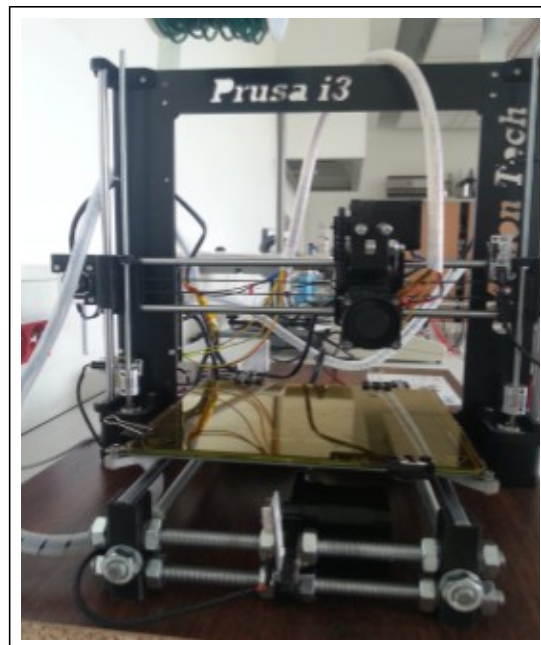


Projet de Physique P6
STPI/P6/2014 – 2015

Poursuite du paramétrage d'une imprimante 3D



Etudiants :

Iliès MANKAI

Galatée SONNEVILLE

Jean-Gabriel WACYK

Andres Felipe ROJAS

Clément THIEFFRY

Chen ZHANG

Enseignant-responsable du projet :

Corentin JOUEN

Date de remise du rapport : **15/06/2015**

Référence du projet : **STPI/P6/2014 – 2015**

Intitulé du projet : ***Poursuite de la mise en place d'une imprimante 3D***

Type de projet : Expérimental

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Trouver des paramètres pour l'imprimante 3D de manière à obtenir une impression acceptable pour toutes sortes de pièces et réduire le temps d'impression.

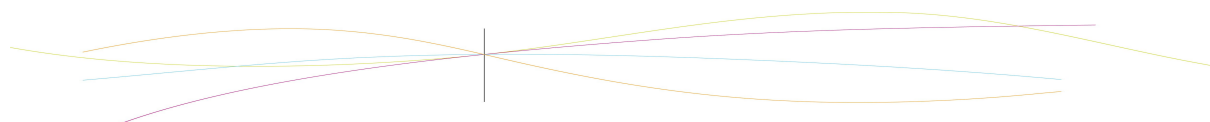
Mots-clefs du projet (4 maxi) :

Impression 3D, paramètres, réparations

TABLE DES MATIÈRES

Introduction.....	6
1 L'impression 3D.....	7
1.1 L'impression 3D en général [1].....	7
1.1.1 Un peu d'histoire.....	7
1.1.2 Tendance et prospective.....	7
1.1.3 Le matériau et la technologie.....	7
1.2 Applications.....	7
1.2.1 Industrie.....	7
1.2.2 Armes et armée.....	8
1.2.3 Médecine et recherche.....	8
1.3 Les différents types d'impression [4].....	8
1.3.1 FDM (Fused Deposition Modeling).....	8
1.3.2 SLS (Selective Laser Sintering).....	9
1.3.3 SLA (Stéréolithographie Apparatus).....	9
2 Méthodologie / Organisation du travail.....	10
2.1 Méthodes utilisées.....	10
2.2 Planning.....	10
2.3 Organisations des séances.....	10
2.4 Répartition des tâches.....	11
3 Travail réalisé et résultats.....	13
3.1 Choix des pièces à imprimer.....	13
3.2 Impressions tests.....	14
3.3 Résultats concernant les paramètres.....	14
3.3.1 Les motifs.....	14
3.3.2 La vitesse.....	15
3.3.3 Les couches.....	15
3.4 Difficultés rencontrées.....	15
4 Note d'utilisation de l'imprimante 3D.....	17
4.1 Arduino.....	17
4.2 Repetier Host.....	17

4.3 Slic3r.....	17
4.4 Guide d'utilisation de l'imprimante 3D.....	18
5 Conclusions et perspectives.....	20
5.1 Limites de l'impression 3D.....	20
5.2 Impression avec la matière ABS.....	20
5.3 Améliorations possibles de l'imprimante.....	20
5.4 Sentiments personnels.....	21
6 Bibliographie.....	22
Annexes.....	23
1.1.Documentation technique.....	23
6.1.1 Fiche récapitulative de l'utilisation de l'imprimante.....	23
6.1.2 Exemple d'un compte rendu de séance.....	25
6.1.3 Extrait du Google Docs sur lequel nous sauvegardions nos paramètres :.....	26
1.2.Propositions de sujets de projets.....	27



NOTATIONS, ACRONYMES

FDM : Fused Deposed Modelling

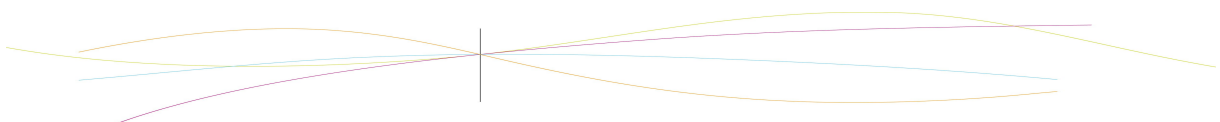
FFF : Fused Filament Fabrication

PLA : Acide Polylactique

SLA : Stéréolithographie

SLS : Selective Laser Sintering

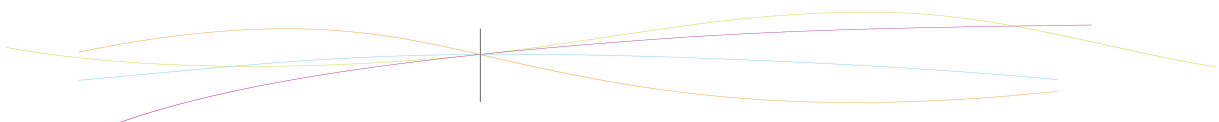
ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrène



INTRODUCTION

Notre projet de P6 est dans la continuité d'un projet commencé l'année dernière qui avait pour but d'assembler une imprimante 3D du type FDM (Fused Deposition Modeling). L'assemblage de l'imprimante terminée, le groupe s'est chargé du calibrage, ce dernier est très important car il règle le déplacement de la tête d'impression sur les axes X, Y et Z, il faut aussi que le lit chauffant soit bien horizontal pour éviter des inégalités dans la répartition de la matière et que la hauteur de la tête ne soit pas ni trop importante ni trop petite, il faut pouvoir passer une feuille de papier de telle manière qu'elle soit légèrement retenue par la buse.

Cependant l'assemblage et le calibrage de l'imprimante ne sont pas suffisant pour obtenir de belles impressions. L'imprimante doit être correctement paramétrée. Nous avons alors pour objectifs de trouver des paramètres qui permettent une impression avec très peu de défauts et un temps d'impression assez courts. En effet selon les paramètres entrées dans le logiciel, l'impression aura plus ou moins de défauts et le temps d'impression peut augmenter ou diminuer. Il faut alors trouver un compromis entre les deux.



1 L'IMPRESSION 3D

1.1 L'impression 3D en général [1]

1.1.1 *Un peu d'histoire*

En 1986, Charles Hull inventa la première imprimante tridimensionnelle commerciale. 7 ans plus tard, le MIT obtint le brevet de l'impression tridimensionnelle. L'impression d'une voiture a été tenté avec succès en 2010 et l'année prochaine on pourra assister à la première impression 3D d'un avion aux États-Unis. Toutefois l'impression la plus surprenante fut celle qui imprima avec succès des cellules en 2013.

1.1.2 *Tendance et prospective*

La précision de l'impression et les typologies de matériaux sont susceptibles d'augmenter à l'avenir au fur et à mesure des progrès techniques. Plus récemment des expériences artistiques ou techniques ont utilisé des machines construisant des objets ou décors en sable, parfois de grande taille.

