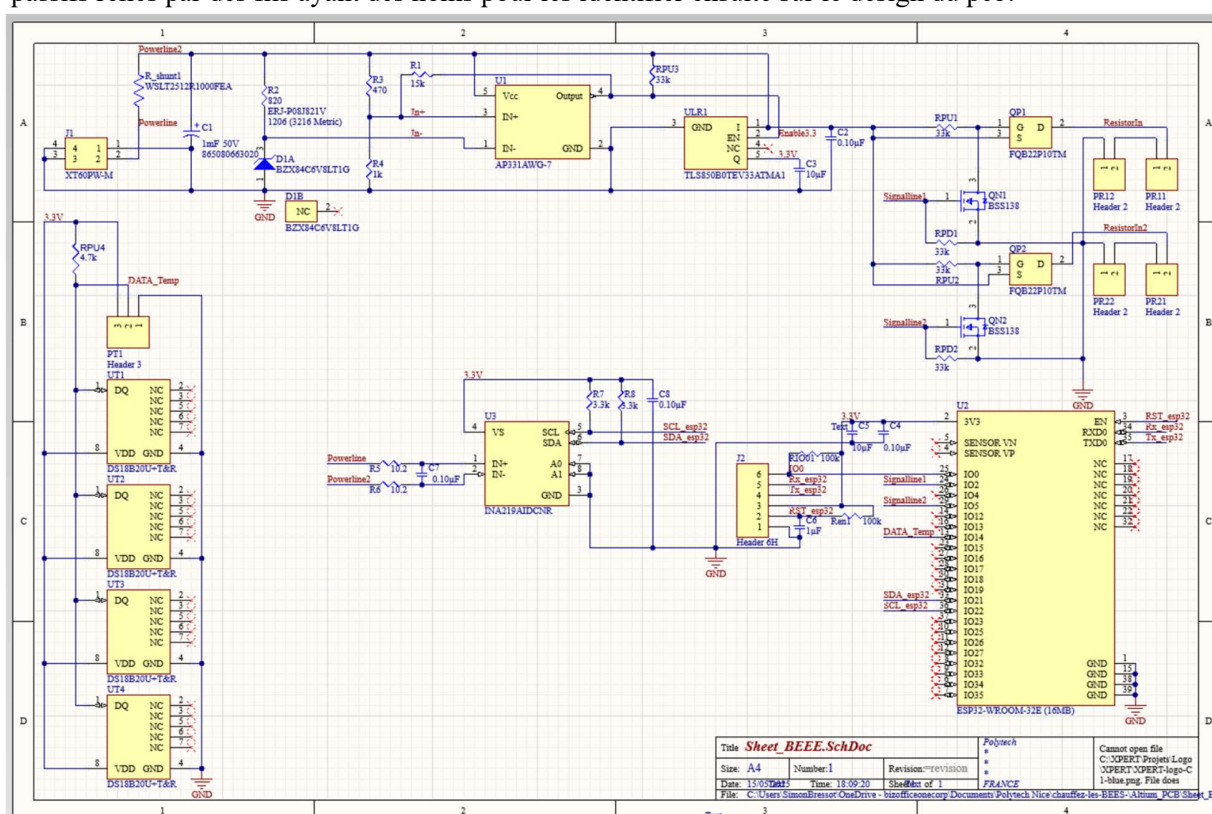
- $R3 = 4700 \Omega$
- $R4 = 10\,000 \Omega$

Un redimensionnement des valeurs (x10) a été fait pour réduire la consommation statique, sans altérer le rapport.

L'ensemble a été simulé puis validé expérimentalement sur la maquette et le PCB.

Schématique complète sur Altium

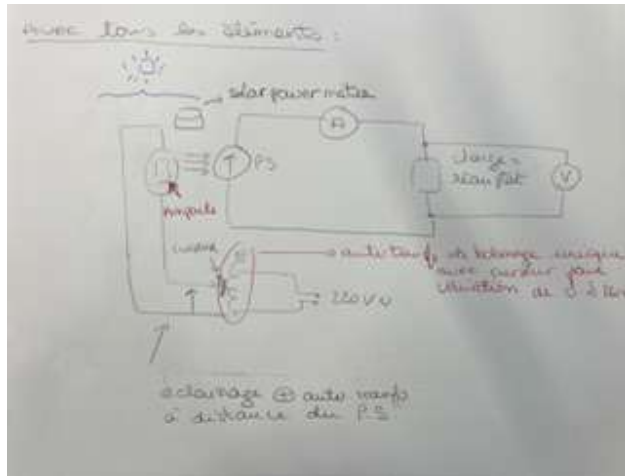
La schématique est faite sur Altium dans une feuille A4 format paysage avec les composants actifs et passifs reliés par des fils ayant des noms pour les identifier ensuite sur le design du pcb.



Il faut bien penser à rajouter le nom du composant qui est parfois caché.

Schéma de la caractérisation du panneau solaire

Afin de définir les caractéristiques du panneau solaire, il a fallu en premier lieu penser quel montage faire.

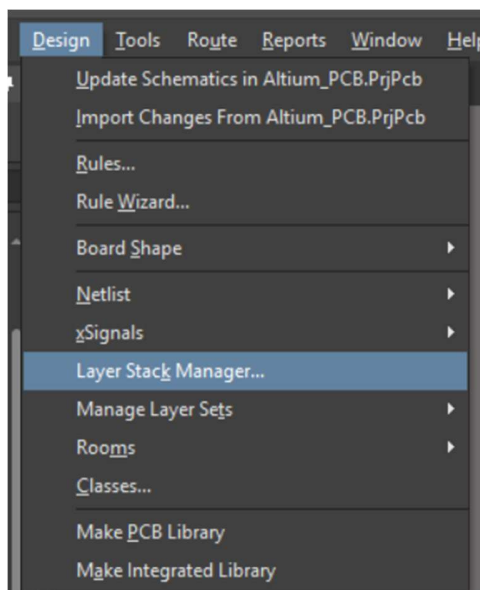


4. PCB

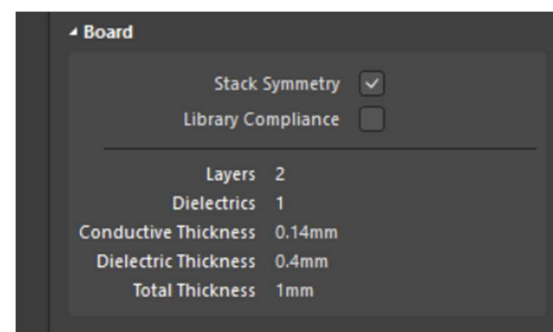
Routage/PCB

Après la schématique réalisée avec Altium, il a fallu plusieurs étapes afin de produire le pcb.

- Dans un premier temps, s'occuper de l'épaisseur du pcb avec le Layer Stack manager et faire en sorte que le pcb aie une épaisseur de 1mm.



