



MAKERS FOR LIFE



MakAir

PCB du Respirateur PPC

BOUTRY Loan

Alternant sur le projet MakAir

Ce document fait partie d'une série de livrables concernant la conception et le prototypage d'un respirateur à pression positive continue pour diminuer l'apnée du sommeil d'un patient

Ce livrable a pour but d'expliquer le développement du PCB du respirateur PPC afin de rendre le système plus fiable et moins encombrant. Nous pouvons retrouver toutes les solutions et composants choisies à mettre en place sur le PCB.

Table des matières

Table des figures	2
Comment concevoir un PCB ?.....	3
Réalisation du schéma électronique.....	3
Recherche des composants.....	4
Routage de la carte.....	5
Validation de la carte.....	5
Présentation de la carte.....	6
Schéma électronique	6
Routage de la carte.....	7
Validation de la carte.....	8
Annexe	10
BOM de la carte	10

Table des figures

Figure 1 : Schéma du capteur de pression	3
Figure 2 : Recherche de composant.....	4
Figure 3 : Schématique de la carte	6
Figure 4 : TopLayer du PCB	7
Figure 5 : BottomLayer du PCB	7
Figure 6 : Photos du PCB (non assemblé et assemblé).....	8

Comment concevoir un PCB ?

La conception d'une carte électronique se fait en 4 étapes :

- Réalisation du schéma électronique
- Recherche des composants
- Routage de la carte
- Validation de la carte.

Nous allons utiliser le logiciel EasyEDA pour concevoir notre carte, c'est un logiciel gratuit de conception de carte développé par JLCPCB (fabricant de PCB).

Réalisation du schéma électronique

La première étape de la conception d'une carte est la réalisation d'une carte électronique afin de créer la base électronique de votre PCB. C'est dans cette étape qu'on relie les signaux de contrôle et d'alimentation entre le microcontrôleur et les différents composants. On va aussi mettre en place des fonctions électroniques (filtrage, amplification, ...), améliorer la protection CEM (compatibilité électromagnétique) ou encore mettre des composants indispensables (capacité de découplage, LDO, ...).

Pour imager l'étape, nous allons réaliser le câblage du capteur de pression :

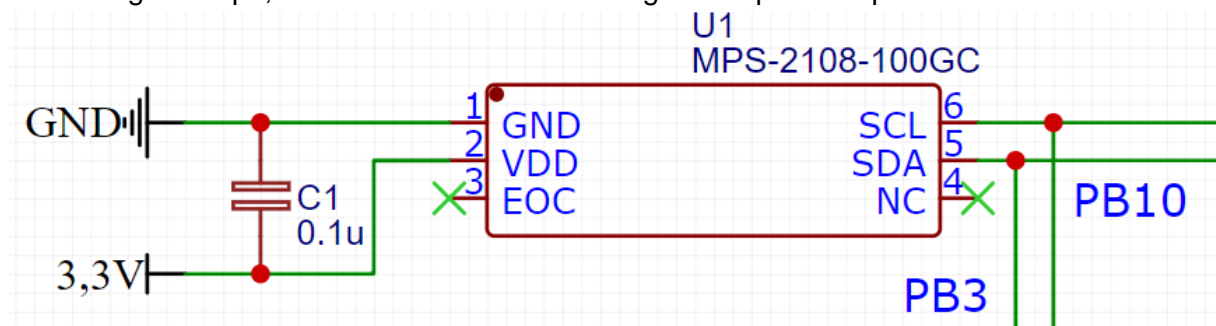
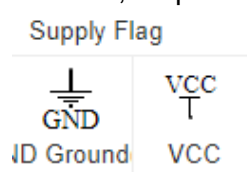
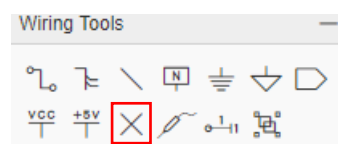


Figure 1 : Schéma du capteur de pression

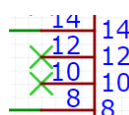
Pour les signaux d'alimentation GND et VDD, on place des supply flags comme ci-dessous :



