

**THOMAS FERREIRA**

**MAXENCE NEUS**

**ZOUBIDA Zarhloul**

# **3D PRINTING LOOP**

## **DU CONCEPT A LA RÉALITÉ**

**Module PRIST**

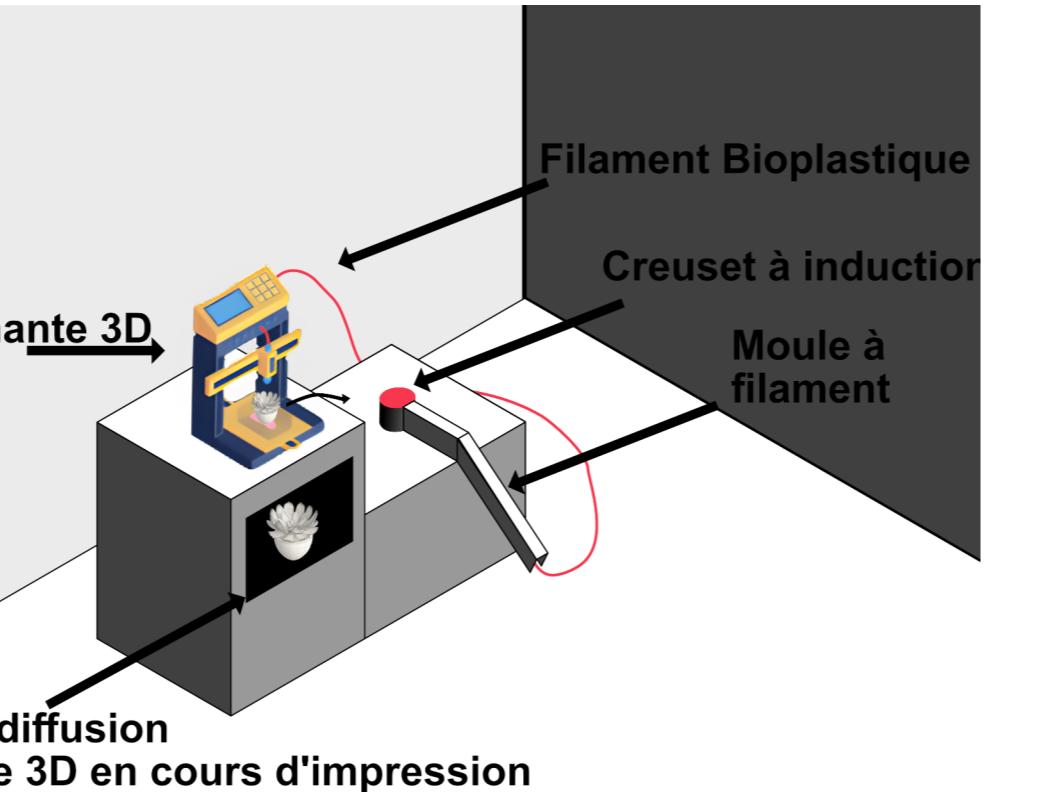
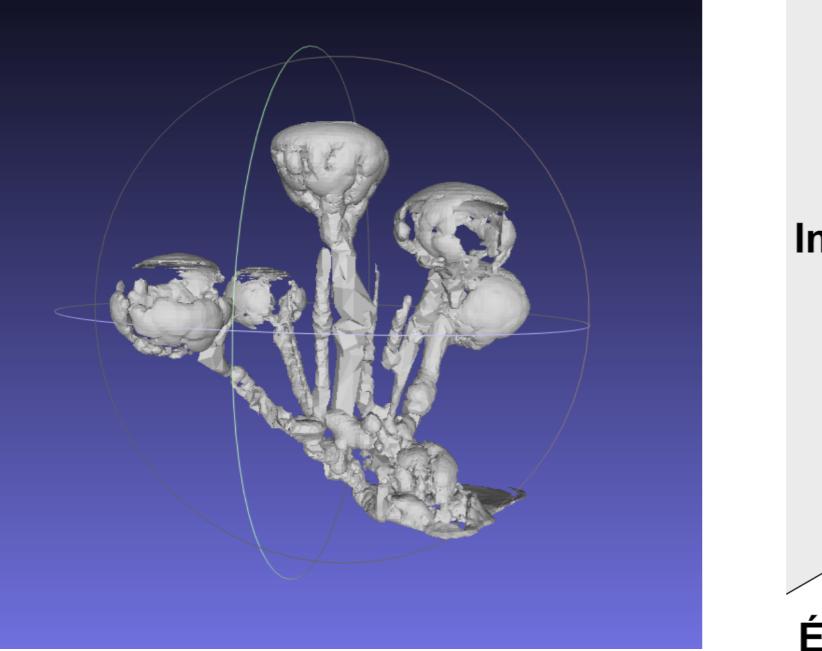
**Dossier de présentation et rapport scientifique**

# SYNTHÈSE SOMMAIRE

- I. Présentation du projet
- II. Objectif de la semaine d'atelier
- III. Les impressions 3D
- IV. Le système de recyclage
- V. Rapport scientifique
- VI. Poursuite

# I.Présentation du projet.

Ce projet de création artistique se veut être une sorte de machine célibataire, autonome imprimant et recyclant des modèles 3D de plantes générés artificiellement. Ainsi, l'oeuvre se veut être une installation globale composée de d'une imprimante 3D, d'un système de recyclage, et d'un écran. L'ensemble des machines forment une machine globale auto-centré. Le projet se place dans le développement de ma démarche artistique qui se concentre sur l'autophagie artistique comme système de production interrogeant la matérialité des formes numériques.



# II.Objectif de la semaine d'atelier

## - Concevoir et conceptualiser le projet.

- Comprendre l'impression 3D
- Rendre imprimables les modèles 3D
- Développer un moyen d'automatisation de l'impression 3D.
- Conceptualiser le dispositif de recyclage
- Étudier les matériaux à utiliser.
- Concevoir des prototypes.