1.1.3 *Le matériau et la technologie*

PLA

L'acide polylactique (anglais: polylactic acid, abrégé en PLA) est un polymère entièrement biodégradable utilisé dans l'emballage alimentaire et l'impression 3D. Le PLA commence à fondre à 160°C et se travaille à 180°C. Il craint l'humidité mais il ne dégage pas d'odeur désagréable quand il fond. Son utilisation ne nécessite pas la présence d'un plateau chauffant. Il serait moins résistant à l'eau. Par contre on peut peindre l'objet 3D, le poncer et le vernir.

ABS

L'ABS est un plastique très commun. On le croise dans un grand nombre d'objet de notre quotidien. Il se caractérise par une bonne résistance aux chocs et aux écarts de température. L'objet imprimé avec du fil ABS présentera une surface lisse et brillante. Il est difficile à faire tenir sur le plateau de construction.

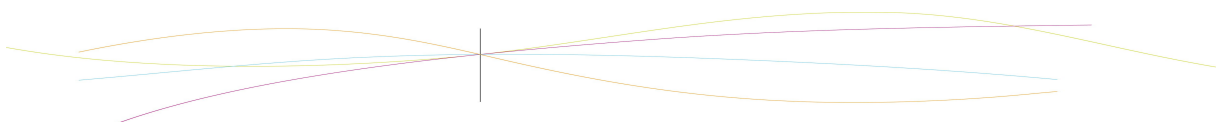
1.2 Applications

1.2.1 *Industrie*

L'impression 3D possède une application clé dans le domaine de l'industrie, elle est déjà utilisée pour réaliser des prototypes qui nécessiteraient des pièces coûteuses. On dit même que ses applications peuvent changer les modes de production dans des secteurs comme l'aéronautique, la joaillerie ou la cosmétique.

Un enjeu industriel de ce procédé est de réduire la distance entre le lieu de consommation et le lieu de production du produit. Dans le même temps, les coûts de transport et l'impact sur l'environnement seraient réduits.

Un autre enjeu est de produire grâce à l'impression 3D, la pièce dont on a besoin sans changer l'installation sur la ligne de production et sans avoir à stocker les pièces détachées. C'est donc gagner de l'espace et du temps. [2]



1.2.2 Armes et armée

L'étudiant Texan Cody Wilson a réussi à fabriquer une arme à feu à l'aide d'une imprimante 3D. Si la majeure partie de l'arme est constituée de plastique moulé, fabriqué à l'aide de l'imprimante 3D, le canon et la crosse demeurent toutefois en métal. Une fois la démonstration faite de l'efficacité de l'arme, le créateur de cette arme à feu a ensuite partagé les plans de fabrication de l'arme sur Internet. À l'origine, le créateur de cette arme à feu souhaitait pouvoir tirer au moins vingt balles avec l'arme ainsi créée. Il n'a pu en tirer que six avant que l'arme ne se désagrège complètement.

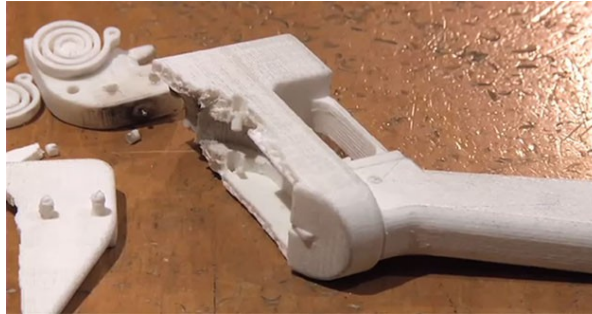


Illustration 1: Arme à feu

1.2.3 Médecine et recherche

Le domaine de la médecine profite aussi de l'impression 3D avec la création d'un matériau semblable à un os ou encore la création de prothèses et implants (hanches artificielles, appareils dentaires et auditifs personnalisés) et exosquelettes personnalisés. Récemment les chercheurs de l'AECS (université de Wollongong) ont conçu un crayon, le BioPen, capable d'imprimer des cellules souches (nerveuses, musculaires, osseuses) sur des zones lésées.

L'impression tridimensionnelle permet de matérialiser des espaces creux ou des organes mous.

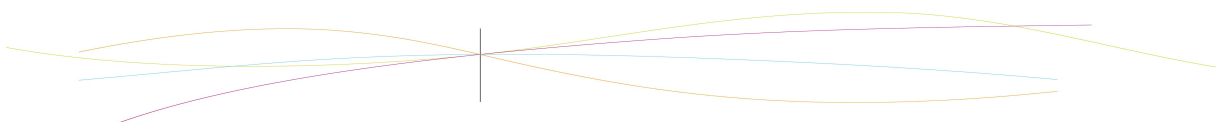
1.3 Les différents types d'impression [4]

1.3.1 FDM (Fused Deposition Modeling)

L'impression par dépôt de matière fondue, plus connue sous son nom anglais « Fused Deposition Modeling » (FDM), a été développée par S. Scott Crump à la fin des années 80 et commercialisée en 1990 par Stratasys (USA), entreprise dont il est le fondateur.

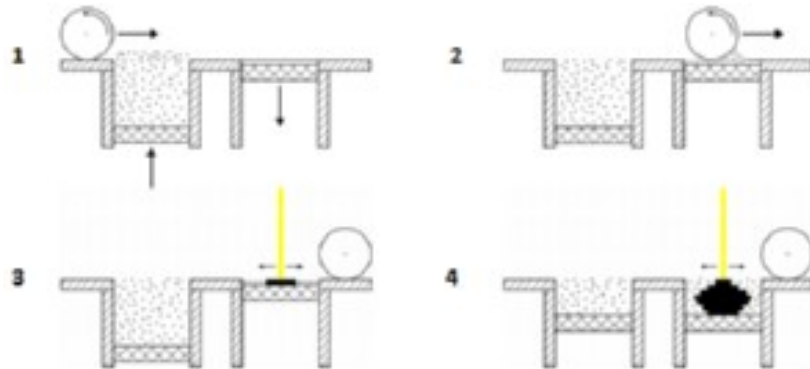
Qui dit « impression 3D » dit « modèle 3D », tout commence par la conception de l'objet à partir d'un logiciel de CAO (CATIA, SolidWorks, ProEngineer par exemple). Le fichier 3D obtenu, le plus souvent au format .STL, est découpé en plusieurs couches via un logiciel dénommé « slicer » (comme Makerware, Cura ou Repetier) avant d'être envoyé à la machine.

L'impression 3D démarre par la mise à température de la machine (autour de 200°C), nécessaire pour la fusion de la matière. Une fois la machine chauffée, un fil de matière, de l'ordre de 0.1 millimètre de diamètre, est alors extrudé sur une plate-forme à travers une buse se déplaçant sur 3 axes x, y et z. La plate-forme descend d'un niveau à chaque nouvelle couche appliquée, jusqu'à l'impression complète de l'objet.



1.3.2 SLS (*Selective Laser Sintering*)

Frittage Sélectif par Laser, connue en anglais sous le nom abrégé SLS (selective laser sintering), permet d'imprimer des objets fonctionnels sans avoir recours à un liant intermédiaire ou à une éventuelle étape d'assemblage. Avant l'impression, l'objet est conçu à partir d'un logiciel de CAO (CATIA, SolidWorks, ProEngineer par exemple) pour être envoyé à l'imprimante au format numérique. Ensuite, l'impression se fait couche par couche, à partir de poudres fusionnées, grâce à la température générée par un laser CO2.