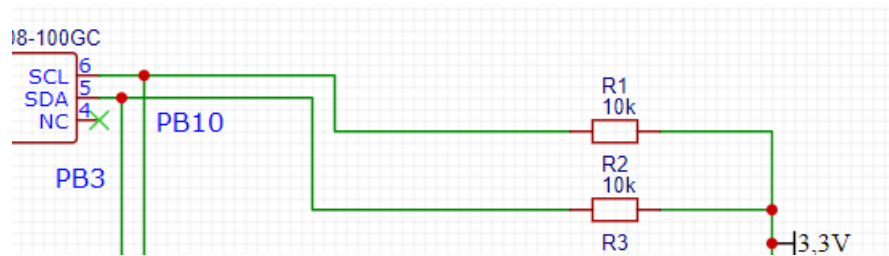
Ensuite on définit le VCC à 3,3V pour correspondre à l'alimentation du microcontrôleur. Pour le signal EOC et NC, on place un « Not Connect Flag » :



Enfin on relie la pin PB10 (broche 14 de U8) à SCL et PB3 (broche 8 de U8) à SDA qui correspondent à des broches de communication I2C du microcontrôleur :



Pour finaliser le câblage du capteur de pression, il faut placer une capacité (0,1µF) de découplage entre VDD et GND et placer des résistances en parallèle des signaux SCL et SDA comme ci-dessous :



Le câblage du capteur de pression est réalisé. Il est important d'être rigoureux sur cette étape, on peut utiliser des logiciels comme LTSpice pour simuler le câblage et valider au préalable le schéma électronique.

Recherche des composants

Cette étape consiste à choisir les composants du schéma électronique. Pour les résistances et condensateurs nous allons choisir entre des composants traversants ou CMS. Pour les connecteurs, nous allons choisir le pas entre chaque trou (pour notre cas, nous allons choisir que des pas de 2,54 mm). Pour le capteur de pression, on va choisir la référence de notre capteur de pression. Cette étape va permettre d'avoir les empreintes de chaque composant pour le routage de la carte. Avec EasyEDA, cette étape est automatiquement faite quand on place les composants sur le schéma mais il peut arriver sur des logiciels (ex : Kicad) qu'on doit rechercher ou créer des empreintes. Pour bien choisir les empreintes des composants sur EasyEDA, on doit aller sur « Library » rechercher la référence du composant (ex : pressure sensor MPS) et le placer sur le schéma :

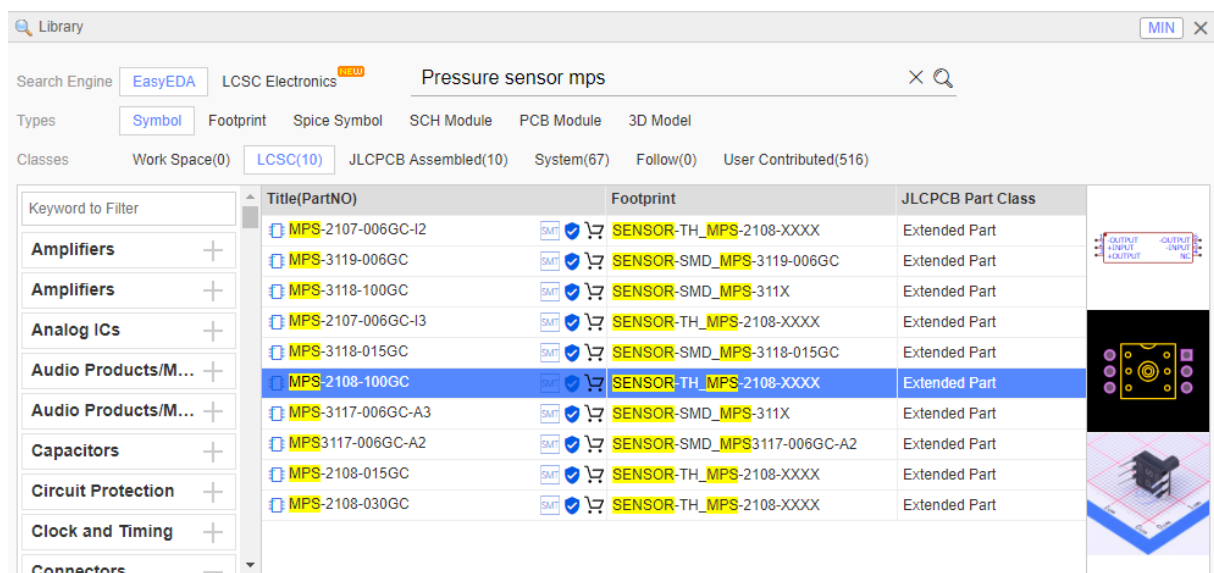


Figure 2 : Recherche de composant

Dès que on a placé tous les composants, on génère le BOM (Bill of materials) pour récupérer tous les détails des composants sur un tableau. Le BOM de la carte électronique du respirateur PPC est en Annexe.

