

PADILLA Luis

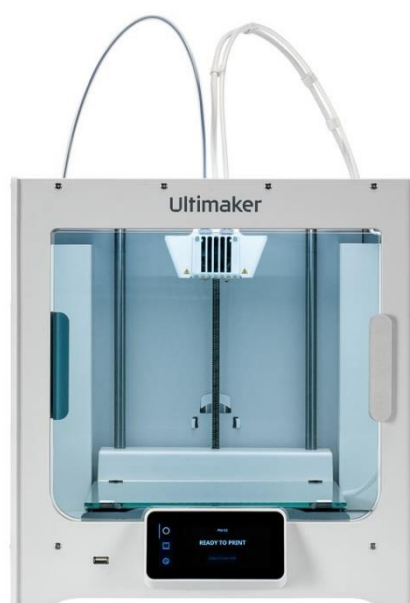
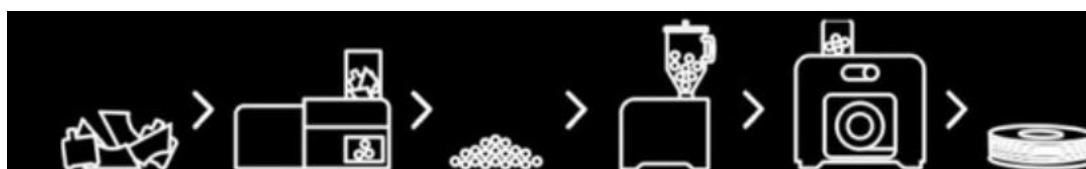
ROGNON Loïc

TDA

---

## Projet II

# Recyclage de pièces en PLA pour impression 3D par dépôt de filament fondu (FDM)



Enseignant référent : Loïc TADRIST

1. **Contexte et justification du projet (page 3)**
  
2. **Matériel, Méthodes et Gestion de projet (page 4)**
  - **Matériel et équipements (page 4)**
  - **Processus de production du filament (page 6)**
  - **Méthodes (page 14)**
  - **Gestion de projet (page 17)**
  
3. **Résultats obtenus (page 18)**
  
4. **Retour critique sur le projet, Perspectives et Conclusion (page 23)**
  - **Retour critique sur le projet (page 23)**
  - **Perspectives (page 23)**
  - **Conclusion (page 24)**

## 1. Contexte et justification du projet

Le développement rapide de l'impression 3D a entraîné une adoption massive de matériaux comme le PLA (acide poly lactique), un bioplastique biodégradable souvent utilisé dans les processus d'impression. Cependant, l'accumulation de déchets issus de l'impression 3D, notamment des chutes de PLA, représente un défi majeur pour la gestion des matériaux. Dans ce contexte, le recyclage de ces déchets devient crucial pour réduire le gaspillage et les coûts lié à l'achat de bobines, tout en offrant une seconde vie à des matériaux qui seraient autrement jetés.

Ce projet, réalisé au sein de l'IUT d'Aix-en-Provence, vise à explorer et à optimiser le processus de recyclage du PLA provenant des impressions 3D. En utilisant des équipements spécifiques, tels qu'un broyeur, un séchoir, et une extrudeuse de la marque 3Devo, l'objectif est de transformer ces déchets en un filament réutilisable de diamètre 2.85mm. Ce filament sera ensuite utilisé pour imprimer des objets sur les imprimantes Ultimakers de la salle InProto, avec pour ambition d'obtenir un produit de meilleure qualité possible, fiable et imprimable.

Le processus de recyclage a été testé en plusieurs étapes : à partir de rebut de PLA, jusqu'à l'obtention d'un filament. Ce rapport décrit les différentes étapes du processus expérimental, de l'extrusion initiale jusqu'aux ajustements effectués pour améliorer la qualité du filament produit. L'objectif final est de démontrer la viabilité du recyclage du PLA, tout en soulignant les spécificités et défis rencontrés lors de l'optimisation de chaque phase du processus.

Veillez noter que chaque matériau se comporte différemment, ce processus peut donc ne pas être applicable à 100 % à tous les matériaux.

## 2. Matériel, Méthodes et Gestion de projet

### 2.1. Matériel et équipements

Le processus de recyclage du PLA nécessite trois équipements principaux, qui interviennent dans différentes étapes pour transformer les déchets de PLA en filament prêt à l'emploi. Ces machines sont de la marque 3devo et répondent aux exigences de production de filament nous permettant de réaliser notre étude, 3 machines ont été utilisées :

- **Le Broyeur** : Cet appareil transforme les déchets de PLA en petits copeaux. La granulométrie obtenue est essentielle pour une alimentation homogène et efficace dans les étapes suivantes. Le broyeur doit produire des copeaux réguliers et adaptés pour éviter les blocages et assurer une extrusion constante.
- **Le Séchoir** : Avant l'extrusion, il est crucial d'éliminer toute humidité résiduelle dans le PLA. Le séchoir permet de conditionner les copeaux de PLA à un niveau d'humidité optimal, ce qui contribue à éviter la formation de bulles ou d'imperfections dans le filament final. Le contrôle de la température et de la durée de séchage est essentiel pour éviter toute dégradation thermique du PLA.
- **L'extrudeuse** : Cet équipement transforme les copeaux de PLA séchés en filament continu. L'extrudeuse 3devo est réglable en termes de température et de vitesse, ce qui permet de moduler la qualité et le diamètre du filament. L'extrusion est une étape clé pour garantir un filament de diamètre constant, sans défauts, et compatible avec les imprimantes 3D.

Voici l'ordre d'utilisation des machines :

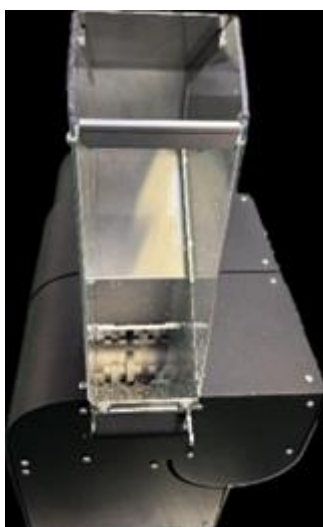


Figure 1: Broyeur



Figure 2: Séchoir



Figure 3: Extrudeuse

Avant toute mise en marche et utilisation des machines, il est indispensable de se conformer aux consignes de sécurité et de s'équiper correctement afin de prévenir tout accident. Voici les principales recommandations du constructeur :

### 1. Règles de base :

- **Danger d'écrasage de main** : Évitez de placer ses mains près des zones en au niveau du broyeur.
- **Arrêt d'urgence** : S'assurer de localiser le bouton d'arrêt d'urgence avant de démarrer la machine. En cas de problème, cela permet de couper immédiatement l'alimentation et d'éviter des dommages plus importants, notamment au niveau du broyeur en cas d'inclusion d'éléments étrangers.