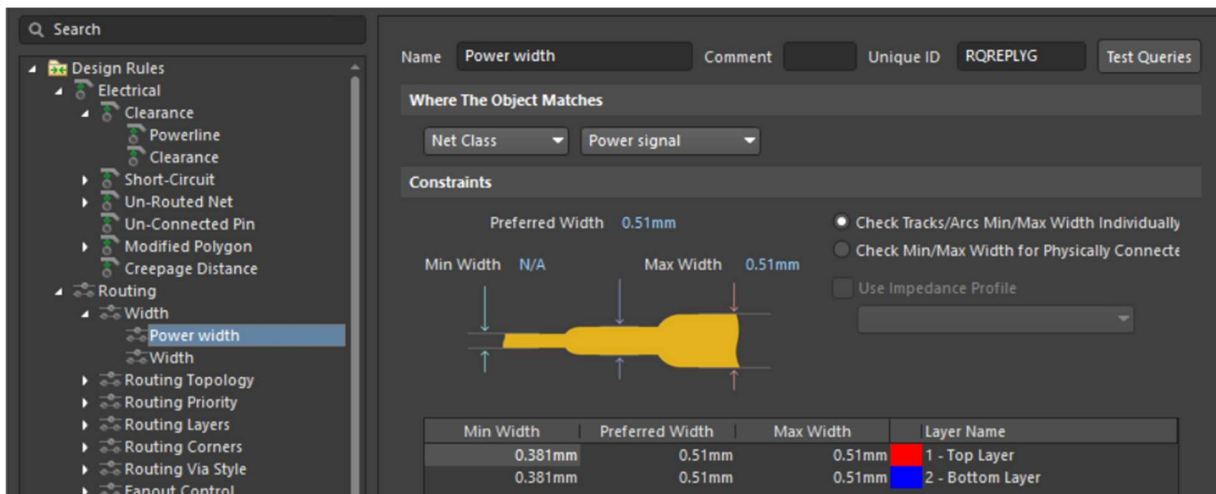
#	Name	Material	Type	Thickness	Dk	Df	Weight
	Top Overlay		Overlay				
	Top Solder	Solder Resist	Solder Mask	0.23mm	3.5		
1	Top Layer		Signal	0.07mm			2oz
	Dielectric 1	FR-4	Dielectric	0.4mm	4.8		
2	Bottom Layer		Signal	0.07mm			2oz
	Bottom Solder	Solder Resist	Solder Mask	0.23mm	3.5		
	Bottom Overlay		Overlay				



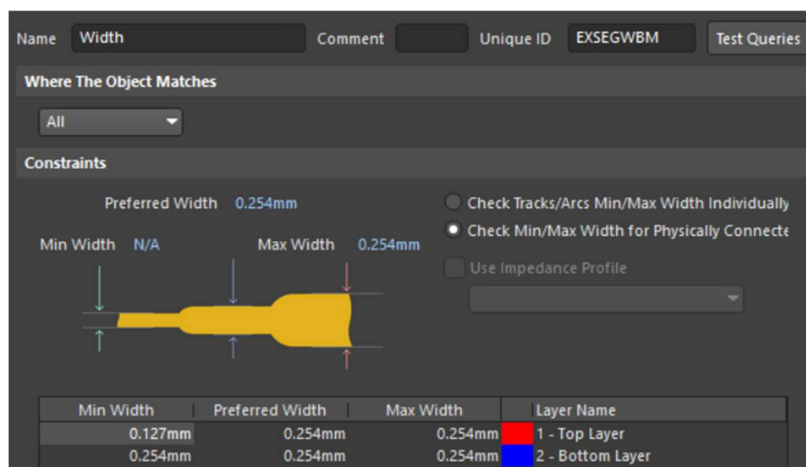
- Placer les composants dans la board shape, tout en Top layer.
- Faire attention à ce que tout au long de la conception du pcb, le bord de la carte soit libre pour que le gnd fasse tout le tour.

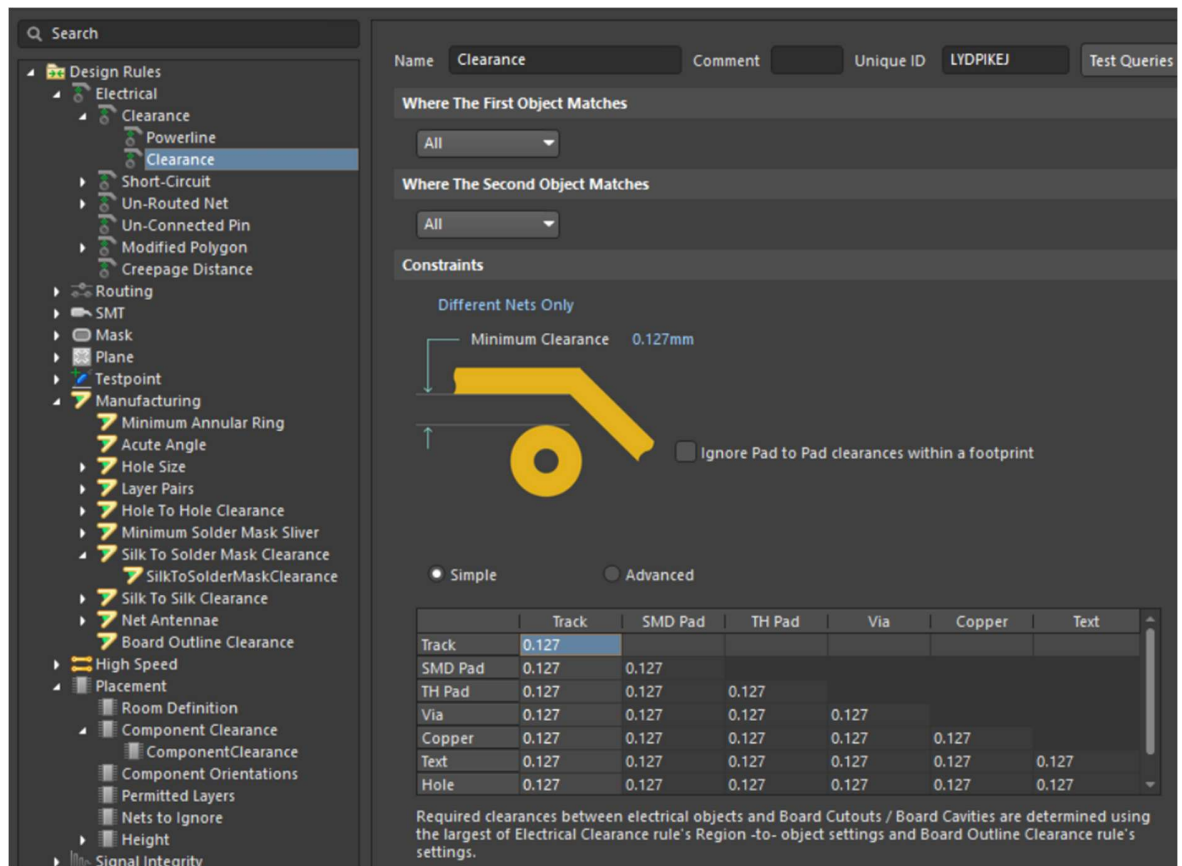
Après avoir placé les composants, il faut agir sur la taille des pistes.