Routage de la carte

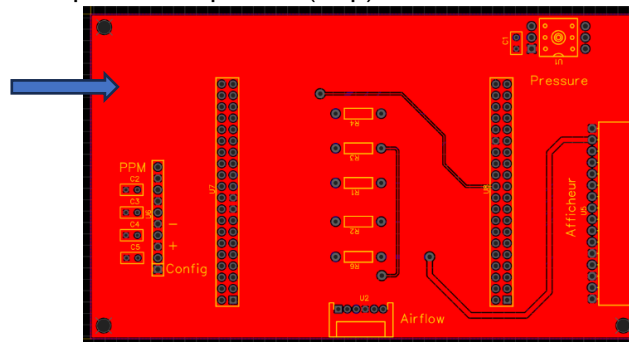
Cette étape consiste à positionner les composants et relier les signaux avec des pistes. C'est en quelque sorte la construction de la carte. Cela va définir beaucoup de paramètres : le dimensionnement de la carte, le nombre de couches au PCB, la largeur des pistes et le nombre de vias (connexion entre 2 couches). C'est aussi la partie la plus « créative » de la conception puisque on a énormément de possibilités pour router la carte (si on a des contraintes, les possibilités vont forcément diminuer). Au vu du nombre de possibilités pour le routage de la carte, il est important de connaître des règles indispensables :

- **La largeur des pistes** : Plus la tension parcourant la piste est haute, plus la largeur de votre piste est grande. Dans notre cas, les signaux d'alimentation sont à 1 mm et les signaux de contrôle sont à 0,254 mm.
- **Le diamètre des trous/vias (composant traversant)** : le diamètre de l'empreinte (zone servant à souder les composants) doit être 2 fois plus grande que le trou
- **Aucun angle droit sur les pistes** : il est important de ne pas avoir d'angle à 90° sur les pistes afin de les renforcer dans la durée
- **La piste doit toujours arriver droite sur l'empreinte** :

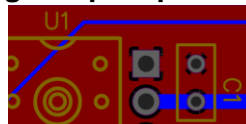


- **Plan de masse** : Un plan de masse est une zone reliant toutes les broches GND en commun. Cela permet d'avoir qu'une seule masse en commun pour tous les composants pour éviter des problèmes sur l'alimentation de votre carte. Pour notre cas on la met sur la partie composant (Top) de notre carte :

Plan de
masse



- **Placer des vias si on n'a pas le choix** : il est important d'avoir le moins de vias possibles sur votre carte
- **Placer la capacité de découplage au plus près du composant** :



Validation de la carte

Cette dernière étape concerne les tests unitaires pour chaque composant afin de valider le fonctionnement de la carte. Pour cette étape il est important d'assembler au fur à mesure la carte pour tester une fonction seule pour retrouver plus facilement le problème s'il y en a un. Dès qu'on a testé unitairement chaque composant, on réalise un test d'intégration pour tester la carte dans sa globalité. Pour avoir une meilleure visibilité sur les tests, on met les résultats de chaque test dans un tableur.

Présentation de la carte

Le but du PCB est de développer une carte permettant d'enlever les fils du prototypage et de placer chaque composant du système sur la carte. Cela va permettre de rendre le système plus fiable et moins encombrant au niveau électronique. Le PCB est une première version de prototypage, c'est pour cela que l'on utilise seulement des connecteurs pour placer les composants (microcontrôleur, débitmètre, capteur de pression et IHM).