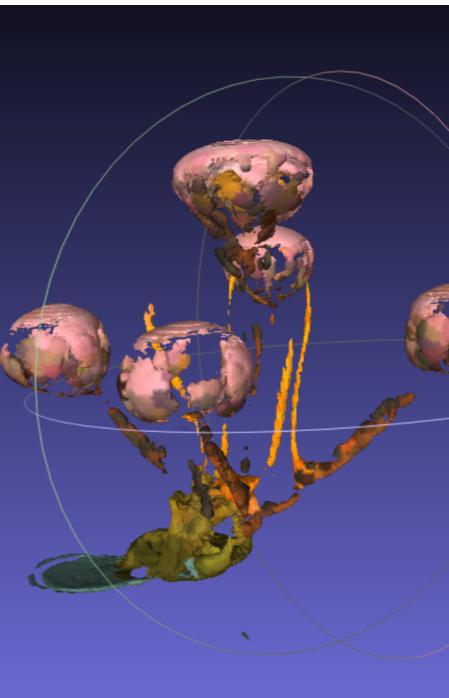
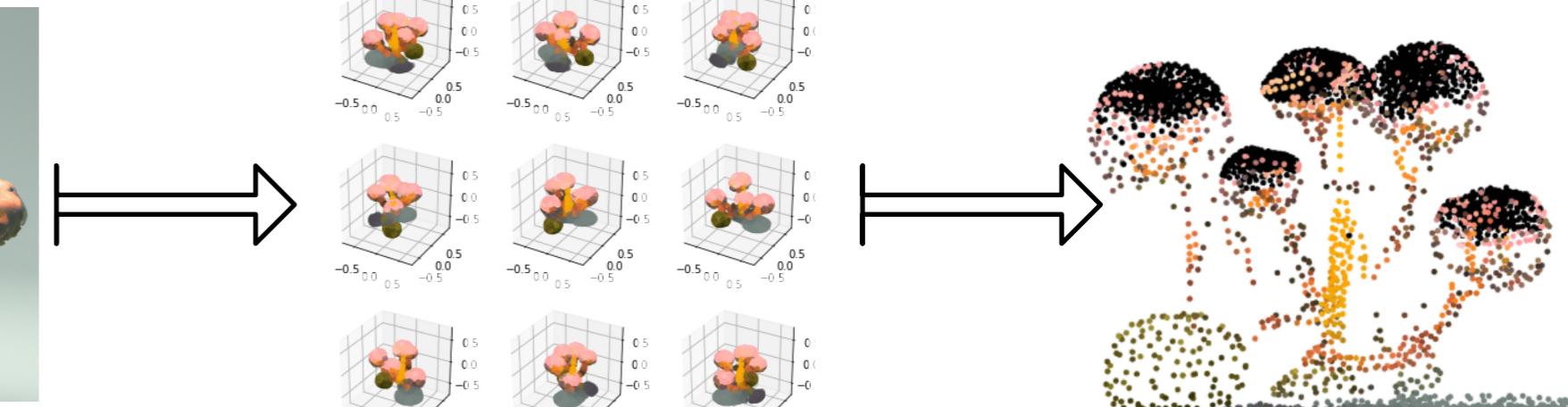
# III. Impression 3D.

## A. Les Modèles 3D

Pour la réalisation de ce dispositif j'ai réalisé en préambule de la semaine d'atelier les modèles 3D de plante générés artificiellement. Pour générer ces modèles j'ai entraîné une gan générant des images de plantes sur la base d'un dataset open-source d'image de plante. Dès lors j'ai encodé un système qui interpole les pixels d'une image 2D sur une grille 3D en point-cloud. Enfin, un algorithme entraîné à relier les points du point-cloud pour exporter un Mesh a été utilisé.

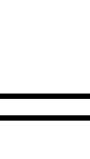
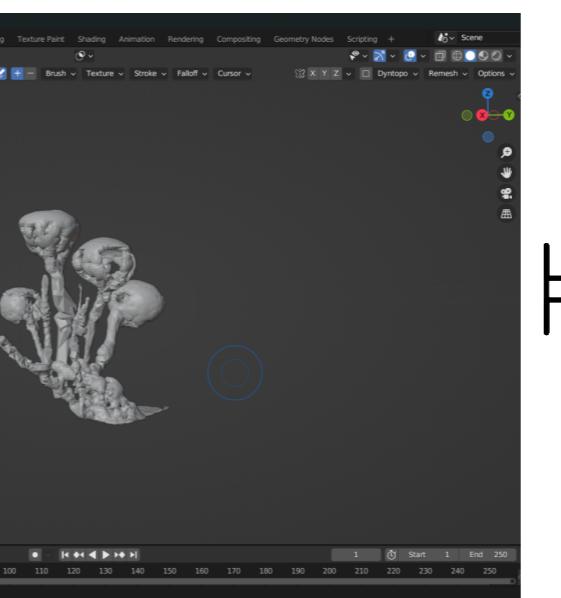
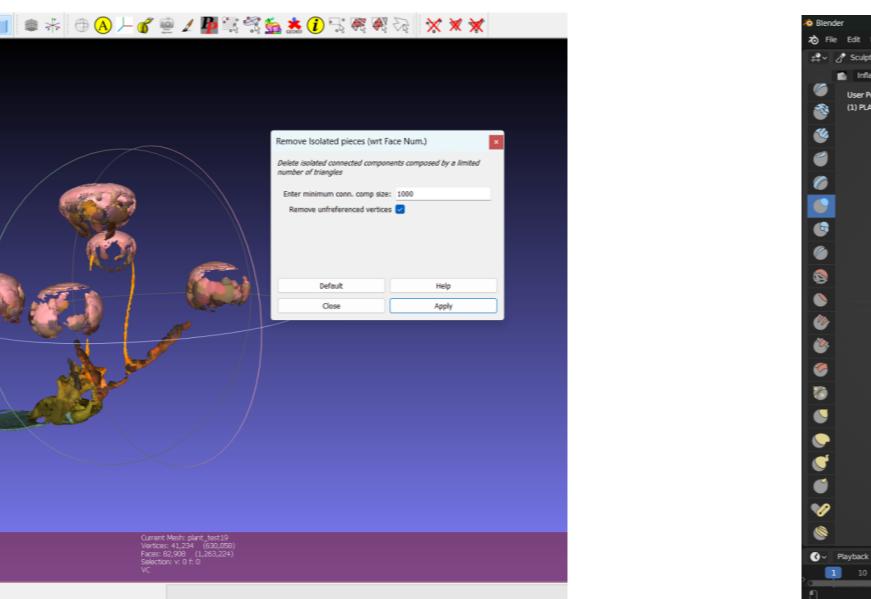
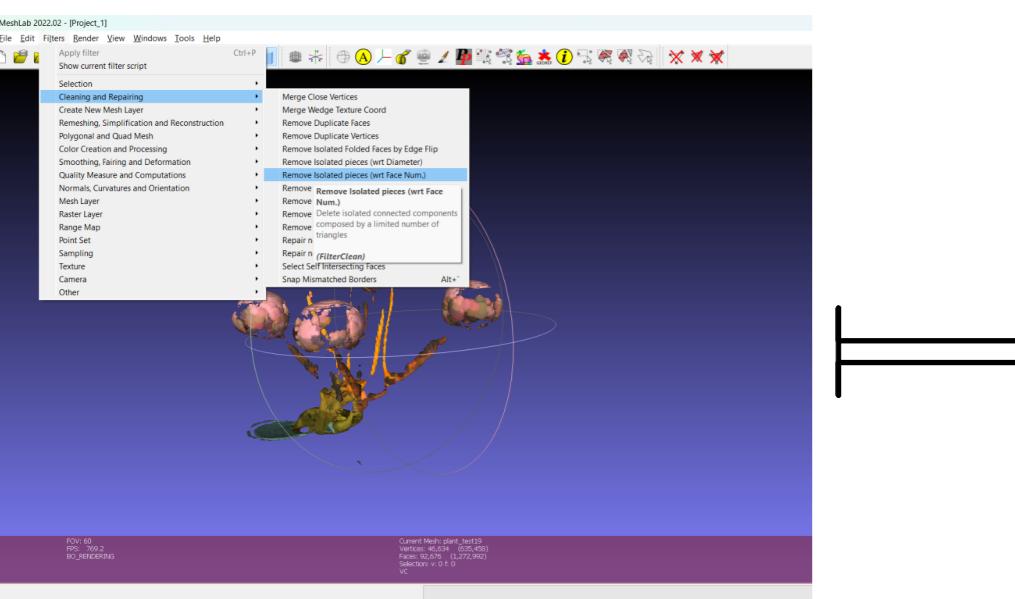
```
3D GAN V2.ipynb
Fichier Montrer Affichage Insérer Exécution Outils Aide Toutes les modifications ont été enregistrées
+ Code + Texte
Q
[1] sampler = PointCloudSampler(
    models=[base_model, upsample_model],
    diffusion=[base_diffusion, upsample_diffusion],
    noise_scheduler=noise_scheduler,
    aux_channels=(R, G, B),
    guidance_scale=(3.0, 3.0),
)
[2] from google.colab import files
uploaded = files.upload()
+ PLANIT_18.png
+ PLANIT_18.png[img](img) - 1595334 bytes, last modified: 11/01/2023 - 100% done
Saving PLANIT_18.png to PLANIT_18.png
[3] img = Image.open('PLANIT_18.png')
samples = None
for i in range(sampler.sample_batch_progressive(batch_size=1, model_kwargs=dict(images=[img]))):
    samples += 1
    print(f'{samples} [0:31-00:00, 3.000s]')

[4] pc = sampler.output_to_point_clouds(samples)[0]
[5] fig = plot_point_cloud(pc, grid_size=3, fixed_bounds=(-0.75, -0.75, -0.75, 0.75, 0.75))
[6] fig
```