### 2. Risque chimique et thermique :

- **Substance toxique** : Lors du séchage et de l'extrusion, des vapeurs ou des particules fines peuvent être émises. Travailler dans une zone bien ventilée et utiliser un masque de protection évite tout risque d'inhalation.
- **Danger de brûlure** : L'extrudeur fonctionne à haute température pour faire fondre le PLA. Portez des gants de protection pour limiter les risques de Brûlure et évitez tout contact direct avec la buse.

Voici les pictogrammes à respecter avant utilisation des machines:



Figure 2: Danger coupure de main



Figure 5: Ne pas mettre les mains



Figure 6: Arrêt d'urgence



Figure 7: Substance toxique



Figure 8: Danger de brûlure



Figure 9: Port du masque obligatoire

## 2.2. Processus de production du filament

- **Préparation des rebuts**

La première étape du recyclage consiste à broyer les rebuts de PLA, pour en former des copeaux pour cela nous avons utilisé la broyeuse 3devo, le schéma ci-dessous explique les différents composants la constituant :

1. Prise de courant
2. Interrupteur d'alimentation
3. Indicateur de courant élevé
4. Indicateur de température élevée
5. Bouton de démarrage (vert)
6. Bouton de marche arrière (blanc)
7. Bouton d'arrêt (rouge)
8. Bouton d'urgence
9. Garde de verrouillage
10. Collecteur de granulés
11. Compartiment du granulateur
12. Compartiment du broyeur
13. Leviers de verrouillage de la trémie
14. Trémie

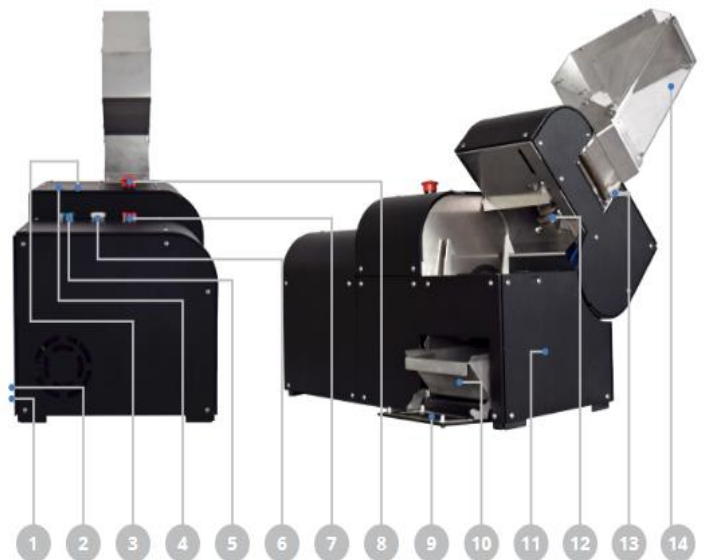


Figure10: Composants du broyeur

Le broyage s'effectue avec un filtre à particules de 4 mm équipé sur la machine. Le filtre est situé sous le broyeur et permet d'homogénéiser la taille des copeaux.



Figure11: Filtre à particules

Dans certains cas, il peut arriver que la distribution granulométrique soit très large et que certaines particules dépassent la taille maximale de 4 mm. Une bonne façon de résoudre ce problème est de déchiqueter à nouveau le regain (plusieurs fois si nécessaire) afin qu'il passe à nouveau à travers le filtre à particules de 4 mm. Il est également possible d'installer différents tamis filtrants dans le broyeur, par exemple un filtre de 3 mm. Cela réduit la taille globale des particules, ce qui peut être bénéfique pour faciliter l'extrusion lors de leur introduction dans l'extrudeuse de filaments.

Une fois le broyage effectué nous obtenons des copeaux de cette taille : ils sont d'une taille homogène et inférieurs à 4mm.



Figure 12.3: Copeaux PLA *broyés*

L'étape suivante est le séchage, cette opération permet d'évacuer en grande partie l'humidité absorbé par le matériau.

Le schéma ci-contre explique les différents éléments la constituant :

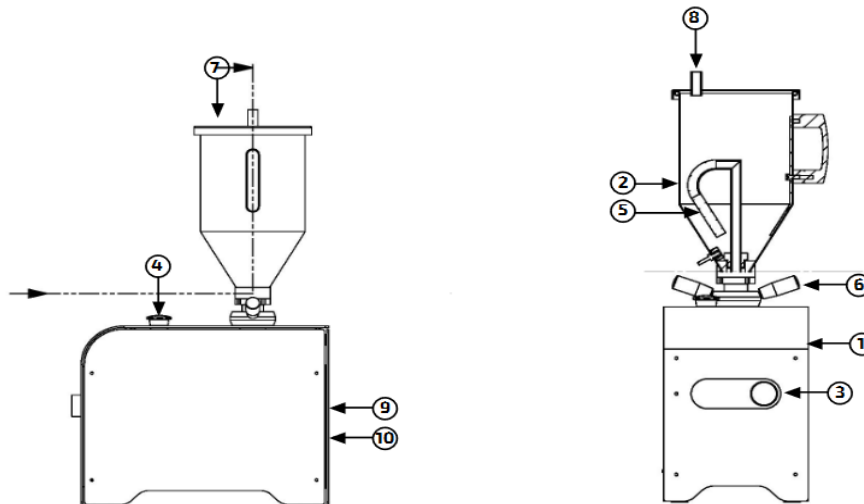


Figure 13: Composants du séchoir

### 1. Séchoir

Le séchoir permet de sécher des matériaux polymères tels que des granulés, des matériaux déchetés et des poudres. Cela est possible grâce aux composants suivants :

### 2. Trémie

La trémie empêche l'utilisateur d'entrer en contact avec le plastique (chaud) et empêche le plastique de s'échapper de la machine.

### 3. Interface utilisateur

L'interface utilisateur est utilisée pour faire fonctionner le séchoir. Le menu peut être contrôlé avec la molette ronde située à côté de l'écran, en la faisant tourner et en appuyant dessus. Des paramètres tels que la température, le temps de séchage, la vitesse de mélange et la vitesse du ventilateur peuvent être contrôlés via l'interface utilisateur. Elle permet également à l'utilisateur de choisir des préréglages existants et d'en créer de nouveaux.

### 4. Bouton d'urgence

Le bouton d'urgence coupe toute l'alimentation de la machine. La réinitialisation de ce bouton peut être effectuée en le tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

### 5. Rotor de mélange



Le rotor de mélange permet de répartir l'air de manière homogène et maintient les plastiques en mouvement pour minimiser l'agglutination.

## **6. Ecrou à dégagement rapide**

L'écrou à dégagement rapide permet à l'utilisateur de verrouiller et de déverrouiller la trémie du séchoir. La machine ne peut fonctionner que lorsque la trémie est en place et l'écrou à dégagement rapide est verrouillé.

## **7. Couvercle de la trémie**

Le couvercle de la trémie protège le rotor de mélange et maintient la température à l'intérieur de la trémie. En retirant la trémie, l'utilisateur peut placer ou retirer le matériel dans la trémie.