- Pour tout ce qui fera passer de la puissance, on définit une taille de piste de 0.381mm au minimum.



- On utilisera une taille standard pour les autres signaux étant de 0.254mm voir 0.127mm.





- Sur l'écart entre les pistes, on a également une valeur différente entre les signaux de puissance et les autres (voir images ci-dessous).

Name: Powerline Comment: Unique ID: PWMBSUP Test Queries

Where The First Object Matches
Net Class: Power signal

Where The Second Object Matches
All

Constraints

Different Nets Only

Minimum Clearance: N/A

Ignore Pad to Pad clearances within a footprint

Simple Advanced

	Track	SMD Pad	TH Pad	Via	Copper	Text
Track	0.3					
SMD Pad	0.127	0.127				
TH Pad	0.127	0.127	0.127			
Via	0.3	0.127	0.3	0.3		
Copper	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	
Text	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127	0.127
Hole	0.3	0.127	0.3	0.3	0.3	0.3

Required clearances between electrical objects and Board Cutouts / Board Cavities are determined using the largest of Electrical Clearance rule's Region -to- object settings and Board Outline Clearance rule's settings.

- La liste attribuée des fils membre de cette classe de fils de puissances sont dans la colonne droite (3.3 ; Enable3.3 ; Resistor2)

Edit Net Class

Name: Power signal

Non-Members: *

Members: *

DATA_Temp
GND
RST_esp32
Rx_esp32
SCL_esp32
SDA_esp32
Signalline1
Signalline2
Tx_esp32

3.3V
Enable3.3
In+
In-
IO0
NetC7_1
NetC7_2
NetPR11_1
NetPR21_1
NetQN1_3
NetQN2_3
Powerline
Powerline2
ResistorIn
ResistorIn2

OK Cancel

Après avoir plus ou moins positionné les composants, et défini la taille des pistes :

- Router tous les fils sauf le gnd sur les faces Top et Bottom.

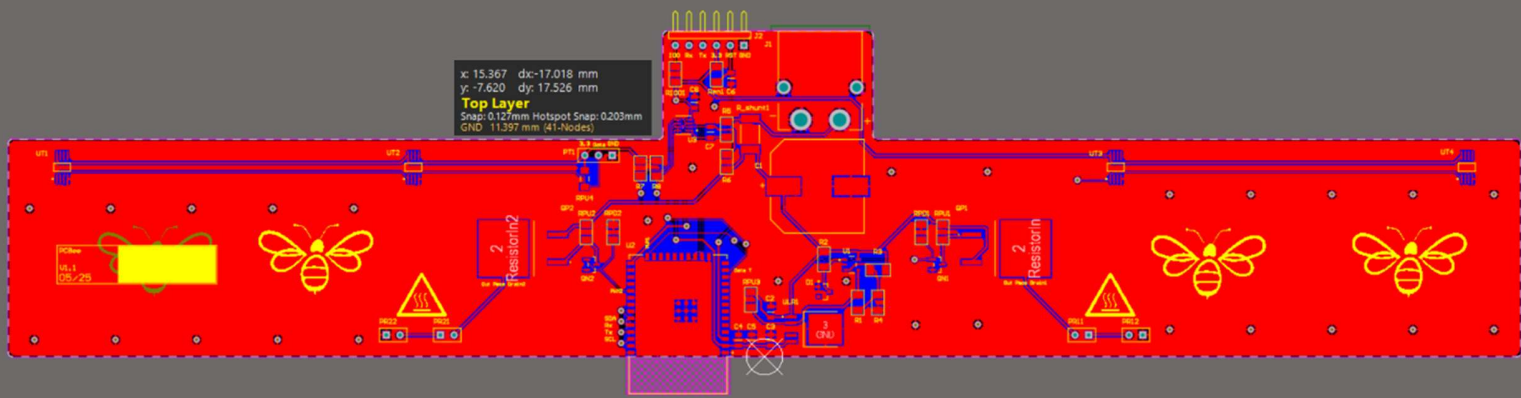
Quand cette étape est réalisée :

- Ajouter des via un peu partout sur la carte liée au Gnd afin que la carte soit isolée uniformément.

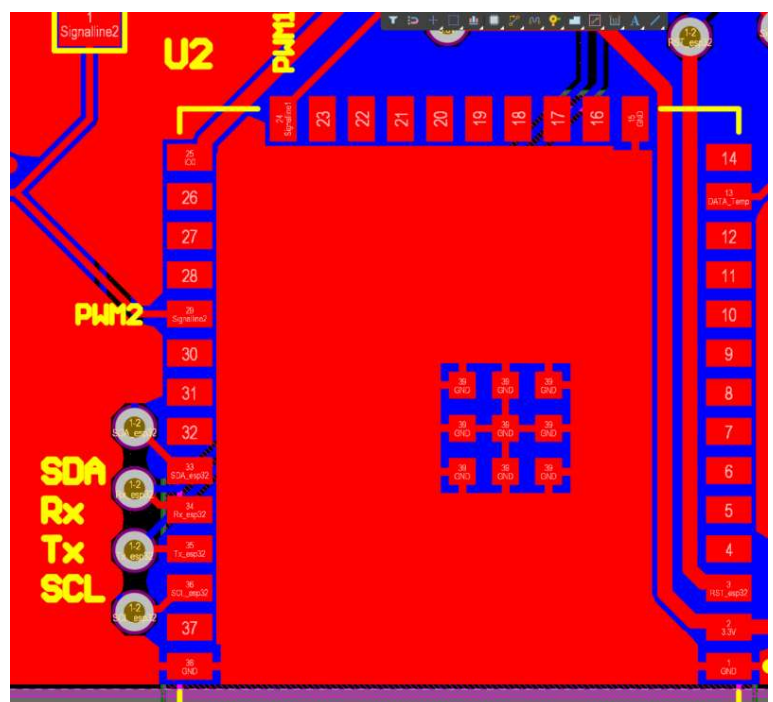
Il faut ensuite :

- Créer un Polygone board shape, le connecter au gnd, checkez la case “remove dead cooper” et puis pour sur le Top et le Bottom layer afin d’avoir toute la carte isolée.

