



MAKERS FOR LIFE



MakAir

Maquette 3D

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 la modélisation de pièce 3D, de la configuration pour l'impression de la pièce et des différentes versions de la maquette du respirateur contre l'apnée du sommeil. Cette partie concernera un autre domaine de l'ingénierie : La modélisation 3D

Table des matières

Table des figures	2
Modélisation des pièces 3D	3
Configuration de l'impression 3D	10
Les versions de la maquette 3D	14
Version 1 : Positionnement des composants du système.....	14
Version 2 : Création d'un boîtier pour le respirateur PPC	15
Version 2.5 : Amélioration du boîtier	16
Version finale du boîtier	17

Table des figures

Figure 1 : Création d'un projet	3
Figure 2 : Sélection de l'atelier "Part Design"	3
Figure 3 : Les formes de l'esquisse	4
Figure 4 : Origine de l'axe	4
Figure 5 : Les contraintes d'une esquisse.....	4
Figure 6 : Première esquisse de l'objet.....	5
Figure 7 : Paramétrage du remplissage de l'esquisse.....	5
Figure 8 : Remplissage de l'esquisse	6
Figure 9 : Deuxième esquisse de l'objet	6
Figure 10 : Paramétrage de la pocket.....	7
Figure 11 : Création de la pocket sur l'objet.....	7
Figure 12 : Troisième esquisse de l'objet.....	8
Figure 13 : Quatrième esquisse de l'objet.....	8
Figure 14 : Pièce finale de la modélisation 3D	8
Figure 15 : Export de l'objet.....	9
Figure 16 : Sélection du fichier .STL.....	9
Figure 17 : Interface de Ultimaker Cura	10
Figure 18 : Les positionnements à faire/à ne pas faire.....	11
Figure 19 : Choix de l'imprimante 3D.....	11
Figure 20 : Choix du type de matériau utilisé	12
Figure 21 : Les facteurs d'impression	12
Figure 22 : Résultat de l'impression.....	13
Figure 23 : Maquette V1 - Pièce n°1 : Motherboard.....	14
Figure 24 : Maquette V1 - Pièce n°2 : Blower	14
Figure 25 : Maquette V1 - Pièce n°3 : Capteurs.....	15
Figure 26 : Boîtier V2 du respirateur PPC.....	15
Figure 27 : Boîtier V2.5 du respirateur PPC.....	16
Figure 28 : Photos de la dernière version du boîtier.....	17

Modélisation des pièces 3D

Cette partie concerne la démonstration d'une modélisation de pièces 3D. Pour cela, on va prendre la Pièce n°2 de la maquette V1 (blower). Nous allons voir certains éléments de base pour modéliser une pièce.

On va commencer par la création d'un projet FreeCAD. Il faut appuyer sur « Create new.. » et cela vous emmène direct sur les ateliers.

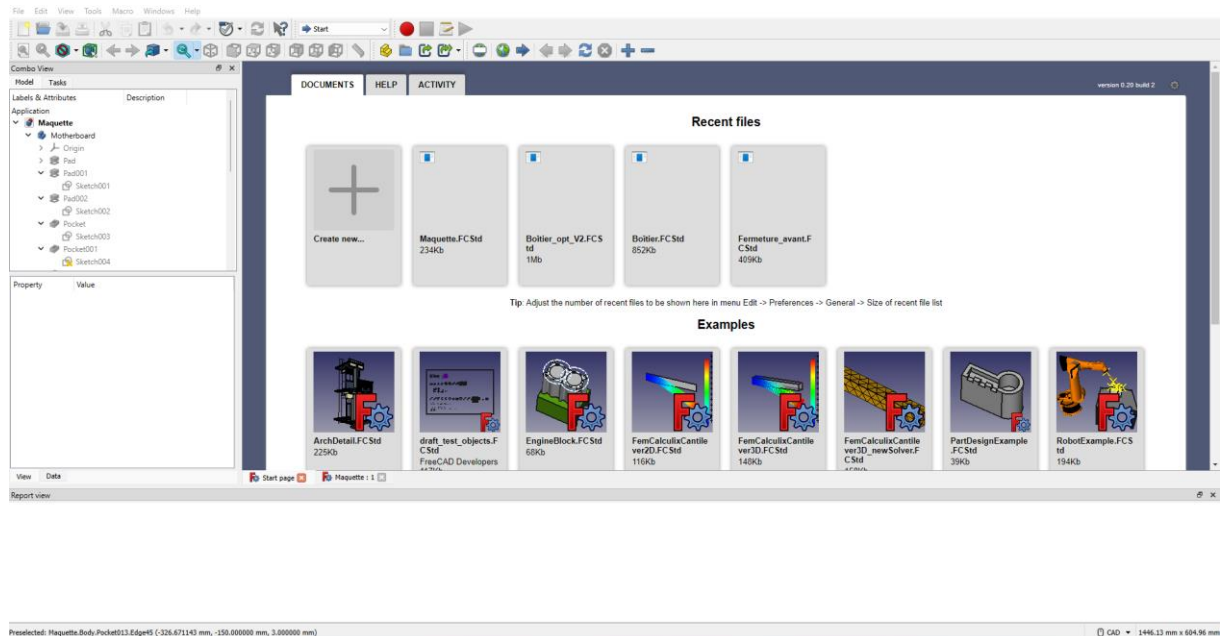


Figure 1 : Création d'un projet

Vous devez choisir un des ateliers disponibles. Ils ont chacun leur utilité sur la modélisation d'un objet. Mais celui qui nous intéresse sur cette démonstration, c'est l'atelier « Part Design ». Celui-ci va nous permettre de modéliser un objet avec un design simple.

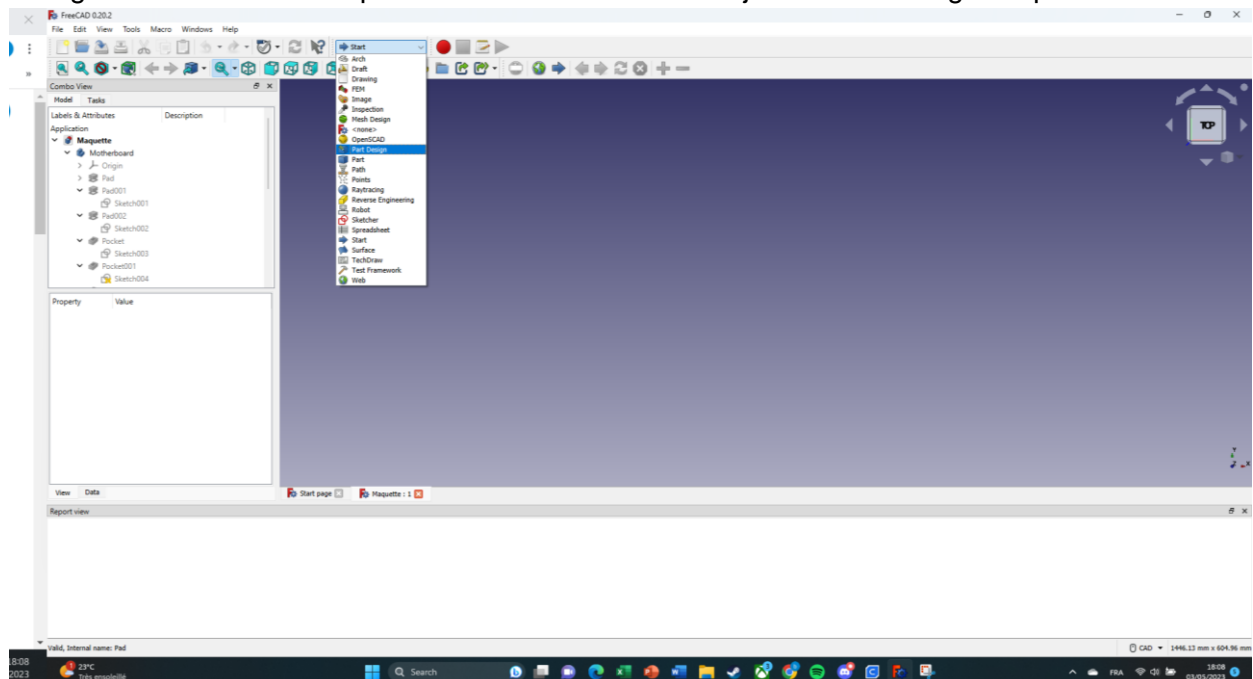


Figure 2 : Sélection de l'atelier "Part Design"