## **8. Sortie d'air chaud**

La sortie d'air chaud permet l'évacuation de l'eau évaporée. Le tube peut également être utilisé pour le raccordement à un système d'aspiration d'air.

## **9. Port USB**

Le port USB peut être utilisé pour toute mise à jour logicielle existante ou future.

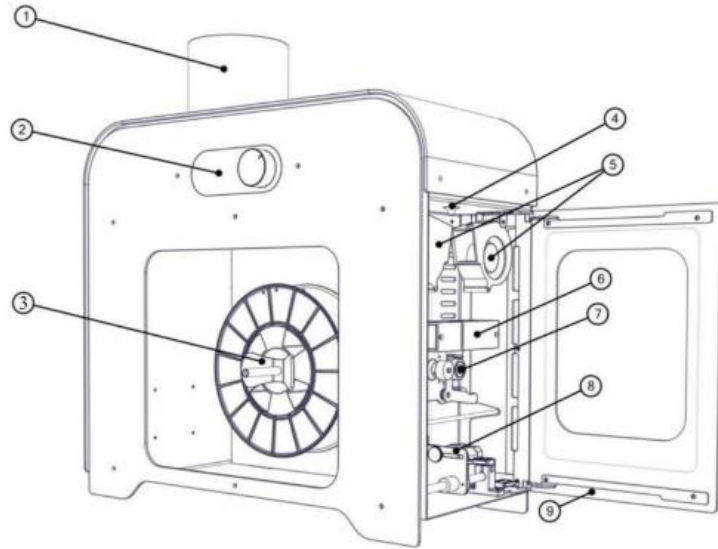
En effet le PLA est hygroscopique, ce qui signifie qu'il absorbe l'humidité de l'air. Lorsque le PLA contient trop d'humidité pendant l'extrusion, cela peut provoquer une hydrolyse, c'est-à-dire une dégradation sous l'influence de l'humidité et de la chaleur.

Cela peut entraîner une instabilité de la production, des bulles et une qualité globale inférieure du filament produit, le rendant cassant. Pour éviter cela, le matériau doit être séché à une température de 80°C pendant 4h d'après le constructeur.

La dernière étape quant à elle est l'extrusion du fil de diamètre 2.85mm à l'aide de l'extrudeuse. Avant d'extruder il est essentiel de prérégler la machine et de prendre connaissance de phénomènes pouvant altérer le processus.

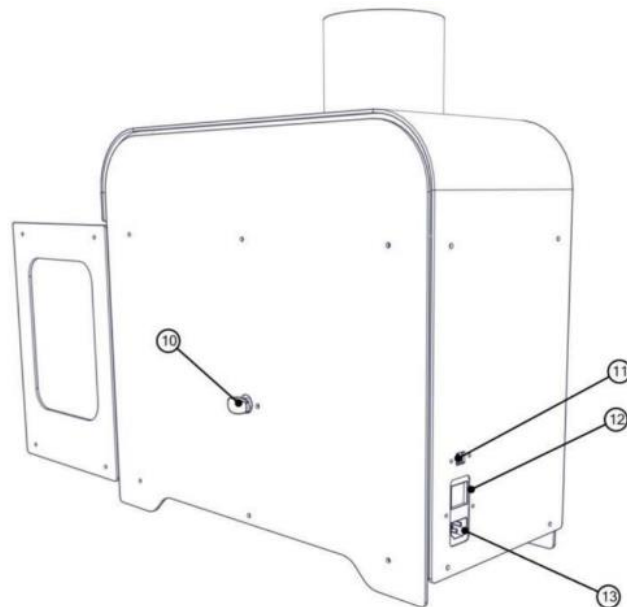
Pour mieux comprendre son fonctionnement, voici un schéma illustrant les différentes parties qui la compose :

1. Trémie
2. Interface utilisateur
3. Support de bobine
4. Buse
5. Ventilateurs de refroidissement de filament
6. Capteur optique de diamètre
7. Tenseur
8. Positionneur
9. Porte



Figures 14 et 15 : Composants de l'extrudeuse

10. Embrayage à glissement
11. Port USB
12. Interrupteur d'alimentation
13. Prise de courant



Figures 14 et 15 : Composants de l'extrudeuse

Dans un premier temps il faut sélectionner dans l'interface utilisateur, le matériau que l'on souhaite extruder. Des paramètres constructeurs sont prédéfinis en fonction du matériau et du diamètre du fil souhaité.

Les paramètres ayant une influence et affectant l'extrusion sont les suivant :

**Vitesse des ventilateurs** : Exprimé en pourcentage la vitesse des ventilateurs permet d'ajuster l'épaisseur du filament, en le rendant plus rigide en sortie de buse. Un refroidissement trop important rend le filament trop rigide pour pouvoir l'étirer à l'épaisseur souhaitée, rendant presque impossible le contrôle du diamètre.

La direction des ventilateurs a aussi son importance : il ne faut pas les diriger trop vers le haut, au risque de refroidir la buse, ni trop vers là-bas, ce qui aurait pour conséquence d'étirer le filament. Il faut garder les ventilateurs le plus droits possibles.

**RPM de la vis sans fin** : La vitesse de rotation de la vis exprimé en rotation par minute, et est un facteur clé pour garantir un processus de fusion stable. Une vitesse trop élevée pourrait rendre la fusion instable, tandis qu'une vitesse trop basse pourrait entraîner un chauffage insuffisant du PLA, affectant ainsi le diamètre en sortie de buse.

Il est difficile de trouver un compromis pour régler cette vitesse. En effet, il faut jouer entre le fait d'avoir une vitesse suffisamment rapide pour ne pas chauffer trop longtemps les copeaux, et avoir une vitesse suffisamment lente pour limiter les frottements de la vis sans fin dans le mécanisme, ce qui dégage une chaleur non contrôlée qui n'est pas négligeable. Le constructeur recommande une vitesse de 5 à 8 RPM, à nous d'ajuster.

**Températures des chauffages** : L'extrudeuse possède quatre chauffages, chacun étant ajusté en °C. Chaque chauffage a un rôle spécifique dans le maintien d'une température uniforme et optimale pour fondre correctement le PLA, ce qui est crucial pour une extrusion homogène.

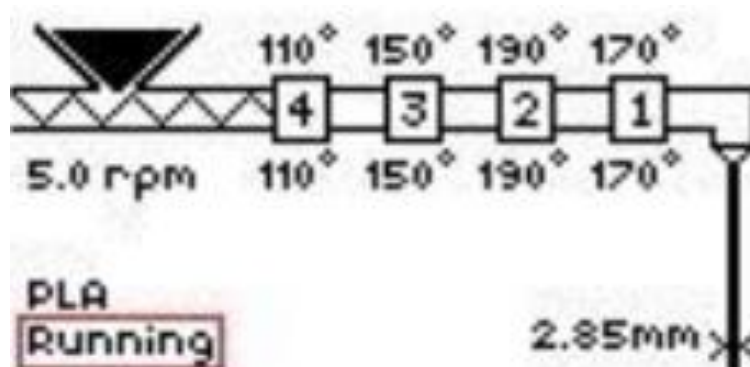


Figure 16 4: Interface utilisateur

**Enroulement du filament sur la bobine :** L'embrayage à glissement doit être réglé pour maintenir la tension appropriée dans le filament. Si l'embrayage à glissement est trop serré, la tension dans le filament deviendra si élevée que le mécanisme d'enroulement commencera à tirer sur le filament au lieu de simplement l'enrouler. Il est recommandé de serrer la vis d'embrayage au maximum, puis de la desserrer de 2 tours pour avoir une vitesse d'enroulement optimale.