On devra avoir ce résultat :

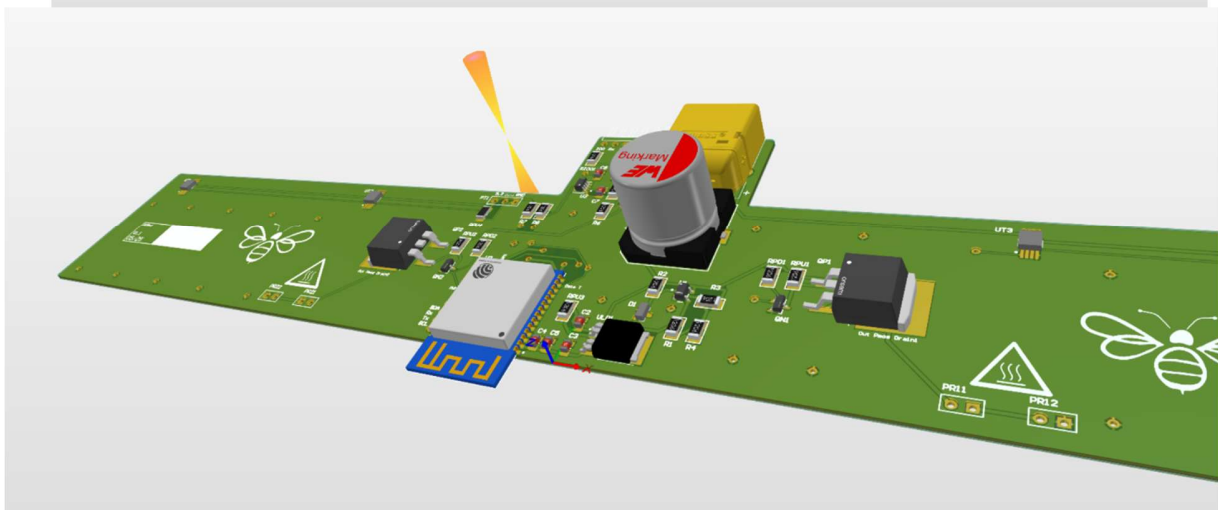
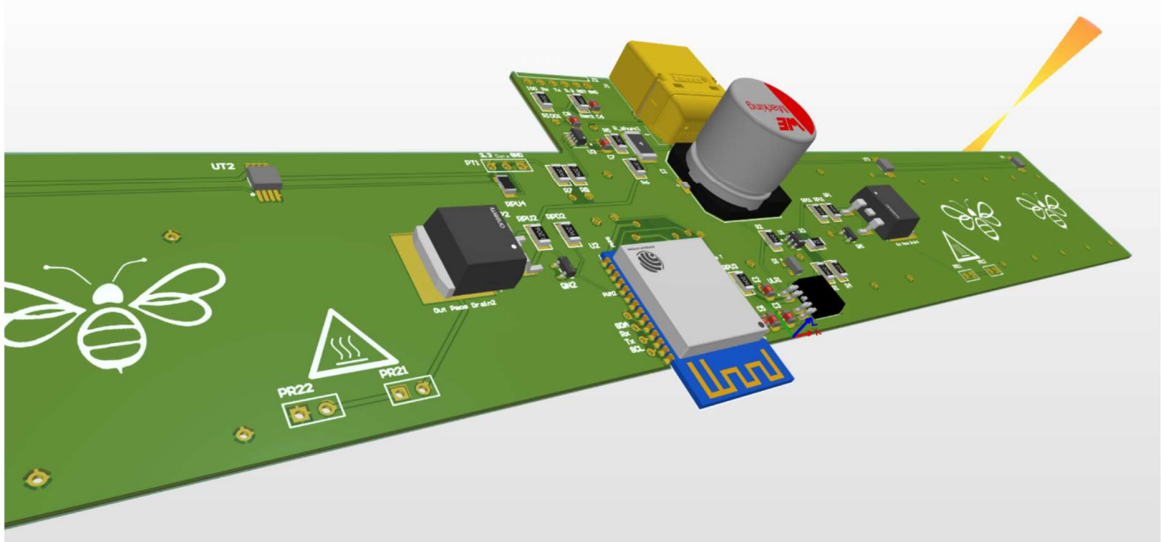
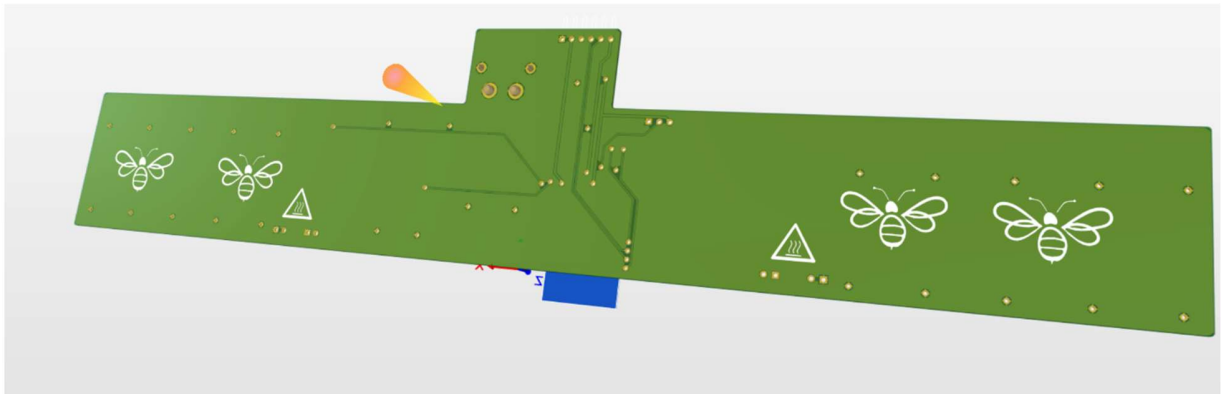


Sur l'esp32, on a le routage des pads étant effectué de cette manière :



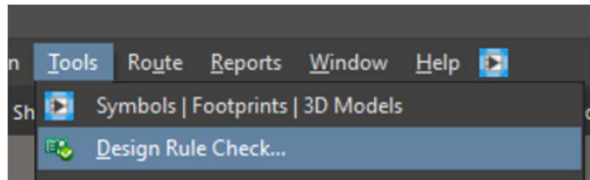
➤ Image 3D

Quand tout est fini, il faut que la carte ressemble à cela :



Avant de générer les fichiers de production :

- Vérifier avec le Design Rule Check que nous avons aucune Rules violations et peu de warning...



**Altium
Designer**

Design Rule Verification Report

Date: 15/05/2025
Time: 17:55:01
Elapsed Time: 00:00:01
Filename: C:\Users\Simon\OneDrive - bizoffice\OneDrive\Documents\Polytech Nice\chauffeur-las-BEES\Altium_PCB\PCB_bee.PcbDoc