Pour commencer, il faut créer un corps (qui est notre objet) en appuyant sur . Maintenant que notre corps est créé, on peut réaliser des esquisses qui vont permettre de « dessiner » notre objet. Pour créer une esquisse, on appuie sur  et on sélectionne le plan 2D où se fera l'esquisse. Ici on sélectionne l'axe XY. Pour former votre esquisse, il est important de sélectionner la forme qu'elle prendra. Vous avez plusieurs formes possibles mais celle qui va nous intéresser pour cette esquisse, c'est la forme rectangulaire



Figure 3 : Les formes de l'esquisse

Ensuite il est important de commencer sa première esquisse en partant par l'origine de l'axe pour contraindre votre rectangle afin qu'il reste fixe sur le plan :

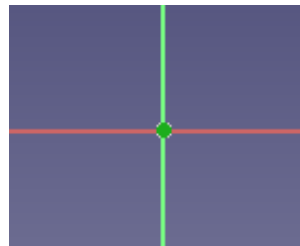




Figure 4 : Origine de l'axe

Enfin la dernière étape de cette esquisse est de mettre des contraintes pour dimensionner ou positionner votre esquisse. Vous avez plusieurs contraintes disponibles avec chacun leur rôle :



Figure 5 : Les contraintes d'une esquisse

Pour notre première esquisse, nous allons simplement utiliser les contraintes de dimensionnement du rectangle :  et .

Pour répondre au cahier des charges, il nous faut un support qui fasse 180 mm de longueur et 150 mm de largeur :

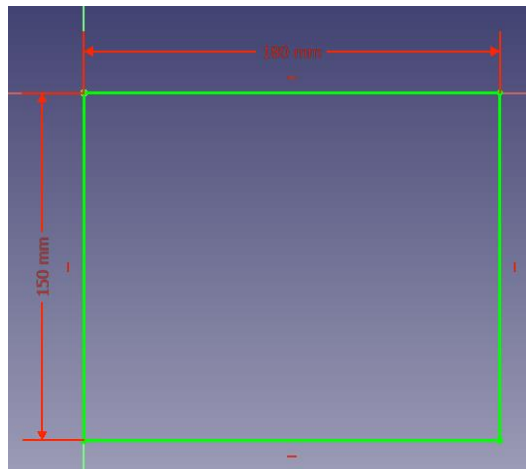


Figure 6 : Première esquisse de l'objet

Il est important que votre esquisse soit totalement en vert lorsque vous avez mis toutes vos contraintes puisque cela signifie qu'il est totalement dimensionné et fixe sur le plan. Pour finir, vous sélectionnez « OK » pour valider votre esquisse. Maintenant que votre esquisse est créée sur le plan 2D, il faut le transformer vers le plan 3D pour modéliser l'objet. Ici on va remplir l'esquisse pour créer de la matière qui est ici notre base de l'objet. Pour cela, on sélectionne le remplissage :

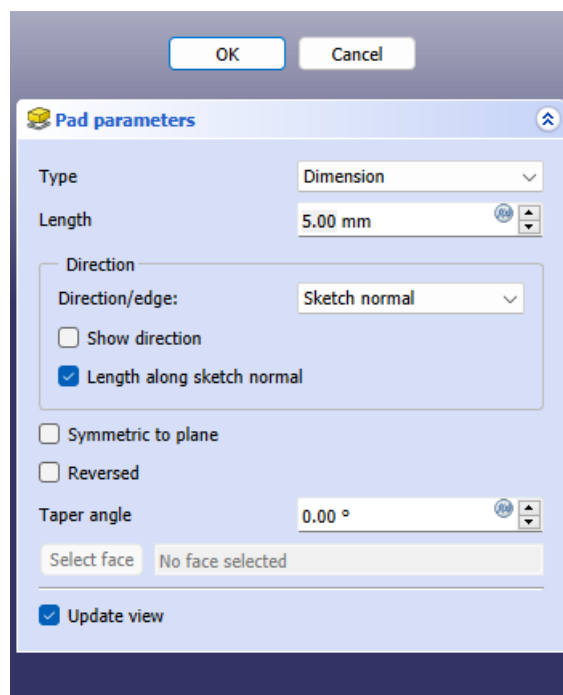





Figure 7 : Paramétrage du remplissage de l'esquisse

Vous avez une fenêtre de paramétrage qui apparaît, celle-ci permet de configurer l'axe de remplissage et la hauteur de remplissage. Ici on laisse les paramètres de base et on prend une hauteur de **5 mm**. Vous avez donc un objet 3D qui apparaît :



Figure 8 : Remplissage de l'esquisse

Vous venez de créer la base votre objet. Maintenant, il faut le modifier afin de répondre au besoin. Pour cela, il nous faut créer des trous pour placer le blower et les câbles. On va commencer par le trou des câbles. On sélectionne (clic gauche) la surface de votre corps et vous appuyez sur l'esquisse . Pour cette esquisse, on va recréer un rectangle qu'on va dimensionner mais on va aussi le placer sur la surface. Pour le positionner, on reprend ces contraintes   mais on va sélectionner cette fois l'axe rouge et un des points les plus près de cet axe. On veut qu'il soit placé à 45 mm de l'axe rouge et 80 mm de l'axe vert, puis on veut que le rectangle ait une longueur de 10 mm et une largeur de 60 mm :