Figure 17: Filament étiré par une tension excessive de l'enrouleur

### Les phénomènes :

Un autre phénomène a été observé, affectant cette fois l'alimentation. Ce phénomène est connu sous le nom de ratholing. Il affecte généralement les poudres et il se produit lorsque la formulation forme des structures cohésives dans la trémie, qui ne s'écoulent pas correctement dans la gorge et réduisent donc le débit. L'utilisation prudente d'un bâton toutes les quelques minutes pour briser la structure, ou d'un dispositif d'agitation continue, peut améliorer l'alimentation.



Figure 18: Configuration "ratholing"



Figure 19 : Agitation de la trémie

Remuer régulièrement les copeaux dans la trémie permet d'obtenir un approvisionnement constant de copeaux dans la vis sans fin, assurant ainsi une production régulière de filament en sortie de buse.

CONTAMINATION : Après avoir examiné de plus près le produit, on peut clairement voir dans la figure 19 la contamination au microscope lors de la manipulation du matériau avant l'extrusion. De minuscules petites taches sombres et la grosse bosse au milieu sont d'une température de matière complètement différente. La bosse au milieu est un corps étranger qui était présent dans les copeaux. La présence de grumeaux peut causer des problèmes lors de

L'impression avec le filament bouchant ainsi la buse des imprimantes.



Figure 20: Contamination du fil

### 2.3.Méthodes

Le contrôle du diamètre du filament extrudé est influencé par six paramètres principaux :

1. La température des quatre zones de chauffage
2. La vitesse de rotation de la vis sans fin
3. La puissance des ventilateurs de refroidissement

Pour analyser l'impact de ces paramètres sur le diamètre du filament et trouver les réglages optimaux, nous avons mis en place un plan d'expérience basé sur une matrice de Hadamard.

#### Pourquoi utiliser une matrice de Hadamard ?

Une matrice de Hadamard est une matrice carrée composée uniquement de +1 et -1, avec des lignes orthogonales. Ce type de matrice est très utile pour réaliser des expériences en faisant varier les paramètres sur deux niveaux (élevé ou bas), ce qui correspond parfaitement à notre besoin d'étudier différentes configurations.

Comme une matrice de Hadamard est d'ordre  $2^n$ , nous avons choisi d'utiliser une matrice de taille 8x8 pour tester nos six paramètres. Les deux lignes supplémentaires nous permettent de vérifier la répétabilité du processus.

#### Comment nous avons organisé notre plan d'expérience :

Chaque expérience consiste à modifier les paramètres selon les valeurs indiquées par la matrice de Hadamard (+1 pour une valeur haute, -1 pour une valeur basse). Pour nous assurer que les résultats sont répétables, nous avons décidé de refaire la première expérience deux fois :

- Une fois après la quatrième expérience
- Une autre fois après la huitième expérience

Cela nous permet de voir si des variations extérieures (comme l'usure de la machine ou une stabilisation thermique) influencent les résultats.

## Définition des paramètres :

- $\langle \Phi \rangle$  : Diamètre moyen (mm)       $V$  : Vitesse des rotateurs (%)
- $\Omega_v$  : Vitesse de la vis sans fin (rpm)       $T_n$  : Température des chaufferies (°C)

Les paramètres prédéfinis sont les suivants :

- $\Omega_v^* = 7$  rpm     $V^* = 70$  %     $T_1^* = 175$  °C     $T_2^* = 180$  °C     $T_3^* = 185$  °C     $T_4^* = 190$  °C

## Objectif :

Déterminer les coefficients **A, B, C, D, E, F, G** tels que :

- $\langle \Phi \rangle = A + B(\Omega_v - \Omega_v^*) + C(V - V^*) + D(T_1 - T_1^*) + E(T_2 - T_2^*) + F(T_3 - T_3^*) + G(T_4 - T_4^*)$ .

## Intervalle d'étude :

- $T_n \in [T_n^* \pm 5 \text{ °C}]$      $\Omega_v \in [\Omega_v^* \pm 0,5 \text{ rpm}]$      $V \in [V^* \pm 10 \text{ \%}]$

paramètres	A	T1	T2	T3	T4	$\omega$ vis	P ventillo
expérience							
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	-1	1	-1	1	-1	1
3	1	1	-1	-1	1	1	-1
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1
5	1	1	1	1	-1	-1	-1
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1
8	1	-1	-1	1	-1	1	1

Figure 21: Plan d'expérience utilisé

## Analyse des résultats avec DevoVision :

Pour analyser l'impact de chaque paramètre sur le diamètre du filament, nous utilisons le logiciel DevoVision, qui enregistre le diamètre à chaque seconde d'extrusion.

Ces données nous permettent de :

- Visualiser en direct comment les paramètres influencent le diamètre
- Compiler les résultats pour comprendre quels sont les paramètres les plus impactants