Warnings: 0
Rule Violations: 0

Summary

Warnings	Count
Total	0

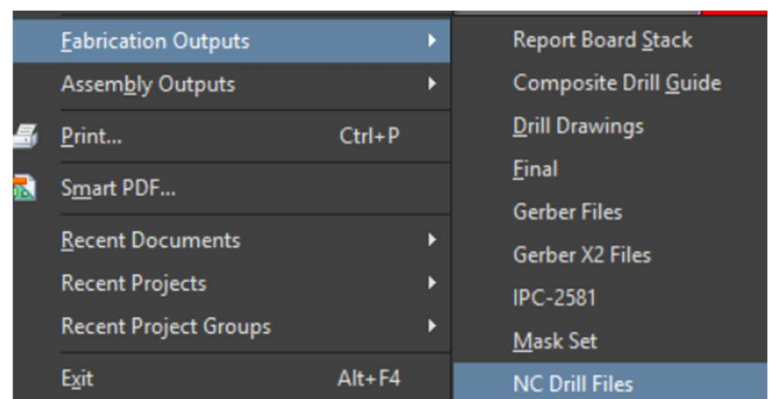
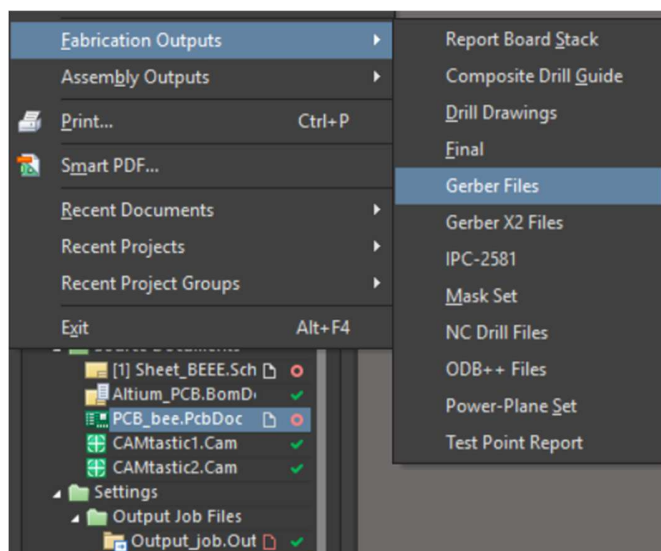
- Tuto génération fichiers de production :

Afin d'envoyer les bons fichiers pour que la carte soit produite via les sites de production de pcb, il faut créer un zip avec différents éléments.

On retrouvera ce que l'on appelle plus couramment :

- Un Gerber
- Un fichier de perçage
- (Facultatif : Pour l'achat des composants, une BOM, en format Excel)

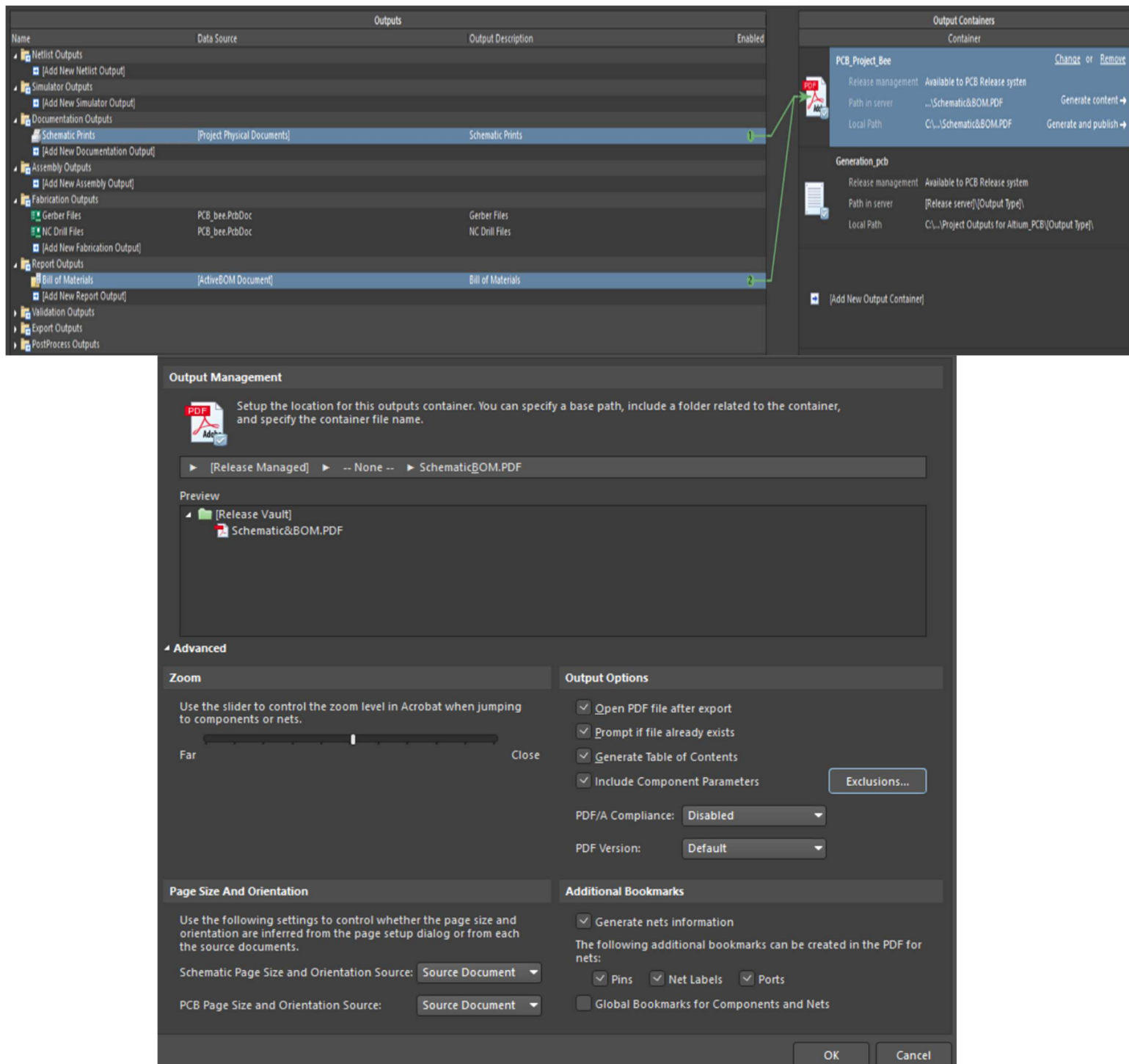
Voir les images ci- dessous :



Project Outputs for Altium_PCB	03/02/2025 10:57	Dossier compressé	154 Ko
Project Outputs for Altium_PCB_V1_1	15/05/2025 18:07	Dossier compressé	370 Ko

Pour le rendu d'une schématique de notre circuit avec ses composants/ références associés, il nous faudra la génération d'un PDF de la schématique et de sa BOM.

On peut le faire directement en générant un pdf avec « smart pdf » ou plus en détail dans un outputjoub.



5. MONTAGE ET MESURES POUR CARACTERISATION DU PANNEAU SOLAIRE

Montage de la carte

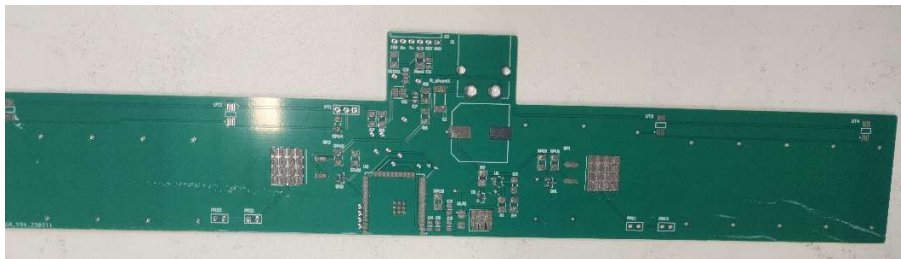
Après réception de la carte, il faut braser les composants commandés. On peut le faire avec un masque pour étaler de la pâte à braser et mettre ensuite dans un four à fusion ou bien tout faire main avec un fer à braser.