Schéma électronique

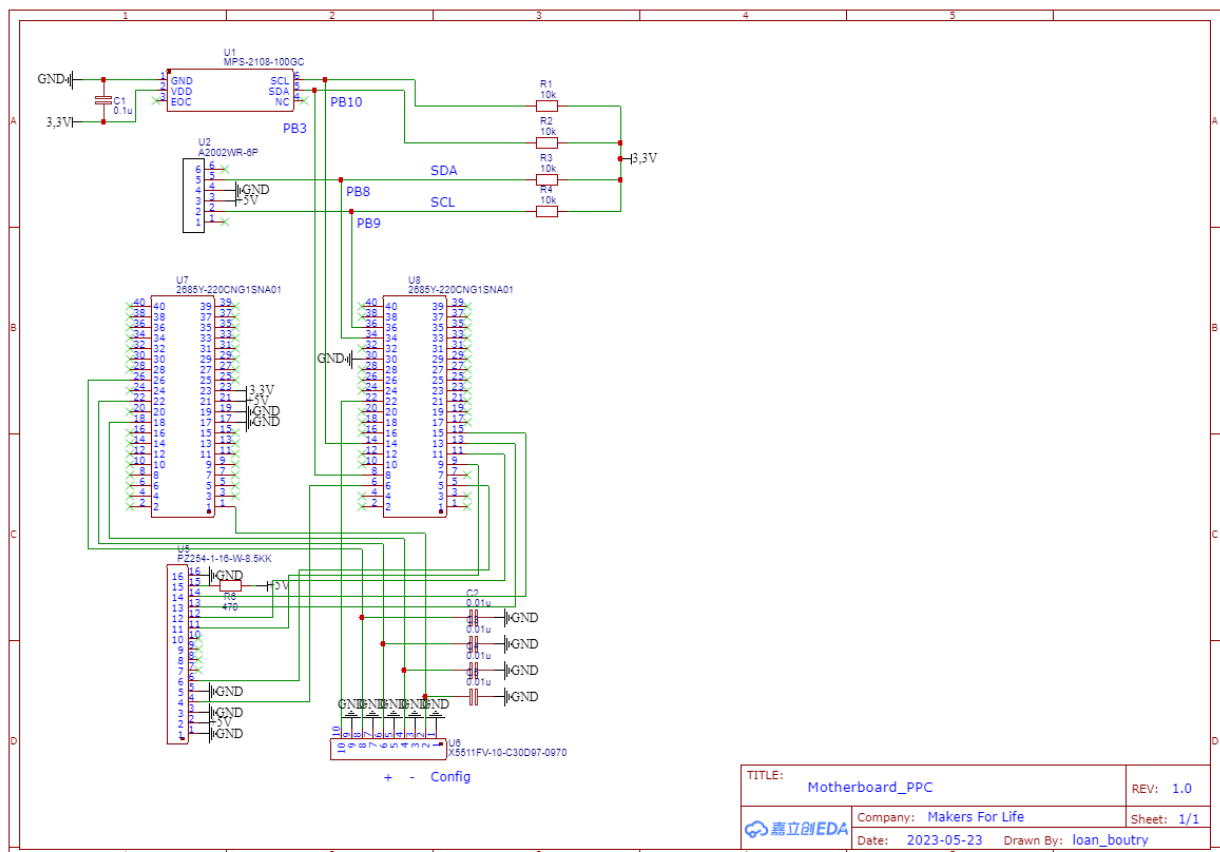


Figure 3 : Schématique de la carte

Nom	Rôle	Remarques
U1	Emplacement du capteur de pression	Reference : ABP2MRRT060MD2A3XX
U2	Connecteur du débitmètre	Reference : Honeywell Zephyr
U5	Connecteur de l'afficheur LCD (Communication en série)	Reference : Displaytech 204A
U6	Connecteur des boutons poussoirs	Câblage en Pull-Up
U7/U8	2 connecteurs pour la Nucleo STM32F411RE	
R1..4	Résistances 10k pour les 2 communications I2C	
R5	Résistance 470Ω pour la luminosité de l'afficheur	
C1	Capacité de découplage de 0,1μF pour le capteur de pression	
C2..C5	Capacités de 0,01μF pour une protection CEM	
H1..H4	Connecteurs pour les boutons poussoirs de l'IHM	3 boutons sont utilisés (+, - et config). Un 4 ^{ème} est ajouté si besoin
H5	Connecteur du blower pour le signal PPM	