- Ajuster progressivement les réglages pour stabiliser l'extrusion

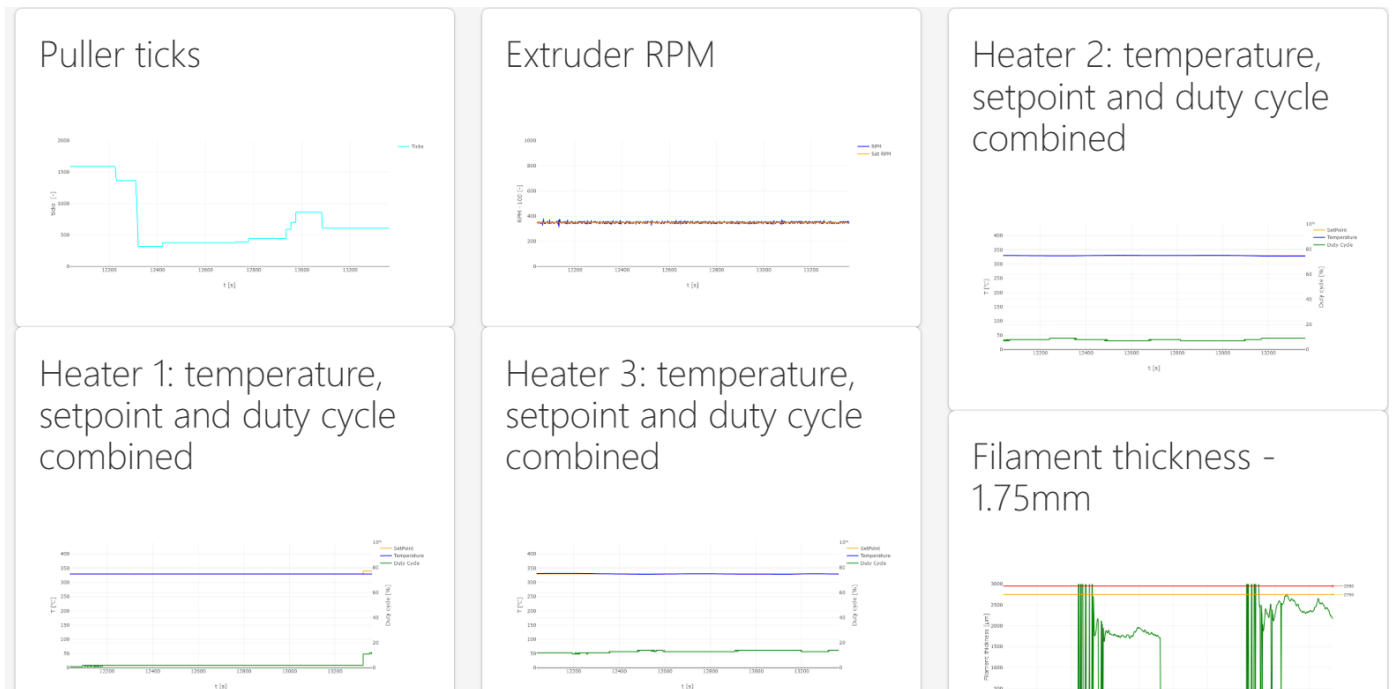


Figure 22: Interface Devovision

Exemple d'utilisation de Devovision :

Lors de l'expérience 1, nous avons un diamètre très instable. Nous avons remarqué grâce à Devovision que le moteur avait une intensité inférieure à 2000mA, ce qui signifie que le moteur ne force pas suffisamment pour faire fondre les copeaux les copeaux. Il est recommandé par le constructeur d'avoir une intensité du moteur entre 2 et 2,5 A.

Nous en avons conclu qu'il fallait étudier de nouveau notre manière de sécher et de conserver les copeaux afin d'enlever au mieux l'humidité au sein du matériaux, et d'avoir in fine un diamètre plus constant.

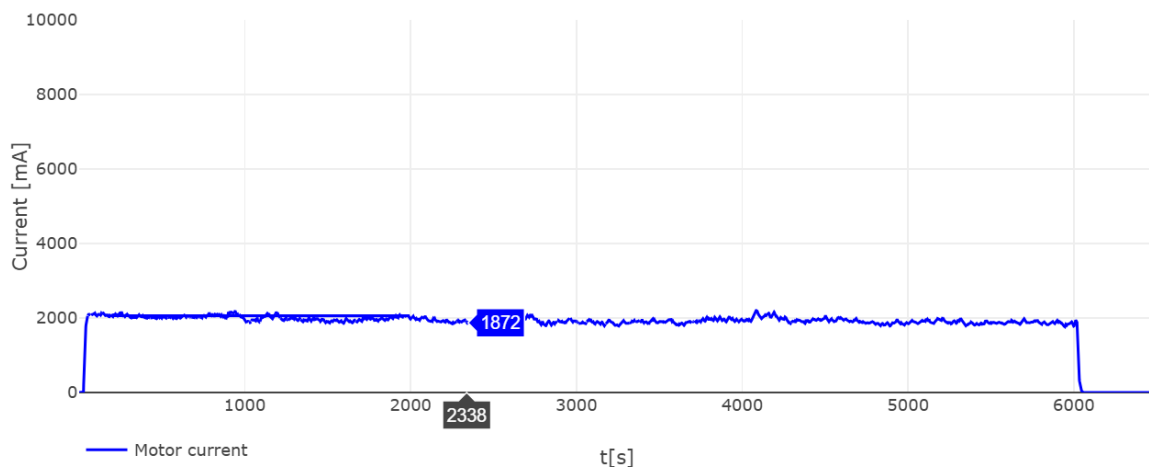


Figure 23: Intensité du moteur inférieure à 2A



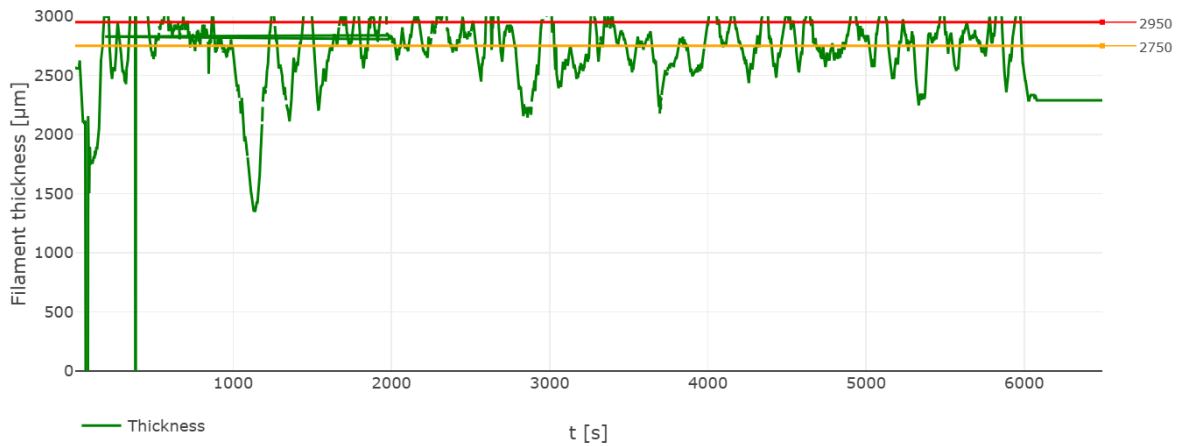


Figure 24: Diamètre du filament de l'expérience n°1

Grâce à cette méthode basée sur la matrice de Hadamard et l'acquisition de données en continu avec DevoVision, nous pouvons mieux comprendre l'influence de chaque paramètre et ajuster les réglages pour obtenir un filament avec un diamètre stable. Cette approche nous permet d'améliorer le processus de recyclage du PLA et d'assurer un filament de bonne qualité.