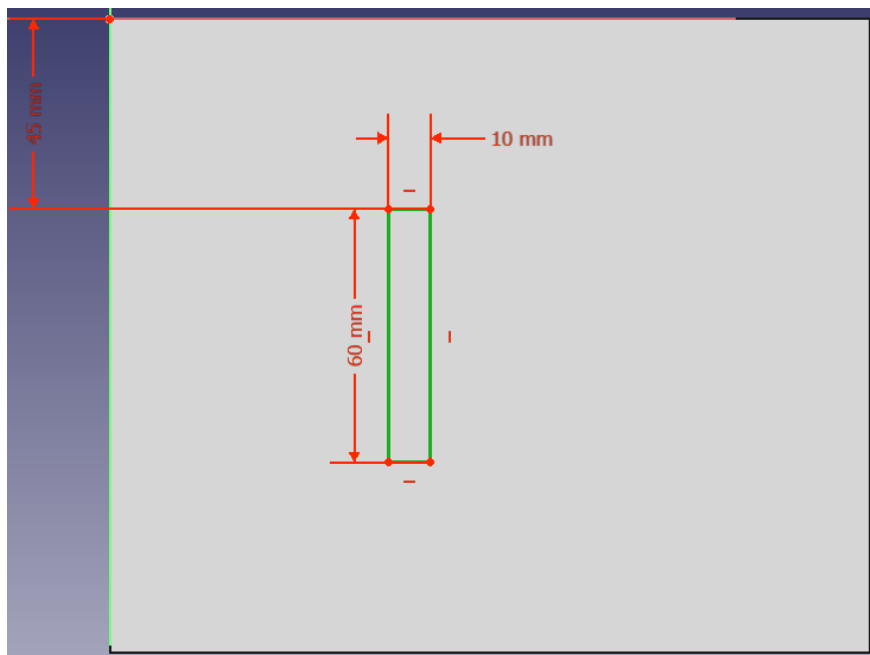



Figure 9 : Deuxième esquisse de l'objet

Dès que vous avez validé votre esquisse, on va créer notre « pocket » sur la base en sélectionnant . Une fenêtre de paramétrage de votre pocket va apparaître :

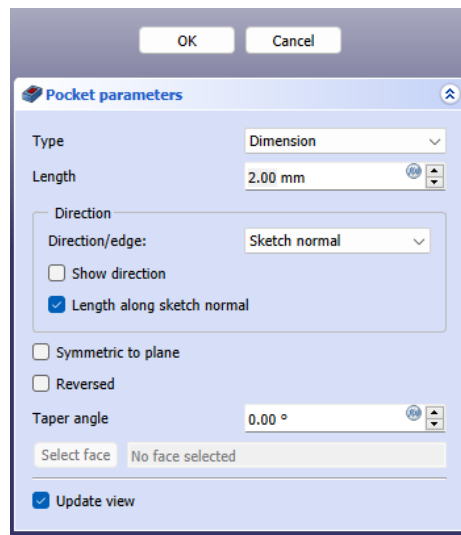


Figure 10 : Paramétrage de la pocket

On retrouve presque les mêmes paramètres que le remplissage mais cette fois c'est pour retirer de la matière. Dans ce cas, on garde les paramètres de base et on va réaliser un trou de **5 mm**.

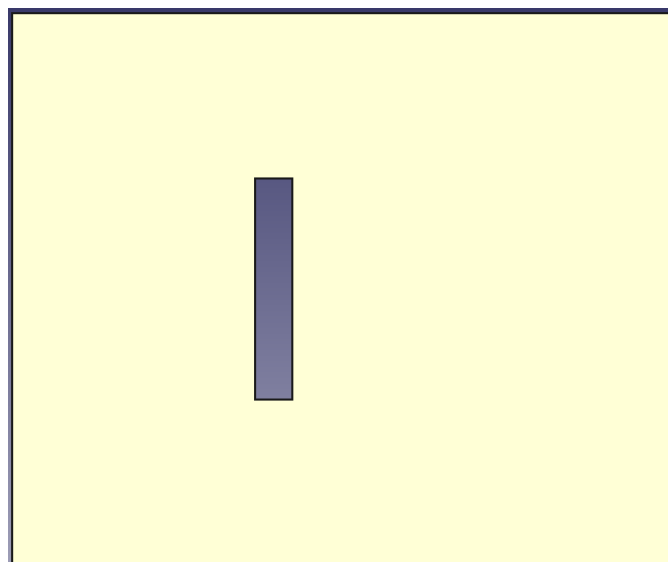


Figure 11 : Création de la pocket sur l'objet

Pour les 2 autres esquisses, nous allons faire des trous ronds. Pour cela, vous prenez la forme ronde de l'esquisse :



La nouvelle contrainte à prendre en compte est le diamètre du rond :

Pour les contraintes imposées, la troisième esquisse doit être positionnée à 75 mm de l'axe rouge et 121,4 mm de l'axe vert et son diamètre doit faire 60 mm. La quatrième esquisse doit avoir la même position que la troisième esquisse et son diamètre doit faire 55 mm.

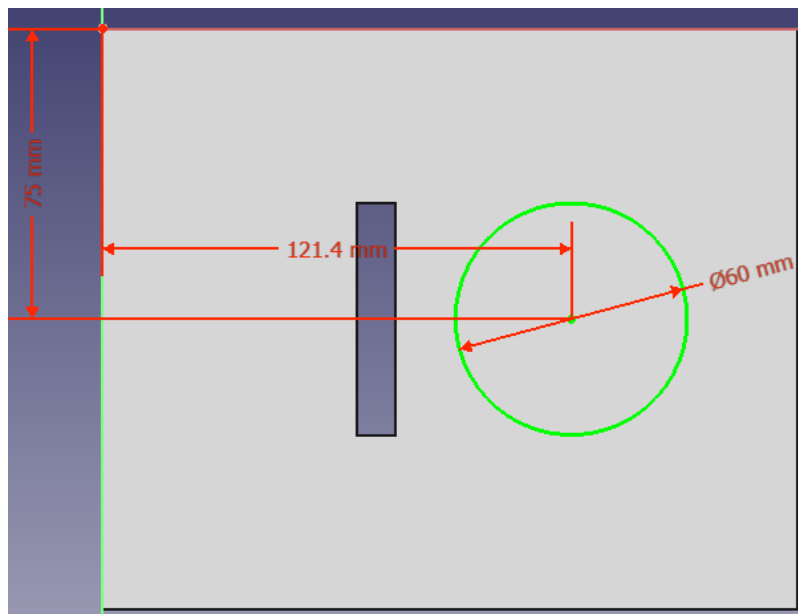


Figure 12 : Troisième esquisse de l'objet

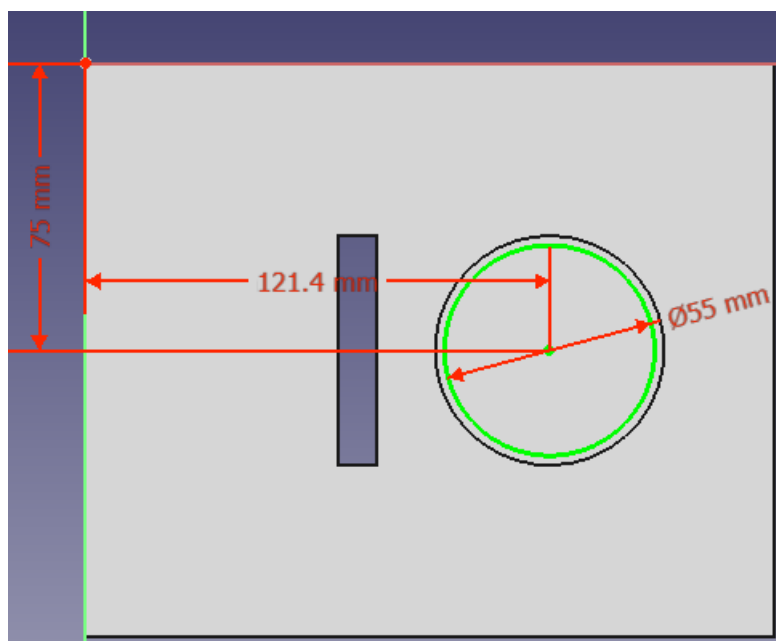


Figure 13 : Quatrième esquisse de l'objet

Concernant la profondeur des trous, il faut 2 mm de profondeur sur la troisième esquisse et 5 mm de profondeur sur la quatrième esquisse. Voici le résultat de notre modélisation :