## B. Préparation des modèles

De par leur nature, les Mesh générés ne sont pas viables à l'impression notamment en raison des parties flottantes du modèle. Ainsi, la première étape revient à nettoyer le modèle en supprimant toutes les pièces isolées flottantes. Pour cela, un outil d'ores et déjà implémenté à Meshlab a été utilisé.



**Super  
Slicer**



Dans un second temps, après le nettoyage, nous passons par une étape de réparation. N'ayant que très peu de connaissance sur blender, Maxcence a pu apporter son expertise ce qui nous a permis de réparer 5 modèles, qui aujourd'hui sont prêts à l'impression.

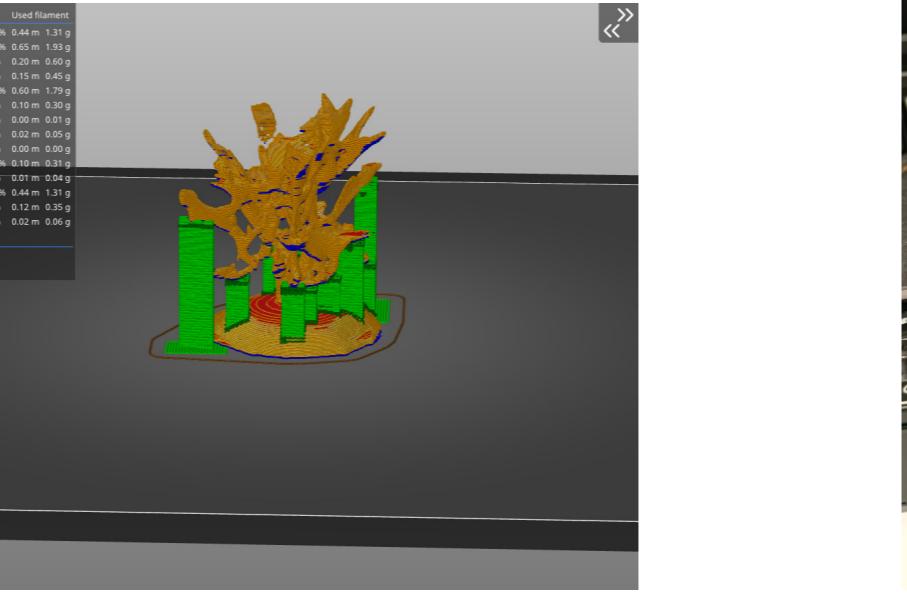
La dernière étape de préparation à l'impression est le slicer. Pour imprimer en 3d, il nous faut découper le modèle 3D en couche superposable et compiler l'ensemble dans un langage compréhensible par l'imprimante: le Gcode.