### 2.4. Gestion de projet

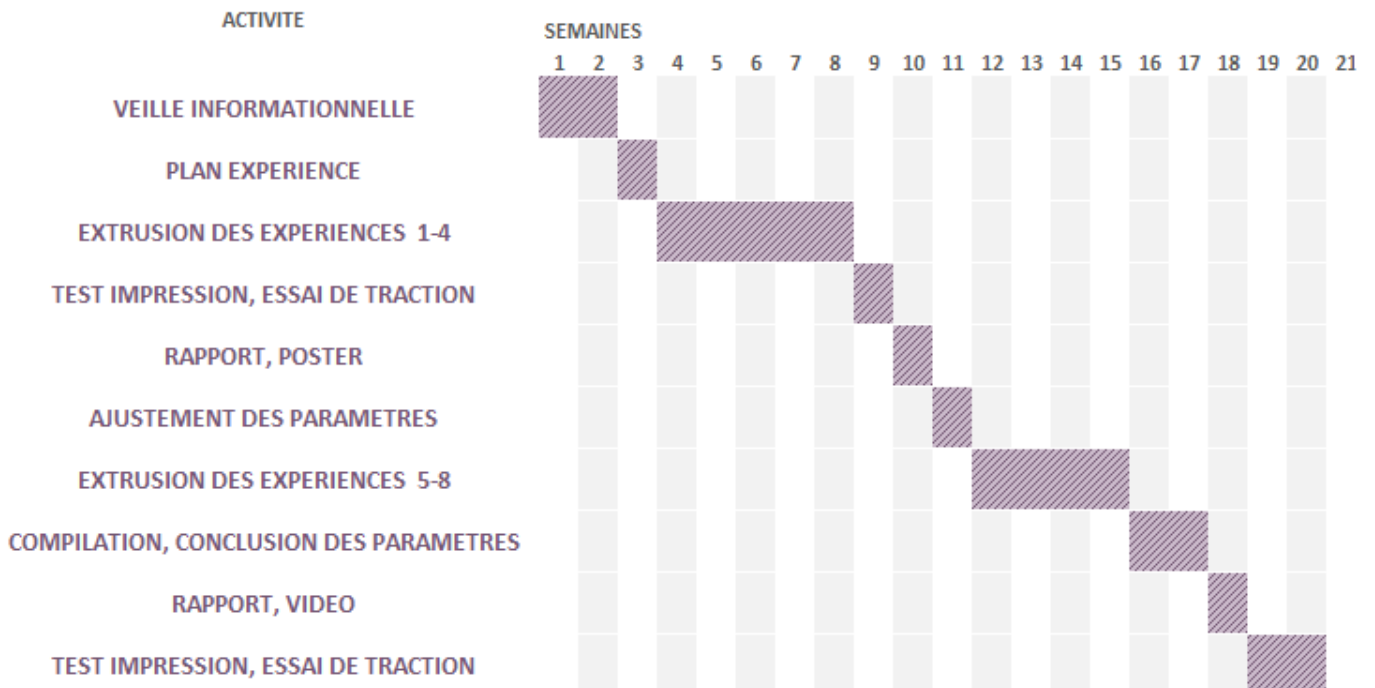


Figure 25: Diagramme GANTT

Une phase de test d'impression et d'essai de traction est prévue (après les expériences 1-4), ce qui permet d'évaluer les résultats à mi-parcours et d'affiner les réglages.

### 3. Résultats obtenus

Pour chaque expérience, nous avons réussi à chaque fois à extruder au moins 300gr de PLA sous forme de filament. C'est une preuve de durabilité de notre processus d'extrusion.

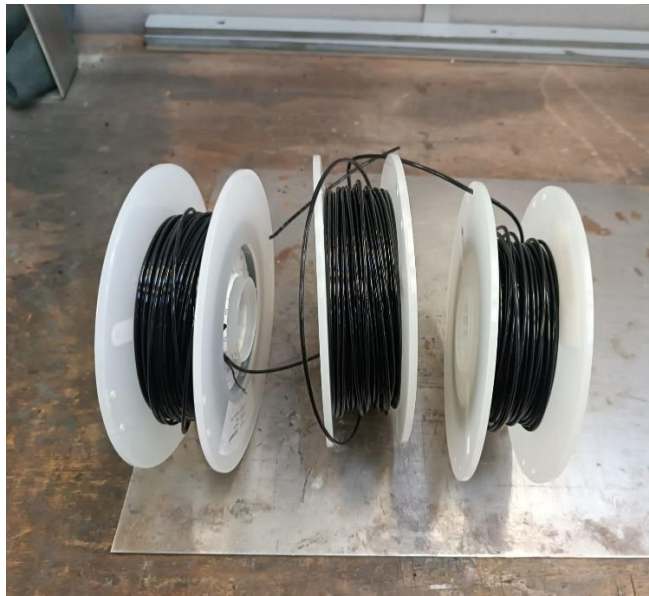


Figure 26: Bobines de 300gr de PLA recyclé

En revanche, le diamètre de  $2,85\text{mm} \pm 0,1$  n'était pas forcément respecté selon l'expérience. Un diamètre déviant trop de  $2,85 \pm 0,1$  ne pouvait pas être imprimé sur les imprimantes Ultimaker de la salle InProto, car les buses d'impression risquaient alors de se boucher.

C'est la raison pour laquelle nous avons testé des impressions seulement avec les bobines dont le diamètre respectait l'IT.

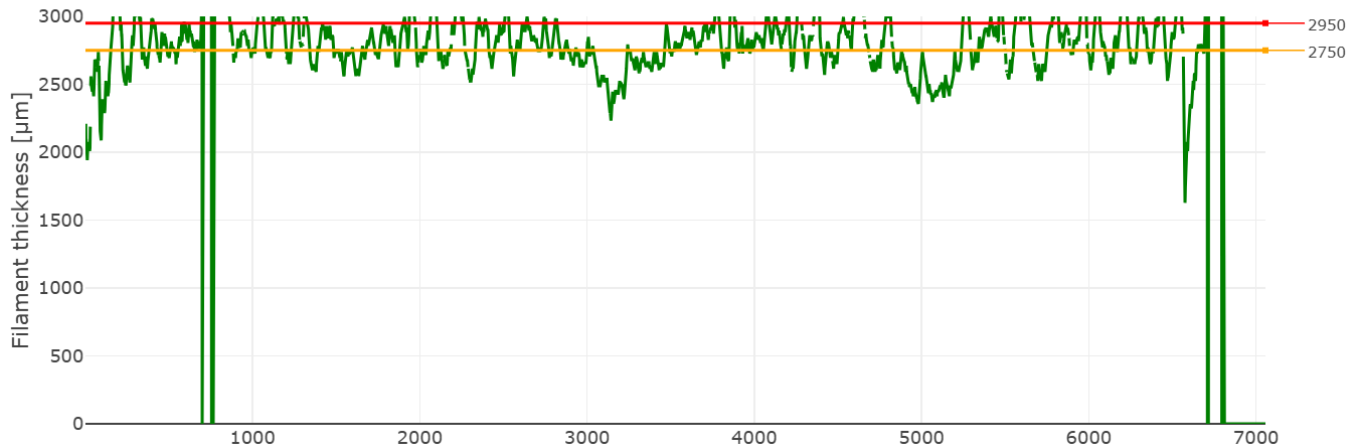


Figure 27: Diamètre de l'expérience n°2

Pour l'expérience 2, le diamètre moyen est de 2,73mm, à de nombreuses reprises, le diamètre dépassé 3mm ce qui n'était pas envisageable pour imprimer sans risquer de boucher une buse d'impression.