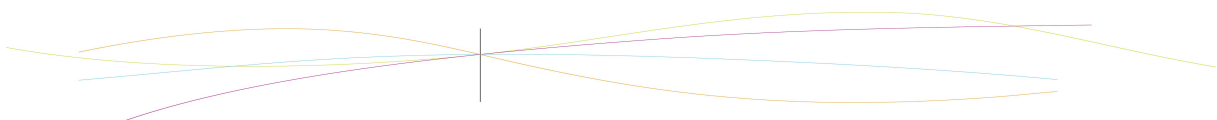
Initialement, un premier conteneur est rempli du matériel en poudre (celui de gauche sur le schéma ci-dessus) tandis qu'un second conteneur reste vide (celui de droite sur le schéma). Les deux conteneurs possèdent chacun un piston, positionné vers le bas pour le conteneur plein et vers le haut, au niveau de la surface de la table, pour le conteneur vide. Le procédé commence par le dépôt d'une couche fine de poudre (de l'ordre de 0,1 mm). A chaque aller-retour, le premier piston se lève tandis que le second piston se baisse d'un cran égal à l'épaisseur de la couche (1). Deuxième étape, un rouleau passe sur la poudre et dépose une fine couche sur le deuxième conteneur (2). La couche déposée est balayée par le faisceau laser qui provoque la fusion puis la consolidation de la poudre (3). Les étapes sont répétées jusqu'à obtenir la pièce solide en 3D identique au fichier CAO d'origine (4).

1.3.3 SLA (*Stéréolithographie Apparatus*)

La stéréolithographie est considérée comme étant à l'origine des procédés d'impression 3D, avec le premier modèle breveté en 1984 par Charles Hull et la première machine commerciale développée par 3D Systems en 1988.

La stéréolithographie la plus répandue est la photopolymérisation (SLA) : on concentre un rayon ultraviolet dans une cuve remplie de photopolymère (un matériau synthétique dont les molécules se modifient sous l'effet de la lumière la plupart du temps ultraviolette). Le laser ultraviolet travaille le modèle 3D souhaité couche après couche. A la fin de chaque couche 2D, une lampe ultra violette traite la résine qui durcit. L'imprimante 3D grand public la plus connue utilisant ce procédé est Formlabs.

Mais on doit autre chose à la stéréolithographie: le fameux format .stl qui est actuellement le format numérique en passe de devenir le standard dans le monde de l'impression 3D.



2 MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

2.1 Méthodes utilisées

Pour mener à bien le projet, nous avons utilisé différentes méthodes facilitant la communication du groupe. Dès la première séance nous avons créé un groupe Facebook où chacun pouvait publier ses travaux personnels, des photos des impressions ou le déroulement des séances supplémentaires afin que chacun soit tenu au courant de l'avancement du projet. De plus, nous avons réalisé à la fin de chaque séance un compte rendu pour se rappeler le travail des séances passées et les objectifs fixés aux séances suivantes. Des Google Docs ont aussi été mis à disposition, pratique pour les travaux de groupe puisqu'ils peuvent être modifiés par chaque utilisateur et être à disposition sur internet actualisé en direct.

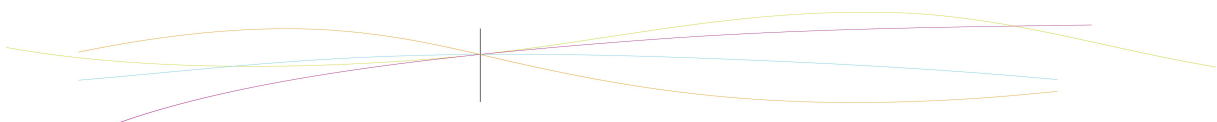
2.2 Planning

A la suite de la première séance nous avons établie un planning ce qui n'a pas été évident puisque le paramétrage de l'imprimante s'est effectué par dichotomie dans la mesure où selon la qualité des impressions obtenues et en considérant les paramètres modifiés, nous ciblions un peu plus les changements à apporter au paramétrage. En effet, nous avons réalisé un maximum d'impressions en modifiant différents paramètres (cf partie organisation des séances) jusqu'à trouver la bonne combinaison. Ainsi nous nous sommes fixé le planning suivant:

13 avril 2015	Début du compte rendu (partage des parties)
18 mai 2015	Début de la préparation de la soutenance
1 juin 2015	Fin du compte rendu (mise en commun)
8 juin 2015	Fin des jeux de test (paramétrage terminé)
15 juin 2015	Fin de la préparation de la soutenance
22 juin 2015	Soutenance

2.3 Organisations des séances

Concernant l'organisation des séances, nous avons pu nous rassembler tous les lundis à l'heure consacrée mais aussi à plusieurs reprises au cours de la semaine selon les disponibilités de chacun qui a été sujet d'un document ci-joint.



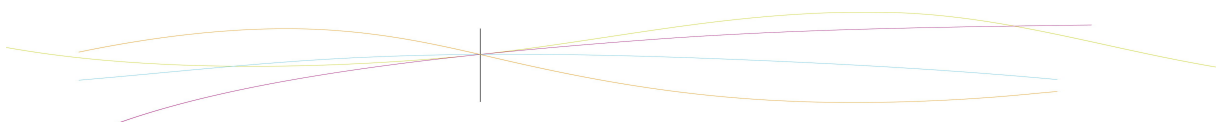
	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
8h00	P6 heure habituelle	Galatée	Andres Chen	Andres	Galatée Andres Chen
9h45		Andres			Galatée Chen
11h15	Andres	Jean-Gabriel Iliès	Andres Chen Jean-Gabriel Iliès	Clément	
13h15	Andres Iliès		Clément	Galatée Andres Chen	
15h		Galatée	Galatée		
16h45	Galatée Chen Clément	Galatée Chen Jean-Gabriel Iliès	Jean-Gabriel Iliès Galatée		

Les séances du lundi ont été essentielles dans l'avancement du projet dans la mesure où chaque fin d'heure nous a permis de fixer les objectifs pour la semaine suivante ce qui s'est avéré être indispensable pour une bonne productivité. Quant au début d'heure nous discutons des pièces imprimées et concluons de la pertinence des paramètres modifiés. Suite à ces discussions et aux recherches réalisées nous établissons les nouveaux paramètres à changer puis lançons une nouvelle impression.

De plus, les séances supplémentaires, qui avaient lieu souvent le mardi et le mercredi, ont permis de réaliser plus d'impressions et ainsi de modifier plus de paramètres. Il aurait été difficile de mener à bien le projet sans ces entrevues supplémentaires car on ne peut réaliser au maximum qu'une impression par séance au vu de la durée de celles-ci.

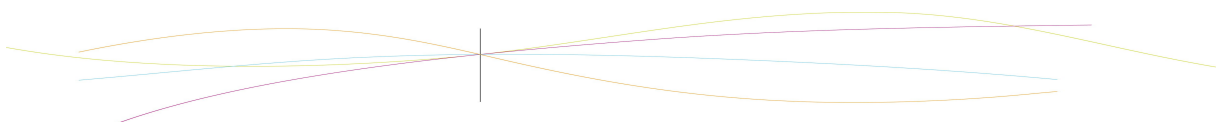
2.4 Répartition des tâches

La répartition des tâches s'est faite assez naturellement selon les préférences de chacun. Tout d'abord, nous avons réalisé des recherches personnelles sur le fonctionnement global d'une imprimante 3D et lu le rapport de l'année dernière afin de se familiariser avec l'imprimante et rapidement prendre connaissance des paramètres pouvant être modifiés. Ensuite chacun s'est concentré sur un point particulier selon les goûts de tous. D'une part Galatée, Jean-Gabriel et Iliès se sont plus intéressés à la pratique en prenant en charges les impressions. Ils ont ainsi lancé les impressions, modifié les paramètres et observé leurs influences. D'autre part Chen, Andres et Clément ont mis leur attention sur les recherches afin de mieux comprendre le rôle des paramètres et les caractéristiques de l'impression 3D comprenant les limites, les matériaux, les techniques ou encore le fonctionnement. Andres a aussi réalisé plusieurs impressions différentes de celles réalisées habituellement ce qui s'est avéré instructif pour vérifier la faisabilité de certaines formes.



Cette répartition fut essentielle au bon avancement du projet, les recherches permettant d'imaginer le rôle des paramètres et les possibilités de modifications et les impressions vérifiant la théorie ou non. Tout ceci a permis à force de jeu de test d'améliorer le paramétrage et d'obtenir une bonne qualité d'impression.