## C. L'impression



L'imprimante

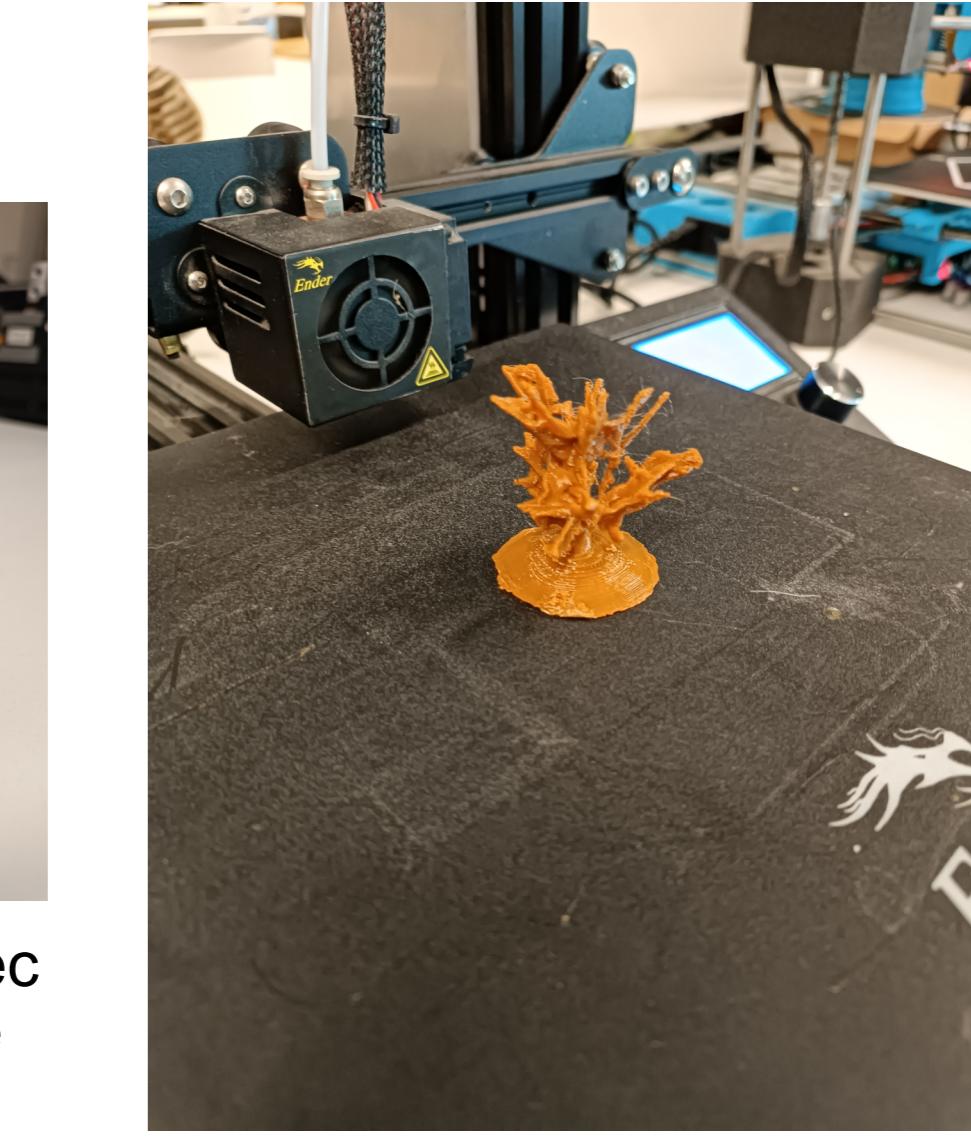
Ender-3 Pro



Superslicer a été choisi initialement pour effectuer du conique slicing (permettant d'imprimer sans support). Néanmoins au vu des modèles 3D ayant des angles à plus de 90° l'utilisation de supports nous était obligatoire. Ainsi, contrairement à d'autres slicer tel que CURA, SuperSlicer permet la pause libre des supports. Nous avons effectué ce choix pour des raisons esthétiques, nous préférions que le modèle 3D soit visible malgré les supports.



1<sup>er</sup> prototype avec support échelle 1/2



Prototype après retrait des supports

## D. L'automatisation

Pour la réalisation du projet, il fallait concevoir un système d'automatisation de l'impression. Le système le plus couramment utilisé est d'utiliser le bras de la buse pour pousser l'impression hors du plateau. Il suffit d'ajouter une rampe et l'impression tombera là où nous le souhaitons.

; 1:  
G91 ; Coordonnees relatives  
G1 Z5 ;

