



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Initiation à la Recherche : Avancement du prototype

Problématique : Comment automatiser et garantir la fiabilité du processus d'extrusion ?



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Introduction

L'impression 3D est une technique de création et fabrication en trois dimensions qui procède par ajout de matière (métal, plastique, céramique). L'impression 3D permet de réaliser des objets usuels, des pièces détachées ou encore des prototypes destinés aux essais. Le point de départ est un fichier informatique représentant l'objet en trois dimensions, décomposé en tranche. Elle construit l'objet couche par couche : dans un premier temps, elle le découpe en milliers de tranches et les superpose pour créer l'objet final. L'un des points forts de l'imprimante 3D, les délais de fabrication sont courts malgré des projets avec des formes complexes et elle ne nécessite pas de moules fabriqués au préalable. Cette technologie est appelée « open source », elle consomme de la matière plastique vierge. Actuellement, le recyclage plastique est un enjeu majeur pour l'environnement et l'écosystème.

Les laboratoires LINEACT et ERPI collaborent pour développer des axes de recherches communs. Le Lorraine FAB Living Lab (LF2L), plateforme ERPI, adopte une démarche durable et verte pour protéger l'environnement et en tirer sa valeur. Le laboratoire a acheté une broyeuse plastique et une extrudeuse pour la réalisation de bobine de fil. Grâce à l'extrudeuse et à la broyeuse, il est possible de réutiliser les prototypes réalisés avec les imprimantes 3D, pour former des bobines de filaments avec du plastique vierge ou recyclé. Pour cela, deux étapes sont importantes : broyer les matériaux et réaliser les bobines par extrusion. Le projet consiste à améliorer ou concevoir des procédures pour l'utilisation de ces machines afin d'obtenir des bobines exploitables pour l'impression 3D.

L'objectif principal est de réutiliser les déchets plastiques en les recyclant et en les régénérant sous forme de fil utilisable avec les imprimantes 3D.

Ce rapport porte sur les axes d'améliorations apportés sur la réalisation de bobines de fil destinées aux imprimantes 3D.



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Table des matières

Introduction.....	2
1. Amélioration de la documentation.....	4
2. Amélioration de l'entonnoir	8
3. Les axes d'améliorations du projet.....	22
 Conclusion.....	 21



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



1. Amélioration de la documentation

Le Lorraine Fab Living Lab travaille sur la réalisation de bobine de fil destinée aux imprimantes 3D grâce à une extrudeuse. Plusieurs personnes travaillent sur le projet, des personnes du Fab Living Lab mais aussi des étudiants du Cesi pour leur stage en laboratoire de recherche. En effet, beaucoup de monde travaillent ou ont travaillé sur ce projet, une multitude d'informations sont présentes sur le GitHub.

Le GitHub est une plateforme open source de gestion de versions de collaboration destinée aux développeurs de logiciels. GitHub permet de stocker le code source d'un projet de suivre l'historique complet de toutes les modifications apportées à ce code.

Le GitHub a une partie « Wiki », pour écrire des pages web et la création de liens pour parler d'un projet, ici, le projet concerne à réaliser des bobines de fils grâce à l'extrudeuse, la broyeuse et l'enrouleuse.

À notre arrivée, nous avons lu toutes les informations sur le GitHub des élèves précédents et les documents techniques, cette lecture a pris beaucoup de temps afin de comprendre et ressortir les informations les plus importantes. Pour améliorer l'information et avoir directement les bonnes informations, nous avons sur le « Wiki » toutes les informations nécessaires à la compréhension du projet. Sur le « Wiki » certaines informations étaient déjà présente mais ils manquaient beaucoup d'informations pour bien comprendre chaque partie (système d'alimentation, extrudeuse et enrouleuse).

Nous avons pris toutes les informations importantes et mit sur le « Wiki » en anglais afin de toucher un public plus important.

Les améliorations apportées sont très nombreuses. Nous avons créé des protocoles pour l'utilisation du système d'alimentation, de l'extrudeuse et de l'enrouleuse pour une meilleure prise en main du système complet. Pour chaque partie, des définitions ont été rajouté avec des images voir des vidéos pour améliorer la compréhension. Tous les éléments de système ont été expliqué comme par exemple la partie électronique avec l'arduino et un schéma de câblage du système.