Malgré l'organisation du travail mise en place, nous nous sommes tous intéressés aux différents aspects du projet dans la mesure où chaque impressions était sujette à une discussion de groupe tout comme les recherches personnelles. De ce fait nous avons pu progresser dans ce projet en ayant une bonne vision de chaque aspect.



3 TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

3.1 Choix des pièces à imprimer

Afin de mieux percevoir les changements sur l'impression d'une pièce après la modification d'un ou plusieurs paramètres nous avons décidé de prendre un objet de référence. M Jouen nous a conseillé de choisir une pièce un peu complexe qui peut s'imprimer plutôt rapidement. Tout d'abord il a été suggéré que le modèle 3D soit conçu par l'un d'entre nous qui suit aussi le cours de CTI3 et donc apprend à se servir de SolidWorks. Cependant les extensions des fichiers SolidWorks n'étaient pas compatibles avec le logiciel Repetier-Host, nous avons donc décidé de trouver un modèle 3D existant correspondant à nos critères.

Après quelques recherches, nous avons trouvé le site MakerBot Thingiverse [5] qui propose plusieurs modèles 3D qui sont conçus et mis à disposition par les membres. Ainsi chacun de nos modèles 3D a été pris sur ce site.

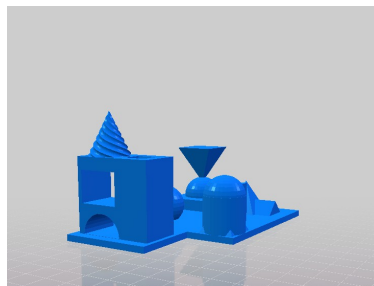


Illustration 2: Pièce n°1: Torture Test

Nous avons trouvé et choisis une pièce appelé « torture test ». Elle est rapide à imprimer, environ 2 heures. Elle contient différentes formes complexes, sphère, pyramide, vrille, pont et pyramide inversé. De plus le moindre changement sur les paramètres d'impressions sont immédiatement visible.

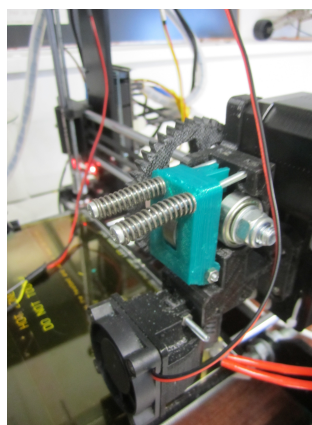
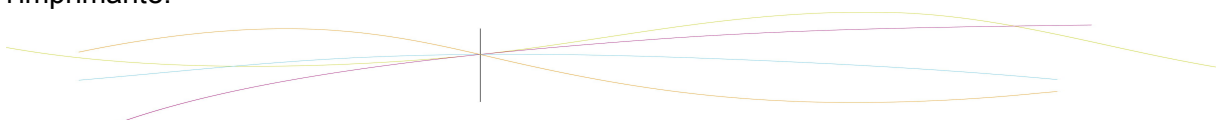


Illustration 3: Pièce changée

Nous avons ensuite imprimé une pièce de l'imprimante car celle-ci était cassé. Nous avons donc pu constater que toutes les parties en plastique peuvent être réimprimée par l'imprimante.



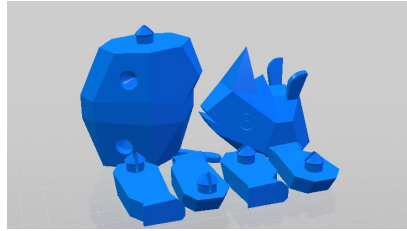


Illustration 4:

Pièce n°2: EZ-Print Rhino

Lorsque nous avons estimé que nos données d'impressions étaient fiables, l'impression d'un nouveau modèle EZ-Print Rhino a été tenté. Ce dernier était intéressant car il fallait imprimer les différents membres du rhinocéros afin de l'assembler, nous pouvions donc peut-être voir apparaître de nouveaux défauts dans nos réglages et essayer de les résoudre. Cependant un problème est survenu lors de l'impression et nous n'avons pas eu le temps de refaire une tentative.

3.2 Impressions tests

Nous avons commencé les impressions test lors de la séance du lundi 9 mars. Tout d'abord, nous avons choisi une échelle d'impression, il est plus simple de repérer les améliorations ou les nouveaux défauts sur un objet de taille constante après nous avons testé d'autres tailles pour vérifier que d'autres défauts n'apparaissent pas. Pour la première pièce l'échelle est 0.8.

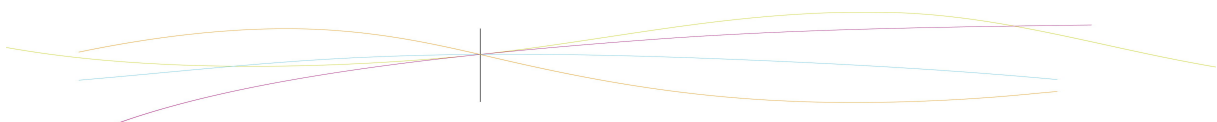
Chaque nouvelle impression entraîne la modification d'un ou plusieurs paramètres. Notre but était de réduire les défauts d'impressions comme les coulures et d'augmenter la précision mais aussi de trouver la bonne vitesse d'impression pour un pont par exemple. Nous avons ouvert un google doc dans lequel nous avons noté tous les paramètres de chaque impression (cf : annexe). Ceci nous permet de retrouver facilement les modifications déjà essayées et donc de déterminer les meilleures réglages.

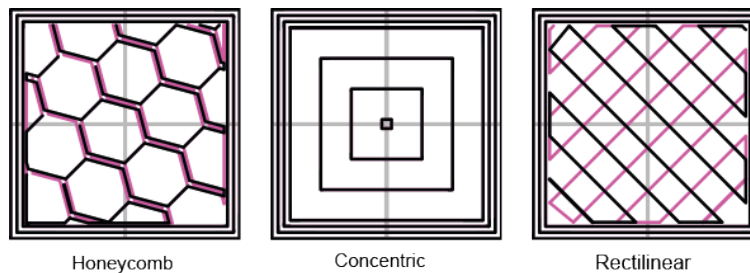
Par ailleurs, les paramètres de réglages étaient aussi enregistrés dans le logiciel Slic3r. Au fur et à mesure des impressions, nous avons testé plusieurs vitesses, différentes densité mais aussi les différents motifs.

3.3 Résultats concernant les paramètres

3.3.1 Les motifs

Une imprimante 3D imprime selon un motif, il en existe 7 : line, concentric, rectilinear, honeycomb, hilbert curve, octagramspiral et archimedeanchords. Lors de nos impressions nous avons testé ces différents motifs afin de voir leurs avantages ou leurs inconvénients. Nous nous sommes rapidement tournés vers le motif honeycomb car il permet une bonne adhérence entre le contour et l'intérieur de la pièce et il est l'un des motifs qui s'imprime le plus rapidement. Cependant ce motif n'est pas disponible pour les couches inférieurs et supérieurs, pour ces couches il vaut mieux sélectionner rectilinear ou concentric.





3.3.2 La vitesse

Il est possible de choisir une vitesse d'impression pour différentes parties d'une pièce, par exemple pour le périmètre, les couches intérieures, un pont ou un creux. Une vitesse lente pour les périmètres va permettre de réduire les coulures au contraire pour obtenir le même effet pour un pont il faudra choisir une vitesse d'impression entre 95 et 105 mm/s.

3.3.3 Les couches

Mettre des couches pleines va nous éviter de voir au travers de la pièce, le temps d'impression varie selon le nombre de ces couches. Ces dernières et la densité jouent sur la solidité. Plus c'est dense, plus c'est solide mais ceci augmentera le temps d'impression.