; 2:  
G90 ; Coordonnees absolues  
G1 X130 Y230 Z5

; 3:  
G28 Y ; Auto Home l 'axe Y

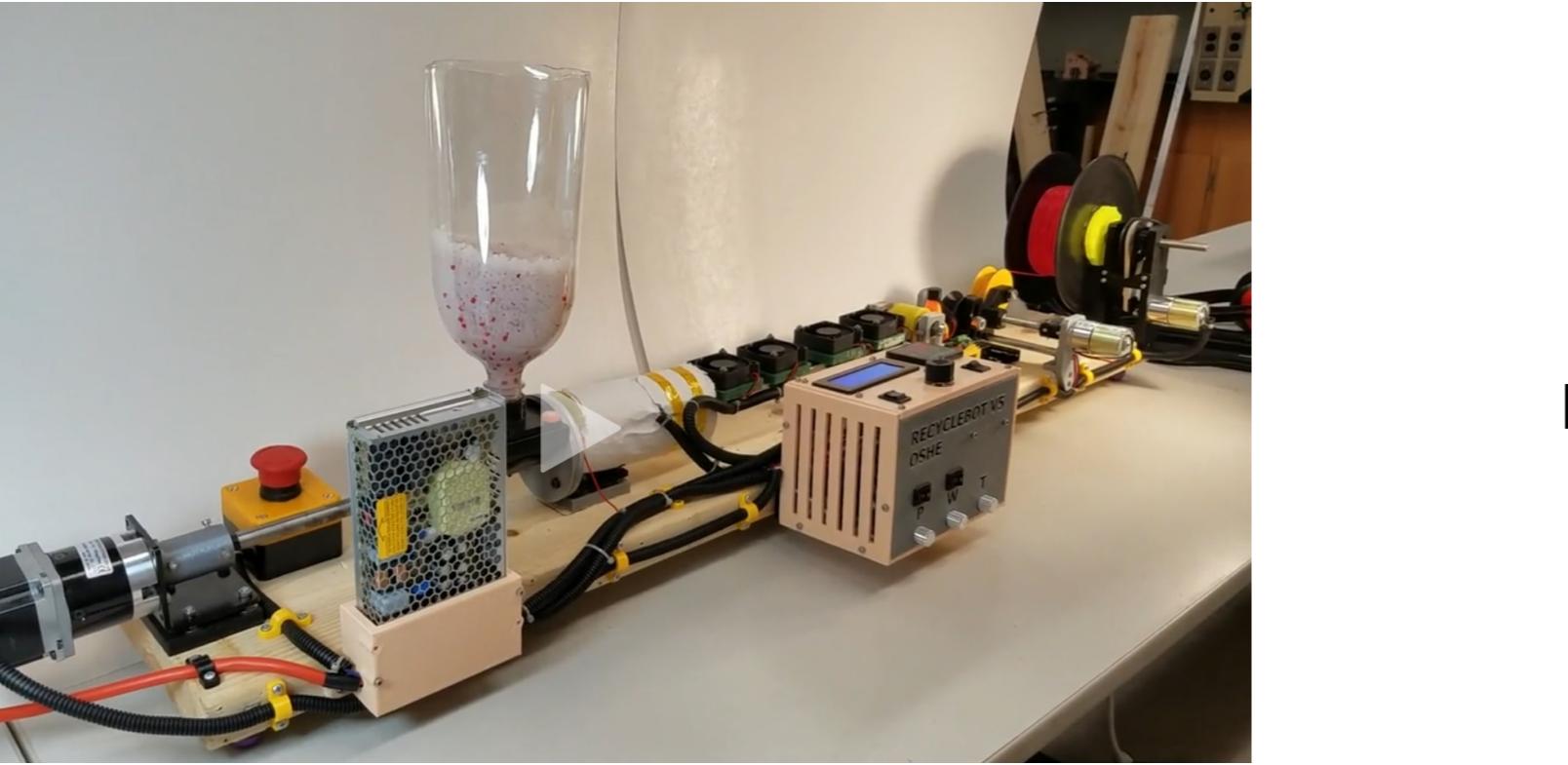
; 4:  
G0 Y230 F2000

# IV. Système de recyclage

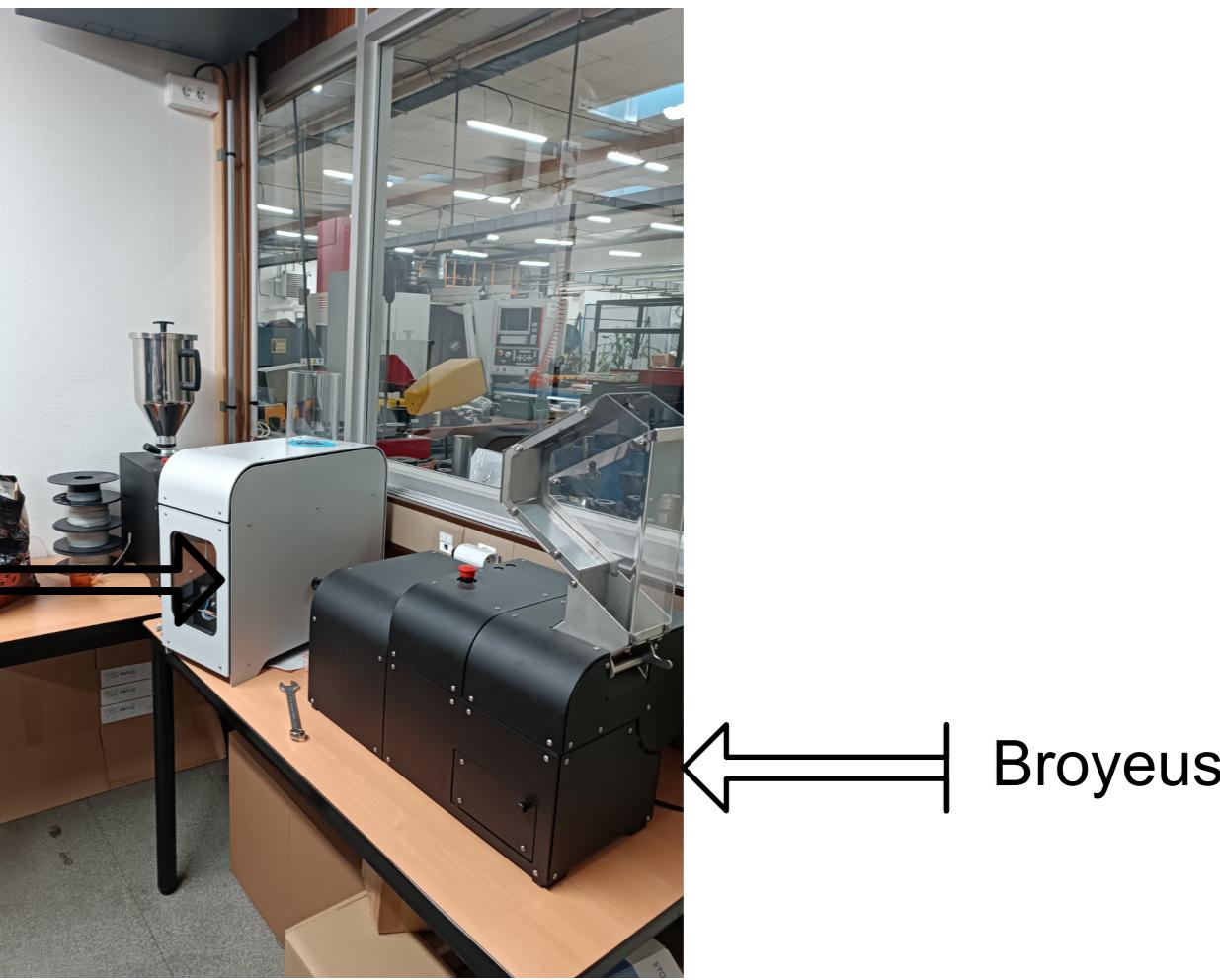
Dans l'élaboration initiale du projet artistique un dispositif de recyclage recueillant les modèles 3D tout justes imprimés, les broyant, les chauffant, les extrudant pour en faire une nouvelle bobine de filament PLA.

L'un des objectifs du module était de conceptualiser le système de recyclage de plastique voire, de concevoir des schémas du montage de ce système.

Pour cela nous avons effectué une recherche sur les prototypes existants.



Dans un second temps pour conceptualiser ce système nous avons pu visiter l'école Centrale de Lille. Dans leurs ateliers l'école possède un système complet de recyclage de plastique PLA. Au cours de nos discussions avec Thierry FRICHETEAU (Directeur des études) nous avons eu la confirmation que les recycleur PLA sont fonctionnels.



Extrudeuse

Broyeuse

# V. Poursuite

## A poursuivre

- Debug script automatisation
- Monter l'imprimante
- Préparer tous les modèles
- Montage de l'ensemble





Compte rendu technique

## 3D Printing Loop

Du concept à la réalité

Maxence NEUS

2023

# Contents

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Préparation des models</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Impression 3D</b>	<b>2</b>
3.1	Tests des models . . . . .	2
3.2	Impression en continu . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Station de recyclage</b>	<b>4</b>
4.1	Implémentation artistique . . . . .	4
4.1.1	Choix technique . . . . .	4
4.1.2	Dimensionnement . . . . .	4
4.1.3	Réalisation . . . . .	6

# 1 Introduction

## 2 Préparation des models

Pour pouvoir imprimer les models de plantes générés, on a besoin de les préparer. En effet les géométries générées comportent des pièces flottantes qui ne sont pas rattachées au reste du model.

Le processus de préparation consiste en deux étapes :

1. Sous Meshlab on supprime la majorité des pièces flottantes avec un outil intégré qui supprime les groupes de points d'une taille donnée qui sont indépendants
2. Sous Bender on sculpte le model aux endroits où Meshlab n'a pas supprimé suffisamment de matériau et on ajoute des supports "organiques" là où c'est possible

## 3 Impression 3D

D'abord on a décidé de l'imprimante qui sera utilisée pour l'accrochage final: nous avons choisi la Crrality Ender3 Pro pour son faible coût et sa bonne fiabilité en plus du bon support de la communauté qui devrait aider Thomas à régler les potentiels problèmes par la suite.

### 3.1 Tests des models

Dans un premier temps et pour valider la faisabilité de l'impression on a voulu tester quelques models pour observer la qualité de l'impression.

On a utilisé un slicer basé sur Slic3r ([SuperSlicer](#)) qui nous permet de placer manuellement les supports d'impression plutôt que de laisser le slicer le faire automatiquement, ce qui nous permet de contrôler l'apparence du model pendant l'impression.

### 3.2 Impression en continu

Le projet demande d'imprimer les models en continu. C'est à dire que lorsqu'une impression se termine, on doit retirer le model de l'imprimante afin de libérer la place pour le suivant.

Pour cela on a choisis d'implémenter une technique créée pendant la période du début de pandémie pour imprimer des "face shields" pour les hôpitaux. Cette technique consiste à modifier légèrement le Gcode en fin de

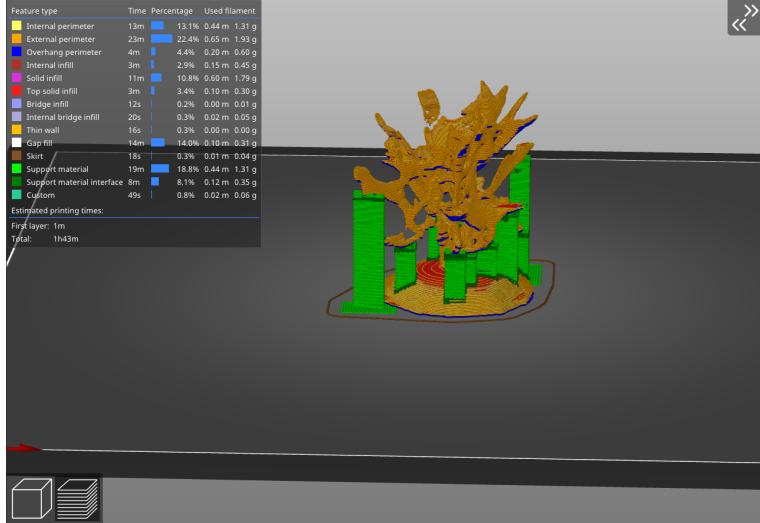


Figure 1: Model du slicer

programme pour supprimer la procédure de fin et y insérer à la place le code suivant :