Pendant les 5 semaines, la partie « Feeding », « Extrusion process » et « Collection » ont été étoffé avec toutes les informations des élèves précédents et nous-même. Les parties « Related Projects », « Safety » et « Photos » ont été créé pendant les 5 semaines. L'importance de mettre la bonne information est pour les prochains élèves qui vont travailler source projet. Afin qu'ils ne perdent pas de temps dans la lecture de tous les documents mais qu'ils lisent simplement le « Wiki » du GitHub, qu'ils comprennent le projet et les améliorations qu'ils restent à travailler.



France
Living Labs



Mais, le « Wiki » doit être alimenté à chaque nouveau travail sur le projet et à l'arrivée de nouveaux étudiants pour avoir la dernière information.
Et, ces informations peuvent être modifiées ou même améliorées pour arriver à l'objectif qui est de faire des bobines de fil avec l'extrudeuse.
Nous pensons avoir mis les informations nécessaires pour la compréhension du projet mais aussi pour la prise en main des différentes machines avec des protocoles.

La rédaction sur le « Wiki » est facile d'utilisation, il faut juste connaître certaines règles.

Voici les règles que nous pensons les plus importantes :

- Pour modifier une page aller sur la page correspondante et appuyer sur « Edit »
- Pour mettre un grand titre en gras utiliser : **##**, plus vous en mettez et plus le titre sera grand
- Pour mettre en gras utiliser : ****Texte****, mettre devant et à la fin de la phrase que vous voulez mettre en gras
- Pour mettre en italique utiliser : *_Texte_*, mettre devant et à la fin de la phrase que vous voulez mettre en italique
- Pour mettre en italique et gras utiliser : *****_Texte_*****, mettre devant et à la fin de la phrase que vous voulez mettre en gras et italique
- Pour mettre une image, une étape un peu plus compliquée :
 - Aller sur l'onglet « Code »
 - Cliquer sur le dossier « image » puis « Photos »
 - Cliquer sur Upload files et rajouter la photo que vous voulez
 - Ensuite la photo est rajoutée cliquer sur la photo concernée et copier le lien url de l'image comme par exemple : <https://github.com/LF2L/Green-FabLab/blob/master/Images/Photos/Etape%202%20tr%C3%A9mie.PNG>
 - Retourner sur la page que vous voulez éditer
 - Mettez-vous à l'endroit où vous voulez mettre la photo et copier ceci :

```
<p align="center">

</p>
```
 - À la place de https mettez le lien de votre photo
 - Vous pouvez changer le pourcentage, cela augmentera plus ou moins la photo
- Pour rajouter une page au sommaire
 - Appuyer sur « New page »
 - Nommer la page comme vous voulez
 - Mettre un texte peu importe



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



- Et appuyer sur « Save page »
- Copier le lien url de la page
- Ensuite, aller sur le sommaire et cliquer le pinceau
Et créer un numéro et le nom que vous voulez comme par exemple :
6. [Safety](<https://github.com/LF2L/Green-FabLab/wiki/Safety>)
- Appuyer sur « Save page » et votre page sera créer
- Pour rajouter un dossier à l'onglet « Code »
 - Appuyer sur « Create new file »
 - Dans « name your file » mettre le nom du dossier et mettre : / après le nom donné
 - Puis remettre le même nom dans le prochain Name your file
 - Mettre un truc au hasard dans « Edit new file »
 - Appuyer sur « Commit new file »
 - Votre dossier est créé
 - Aller sur le dossier et vous pouvez rajouté ce que vous voulez dans le dossier
- Pour créer une table des matières
 - Allez sur la page correspondante
 - Cliquer sur « Edit »
 - Copier/coller ceci :
| Table of Contents |
| ----- |
| [Extrusion process](#extrusion-process) |
| [Maintenance](#maintenance) |
 - La première partie est le nom que vous voulez mettre et la deuxième là où on va trouver le texte. Si vous avez un deux mots par exemple vous devez mettre un tiret -.
 - Cliquer sur « Save the page »
 - Puis vous pouvez testé si ça fonctionne
- Pour faire un tableau
 - Allez sur la page correspondante
 - Cliquer sur « Edit »
 - Copier/coller ceci :

```
- | First Header | Second Header |
- | ----- | ----- |
- | Content Cell | Content Cell |
- | Content Cell | Content Cell |
```



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



La principale amélioration du « Wiki », nous pensons qu'il faut apporter plus de vidéos pour améliorer la compréhension.