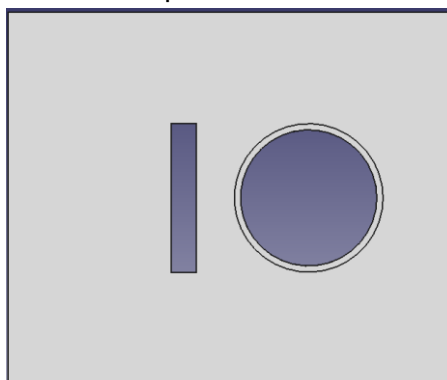


Figure 14 : Pièce finale de la modélisation 3D

Maintenant que votre objet est modélisé, il vous faut exporter la pièce en fichier STL (le fichier freeCAD n'est pas compatible pour de l'impression 3D). Pour cela il faut sélectionner votre objet et aller sur *File > Export...* :

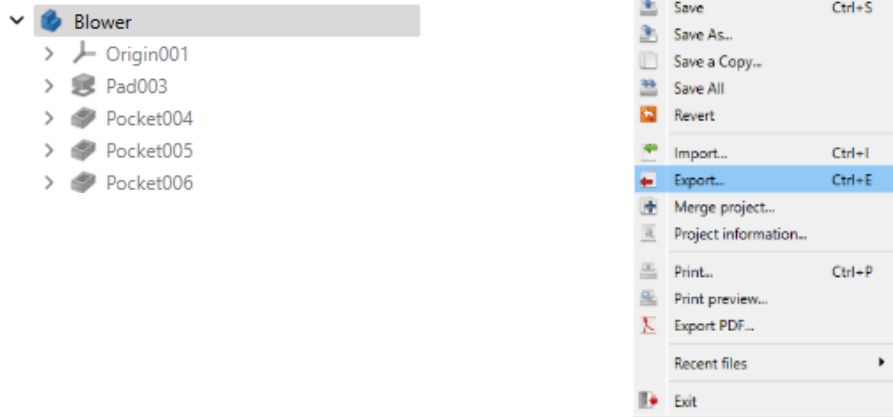


Figure 15 : Export de l'objet

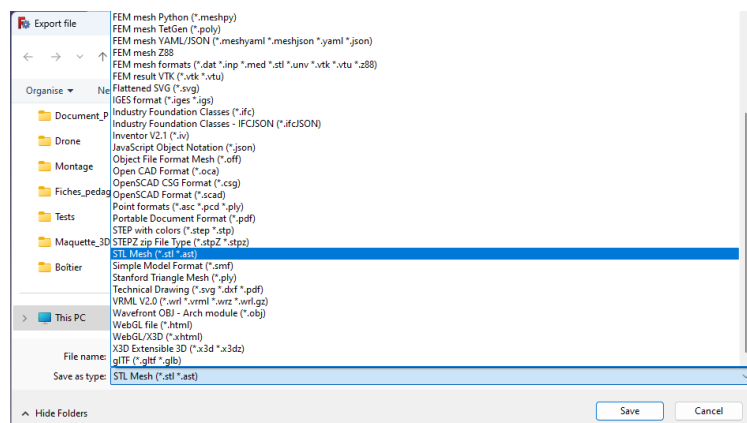


Figure 16 : Sélection du fichier .STL

Vous sélectionner le type de fichier STL Mesh (.STL) qui est le fichier d'impression 3D. Pour l'enregistrer dans un dépôt et vous avez votre objet prêt pour l'impression 3D.

Configuration de l'impression 3D

Cette partie concerne les différents paramètres à configurer pour avoir une impression correcte de la pièce modélisée précédemment. La configuration se fait grâce au logiciel **Ultimaker Cura**. Voici son interface :

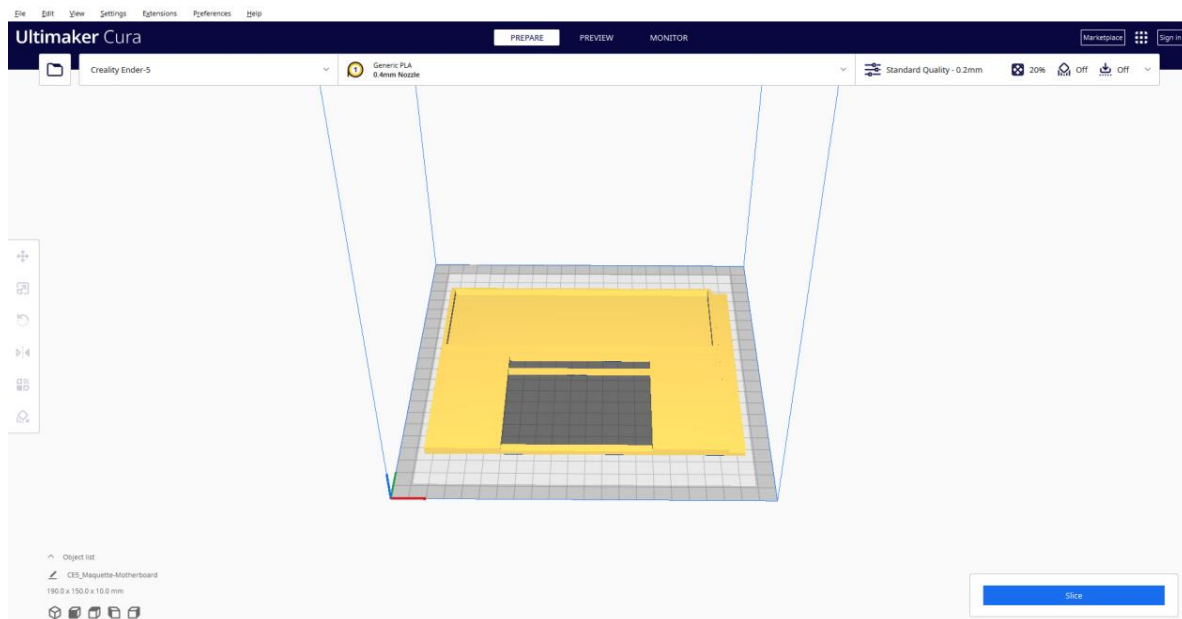
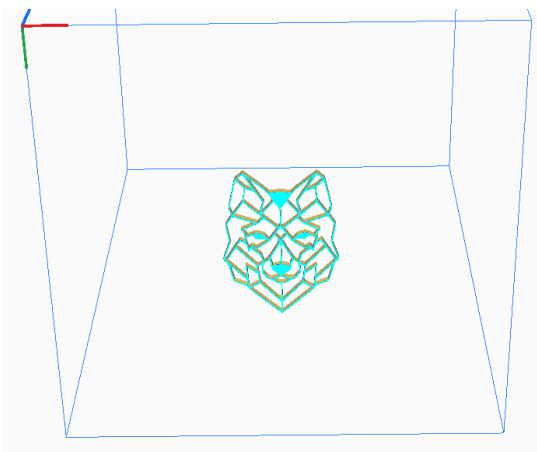


Figure 17 : Interface de Ultimaker Cura

Plusieurs manipulations sont à réaliser pour configurer totalement votre impression 3D :

- Le positionnement de votre pièce

Il est important de faire attention à bien positionner votre objet sur le tapis d'impression pour éviter des défauts sur la pièce ou des zones de la pièce impossible à imprimer. C'est pour ça qu'il est important de prendre cet élément lors de la modélisation de votre pièce. Voici les manipulations à faire et à ne pas faire :