3.4 Difficultés rencontrées

L'une des difficultés que nous avons rencontrée le plus couramment est que le fil de matière était cassé entre la bobine de matière et la tête d'impression. En effet le PLA est une matière qui craint l'humidité et il a tendance à casser si on le maltraite, notre bobine de PLA est à l'air libre depuis le projet de P6 de l'année dernière, il est donc possible que le plastique ait été trop exposé à l'humidité. La solution est alors d'enlever le bout de fil cassé et de replacer du fil dans la tête d'impression.

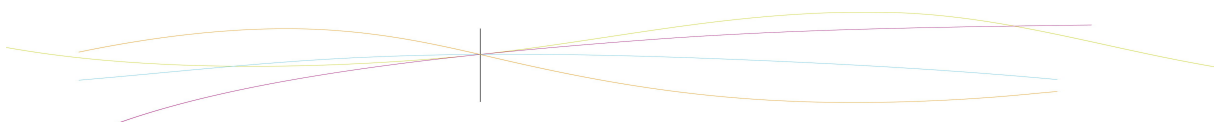
Nous avons aussi eu un problème de paramétrage de l'axe Z. En effet la tête d'impression se levait dès le lancement de l'impression, c'est-à-dire qu'elle se mettait en position 0,3, par exemple, au lieu de 0 ainsi la matière ne pouvait pas se déposer avec précision. Nous avons donc modifié les paramètres de l'offset pour régler le problème.

La première couche ne s'imprimait pas toujours très bien, elle pouvait ne pas se former ou être trop fine, ceci était dû à un défaut de planéité du plateau chauffant. Nous avons donc équilibré la plaque via des rondelles et replacé le capteur de fin de course de l'axe Z.

Lors d'une impression, la pièce a été mal imprimée à cause d'un décalage sur l'axe Y. Ce décalage ne s'est jamais reproduit par la suite.

A cause de tous les problèmes cités ci-dessus, nous avons souvent arrêté l'impression avant la fin. De plus, un même paramétrage pour une même pièce ne donnera pas le même résultat. En effet un bon paramétrage permet d'avoir de bon résultat d'impression mais ne permet pas d'obtenir des pièces identiques sur des détails. Ces irrégularités peuvent s'expliquer par la précision limitée de l'imprimante, cette dernière vibre à cause des différents moteurs et du fait que le moindre défaut peut engendrer un plus gros défaut.

Notre plus gros problème vient d'une impression ratée du modèle EZ-Print Rhino. Le PLA s'est enroulé autour de la tête d'impression, il y a alors eu une accumulation de



plastique qui a bouché l'extrudeur. Nous avons réussi à dégager la tête du bloc de matière puis nous l'avons nettoyé à l'aide d'acétone, malheureusement l'un des câbles reliant la résistance au Arduino (cf : Note d'utilisation de l'imprimante 3D) a été arraché avec le bloc de matière par conséquent il est devenu impossible de chauffer la tête d'impression et ainsi de fondre la matière. Nous avons été obligé de commander une nouvelle tête d'impression avec la résistance [6].

Lorsque nous avons reçu la tête d'impression avec ses différents éléments qui sont : la tête, la cartouche de chauffe et la thermistance, il fallait les assembler (cf : Illustration 3) à l'aide d'un silicone haute température cependant nous n'en avons pas à disposition, nous avons donc tenté avec un autre produit qui n'a pas collé. Finalement nous sommes allés acheter un mastic thermique et nous avons pu remonter l'imprimante et souder les câbles avec l'aide de M Williams.

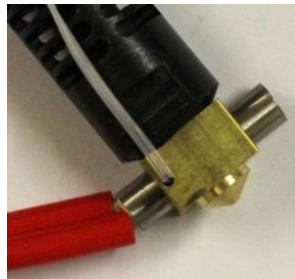
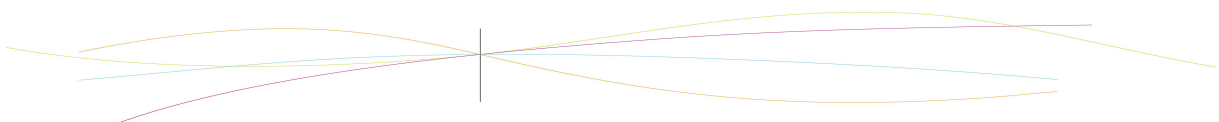


Illustration 5: Extruder

Deux semaines avant la fin du projet, l'imprimante est retombé en panne, l'un des câbles de la thermistance changée précédemment avec l'extruder a été soumis une forte tension à laquelle il n'a pas résisté. Malgré une tentative de la part de M Williams pour le ressouder, cela n'a pas tenu. Nous avons remarqué que nous pouvions recommander uniquement une thermistance sur le site reprop.fr [7]. Nous sommes en attente de la réception.

De plus un autre problème est apparu en même temps, les commandes manuelles pour diriger les axes X, Y et Z ne fonctionnent plus, c'est-à-dire que les commandes étaient enregistrées sur Repetier mais pas transmises à l'imprimante qui par conséquent ne bouge pas sauf pour la commande Home qui remet tout à zéro. Il faudrait modifier des lignes du code, le Marlin, qui transmet les informations de l'ordinateur à l'imprimante.



4 NOTE D'UTILISATION DE L'IMPRIMANTE 3D

Pour utiliser l'imprimante 3D il est nécessaire de disposer de trois logiciels différents et de comprendre leur utilité.

4.1 Arduino

Arduino est un outil pour fabriquer des ordinateurs capables de détecter et de contrôler plus que le monde physique de votre ordinateur de bureau. C'est une plate-forme informatique physique "opensource" basé sur une carte microcontrôleur simple, et un environnement de développement pour l'écriture de logiciels sur la carte physique.

Arduino peut être utilisé pour développer des objets interactifs, prenant entrées à partir d'une variété de commutateurs ou des capteurs, et commandant une variété de lumières, des moteurs et d'autres sorties physiques. Les Projets Arduino peuvent être autonomes, ou ils peuvent communiquer avec le logiciel installé sur votre ordinateur (par exemple Flash, Processing, MaxMSP). Les cartes peuvent être assemblés à la main ou achetés pré-assemblé; l'IDE (Integrated Developed Environment) "opensource" peut être téléchargé gratuitement.

Le langage de programmation Arduino est une implémentation de Wiring, une plate-forme similaire, qui est basé sur l'environnement de programmation de traitement multimédia. [8]

4.2 Repetier Host

Ce logiciel permet d'ouvrir et procéder des modèles 3D pour l'impression, il sert aussi à la gestion de la température et l'état de l'imprimante. Il prend ce fichier en format ".stl" et envoie les commandes vers la machine grâce à une connexion USB. En plus il donne la liberté de contrôler l'imprimante de forme manuelle pour faire des petits test comme par exemple :

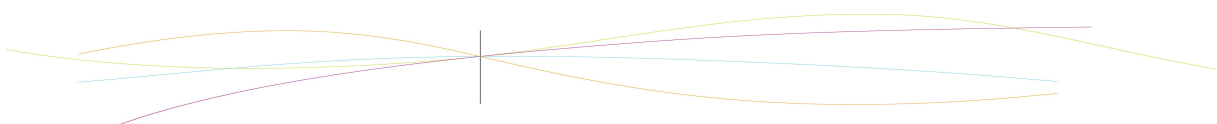
- mouvement suivant les 3 axes
- extruder une quantité de matériel
- chauffage du lit et extrudeur
- activation du ventilateur

De même, le logiciel peut nous montrer les parties du modèle mal dessinées comme par exemple 2 plans ou 2 lignes qui se croissent et ainsi ne peuvent pas être imprimé par la machine, ce problème est appelé "Mesh error". [9]

4.3 Slic3r

Slic3r est un logiciel capable de transformer un fichier ".stl" dans un code interprétable par la imprimante, également il montre le trajectoire où la machine doit déposer le remplissage pour bien faire la réalisation du modèle. En plus il sert à gérer les différentes paramètres de remplissage du modèle; les différents onglets présents dans Slic3r sont expliqués ci-dessous :

- Print Settings : il sert à paramétrer les différentes variables par rapport aux couches, à leur remplissage et leur périmètre, avec des différents motifs de remplissage, vitesses, matériel de soutien pour tenir les parties lourdes. Il faut tenir compte que le




temps d'impression est affecté par la densité de remplissage et vitesse de la machine.