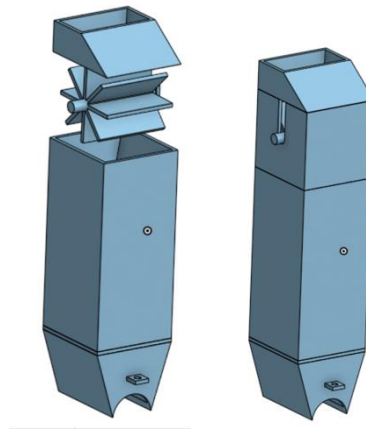
2. Amélioration de l'entonnoir

Phase de tests

Pour alimenter l'extrudeuse et trouver le bon modèle CAO, nous avons utilisé 2 outils :

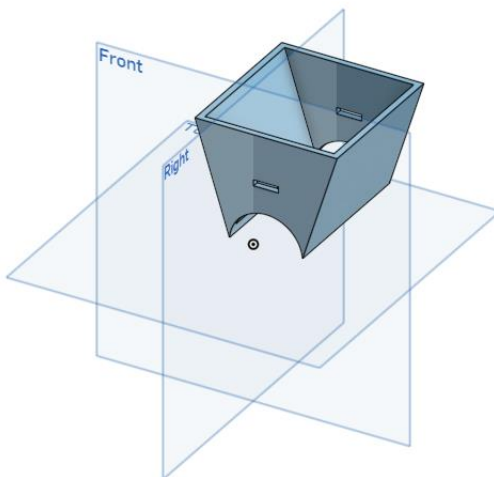
Quality Function Deployment et maison de la qualité. Grâce à ces outils, nous avons pu modélisé sur Onshape (logiciel de conception assisté par ordinateur) un ensemble de pièce permettant de répondre au besoin du client.

Première modélisation :

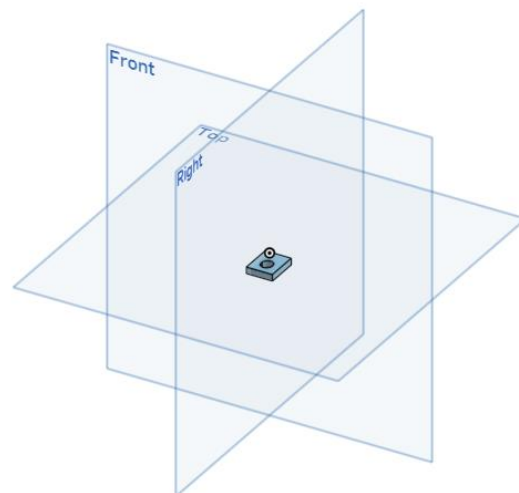


Principe de fonctionnement :

Théorie : La partie inférieure de l'assemblage permet la fixation à l'extrudeuse. La pièce 1 vient sur l'extrudeuse. Tandis que la pièce 2 vient s'emboîter dans les emplacements prévus de la pièce 1. Elles servent de point d'ancrages.



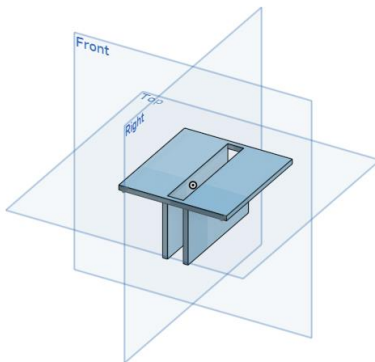
Pièce 1



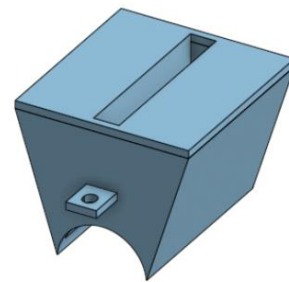
Pièce 2

La pièce 3 permet une alimentation au plus proche de l'extrudeuse (juste au-dessus de la vis sans fin de l'extrudeuse). Elle vient s'emboîter dans la pièce 1. Elle permet de limiter le transfert de chaleur dû à la conduction, ce qui pourrait engendrer un bourrage suite à plusieurs morceaux de PLA qui aurait fusionné à cause de la chaleur.