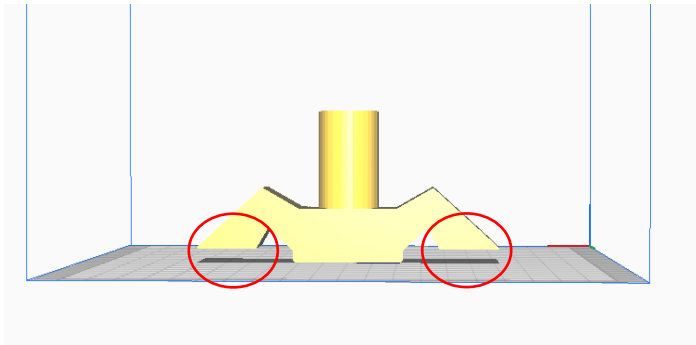
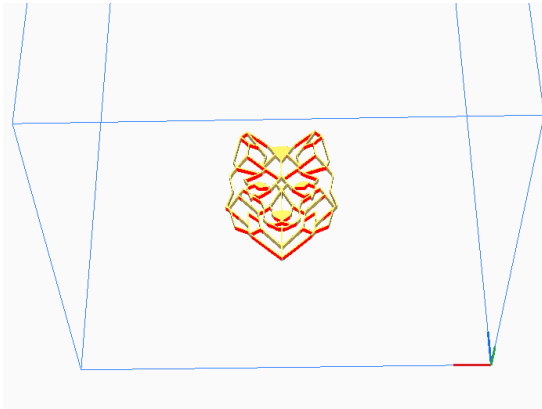


Figure 18 : Les positionnements à faire/à ne pas faire

- Le choix de votre Imprimante 3D

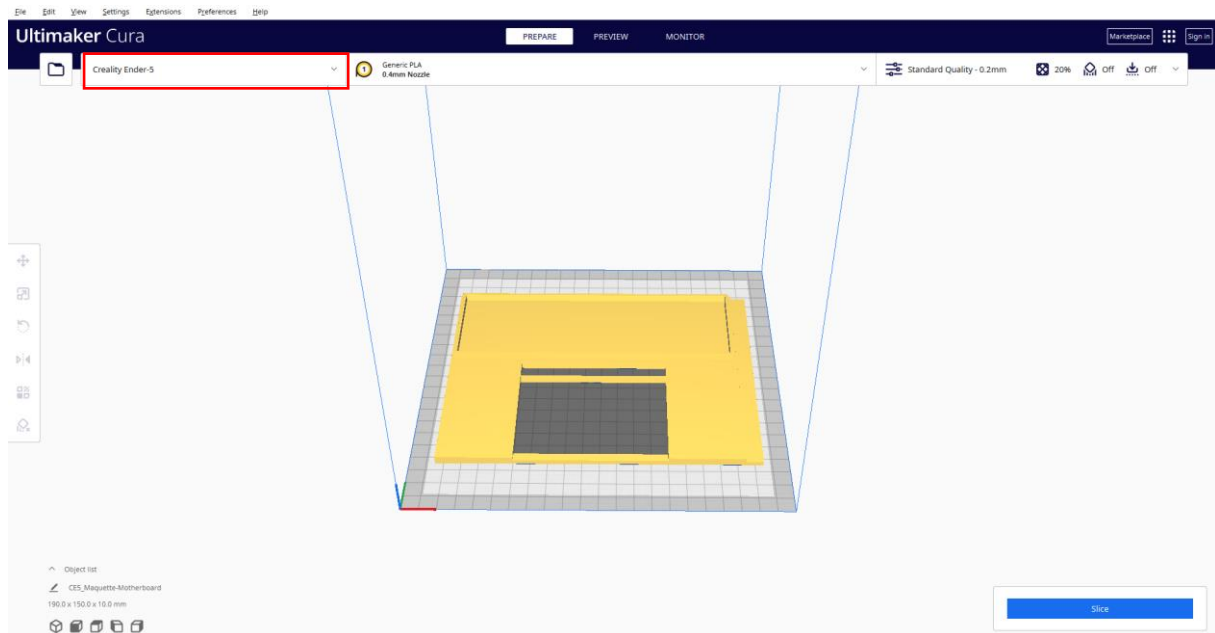


Figure 19 : Choix de l'imprimante 3D

Vous devez tout d'abord choisir la référence de votre imprimante 3D afin de correspondre les différentes caractéristiques (taille du tapis d'impression, extruder, ...) de celle-ci au logiciel.

Vous avez normalement plusieurs marques d'imprimantes compatibles avec le logiciel (ex : Creality, Ultimaker, MakerBot, ...). Dans notre cas, nous allons utiliser la **Creality Ender 5**.

- Le type de matériau utilisé

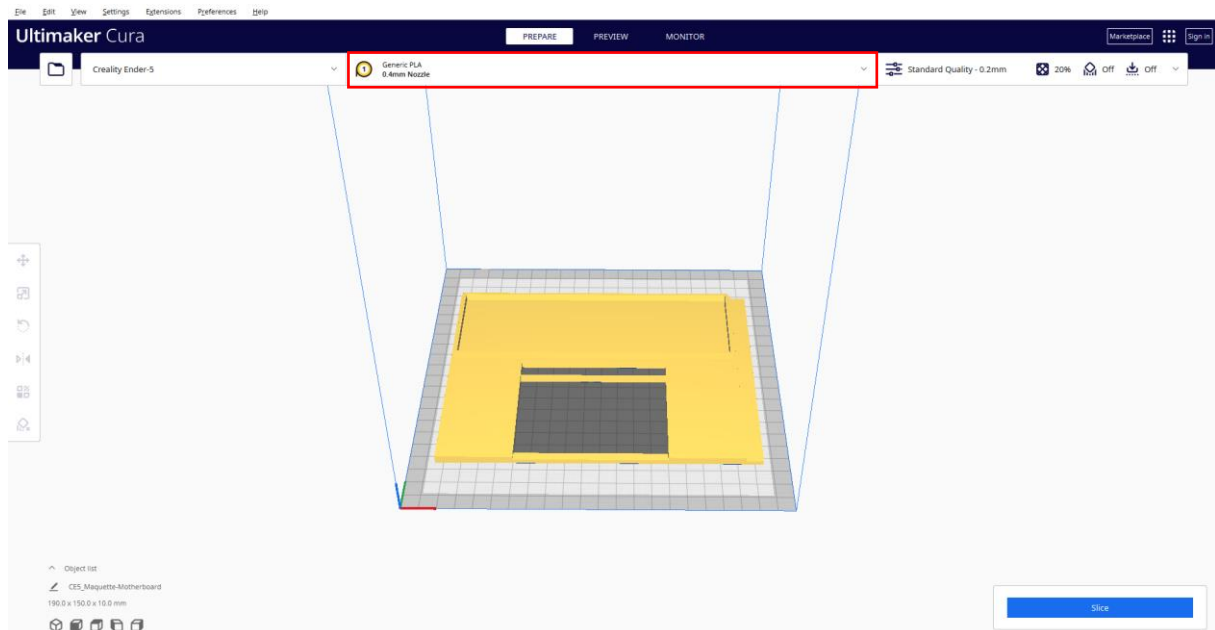


Figure 20 : Choix du type de matériau utilisé

C'est un paramètre important puisque le logiciel va prendre en compte les différentes caractéristiques (Nozzle temperature, Bed temperature, ...) du matériau pour avoir une impression correcte avec ce matériau. Dans notre cas, nous utilisons du PLA mais vous pouvez aussi retrouver des matériaux comme l'ABS, du PETG ou encore du Nylon. Ce sont des matériaux génériques qui sont souvent utilisés pour l'impression 3D de pièce.