Pour la méthode avec la pâte :

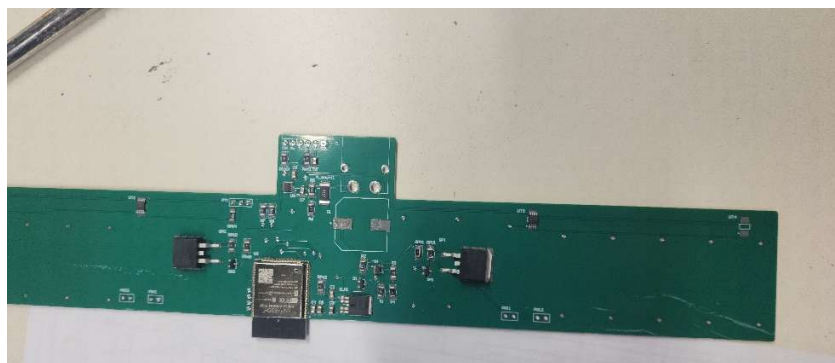
- Placement du masque sur la carte (tout doit être bien aligné)



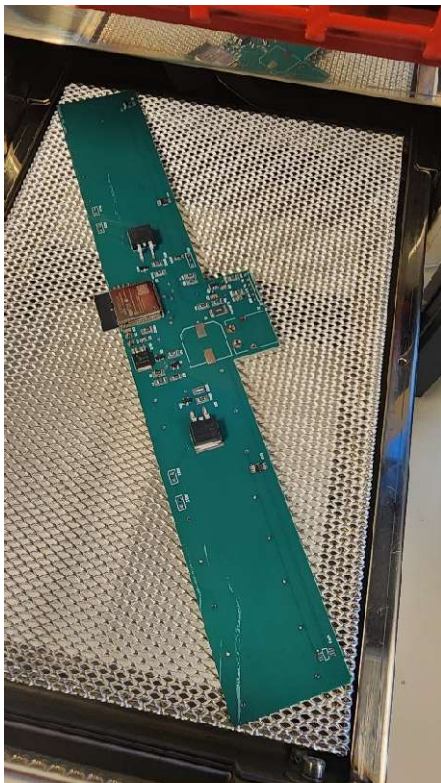
- Serrer avec des pinces en vérifiant que le masque ne soit pas décalé.
- Ajout de pâte à braser avec le masque sur la carte



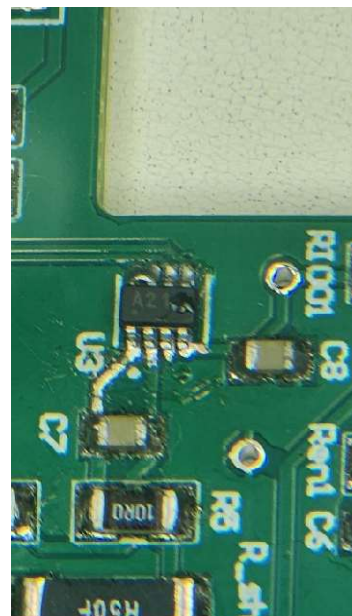
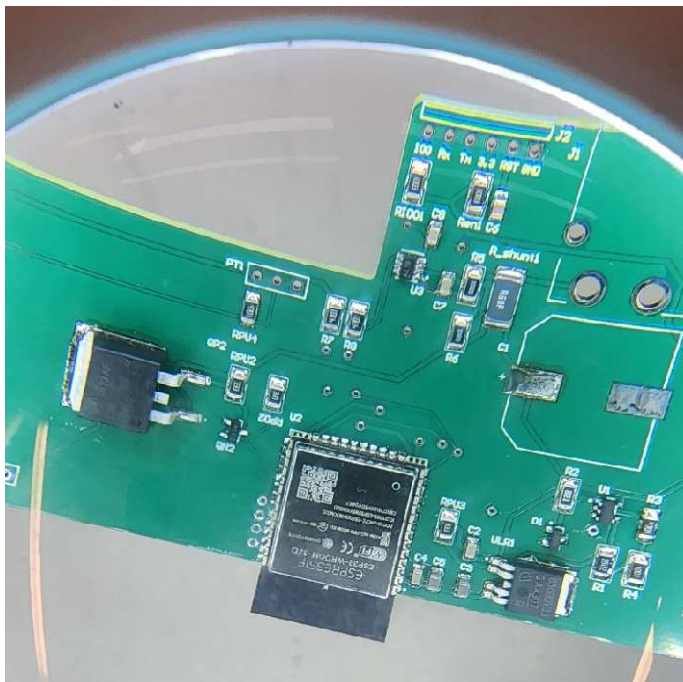
- Retirer ensuite le masque
- Placer les composants sur la carte



- Mettre la carte dans le four à fusion avec son cycle pré programme



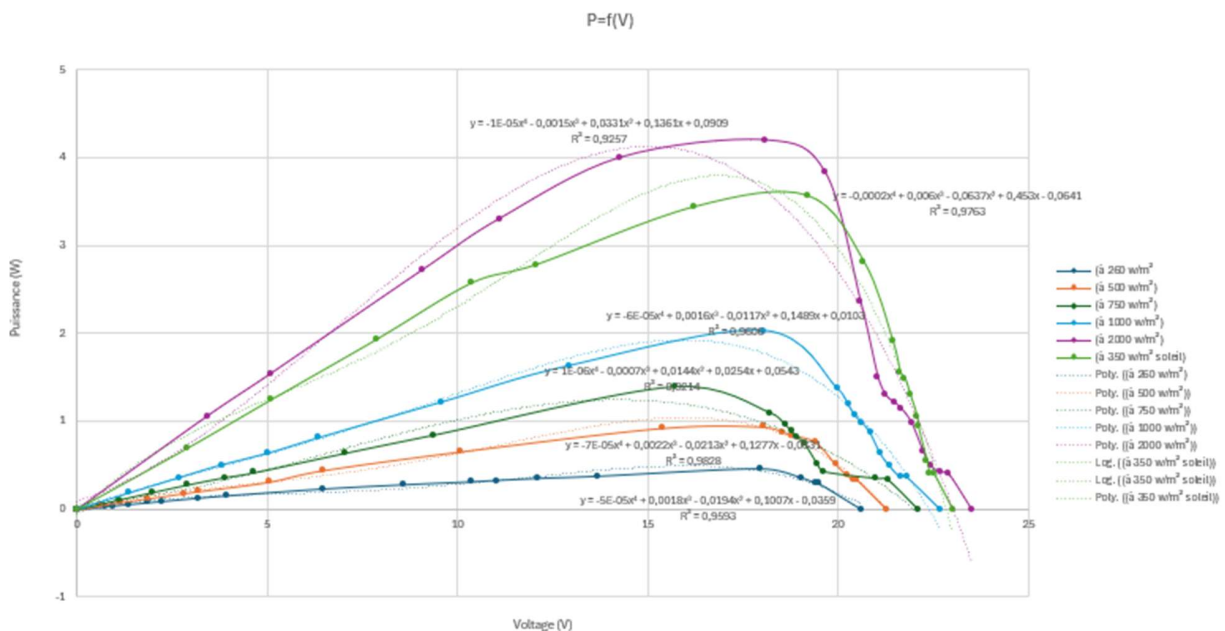
- Vérifier au binocle et avec un multimètre le test de conductivité si tous les pins sont bien brasés et qu'il n'y a pas de court-circuit (notamment U3/ina219, les capteurs de température et l'esp32)