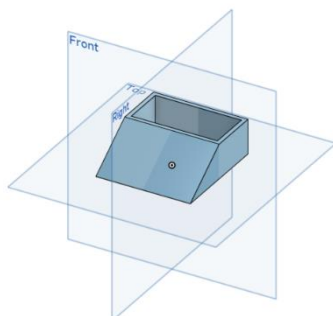
Assemblage des 3 premières pièces :



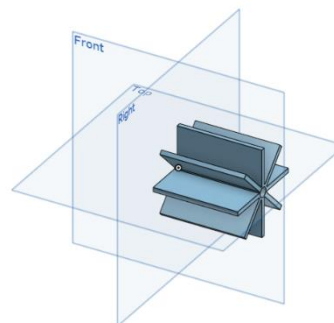
Pièce 3



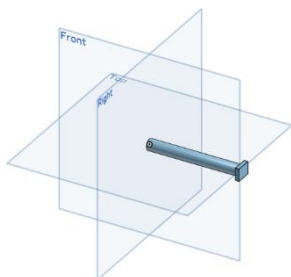
La matière provenant du « feeding systems » entre dans la partie supérieure (pièce 8) de l'assemblage. Elle est ensuite subdivisée grâce à un dispositif rotatif (pièce 7), ce qui permet d'acheminer la matière en plus petite quantité jusqu'à l'extrudeuse. La pièce 7 est placée sur un axe permettant une rotation libre (pièce 6). L'axe est lui-même supporté par la pièce 5 qui permet la liaison avec la partie supérieur (pièce 8).



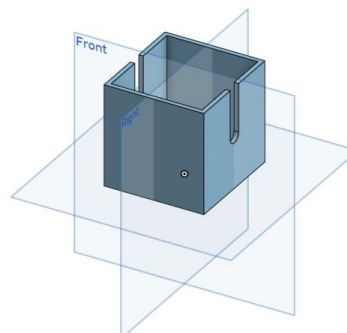
Pièce 8



Pièce 7

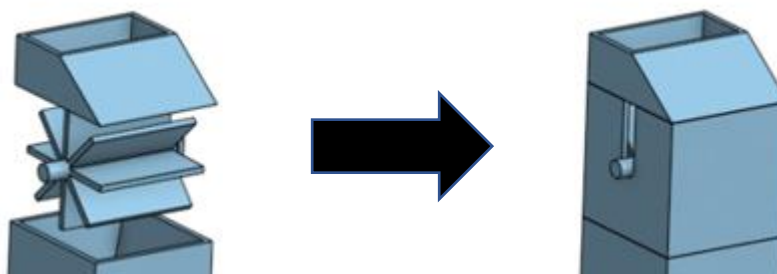


Pièce 6

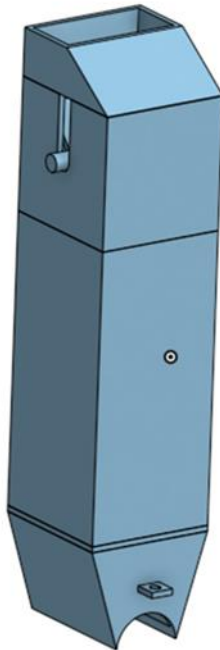


Pièce 5

Assemblage des pièces 5 à 8 :

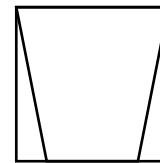


L'assemblage inférieur et supérieur sont reliées par la pièce 4.