- Les facteurs de l'impression 3D

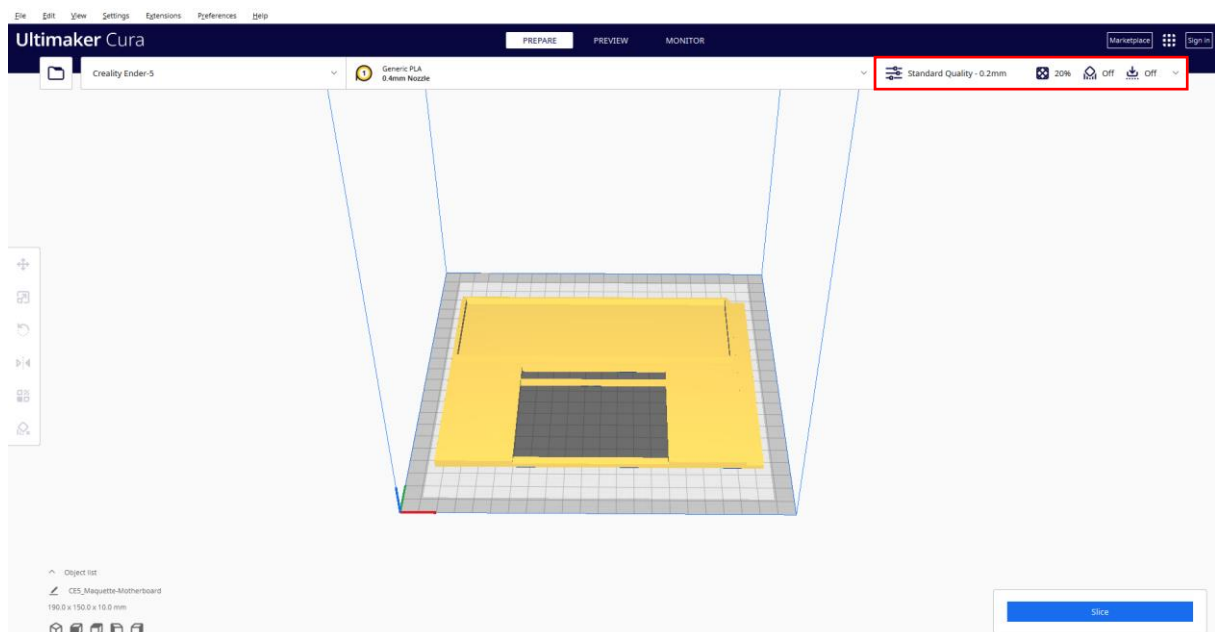


Figure 21 : Les facteurs d'impression

Les facteurs de l'impression 3D sont des paramètres qui vont intervenir lors de l'impression 3D. Ces facteurs sont importants pour optimiser la qualité, les ressources utilisés et la vitesse d'impression. Ces 3 caractéristiques sont à prendre en compte puisqu'elles sont définies par votre cahier des charges de la modélisation 3D. Par exemple vous devez imprimé une pièce 3D robuste et votre projet dure assez longtemps mais vous êtes limité en matériau, vous allez devoir diminuer les ressources utilisées et augmenter le temps d'impression et la qualité de l'objet. La suite va vous expliquer certains facteurs à configurer :

- **Le mode de qualité de l'impression** : Vous allez choisir la taille de votre couche d'impression (0,12 mm, 0,16 mm, 0,2 mm, ...). Plus celle-ci augmente, plus votre temps d'impression diminue mais cela va diminuer la qualité de votre objet.
- **La forme d'impression / Infill** : Celle-ci permet de choisir la forme d'impression de vos couches et leur densité. Ce facteur est important puisqu'elle optimise les 3 caractéristiques vues précédemment. Chaque forme a un cas d'utilisation et dépend de l'objet à imprimer, vous avez plusieurs formes disponibles : en grille, en triangle, en ligne ou encore en cube. Le plus important dans notre cas est de choisir la densité de la forme : plus vous augmentez la densité et plus vous augmentez la robustesse de l'objet mais vous augmentez le temps d'impression et les ressources utilisées.
- **Material** : Ce facteur est normalement déjà configuré lorsque vous avez choisi votre matériau. Mais si ce n'est pas le cas, configurez-le en vous renseignant sur les caractéristiques de votre matériau
- **Speed** : Ce facteur permet d'augmenter ou de diminuer la vitesse de votre tête d'impression. Plus vous l'augmentez et plus votre temps d'impression diminue. Il faut se renseigner sur la vitesse maximale de votre tête pour éviter d'endommager votre imprimante. Il faut aussi doser la vitesse pour éviter d'avoir un objet moins qualitatif.

Les autres paramètres sont un peu plus complexes mais ils prennent en compte le décollage de la pièce après l'impression et la durée de vie de certains composants de l'imprimante.

Suite à la configuration, vous pouvez observer le résultat de l'impression 3D en appuyant sur « Slice » comme ci-dessous :

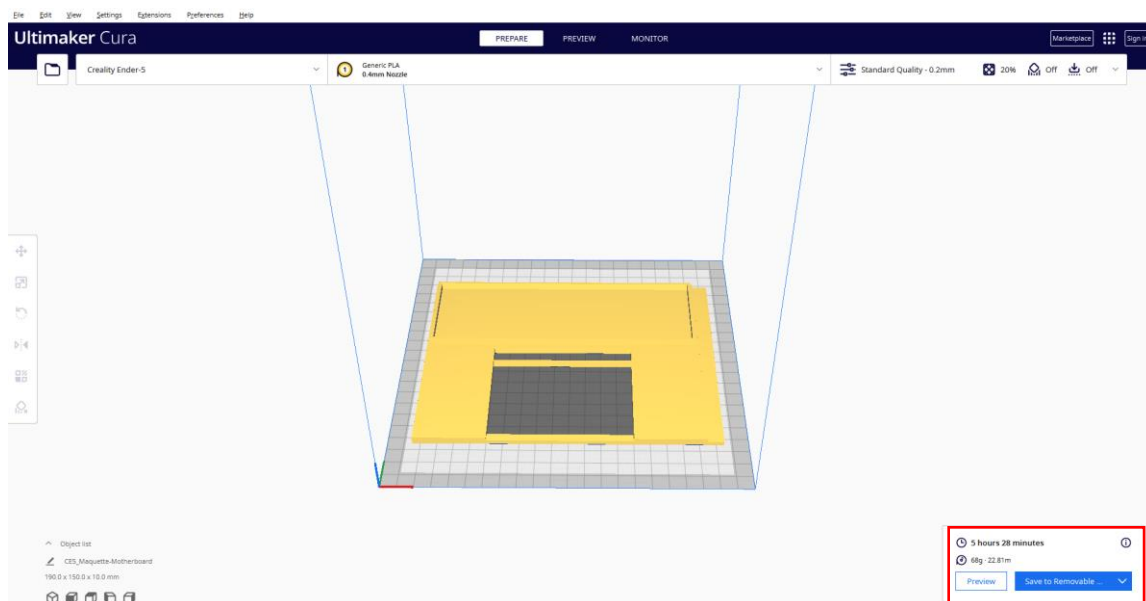


Figure 22 : Résultat de l'impression

Dans notre cas, on peut voir que l'impression va durer 5h28 et va utiliser 68g de filament PLA.