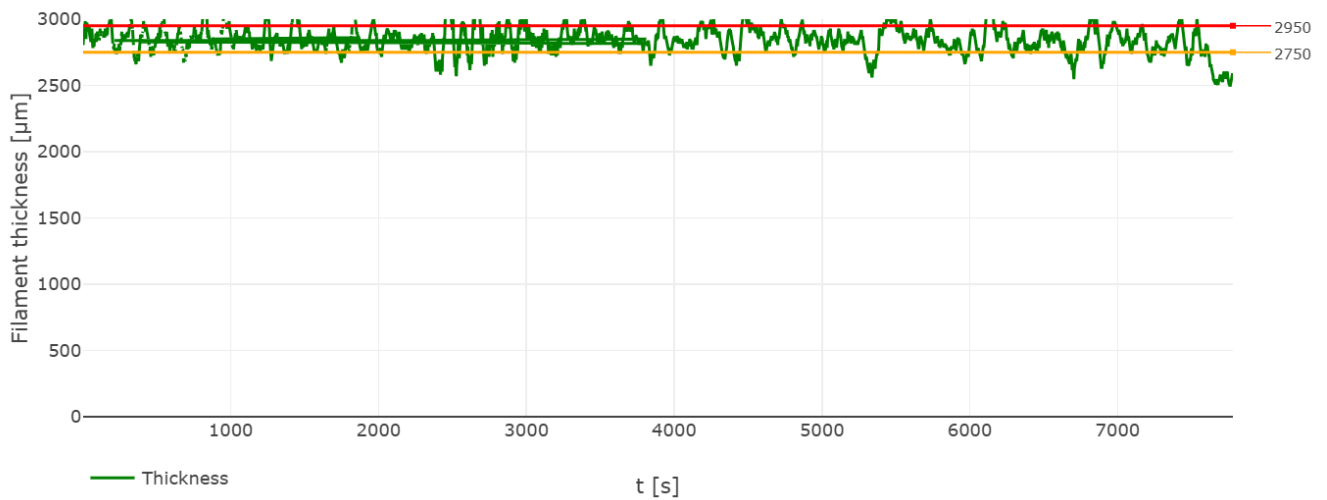


Figure 28: Diamètre de l'expérience n°7

Avec cette expérience, nous obtenons un diamètre moyen de 2,85mm, et il ne dépasse que rarement les 3mm. Des impressions peuvent être envisagées.

Comme vu lors du S5, les déviations de longueur lors de l'impression de PLA Ultimaker neuf et de PLA recyclé étaient semblables.

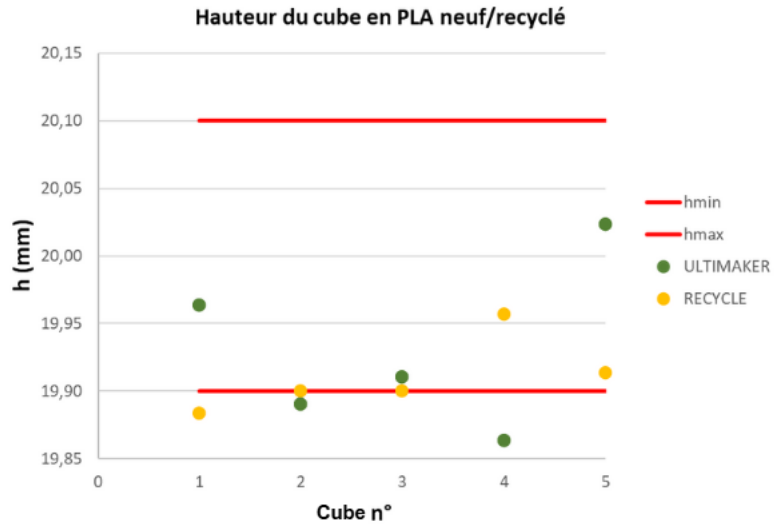


Figure 29: Déviation de longueur entre impression avec neuf/recyclé

Les essais de traction du semestre dernier montraient que le PLA recyclé avait un comportement plastique, l'éprouvette de traction s'étirait sans jamais rompre, ce qui n'était pas le cas du PLA neuf qui atteignait son point de rupture.

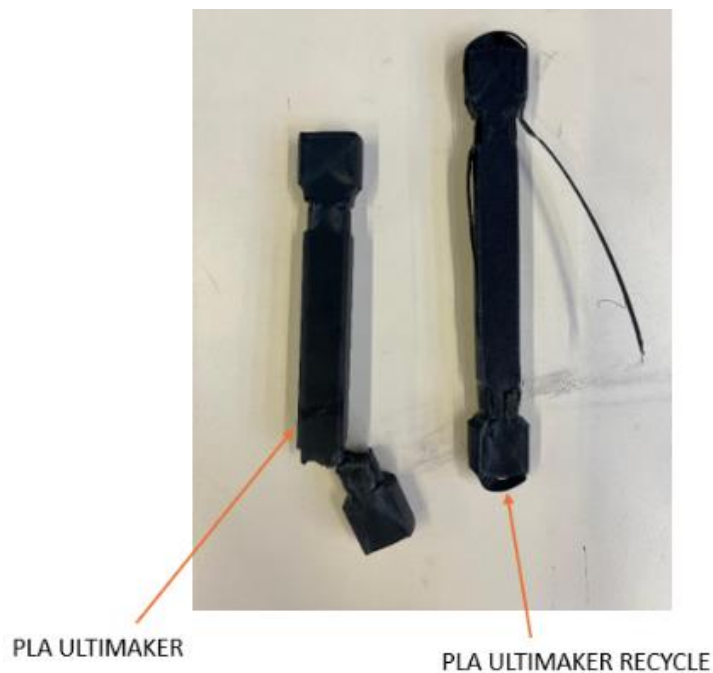


Figure 30: Essai de traction préliminaire

Au S6, nous avons imprimé des éprouvettes de traction avec la bobine de l'expérience n°7. Une première impression a donné une éprouvette conforme à nos attentes. Une deuxième éprouvette a été imprimée une semaine après l'extrusion de la bobine.

Cette éprouvette n’a pas pu être imprimé dans son entièreté, le filament ne fondant plus lors de l’impression. Nous en concluons qu’il faut aussi préserver les bobines de PLA recyclé de l’humidité.

Pour essayer de mieux faire fondre le PLA recyclé dans les imprimantes Ultimaker, nous avons renseigné du Tough PLA dans les imprimantes afin de passer la température de la buse de 180°C à 220°C. L’éprouvette ne pouvait toujours pas s’imprimer correctement. Une solution à essayer pourrait être de renseigner de l’ABS, la température de la buse d’impression s’élèverait alors jusqu’à 260° C.