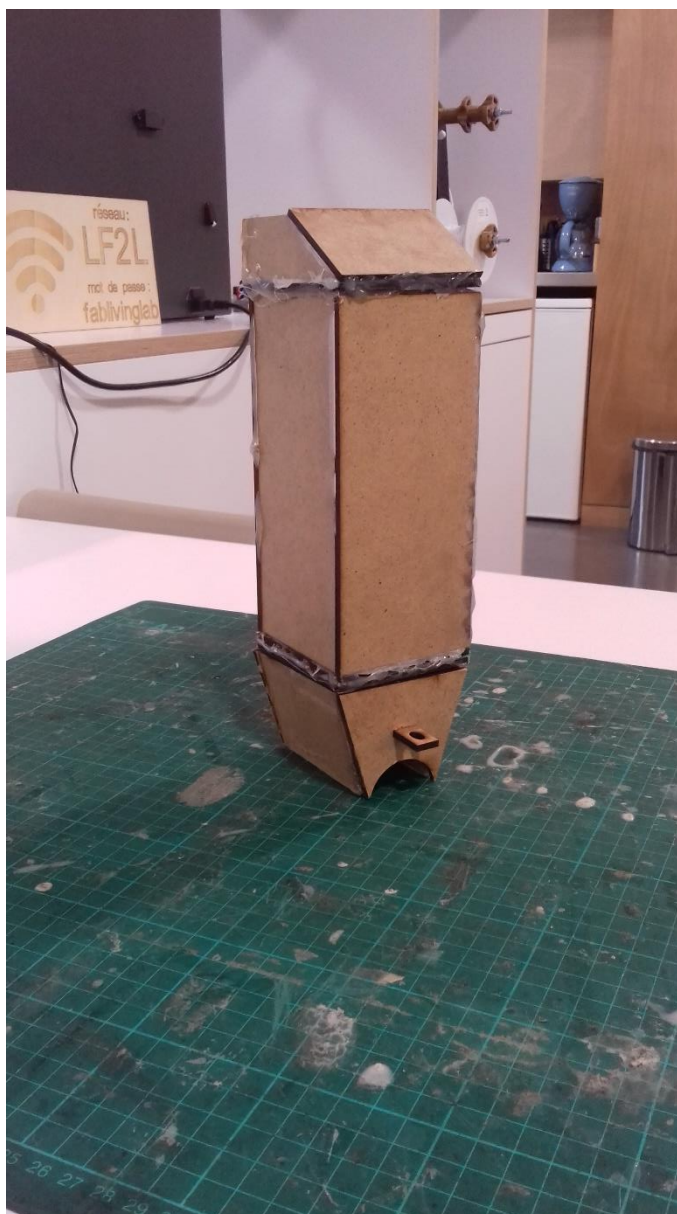


Pièce 4

La pièce 4 fonctionne comme une trémie. Des parois inclinées de 80° permettent de garantir un débit jusqu'à un certains angle de l'extrudeuse. Les parois inclinées sont situées sur la partie droite et gauche de la pièce.

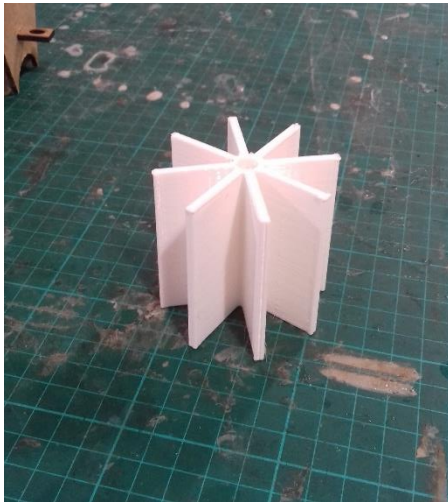


Premier prototype :



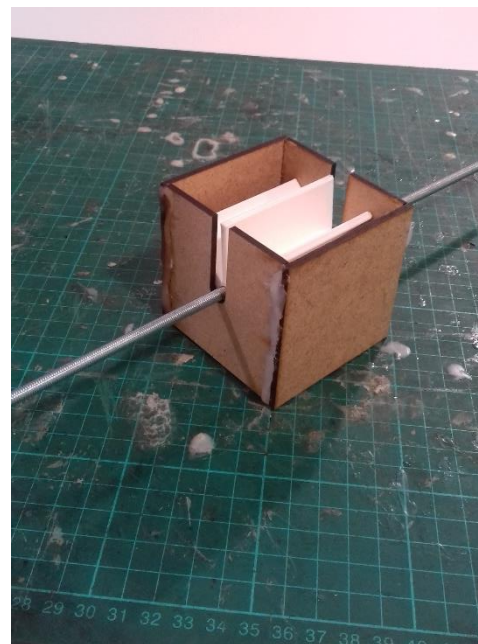
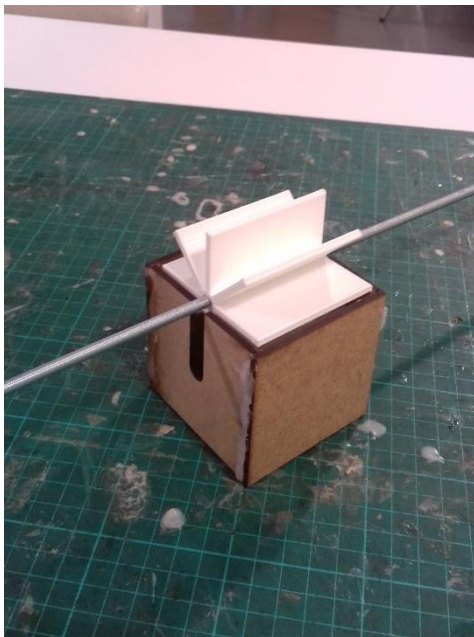
Les pièces 5 à 7 n'ont pas été assemblées au prototype pour diverse raisons. Les pièces 6 et 7 étant de forme cylindrique, leur réalisation avec une découpeuse laser s'avéré compliqué voir impossible. Nous avons contourné le problème en imprimant en 3D la pièce 7.