Ce code permet de :

- 1 soulever la tête d'impression de quelques millimètres de la pièce pour s'assurer de ne pas rentrer dedans lors de la prochaine étape.
- 2 Déplacer la tête derrière le model
- 3 Auto Home l'axe Y pour ramener la tête à l'avant du plateau, décollant ainsi le model avec l'axe X de l'imprimante
- 4 Ramener le plateau à l'avant pour faire tomber le model maintenant positionné juste devant le plateau vers l'avant de l'imprimante

Notre test initial avec un model de simple cube a été très fructueux, le model se décollant aisément du plateau. Notre second test avec le model présenté en 3.1 n'as pas été fructueux, en effet l'adhérence de ce model est trop grande pour les moteurs de l'imprimante qui ne parviennt pas à le décoller. Pour régler ce problème, on propose d'ajouter un raft au model afin d'avoir une surface d'adhésion moindre mais qui permette toujours d'obtenir une qualité d'impression suffisante.

```

; 1:
G91 ; Coordonnees relatives
G1 Z5 ;

; 2:
G90 ; Coordonnees absolues
G1 X130 Y230 Z5

; 3:
G28 Y ; Auto Home l 'axe Y

; 4:
G0 Y230 F2000

```

Figure 2: Code de fin d'impression

## 4 Station de recyclage

### 4.1 Implémentation artistique

#### 4.1.1 Choix technique

La solution étudiée en Annexe B apporte un coût trop important qui ne peut pas être amorti par les fonds accordés à PRIST, on propose donc une implémentation plus narrative pour l'oeuvre. Pour émuler l'extraction de plastique, on propose de dérouler une bobine pleine à travers un orifice qui simule une buse d'extraction sur une bobine vide.

Pour cela on a besoin de motoriser la bobine vide pour qu'elle puisse dérouler le fillement. On propose une solution simple et résiliente qui consiste à découper des engrenages à la découpeuse laser que l'on va fixer à la bobine et à un moteur.

#### 4.1.2 Dimensionnement

Pour obtenir un effet plus réaliste, la bobine doit tourner assez lentement pour coller à une vitesse d'extraction du plastique réaliste. On cherche donc à avoir un rapport de réduction de la chaîne d'engrenages le plus grand possible.

On utilise les outils d'Onshape pour créer deux engrenages pour la bobine et le moteur, en expérimentant avec l'outil on a choisi un module de 1.5mm qui correspond à une limite pratique de la découpeuse laser (un module plus faible donnerait des engrenages brûlés au niveau des dents ce qui ne

permettrait pas un engrainement correct). Pour coller aux dimensions de la bobine, on choisit un engranage à 120 dents pour la bobine (qui donne un diamètre de 180 mm) et un de 20 dents pour le moteur (pour un diamètre de 20 mm).

On obtient donc un rapport de réduction de  $\frac{20}{120} = 1 : 6$

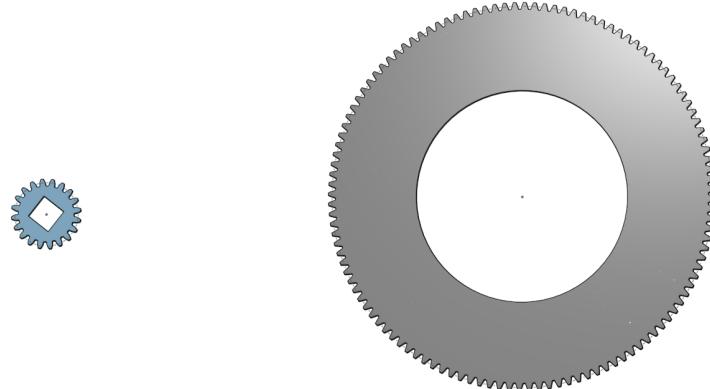


Figure 3: Dimensionnement des engrenages

#### 4.1.3 Réalisation

Pour monter les éléments, on choisit de coller simplement l'engrenage à la bobine (avec le cercle central permettant d'alligner)

Pour monter l'engrenage au moteur, on design une pièce intermédiaire qui permet à la fois de maintenir l'engrenage (par une extrusion carrée qui correspond à la découpe carré dans l'engrenage) et de bloquer la rotation par rapport à l'axe du moteur pour que celui-ci puisse entraîner l'engrenage.

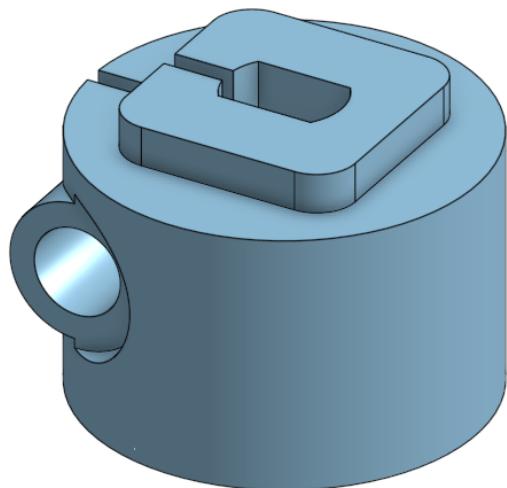


Figure 4: Model de la jonction moteur-engrenage

Pour maintenir la bobine en position pour l'engrenage, on a utilisé la découpe laser pour créer un bobineur (dont les modèles ont été obtenus [ici](#))



Compte rendu technique et fonctionnel

**3D Printing Loop**  
**Du concept à la réalité**

Zoubida ZARHLOUL

2023

## Sommaire :

1. Introduction
2. Objectifs
3. Préparation du projet
4. Choix techniques : Matériel et logiciel
5. Fiche Budget du matériel
6. Contraintes
7. Prototype alternatif

# 1. Introduction

Le but du projet est de réaliser une machine permettant de recycler PLA afin d'en faire un nouveau filament réutilisable. Ce projet prendrait la forme d'une installation (machine) comprenant une imprimante 3D, un écran et un système de recyclage de Bioplastique PLA. L'imprimante 3D imprimerait en continu de petits modèles de plantes générées au préalable à l'aide d'une 3D GAN (Génération Adversarial Network). Ces modèles 3D représenteront des plantes potentielles. Une fois l'impression effectuée, la plante 3D serait recyclée dans un système permettant de fabriquer à nouveau des filaments. De manière à réaliser ce projet, on va collaborer sur deux éléments de l'installation : La création du dispositif de recyclage des bioplastiques en filament réutilisable & Le développement d'un dispositif électromécanique permettant de transférer l'impression vers le dispositif de recyclage.

# 2. Objectifs

Nous proposons alors de réaliser une machine permettant de recycler le **PLA** composée :

1. D'une unité de broyage et de stockage des petits modèles de plantes.
2. D'une unité permettant de faire fondre le plastique à la température souhaitée.
3. D'une unité de filage du plastique fondu, avec contrôle du diamètre du fil.