- Filament Settings : il permet de gérer la température et diamètre du fil extrudé et aussi l'état du ventilateur lors de l'impression pour bien refroidir tout de suite les morceaux extrudés dans les parties où le modèle en a besoin.
- Printer Settings : il rend possible la fixation des caractéristiques de l'imprimante comme la taille du lit, le firmware, le code utilisé, la quantité des extrudeurs et leurs propriétés. [10]

4.4 Guide d'utilisation de l'imprimante 3D

Allumer l'imprimante et brancher le câble USB à l'ordinateur.

1. Ouvrir le logiciel « Repetier Host »  et attendez pour qu'il identifie l'imprimante.
2. Dans l'onglet « Placement d'objets » cliquez sur le signe plus et sélectionnez le fichier « .stl » que vous voulez imprimer.
3. Gérez la taille du modèle comme vous voulez avec le signe du triangle puis allez dans l'onglet « Trancheur ».
4. Dans cet onglet il faut configurer le profil pour l'impression qui peut se régler sur « Slic3r ». Une fois que vous avez choisis, cliquez sur « Trancher avec Slic3r » et puis « démarrer job ».
5. L'imprimante va chauffer le lit et l'extrudeur automatiquement, mais si vous le désirez, il est possible le faire manuellement avant de « démarrer le job » dans l'onglet « Contrôle manuel » en cliquant sur « Chauffage extrudeur » et « Chauffage lit ».
6. Une fois que l'impression est fini, laissez refroidir environ 15~20 minutes pour permettre à la pièce imprimée de bien se solidifier et se décoller facilement du lit.
7. Débrancher l'imprimante, il est conseillé de nettoyer le lit avec un chiffon.

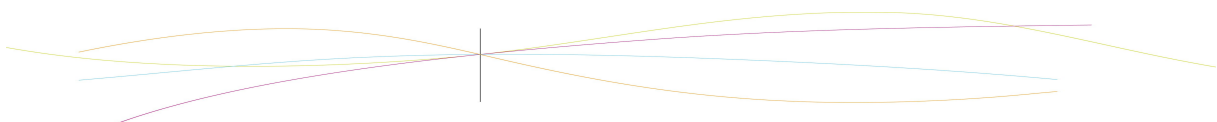
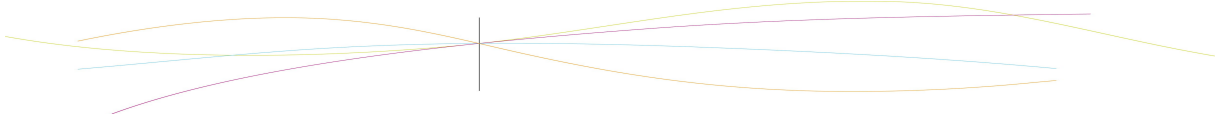
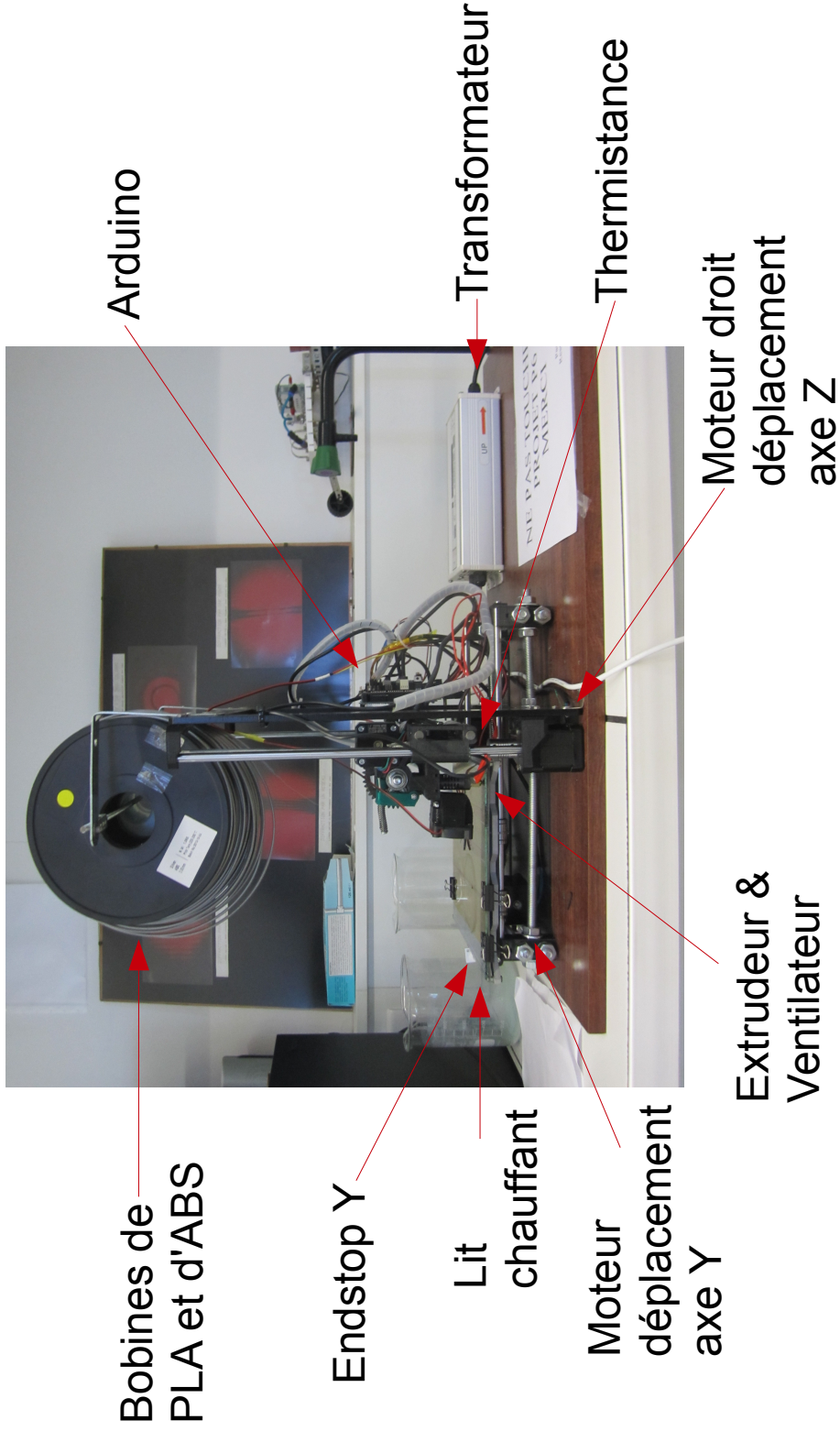


Schéma explicatif



5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

5.1 Limites de l'impression 3D

L'impression 3D du type FDM permet de réaliser beaucoup de formes avec précision cependant elle a aussi ses limites: une limite de finesse des structures sans usage du "brim", une limite au niveau des angles de courbures, une limite de précision liée à l'adhérence des pièces sur le lit d'impression.

Une limite des modèles 3D choisis existe aussi. En effet la plupart des imprimantes 3D avec une seule tête d'impression ne peuvent pas imprimer une petite sphère incluse dans une grande sphère avec du vide entre les deux. Il faudra forcément un appui entre la petite et la grande sphère.

Une autre limite pour la plupart des imprimantes 3D est celle des matériaux. En effet hormis les entreprises spécialisées comme Sculpteo qui utilisent de l'argent ou du laiton, les impressions se limitent au plastique (PLA, ABS). Le métal et sa température de fusion de plus de 1000° C posent une limite technologique à l'impression 3D. [11]

La taille reste aussi une limite puisqu'il est impossible d'imprimer un objet de taille importante à moins encore une fois de créer une imprimante géante. La réalisation de grands objets ne peut se faire autrement que par une impression en plusieurs parties de ces objets.