Pièce 7 réalisé en 3D grâce à l'imprimante Sigmax



L'avantage de réaliser une pièce en 3D est que le poids est uniformément réparti. Le poids de la pièce réalisée en 3D est de 54 grammes. Pour une pièce de cette envergure, le poids est assez élevé. Ce qui demande un apport plus important en matière afin d'engendrer la rotation.

La pièce 6 n'a pas eu besoin d'être réalisée en 3D, une tige en aluminium permet de répondre à ses fonctions primaires.
Nous avons juste modifié le diamètre de la pièce 7.





France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Une fois l'assemblage de la pièce 5,6,7 terminée, nous avons observé une rotation difficile de la pièce 7. Cette rotation difficile est dû aux frottements entre la pièce 7 et 5 principalement, mais le poids de la pièce 7 a aussi une influence.

Pour ces raisons nous avons décidé de ne pas assembler ces pièces à l'ensemble. Néanmoins nous avons réfléchi aux solutions envisageables pour palier à ce problème :

- Réduire le remplissage de la pièce 7 lors de son impression.
- Mise en place de roulement à billes entre la pièce 6 et 7.
- Réduire les dimensions de la pièce 7 pour éviter contact avec la pièce 5 (la pièce 5 étant réalisée grâce à la découpeuse laser, lors du collage des différentes parties entre elles, les côtes peuvent varier).

Premier essai :

Nous avons ensuite réalisé un premier essai avec ce prototype. Nous n'avons pas utilisé le « feeding system » parce que nous souhaitions régler le débit de PLA manuellement. De plus nous ne pouvions pas connecter le « feeding system » à notre prototype (absence de conduite).

<https://drive.google.com/open?id=1cOHuY-upHqYgzxWzOPdMPLvg2FUNa53q>



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



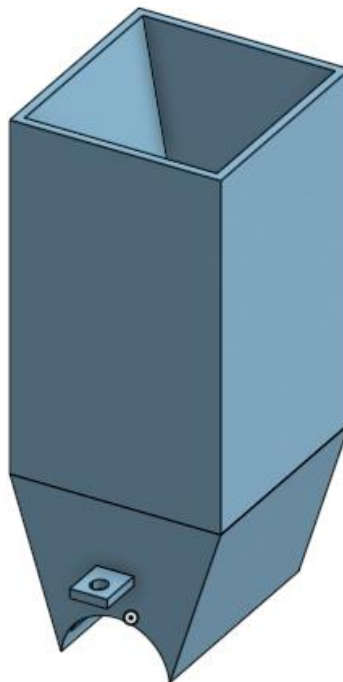
Résultats :

Après avoir verser une quantité importante de PLA recyclé dans notre système, nous avons constaté un bourrage. En effet, sans interventions humaines le bourrage apparaissait fréquemment. Le bourrage se situe au niveau de la pièce 3. De plus, avec un angle de 45° le passage du PLA dans la pièce 4 n'était pas optimum.

Conclusion :