Afin de mener ce projet, nous avons décidé de découper notre travail en 3 différentes phases :

## 1. Conception mécanique :

- a) Nous devons concevoir un châssis de machine capable de supporter les différents éléments de celle-ci.
- b) Nous devons aussi réaliser un système mécanique de broyage permettant d'obtenir, à partir des petits modèles des plantes, des copeaux de plastique de taille convenue qui pourront par la suite être transformés en fil.
- c) Il nous faut aussi concevoir un système d'acheminement entre les différentes parties de notre projet, ceci fait à partir d'une vis sans fin.

## 2. Conception électronique :

- a) Dans cette partie nous devons gérer les servomoteurs qui permettront d'entraîner la vis sans fin du système d'acheminement des copeaux.
- b) Nous devons notamment aussi mettre en place un système de fonte du plastique ainsi que la régulation de la température de ce système à l'aide de capteurs de températures.
- c) Pour la partie broyage nous devons concevoir un moteur et l'alimenter pour faire tourner les lames du broyeur.

## 3. Développement :

- a) Nous devons, dans cette partie, programmer un microcontrôleur qui gérera la mise en marche et l'arrêt de la machine. Il gérera aussi l'ajustement de la température de fonte ainsi que la vitesse de rotation des lames du broyeur et de la vis sans fin.
- b) Nous envisageons aussi de pouvoir contrôler le diamètre du fil voulu en sortit à l'aide du microcontrôleur ajustant la taille de l'ouverture de sortit.

### 3. Préparation du projet

#### Descriptions fonctionnelles des besoins

Broyer les chutes et les rafts d'impressions	
<b>Objectif</b>	Le but est d'obtenir à partir des modèles de plantes des granulés de plastique suffisamment petits afin qu'ils puissent être facilement acheminés dans l'extrudeur et ne pas obstruer la machine.
<b>Description</b>	Nous allons réaliser une broyeuse qui permettra de broyer le plastique et ainsi obtenir les granulés. La broyeuse sera composée de lame de différentes tailles tournantes autour d'un axe hexagonal afin d'exercer une certaine force sur le plastique qui sera ainsi broyé. Les granulés récupérés seront alors filtrés à l'aide d'un tamis.
<b>Contraintes</b>	Les granulés obtenus doivent être d'environ 3 à 5 mm de diamètre.
Acheminer les granulés à travers la chambre de combustion	
<b>Objectif</b>	Le but est de mettre en place un système qui permettra aux granulés de transiter de la zone d'insertion des granulés jusqu'à la zone d'extrusion en passant par la chambre de combustion.
<b>Description</b>	Nous allons utiliser un motoréducteur 12V qui contrôlera la rotation d'une vis sans fin qui permettra le parcours des granulés le long de l'axe principal de notre machine.
<b>Contraintes</b>	Il est important de contrôler la vitesse de la vis sans fin.
Faire fondre les granulés de plastique	
<b>Objectif</b>	Le but est de faire fondre les granulés et d'obtenir une matière 'visqueuse' qui sera acheminée jusqu'à la buse de l'extrudeur.
<b>Description</b>	Nous allons réaliser une chambre de combustion dans laquelle passeront les granulés de plastique. Ces derniers vont fondre et être acheminés jusqu'à la buse de la machine afin de sortir le filament qui refroidira à l'air ambiant.
<b>Contraintes</b>	Les températures de fusion sont propres à chaque matériau utilisé. Pour le PLA elle est de 180° (+/- 10°)

Alimenter électriquement notre machine	
<b>Objectif</b>	Le but est de limiter la consommation en énergie de notre machine.
<b>Description</b>	Nous allons étudier les besoins pour l'alimentation et choisir les composants électroniques qui permettront d'optimiser le circuit imprimé qui contrôlera l'ensemble de notre machine.

## 4. Choix techniques : Matériel et logiciel

### Broyeur

#### Choix techniques :

Notre broyeur est constitué uniquement de pièces métalliques car nous ne savons pas encore si un autre matériau pourra supporter les forces exercées par le couple moteur qui va broyer le plastique. Quant à elle, la partie électronique est assez simple, elle comporte simplement un switch qui permettra d'allumer ou éteindre le moteur et donc de mettre en route notre broyeuse.

### Extrudeur

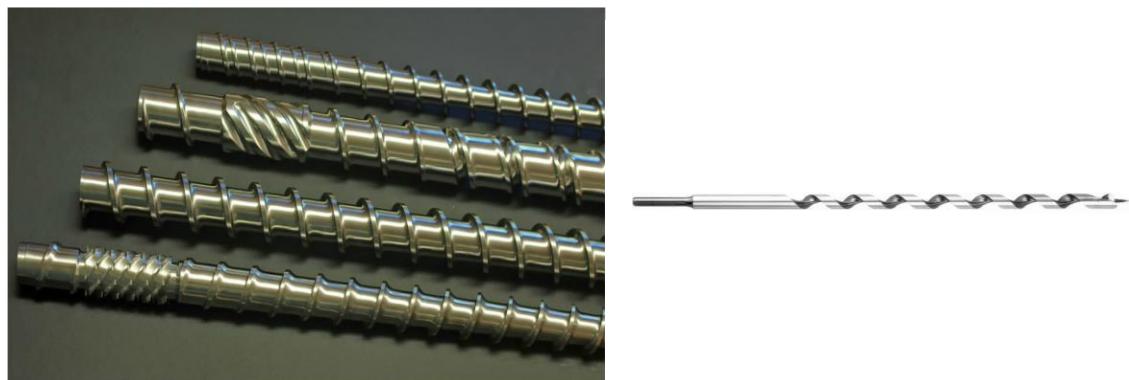
#### Choix techniques :

Nous avons décidé de réaliser nous même le support de l'extrudeur à l'aide de l'imprimante 3D ainsi que l'entonnoir dans lequel seront versés les granulés. De plus nous allons réaliser nous même le circuit électronique qui permettra de contrôler la température, la vitesse du moteur et l'alimentation générale de la machine. Le tout sera installé dans un support rectangulaire en bois que nous fabriquerons à l'aide de la découpeuse laser.