Si cela correspond aux attentes de votre cahier des charges (si ce n'est pas le cas, vous pouvez reconfigurer les facteurs pour répondre aux attentes) vous pouvez sauvegarder l'impression sur une carte SD ou le téléverser directement dans l'imprimante 3D. Vous n'avez plus qu'à attendre l'impression et d'observer quelques fois l'impression pour voir s'il n'y a aucun défaut.

Les versions de la maquette 3D

Cette partie va expliquer la réflexion sur la modélisation des différentes versions de la maquette 3D du respirateur PPC.

Version 1 : Positionnement des composants du système

Cette version a pour but de modéliser chaque composant du système et de les placer séparément pour avoir une vue « éclatée » du respirateur :

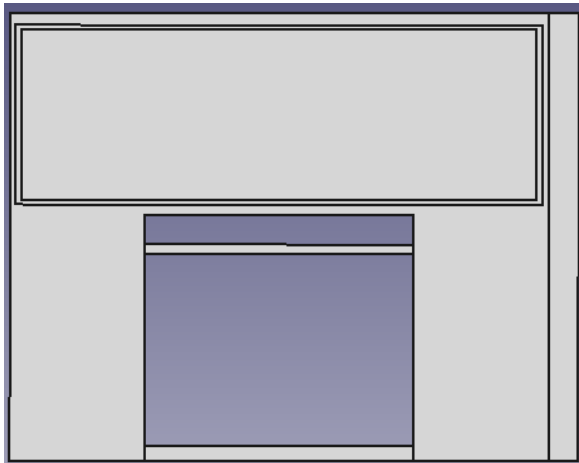


Figure 23 : Maquette V1 - Pièce n°1 : Motherboard

Cette pièce va comporter l'afficheur LCD et la breadboard qui va relier tous les signaux du système. Cela va être notre base mère pour contrôler tous les signaux. Une partie a été modélisée afin de relier toutes les pièces de la maquette et donc d'assembler toutes les fonctions du respirateur PPC

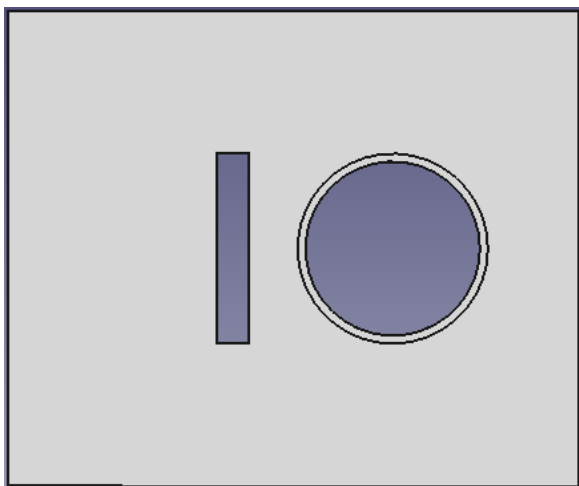


Figure 24 : Maquette V1 - Pièce n°2 : Blower

Cette pièce va comporter la carte de contrôle du blower et un emplacement pour le blower. Un trou entre ces 2 composants est réalisé afin de passer les fils entre la Motherboard et la carte de contrôle. C'est la partie « Envoyer de l'air » du système.

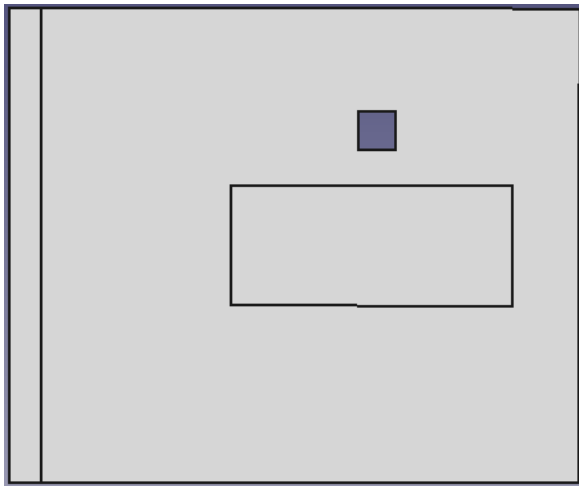
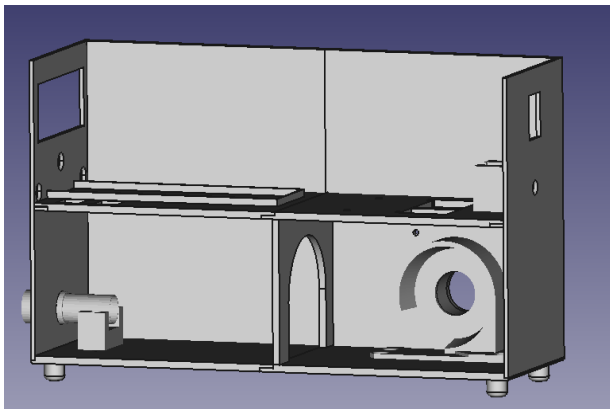


Figure 25 : Maquette V1 - Pièce n°3 : Capteurs

Cette pièce va comporter tous les capteurs du système (débitmètre + capteur de pression). Toutes les mesures à faire lors de l'envoi de l'air sont positionnées sur cette pièce. C'est la partie « envoyer de l'air en continu » du système

Version 2 : Création d'un boîtier pour le respirateur PPC



Cette version est la création du boîtier afin d'avoir un design plus proche d'un respirateur PPC. Chaque pièce permet de positionner un des composants du respirateur (sauf la façade arrière). Ce boîtier est sur 2 niveaux : le premier pour le circuit d'air (blower, débitmètre et connecteurs pneumatiques) et le second pour la partie contrôle (carte de contrôle, breadboard et microcontrôleur)

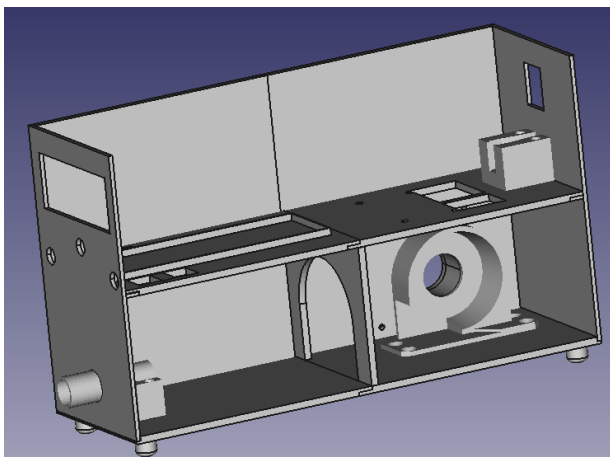
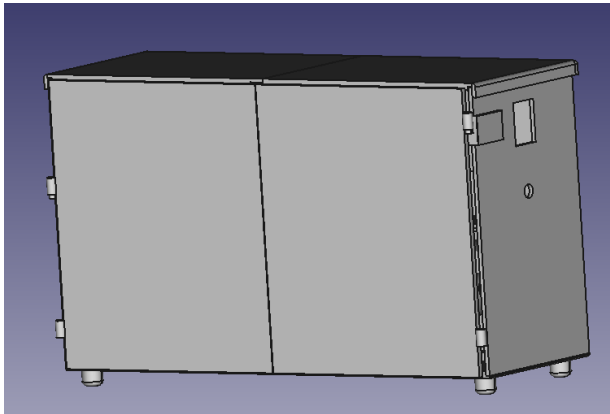