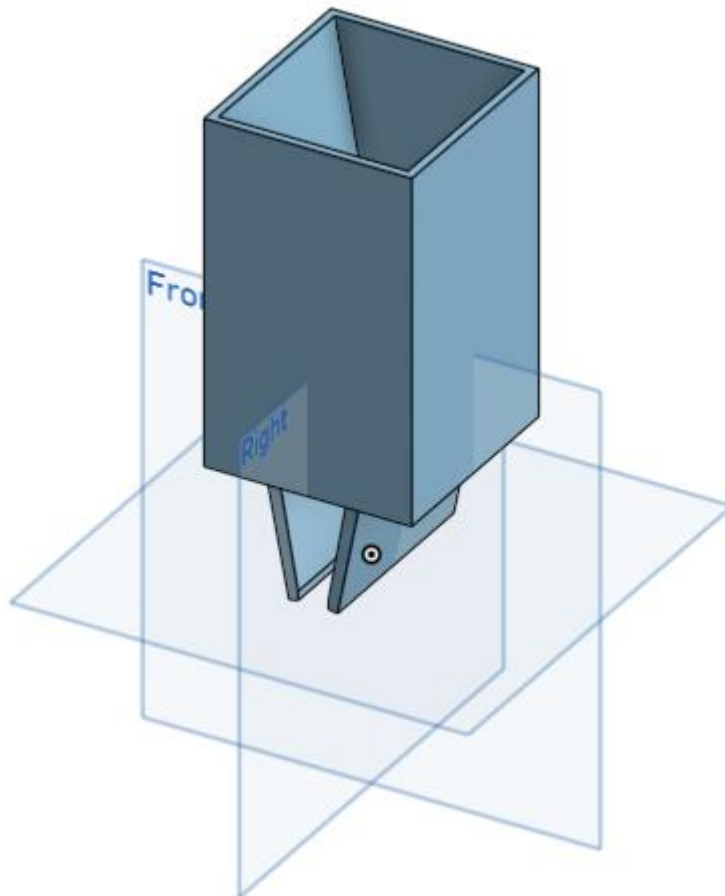
Nous devons améliorer notre système afin de corriger ce problème de bourrage, et améliorer aussi le passage du PLA dans la pièce 4, afin de ne pas rencontrer de problème avec un angle aigu de l'extrudeuse plus important.

Deuxième modélisation :



Nous avons pensé notre concept différemment afin de pallier aux problèmes préalablement rencontrés. Tout en écartant les pièces 5 à 8, nous n'avons pas pu les tester. Nous nous sommes donc concentrés sur les pièces 1 à 4. Lors du premier essai nous avons constaté que le bourrage se situait majoritairement au sein de la pièce 3. Nous l'avons donc supprimé. Et nous avons modifié la pièce 4 afin d'améliorer le passage du PLA dans cette partie. La nouvelle pièce répond aux fonctions qu'exerçait la pièce 3 précédemment. La pièce permet une alimentation au plus proche de l'extrudeuse (juste au-dessus de la vis sans fin de l'extrudeuse). Elle vient s'emboîter dans la pièce 1.

Nouvelle pièce 4



Deuxième prototype :



L'assemblage s'est avéré difficile, il n'est pas simple de placer correctement les parties inclinées.



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Deuxième essai :

Nous avons ensuite réalisé un second essai avec ce prototype. Nous n'avons pas utilisé le « feeding system » car nous souhaitons régler le débit de PLA manuellement. De plus nous ne pouvions connecter le « feeding system » à notre prototype (absence de conduite).

https://drive.google.com/open?id=1i-JgG8OYvRVnuZOsZHGkcBW72Qj5N_5i

Résultats :

Après avoir verser des petites quantités de PLA recyclé dans notre système, nous avons constaté aucun bourrage mais la qualité du filament extrudé n'était pas optimale. Nous avons ensuite versé une quantité importante de PLA recyclé et nous avons constaté aucun bourrage, mais la qualité n'en été pas meilleur.

Conclusion :

Nous devons effectuer plus d'essais, afin de s'assurer de la fiabilité de notre système. Les pièces 1 et 4 s'emboîtent correctement. Néanmoins un système de liaison entre les 2 pièces peut être envisagé.

Nous avons fait une étude sur le bourrage et l'impact du PLA, vous pouvez trouvé cette étude sur GitHub : <https://github.com/LF2L/Green-FabLab/tree/master/Documents/Final%20rapports%20CESI> .

3. Phase de tests

Nous avons effectué des tests avec notre nouvelle pièce de l'entonnoir.

1^{ère} Test :

Nous avons testé un premier entonnoir que nous avons fait. Malheureusement, celui-ci ne fonctionnait pas. Il y a eu du bourrage très rapidement ce qui a provoqué que nous n'avons pas pu faire de bobine correcte avec un diamètre de filament satisfaisant.

Pour améliorer notre concept, nous avons retravaillé l'entonnoir pour avoir de meilleur résultat.