tendances. Le choix de la courbe de tendance a été polynomiale de degré 4 car il s'agissait du modèle de tendance se rapprochant le plus de nos courbes $P=f(V)$. Ainsi, nous obtenions l'équation de la courbe de tendance ainsi que le coefficient de corrélation R^2 (plus R^2 est proche de 1, plus nous sommes proches de la courbe de notre fonction). En effet, grâce à l'équation de la courbe de tendance, nous obtenons les valeurs de tension et de puissance au point où la puissance est maximale. Ainsi, nous faisons cela pour les 6 courbes et nous obtenons les 6 MPPT.

(Voir fichier *Mesure_MPPT.xlsx* dans notre GitHub partie Perso Laura pour les campagnes de mesures ainsi que les courbes correspondantes).

Ci-dessous, le graphe $P=f(V)$ avec les courbes de tendances associées :



(En pointillés les courbes de tendances.)

Ci-dessous, les résultats finaux des MPPT pour chaque courbe.

courbes	Points MPPT	
	W	V
260 w/m^2	0,74	17,6
500 w/m^2	0,98	15,75
750 w/m^2	1,36	14,95
1000 w/m^2	2,02	16,36
2000 w/m^2	4,01	14,81
350 SOLEIL w/m^2	2,16	12,54

Je n'ai pas affiché ces points sur le graphe pour éviter la surcharge du graphe.

6. CODE SOURCE

Afin d'acquérir/envoyer des données et les transmettre de l'esp32 via wifi direct ou via USB avec une connexion uart effectué avec l'adaptateur, nous avons différents codes utilisés pour cela. Il faudra ouvrir le folder dans ArduinoIDE pour avoir accès à un projet dans une nouvelle fenêtre.

Différents codes ont été développés afin de piloter l'esp32 avec des fonctionnalités différentes

Liens Code Arduino sur GitHub

Lien du git : <https://github.com/polymel/chauffez-les-BEES-.git>

1. Détecteur adresse DS18B20 :
« Simon perso\Detecteur_adresse_DS18B20 »
2. Contrôle et affichage de tous les composants de l'esp32 :
« Simon perso\controle_all_esp32 »

Explication des principales fonctions

Acquisition de tension et courant via le capteur INA219

Pour suivre l'énergie délivrée par le panneau solaire et permettre une régulation intelligente, la mesure de la tension, du courant et de la puissance est confiée à un capteur INA219.

Principe de fonctionnement

L'INA219 est un capteur de puissance I2C capable de :

- Mesurer la tension du bus
- La tension de shunt (aux bornes d'une résistance série),
- et d'en déduire le courant et la puissance.

Il est configuré ici pour mesurer la puissance électrique absorbée par les résistances chauffantes.

Lecture dans le code

Via la bibliothèque Adafruit, la lecture s'effectue ainsi :

```
shuntvoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();  
busvoltage = ina219.getBusVoltage_V();  
current_mA = ina219.getCurrent_mA();  
power_mW = ina219.getPower_mW();  
loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);
```

Applications

- Affichage des mesures sur le port série.
- Base de calcul de l'algorithme MPPT.

Mesure de température avec les capteurs DS18B20

La température interne du système est mesurée à l'aide de plusieurs capteurs DS18B20, pour ne pas nuire aux abeilles.

Principe OneWire

Le DS18B20 utilise un bus unique (OneWire) pour transmettre les données. Tous les capteurs sont câblés en parallèle sur une même ligne de données, et sont identifiés par leur adresse 64 bits unique.

Programmation

Utilisation des bibliothèques :

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

Lecture des températures :

```
void loop() {
  sensors.requestTemperatures(); // Demande des températures à tous les capteurs
  Serial.print("Température capteur 1 : ");
  Serial.println(sensors.getTempCByIndex(0)); // Lecture du premier capteur
  Serial.print("Température capteur 2 : ");
  Serial.println(sensors.getTempCByIndex(1)); // Lecture du deuxième capteur
}
```

...

Des tests ont été menés pour valider :

- la reconnaissance des capteurs (affichage des adresses),
- la stabilité des mesures,
- la sensibilité aux manipulations (montée en température après contact manuel).

Métrologie

Une différence de 1 à 2 °C a été observée par rapport à un thermomètre de référence. Il est donc recommandé d'ajouter une marge de sécurité d'au moins 1 °C par rapport au seuil maximal supporté par les abeilles (≈35 °C).

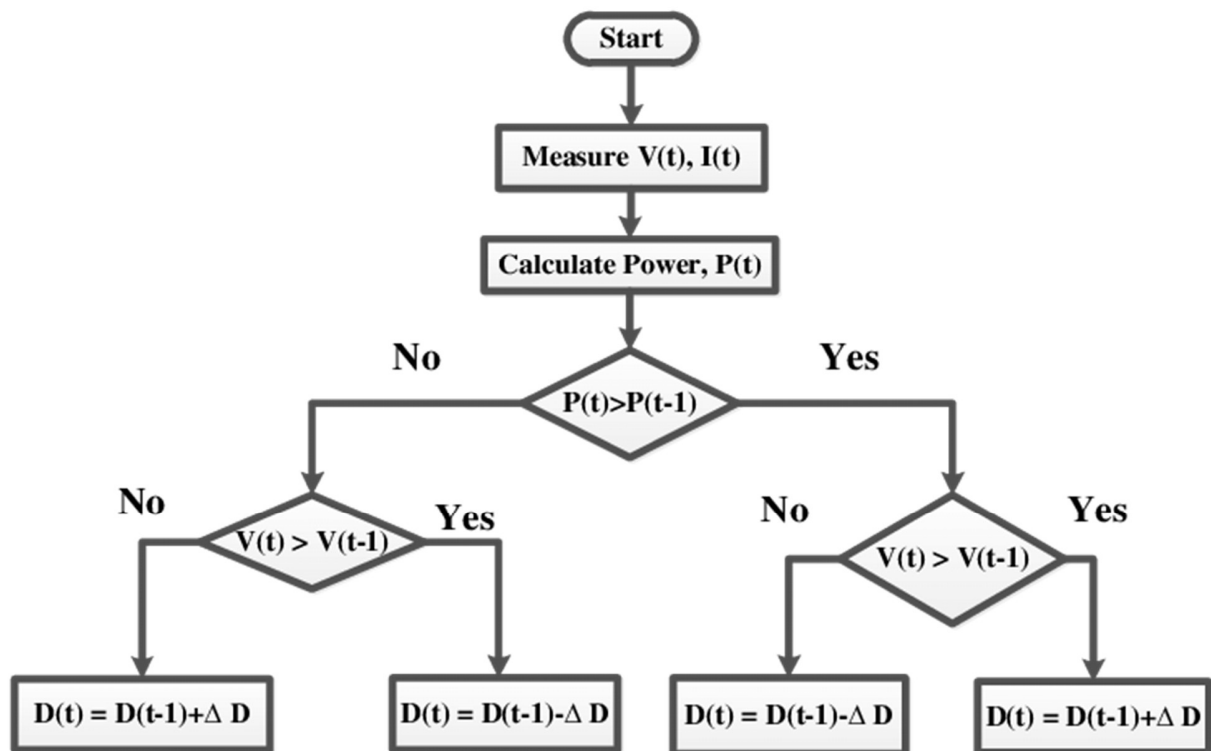
Régulation de puissance solaire par MPPT et PWM