Figure 26 : Boîtier V2 du respirateur PPC

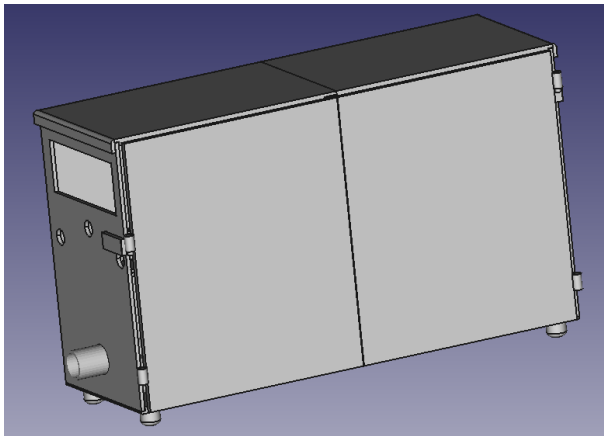
On peut voir aussi que chaque côté du boîtier représente l'entrée de l'air et l'alimentation (encadré en vert) et la sortie de l'air (encadré en bleu). L'entrée comporte la pièce d'alimentation, le bouton d'alimentation, la carte de contrôle et le blower. La sortie comporte la breadboard, le microcontrôleur, l'IHM, le débitmètre, le capteur de pression et la sortie de l'air. Un ajout de patins sur la base du boîtier a été fait afin de surélever et stabiliser le système.

Les dimensions du boîtier sont : 350x120x210 mm.

Version 2.5 : Amélioration du boîtier



Cette version finale rajoute des éléments plus esthétiques au boîtier. On y ajoute des fermetures sur la hauteur du boîtier et des fermetures avant afin de cacher le système. Des attaches permettent de maintenir les fermetures avant sur le boîtier.



Les fermetures ne sont pas fixées au boîtier pour observer le système à l'intérieur (ex : pour les étudiants) ou de réaliser une maintenance (ex : pour les techniciens).

Figure 27 : Boîtier V2.5 du respirateur PPC

Version finale du boîtier

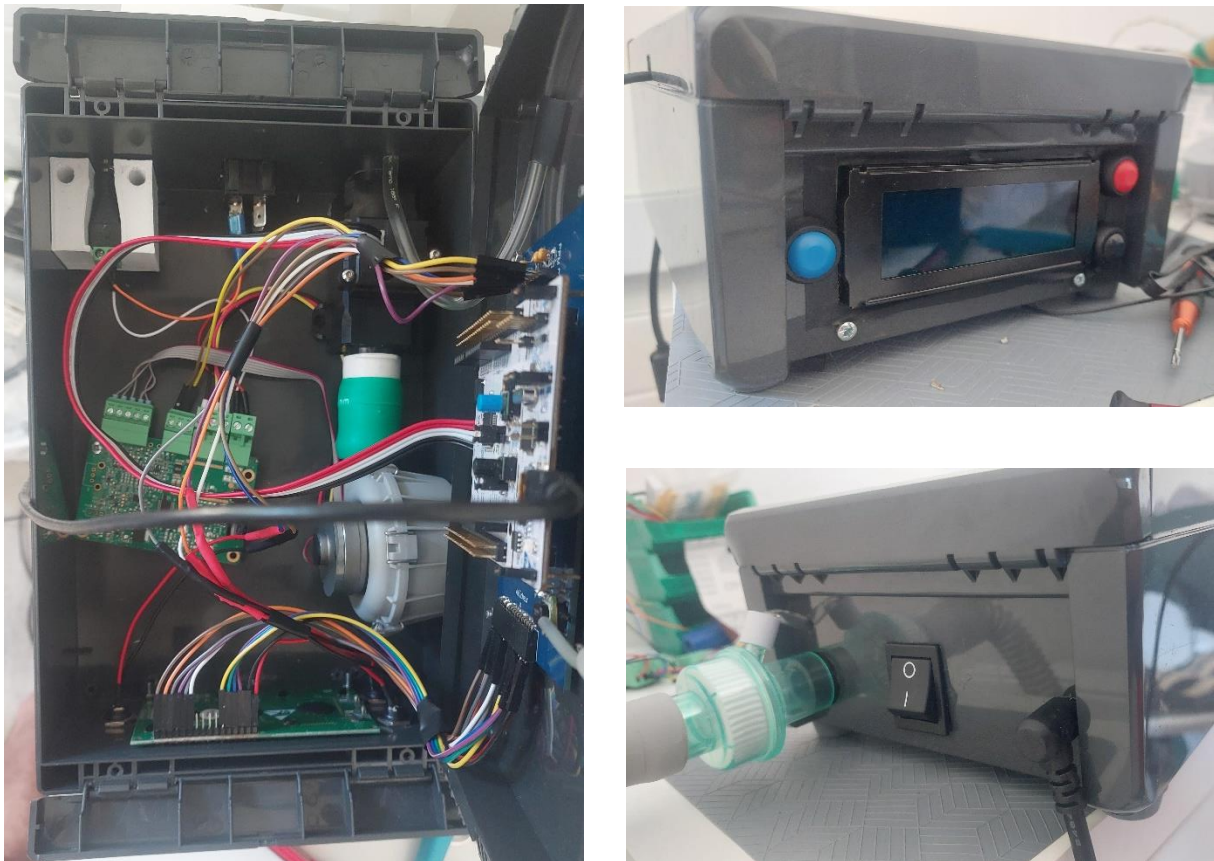


Figure 28 : Photos de la dernière version du boîtier

Pour cette version, on change totalement de boîtier pour s'approcher au mieux d'un casing industriel. Une recherche au préalable d'un boîtier chez un fournisseur est réalisée pour trouver le bon dimensionnement afin de positionner tous les composants. Voici la référence du boîtier choisi : <https://fr.rs-online.com/web/p/boitiers-pour-usage-general/7739651>

Nous avons donc un boîtier en ABS gris graphite de dimension 271 x 170 x 90 mm.

La deuxième étape est la mise en place des composants dans le boîtier, le choix a été porté sur une séparation distincte de chaque fonction du respirateur PPC. On a donc un côté où l'on retrouve l'IHM, un côté où l'on retrouve la sortie et l'alimentation du respirateur, toute la partie « Envoi d'air » et « Récupération de données » sont à l'intérieur de boîtier et le microcontrôleur est sur la partie supérieure. On utilise une perceuse et du papier de verre pour la création des différents trous du boîtier.

La dernière étape est le câble management afin d'éviter d'avoir des fils qui se déconnectent pendant le fonctionnement du respirateur PPC. On attache tous les fils d'un composant (ex : les 16 fils de l'afficheur LCD) pour éviter d'avoir des fils mêlés et on colle le tuyau du capteur de pression sur la partie supérieure pour ne pas fausser la pression récupérée. Après toutes les étapes, le boîtier est prêt pour être utilisé.

Vous pouvez retrouver toutes les versions du boîtier sur le lien Github : <https://github.com/makers-for-life/makair-cpap/tree/master/Parts-CPAP>