2^{ème} Test :

Nous avons mis l'enrouleur à hauteur de l'extrudeuse et également le capteur. Nous n'avons pas mis le pré-enroulement.

Egalement, au début nous avons mis petit à petit du PLA vierge mais le diamètre du filament n'était pas bon. Nous avons donc mis une quantité plus grande de PLA et laisser faire l'extrudeuse à ce moment le filament était d'un diamètre correct.

Au niveau de l'enroulement, le début était bon mais pas la suite il y a eu une défaillance.



Bobine 2^{ème} test



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



3^{ème} Test :

Nous avons mis l'enrouleur à hauteur de l'extrudeuse mais cette fois-ci le capteur est un petit plus bas que l'extrudeuse. Nous avons mis le pré-enroulement (câble blanc).

Au début, nous avons mis une grosse quantité de PLA et par la suite nous avons mis petit à petit du PLA.

Au niveau de l'enroulement, il s'est passé correctement ce qui nous a permis d'avoir une bobine satisfaisante. L'enroulement s'est bien déroulé parce que nous avons trié le PLA. Effectivement, nous avons remarqué que les gros bouts de PLA bouchés l'extrudeuse. (Voir photo ci-joint)



Bobine 3^{ème} Test



Bouts de PLA qui provoque le bourrage



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Vous trouverez le lien des vidéos de nos tests :

1^{ère} Test : <https://drive.google.com/open?id=1cOHuY-upHQYgZXWzOPdMPLvg2FUNa53q>

2^{ème} Test : https://drive.google.com/open?id=1i-JgG8OYvRVnuZOszHGkcBW72Qj5N_5i

3^{ème} Test : <https://drive.google.com/open?id=1ilw9BeL8RmWNIAMc1NfwTfEEKsUzLAor>



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



4. Les axes d'améliorations du projet

Système d'alimentation :

- Le capuchon
- La partie électrique
- Le système d'alimentation

Le bouchon : il est nécessaire de trouver un bouchon qui permet de contrôler le débit pour qu'il n'y ait pas de bourrage.

La partie électrique : Pour que la LED et la photorésistance fonctionnent, les deux éléments doivent être espacés de 3,5 cm pour que le système commence à fonctionner.

Le système d'alimentation : remplacer le biberon par deux contenants ou autre pour le PLA vierge et recyclé.

L'extrusion :

- Support sur roulette
- Entonnoir

Le support sur roulette : il est nécessaire de trouver une idée d'un support de rouleau pour transporter l'ensemble du projet, l'extrudeuse, le broyeur et l'enrouleur. Pouvoir le déplacer et le transporter facilement pour des démonstrations.

L'entonnoir : trouvez un entonnoir qui vous permet d'être modulaire pour différents angles et évite de bloquer la vis sans fin.



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



La partie collecte :

- Canalisation du système d'alimentation vers l'entonnoir
- Améliorer la vitesse d'enroulement du filament

Canalisation du système d'alimentation vers l'entonnoir : trouver un système qui permet aux granulés de passer à travers sans se boucher.

Améliorer la vitesse d'enroulement du filament : Lors des essais, il a été noté que la vitesse de la bobineuse pouvait poser problème, la vitesse n'étant pas assez rapide, ce qui entraîne un problème avec l'enroulement du fil.

Les points plus généraux à améliorer :

- Automatiser l'ensemble du système
- Nourrir le Wiki à chaque amélioration
- Effectuer des essais pour trouver les meilleurs paramètres afin d'obtenir un filament avec le bon diamètre.
- Ergonomie



France
Living Labs



Francophonie
Living Labs



Conclusion

Le prototype est opérationnel, nous avons bien les premières bobines de filaments 100% recyclés qui sont extrudées. Cependant, des points restent à améliorer comme par exemple l'ergonomie ou la partie électrique du système.

L'amélioration de l'entonnoir permet de mettre l'extrudeuse à 45° comme on nous l'a conseillé. L'amélioration de la documentation du « Wiki » va permettre à toute nouvelle personne de travailler sur le projet et de comprendre les travaux des personnes antérieures.

Maintenant, il est important d'améliorer tous les points et d'effectuer des essais pour trouver les meilleurs paramétrages possibles pour réaliser un filament de bonne qualité et qui peut être réutilisable pour les imprimantes 3D. A long terme, le système doit être automatiser et fonctionner en appuyant seulement sur un bouton.