Figure 31: Eprouvette correctement imprimée



Figure 32: Eprouvette dont l’impression n’est pas allée à terme

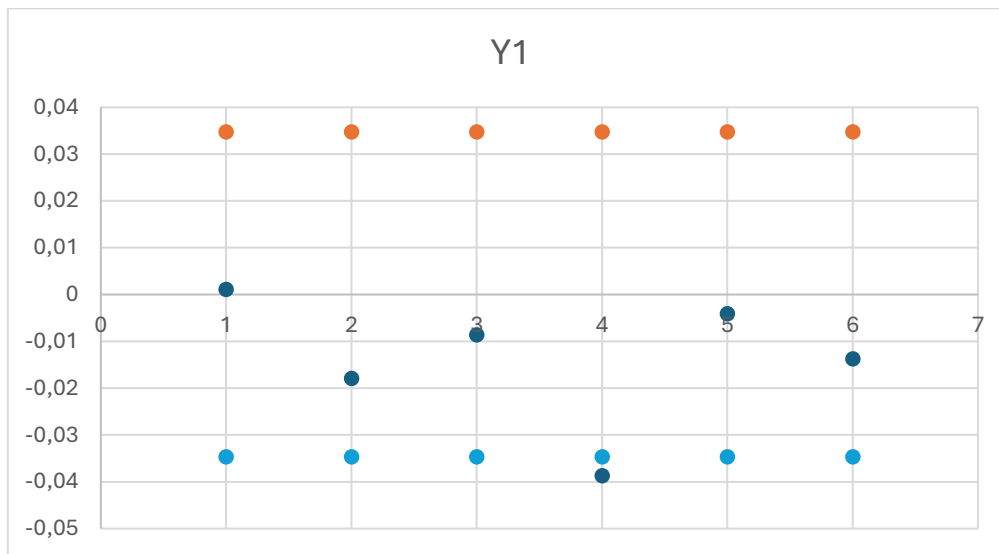
Compilation des résultats et conclusions sur les paramètres :

Après avoir testé les 8 expériences, nous les avons compilés pour conclure quant à l’influence des paramètres.

paramètres	A	T1	T2	T3	T4	$\omega$ vis	P ventillo		$\Phi$ moy (mm)
expérience									
1	1	1	1	1	1	1	1		2,71204454
2	1	-1	1	-1	1	-1	1		2,73972437
3	1	1	-1	-1	1	1	-1		2,7970232
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1		2,78161579
5	1	1	1	1	-1	-1	-1		2,82954303
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1		2,83234547
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1		2,85097107
8	1	-1	-1	1	-1	1	1		2,82755018

Figure 32: Diamètre moyen des 8 expériences

La méthode vue en cours va nous permettre de conclure :



Les points bleus foncés représentent le paramètres n° i.

Les paramètres se trouvant entre les bornes supérieures et inférieures sont dans le « bruit » de l'expérience, n'ont pas d'influence particulière. Seul le paramètre n°4, qui correspond à la température du chauffage 4 joue un rôle important d'après ces statistiques.

Ce résultat nous surprend car lors de notre entretien en début de projet avec la société 3DEVO, et d'après nos constatations tout le long du projet, chaque paramètre joue un rôle prépondérant dans l'obtention d'un filament de bonne qualité et de diamètre souhaité.

Les recherches faites sur le site de 3DEVO nous confirment de nouveau qu'il n'y a pas que le chauffage 4 qui est important.

Pour conclure, pour obtenir du PLA Ultimaker recyclé de diamètre 2,85mm, il faut maîtriser chaque étapes du processus de recyclage.

Cela passe avant tout par un tri minutieux du matériaux ( bien séparer les matériaux, ne pas mélanger le Tough PLA avec le PLA) et un stockage rigoureux pour ne pas y laisser pénétrer de la poussière, des parasites qui viendraient détériorer le PLA.

Le broyage doit permettre d'obtenir des copeaux de 4mm au maximum, nous vous recommandons très fortement de broyer 2 fois une même pièce pour obtenir des copeaux homogènes et uniformes en taille.

Le séchage est une étape primordiale, pour 2L de PLA à sécher, compter 4h de séchage à 80°C.

Vous devez extruder le plus rapidement possible après séchage pour éviter que le PLA réabsorbe l'humidité de l'air. ( attendre tout de même 30min après séchage ).

Sinon, stocker les copeaux de manière hermétique.

Pour les paramètres d'extrusion, bien que cela ne soit pas une science exacte, si toutes les étapes précédentes sont respectées, nous vous recommandons d'utiliser les paramètres de l'expérience 7 : T1= 185°C ; T2= 180°C ; T3 =185°C ; T4= 180°C

Vitesse de la vis sans fin : 6,5RPM

Puissance des ventilateurs : 80%

Pensez bien à ne pas tirer sur le filament lors de l'enroulement autour de la bobine, en serrant correctement la vis à l'arrière de l'extrudeuse.

## **4. Retour critique sur le projet, Perspectives et Conclusion**

### **Retour critique sur le projet**

Ce projet visait à recycler les déchets plastiques issus des imprimantes 3D de L'IUT pour fabriquer un nouveau filament. L'idée innovante était de valoriser le PLA usagé afin de réduire le gaspillage. Cependant, plusieurs défis majeurs ont été rencontrés :

- Les déchets de PLA provenant des imprimantes étaient mélangés avec des résidus de "tough PLA". Ce mélange a eu pour conséquence une homogénéité insuffisante du matériau recyclé, rendant la qualité du filament finale très variable.
- La non-uniformité du filament s'est traduite par des irrégularités au niveau du diamètre, compromettant la stabilité lors de l'impression parfois contamination a eu lieu affectant et faussant les résultats. En pratique, ces défauts ont conduit à un problème récurrent : à chaque tentative d'impression, la buse se bouchait. Ce phénomène est directement lié aux impuretés et aux variations de composition du filament, qui perturbent le passage fluide du matériau fondu.
- L'obstruction répétée de la buse a démontré que, le filament produit ne répondait pas aux exigences techniques nécessaires pour une utilisation fiable sur les imprimantes L'IUT.

### **Perspectives**

Face à ces constats, plusieurs axes d'amélioration peuvent être envisagés :

- Mettre en place un processus de tri plus rigoureux afin de séparer le PLA classique du "tough PLA" avant le recyclage. Cette démarche permettrait d'obtenir un matériau plus homogène, essentiel pour garantir la qualité du filament par exemple utiliser des caisses.

- Revoir les paramètres d'extrusion pour minimiser les variations de diamètre.
- Explorer l'ajout d'additifs qui pourraient améliorer la fluidité et la stabilité du PLA recyclé. Des recherches sur de nouvelles formulations de mélange pourraient aboutir à un filament aux propriétés mécaniques et thermiques optimisées.
- Améliorer les conditions de stockage après séchage et après extrusion.

### **Conclusion**

En conclusion, bien que le projet ait permis de démontrer la faisabilité d'une approche de recyclage des déchets plastiques issus des imprimantes 3D L'IUT, les problèmes d'homogénéité et les obstructions de buse ont rendu l'étude du projet difficile. Les enseignements tirés soulignent la nécessité d'une séparation plus précise des matériaux et d'une optimisation encore plus fine des paramètres de production. Ces pistes d'amélioration offrent néanmoins des perspectives intéressantes pour l'avenir, tant sur le plan de la durabilité que de la performance technique.