Routage de la carte

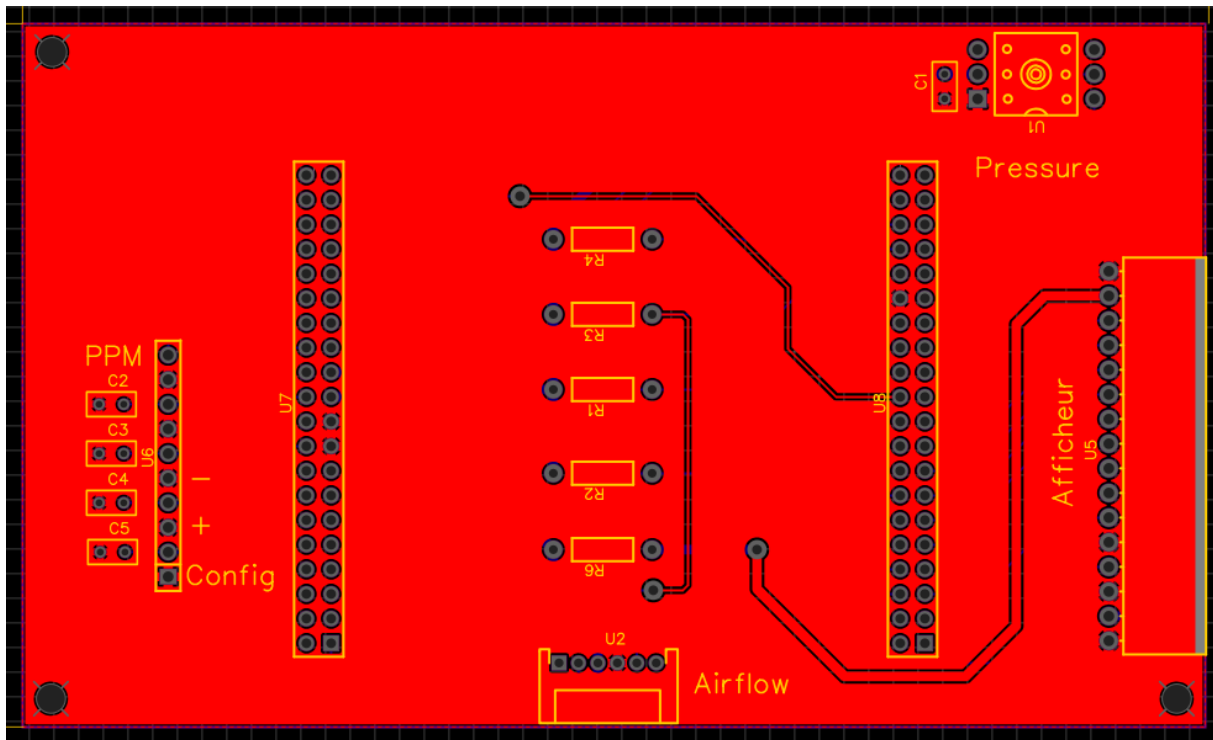


Figure 4 : TopLayer du PCB

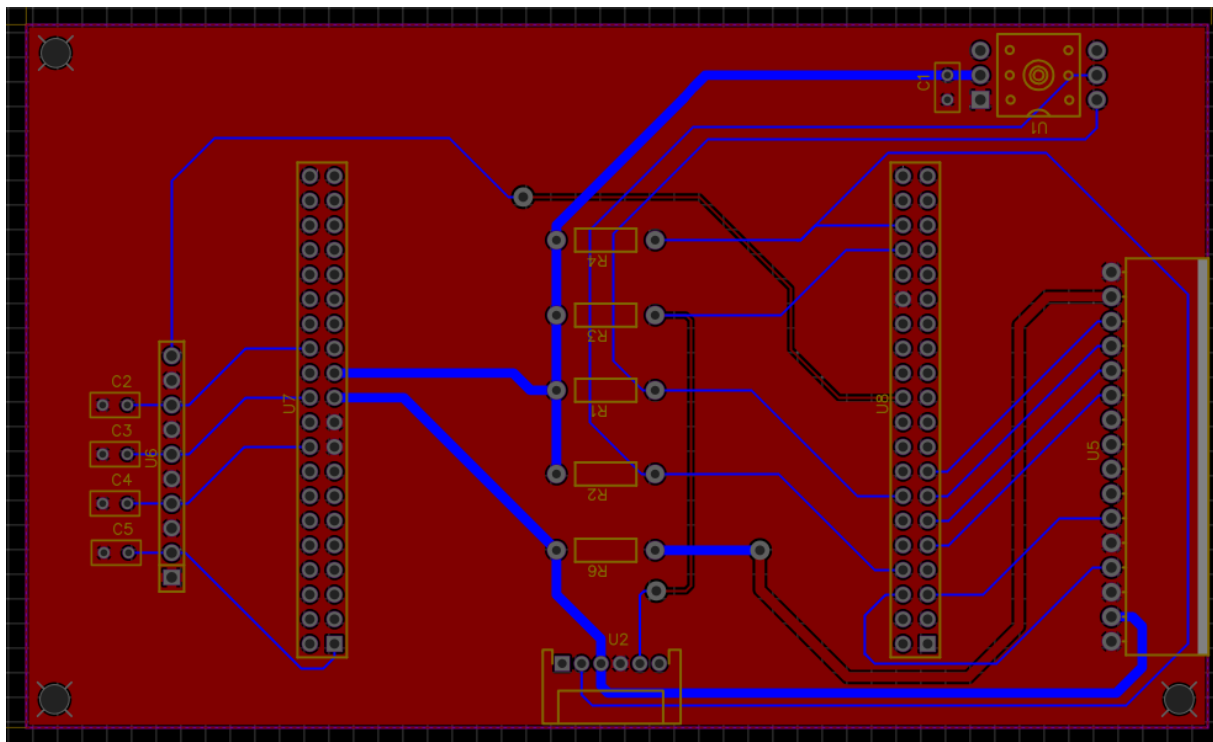


Figure 5 : BottomLayer du PCB

Remarques :

- Des trous ont été ajoutés sur les extrémités de la carte afin de la fixer sur le boîtier.
- Un plan de masse a été mis en place sur le TopLayer de la carte
- Les pistes d'alimentation ont une largeur de 1mm et les signaux sont à 0.254mm
- Dimensionnement de la carte : 122x70 mm