L'algorithme consiste à :

1. Mesurer la puissance actuelle ($P = U \times I$).
2. Comparer cette puissance à la précédente. Comparer la tension.
3. Adapter le rapport cyclique PWM :

Variation de puissance (ΔP)	Variation de tension (ΔV)	Interprétation	Action sur le PWM
$\Delta P > 0$	$\Delta V > 0$	On se rapproche du MPP par la gauche	Augmenter duty cycle (demander plus de puissance)
$\Delta P > 0$	$\Delta V < 0$	On se rapproche du MPP par la droite	Diminuer duty cycle (soulager le panneau)
$\Delta P < 0$	$\Delta V > 0$	On s'éloigne du MPP (on l'a dépassé)	Diminuer duty cycle
$\Delta P < 0$	$\Delta V < 0$	On s'éloigne du MPP (par la gauche)	Augmenter duty cycle

Diagramme de Flux



---- Figure 1 Logigramme poursuite du MPPT

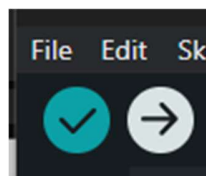
7. UTILISATION

Téléversement

Afin de téléverser le code sur la carte après le branchement il faut suivre plusieurs étapes

- Download les dépendances de librairie
- Connecter l'adaptateur TTL aux 6 pins du connecteur et connecter l'autre côté sur l'usb du pc.
- Alimenter l'esp32 : depuis l'adaptateur en 3.3V ou depuis le XT60 avec une tension entre 11 et 25V avec un courant limite min de 0.5A
- Select the board: ESP32 Wroom
- Select the serial port utilisé par l'USB (on peut voir ça dans gestionnaire des périphériques sur les paramètres du pc

- Cliquer sur Téléverser

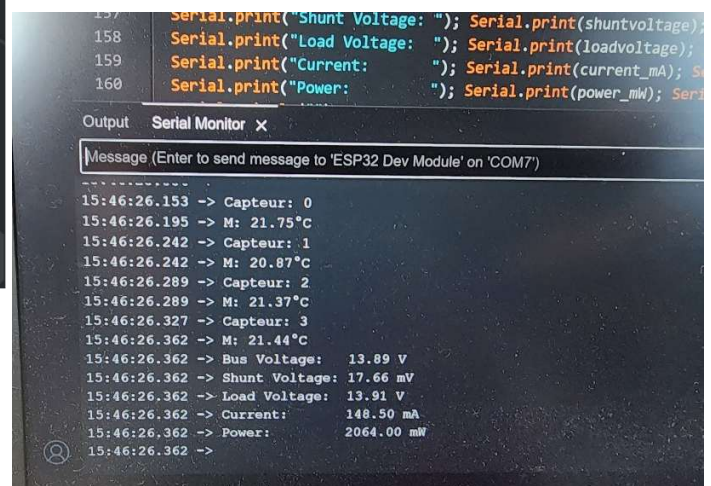
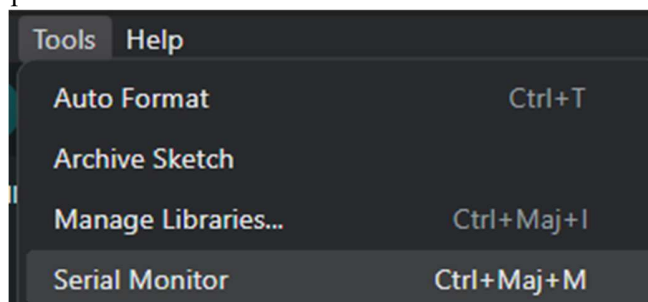


(On ne doit pas avoir de texte rouge lors de la compilation.)

Paramétrage d'affichage

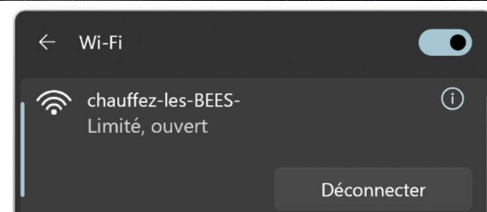
Sur port serial :

Avec teraterm, ArduinoIDE allé dans tools puis serial monitor et ouvrir le port de communication utilisé par l'USB. On doit avoir le résultat ci-dessous si tout fonctionne :



Sur wifi direct :

Utiliser dans un navigateur internet l'adresse 192.168.1.2 pour afficher la page html des données de l'esp32.



Vérification du bon fonctionnement :

Données bien reçues

Chauffage des résistances chauffantes

Après modification du PCBA : inversion de la source et de la grille des PMOS qui alimentent les résistances, ainsi, elles chauffent.

Suivi du MPPT

Le test de l'algo a été effectué avec une alimentation réglable et non le panneau solaire afin de pouvoir tester plus facilement les différents cas.

Tous les cas n'ont pas pu être testé.

Les hypothèses testées sont les suivantes :

- Tension diminue puissance diminue => le rapport de cycle augmente
- Tension augmente puissance augmente => le rapport cyclique diminue.

8. RESULTATS/ AMELIORATION

Ce que fait le système quand tout est configuré

Problèmes actuels

L'algorithme qui est le but du projet n'est pas abouti. Des phases de test sont nécessaires pour vérifier les différents cas d'évolution de la tension et de la puissance.

Ce qu'il faut implémenter pour continuer le travail effectué

Le test dans l'huile doit être réalisé pour analyser si le but est atteint. L'installation dans la ruche révélera les potentiels défis d'installation. On peut se demander :

- Comment et où installer le panneau solaire ?
- Comment préserver le système des intempéries ?

9. ANNEXES/ BIBLIOGRAPHIE

- Lien git : <https://github.com/polymel/chauffez-les-BEES-/tree/main>
- Lien jlpcb : <https://jlpcb.com/>
- Lien mouser (composants elec) : <https://www.mouser.fr/>