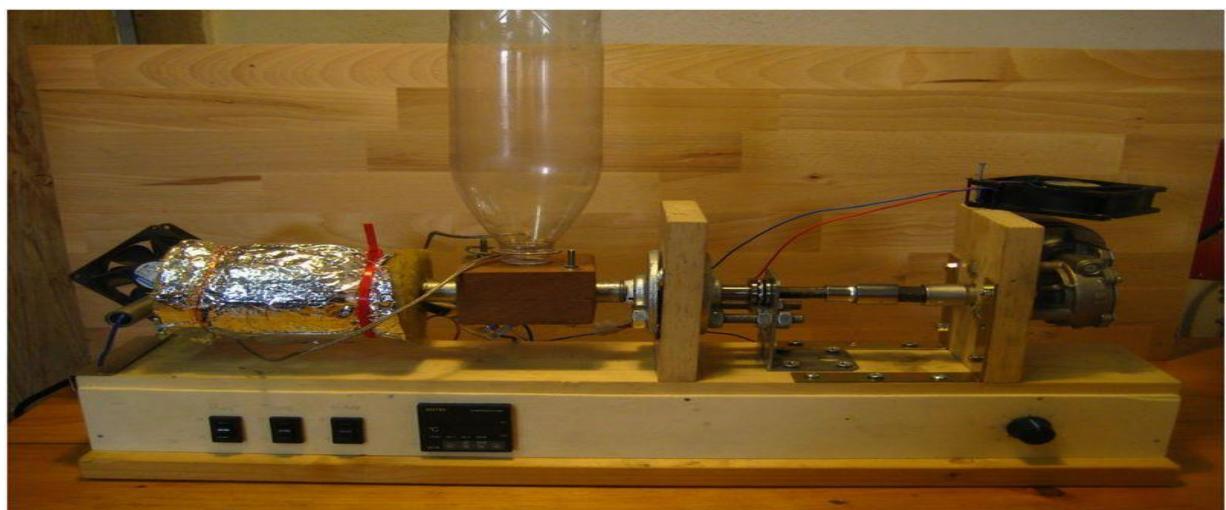
## 5. Fiche Budget du matériel

**Utilisation de vis d'extrusion :** Tarière de navire 5/8" OD X 17" (marque Dewalt) au lieu de la vraie vis d'extrusion :

À cause de contraintes de budget, on a décidé d'utiliser la Tarière de navire 5/8" OD X 17" (marque Dewalt) puisque la vraie vis coûte 3000€, en comparaison avec celle-ci qui coûte 12,26€.

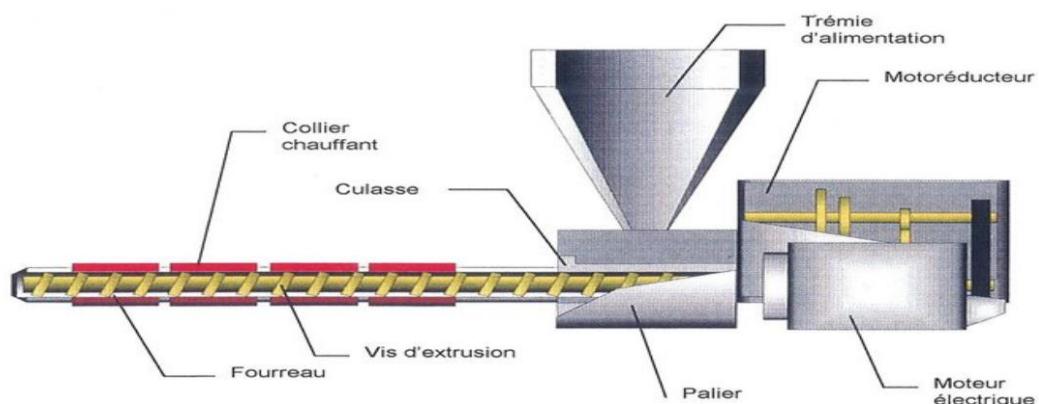


**Montage à Réaliser :**



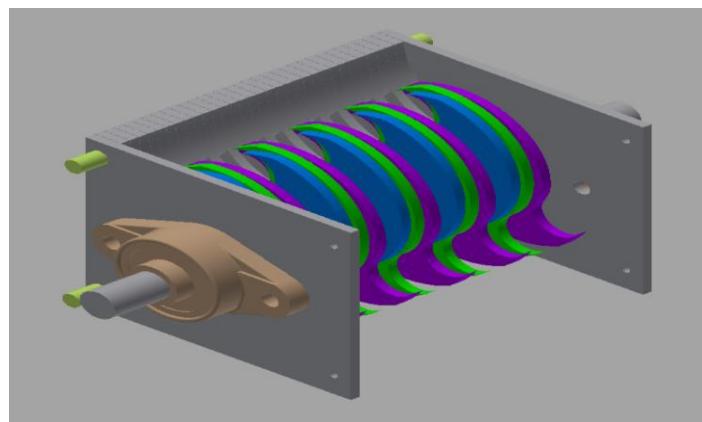
## EXTRUDEUR

Matériels à utiliser pour l'extrudeur	Budget
Servomoteur continu	18,99€
Visserie	21€
Foret pour bois de 20mm de diamètre et de 460mm de long	26,53€
Band Heater M-2929-2 150 W	53,69€
Rallonge de robinet de diamètre 27mm et 500mm de long	11€
Bouchon d'obturation femelle pour rallonge de 27mm de diamètre	3,50€
2 Ventilateurs 80mm	5,50€
Switch	2,23€
2C LCD 16x2	10,35€
Thermocouple K + convertisseur MAX6675	20€
Arduino UNO	23,90€
Transistor IRFZ44N	1,40€
Transistor TO-92 S8050	0,92€
Résistance 10 kOhm	0,22€
Relais statique 25A - 280Vac	28,80€



## BROYEUSE

Matériels à utiliser pour la broyeuse	Budget
Tole en acier d'épaisseur 1mm	3,30€
Tole en acier d'épaisseur 3mm	4,98€
Tole en acier d'épaisseur 5mm	2,75€
Tole en acier d'épaisseur 6mm	7,42€
Barre hexagonale en acier de longueur 32cm	28,32€
Profil d'angle en acier de taille 30x30x3mm (100cm)	15,90€
Maille métallique 150x180x1,5mm	18,99€
Moteur +/- 2kW	89€
Switch	2,24€
Cordon d'alimentation	7,99€



Ainsi, on aura besoin d'une imprimante 3D de type ENDER pour faire toutes les impressions nécessaires pour la réalisation (ça coûte à peu près 280€) et le matériel de soudure et d'assemblage qui est basé sur une résistance chauffante.



## 6. Contraintes

Notre projet consiste donc à réaliser deux machines : une broyeuse pour les modèles de plantes qui nécessite l'usinage de lames pour broyer le PLA Et un extrudeur de filament pour produire du filament réutilisable pour les imprimantes 3D. Il y a donc une grosse partie de conception mécanique dans ce projet qui nécessite beaucoup de temps et de ressources financières.

Du coup à cause des contraintes de Budget (voir ci-dessus la fiche budget du matériel) qui ne doit pas dépasser 400€ (pour réaliser le prototype on a besoin de 900€) et de délai (5 Jours pour réaliser le prototype), on n'a pas pu réaliser le projet comme décrit et donc on est terminé par un prototype moins complexe et moins détaillé mais plus clair et facile à comprendre et à réaliser aussi.

## 7.Prototype alternatif

Pour le prototype alternatif, on a décidé d'installer deux bobines (l'une vide et l'autre pleine) pour faire circuler un fil entre les deux tout en utilisant un moteur électrique, dans le but de montrer brièvement le processus de recyclage.

Sans oublier le dispositif lié à l'imprimante 3D qu'on a automatisé pour que le modèle imprimé s'enferme dans un boîtier automatiquement.

Et ci-dessous on a la fiche de budget du matériel utilisé pour ce prototype alternatif :

Matériel utilisé pour le prototype	Budget
Moteur électrique	5€
Bobine vide	Disponible au fabricarium
Bobine pleine	25€
Impression et découpage Laser	Disponible au fabricarium