Validation de la carte

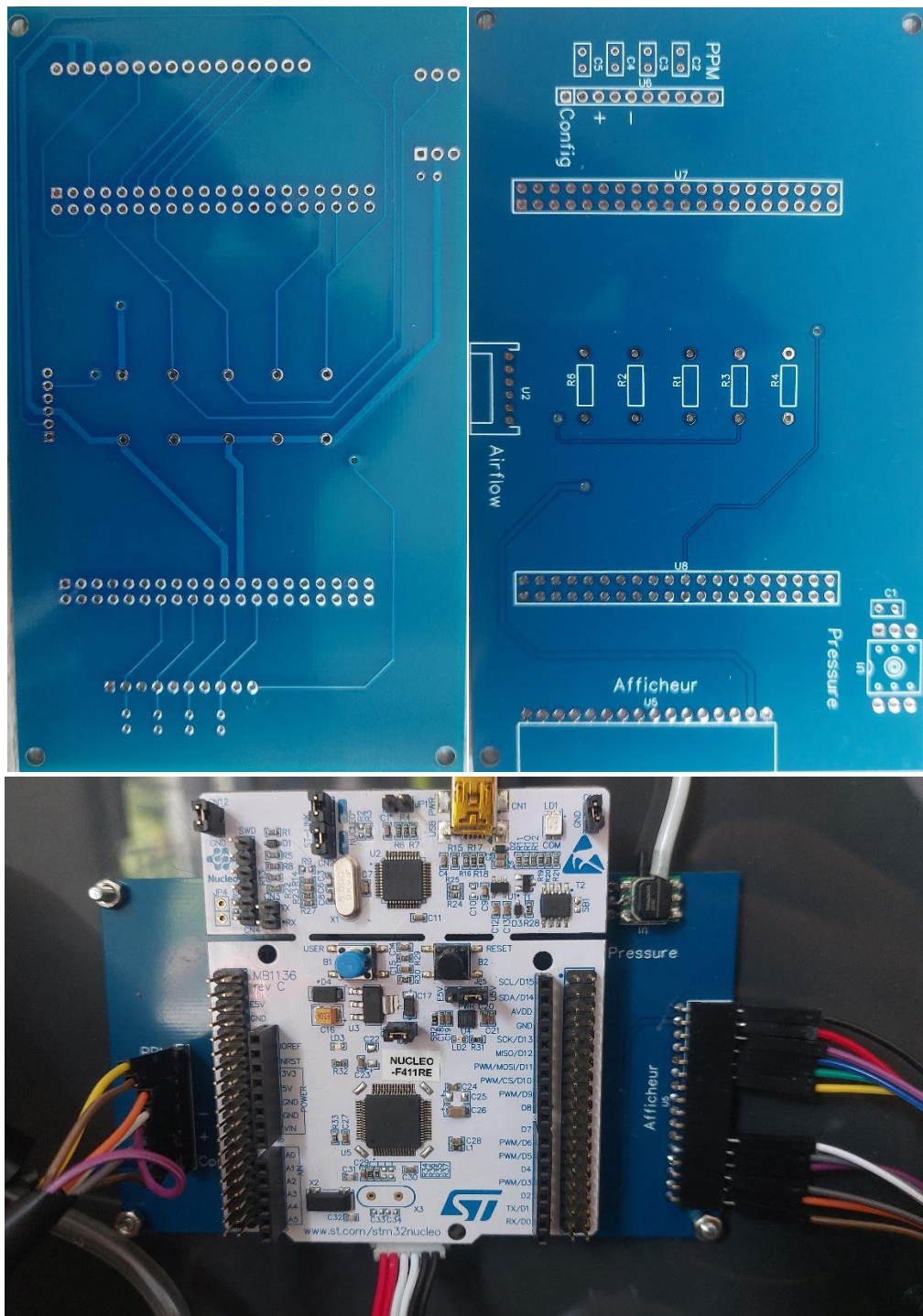


Figure 6 : Photos du PCB (non assemblé et assemblé)

Nous allons vérifier les alimentations s'il n'y a aucun problème (court-circuit, baisse de tension) et si les signaux de contrôle correspondent au programme intégré dans le microcontrôleur. S'il y a des modifications à réaliser, nous referons une deuxième version de la carte.

V1 :

Elément testé sur le PCB	Validation ?	Remarques
Alimentation	OUI	<ul style="list-style-type: none"> - Conversion du 24V au 5V est fonctionnel pour le μC - Carte de contrôle alimentée en 24V
Blower	OUI	<ul style="list-style-type: none"> - Pas besoin de souder le via - Penser à souder le GND du μc au PCB
Débitmètre	OUI	<ul style="list-style-type: none"> - Faire attention à ne pas confondre le 3,3V et le 5V - Câbler les 5 résistances pour faire fonctionner le capteur
Capteur de pression	NON	<ul style="list-style-type: none"> - Refaire le positionnement du capteur de pression (validé si l'on change de sens) - Faire attention au sens du capteur lors de la soudure