La conception des objets 3D peut aussi représenter une limite puisque les logiciels fournis peuvent être parfois difficiles d'accès.[12]

5.2 Impression avec la matière ABS

Le PLA serait selon certains testeurs biodégradable et vieillirait mal. L'ABS est au contraire plus durable, il est aussi mécaniquement plus solide et à la fois plus léger.[13]

Différentes pièces en ABS peuvent être assemblées à l'aide d'une colle (PVC) ou d'acétone. Il se ponce facilement et les petits défauts d'impression peuvent être comblés à l'aide d'un d'ABS dissout à l'acétone. Au contraire le PLA a tendance à fondre quand on le ponce.

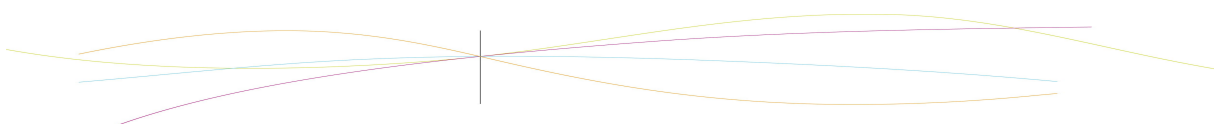
Pour ce qui est de l'adhérence de l'ABS, il vaut mieux installer un scotch sur le lit d'impression. On a eu recours à cette astuce pour améliorer l'adhérence du PLA.

Une extrusion inférieure à 220° C permet un résultat satisfaisant. Cependant on observe des petits trous, des creux liés à un défaut lors de l'extrusion. Cela tient aussi à la qualité de la bobine d'ABS utilisée.

5.3 Améliorations possibles de l'imprimante

De nombreuses améliorations de l'imprimante sont possibles. A commencer par l'installation d'une deuxième tête d'impression, cela permettrait notamment l'impression de partie détachable (matière le permettant) à la fin de l'impression sous un pont ou un écart. L'impression sera aussi plus rapide et elle pourra se composer de deux couleurs différentes.

Il est également possible d'améliorer les déplacements sur les axes, notamment les capteurs qui arrêtent les translations axiales de la buse. Mais aussi le capteur de fin de course de l'axe Z qui devrait être parfaitement fixe et ainsi éviter qu'il bouge et dérègle l'imprimante lors du lancement. Il serait également possible de rajouter un tube entre la bobine de matière et la tête afin d'éviter une cassure du fil de matière.

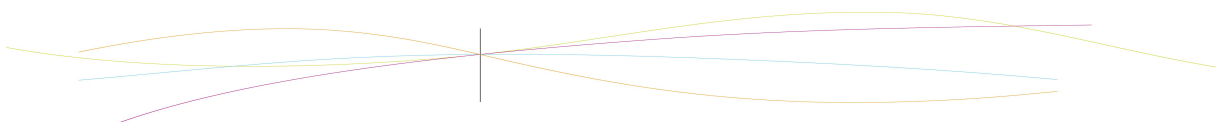


Une autre amélioration possible serait de mettre l'imprimante en réseau pour permettre l'utilisation de celle-ci par tout le monde.

Des modifications dans le Marlin permettrait sûrement un meilleur réglage des déplacements de l'imprimante.

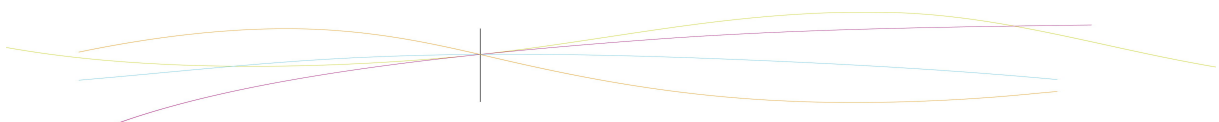
5.4 Sentiments personnels

Au début du projet, nous étions tous très intrigués par les imprimantes 3D, nous n'en avons jamais vu et nous avons trouvé le procédé très impressionnant. Ce projet a été une nouvelle expérience dans notre formation académique, nous avons appris à aborder une tâche ensemble et avons pu partager nos différents points de vue. Travailler en équipe motive face aux découragements que peuvent engendrer les problèmes rencontrés sur la machine. Dès les premières séances de travail, nous nous sommes rendus compte du grand nombre de paramètres à considérer ce qui nous a motivé à lancer le plus d'impressions possibles. Malgré les quelques soucis que nous avons eu et le peu de pièces imprimées, nous avons pu nous faire une image claire de l'utilisation et la complexité d'une imprimante 3D.



6 BIBLIOGRAPHIE


- [1] http://fr.wikipedia.org/wiki/Impression_tridimensionnelle (valide à la date du 06/06/15)
- [2] <http://pro.01net.com/editorial/596715/l-impession-3d-reinvente-l-industrie/> (valide à la date du 03/06/15)
- [3] http://baike.baidu.com/linkurl=rzuHZy7qoefwqR2RuX4uhG5ofV_WtGpkY05v35vrX8mThtz19n9Mb_Rga_HwvkqcPuG_zu6F-iUWz2YIPJbah- (valide à la date du 06/06/15)
- [4] <http://www.3dnatives.com/dossiers-tests/dossiers-techno-impession-3d/> (valide à la date du 06/06/15)
- [5] <http://www.thingiverse.com/> (valide à la date du 05/06/15)
- [6] <http://www.reprap-france.com/produit/1234568301-kit-jhead-mk5b-3mm0-35mm> (valide à la date du 20/04/15)
- [7] <http://www.reprap-france.com/produit/335-thermistance-en-verre-scelle> (valide à la date du 02/06/15)
- [8] <http://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage> (valide à la date 06/06/15)
- [9] <http://www.repetier.com/tutorials/> (valide à la date 06/06/15)
- [10] <http://manual.slic3r.org/> (valide à la date 06/06/15)
- [11] <http://www.sculpteo.com/fr/materiaux> (valide à la date du 06/06/15)
- [12] http://www.boulangier.com/info/animation/bcbu/micro-multimedia/imprimante_3d/avantages-et-limites.htm (valide à la date du 06/06/15)
- [13] <http://3dprinting.forumactif.org/t53-impession-en-abs> (valide à la date du 06/06/15)