IHM	NON	<ul style="list-style-type: none"> - Problème d'alimentation sur la Pin d'alimentation de l'afficheur - Config non fonctionnel à cause d'une broche non adaptée à la fonction

V2 :

Elément testé sur le PCB	Validation ?	Remarques
Alimentation	OUI	
Blower	OUI	
Débitmètre	OUI	
Capteur de pression	OUI	<ul style="list-style-type: none"> - Capteur de pression dans le bon sens - Récupération des données fonctionnelle
IHM	OUI	<ul style="list-style-type: none"> - Affichage des données fonctionnel - Configuration des paramètres fonctionnelle

Annexe

BOM de la carte

ID	Name	Designator	Footprint	Quantity	Manufacturer	Supplier	Pins
1	0.1u	C1	RAD-0.1	1			2
2	0.01u	C2,C3,C4,C5	RAD-0.1	4			2
3	10k	R1,R2,R3,R4	R_AXIAL-0.4	4			2
4	470	R6	R_AXIAL-0.4	1			2
5	MPS-2108-100GC	U1	SENSOR-TH_MPS-2108-XXXX	1	全磊	LCSC	6
6	A2002WR-6P	U2	CONN-TH_6P-P2.00_C273067	1	Changjiang Connectors	LCSC	6
7	PZ254-1-16-W-8.5KK	U5	HDR-TH_16P-P2.54-H-F-W10.0-N	1	HCTL(华灿天禄)	LCSC	16
8	X5511FV-10-C30D97-0970	U6	HDR-TH_10P-P2.54-V-F	1	XKB Connectivity(中国星坤)	LCSC	10
9	2685Y-220CNG1SNA01	U7,U8	HDR-TH_40P-P2.54-V-F-R2-C20-S2.54	2	华宇创	LCSC	40