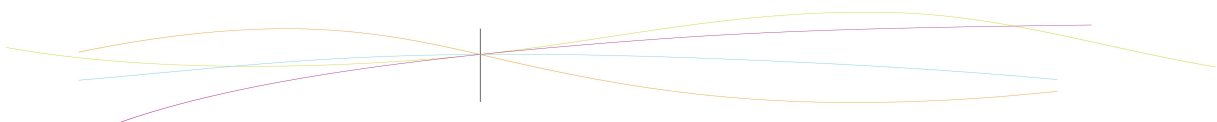
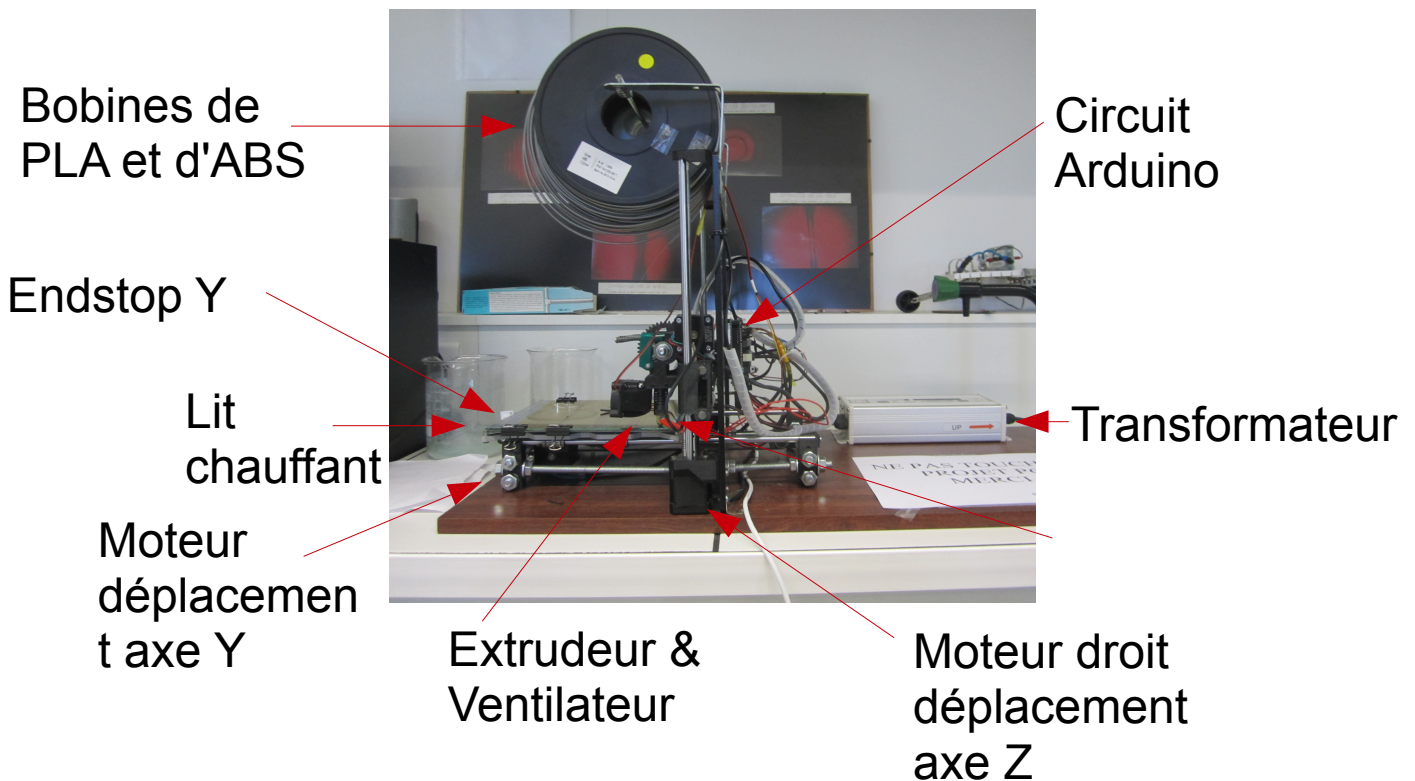


ANNEXES

1.1. Documentation technique

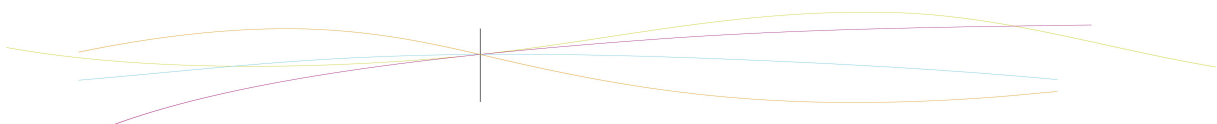
6.1.1 Fiche récapitulative de l'utilisation de l'imprimante

1. Allumer l'imprimante et brancher le câble USB à l'ordinateur.
2. Ouvrir le logiciel « Repetier Host »  et attendez pour qu'il identifie l'imprimante.
3. Dans l'onglet « Placement d'objets » cliquez sur le signe plus et sélectionnez le fichier « .stl » que vous voulez imprimer.
4. Gérez la taille du modèle comme vous voulez avec le signe du triangle puis allez dans l'onglet « Trancheur ».
5. Dans cet onglet il faut configurer le profil pour l'impression qui peut se régler sur « Slic3r ». Une fois que vous avez choisis, cliquez sur « Trancher avec Slic3r » et puis « démarrer job ».
6. L'imprimante va chauffer le lit et l'extrudeur automatiquement, mais si vous le désirez, il est possible le faire manuellement avant de « démarrer le job » dans l'onglet « Contrôle manuel » en cliquant sur « Chauffage extrudeur » et « Chauffage lit ».
7. Une fois que l'impression est fini, laissez refroidir environ 15~20 minutes pour permettre à la pièce imprimée de bien se solidifier et se décoller facilement du lit.
8. Débrancher l'imprimante, il est conseillé de nettoyer le lit avec un chiffon.



Conseil de paramétrage :

Layer and perimeters :	
Layers height	0.35mm
First layer height	0.4mm
Solid layers	Top : 3 ; Bottom : 3
Infill:	
Density	30 % à 40 %
Combine infill every	10
Solid infill every :	20
Fill pattern	Honeycomb
Top/bottom fill pattern	Rectilinear ou Concentric
Speed :	
Perimeters	25mm/s
Bridges	Entre 95mm/s et 105mm/s
Infill	60mm/s
Paramétrage de l'imprimante	Sélectionner les paramètres du 01/06/15



6.1.2 Exemple d'un compte rendu de séance

Présents :
Clément Thieffry
Illiès Mankai
Andres Rojas
Jean-Gabriel Wacyk
Chen Zhang
Galatée Sonnevile

Pas d'absents

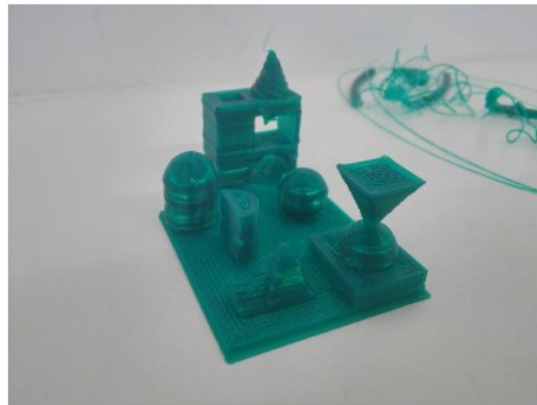
Projet de P6 :
Poursuite de la mise en place d'une imprimante 3D

Lundi 16 février

Résumé de la séance :

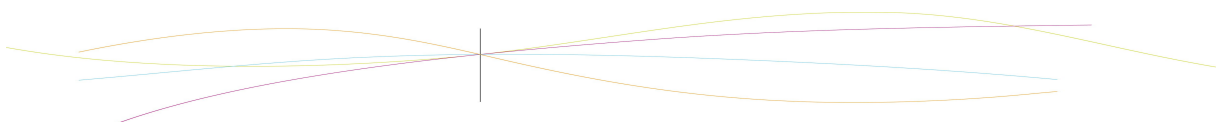
Après nous être familiarisé avec le logiciel, nous avons commencé par lancer l'impression d'une pièce trouvée sur Internet. Nous avons ensuite réfléchis aux paramètres pouvant être modifié :

- La forme de remplissage: changer la forme (aujourd'hui Honeycomb) et/ou la taille;
- Nombre de couches pleines;
- Placer aléatoirement le point du début d'une nouvelle couche pour limiter les bavures.



Objectifs pour la séance suivante :

- Rechercher les limites de réalisation (site conseillé sculpteo);
- Se renseigner sur un scotch à placer sur le support en verre pouvant améliorer les performances;
- S'informer sur la réalisation d'un bain d'acétone pour lisser la pièce;
- Chercher des défauts de l'impression 3D et des solutions;
- Réaliser l'impression d'une nouvelle pièce avec différents paramètres.



6.1.3 Extrait du Google Docs sur lequel nous sauvegardions nos paramètres :

Layer and perimeters:

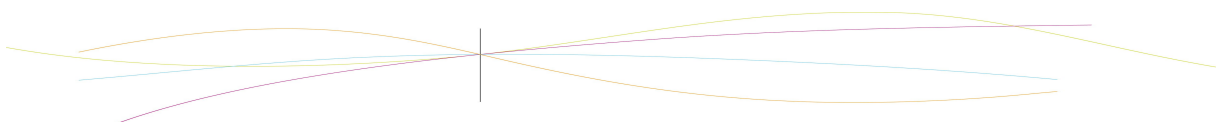
Layers height(mm) : 0.2
 First layer height(mm or %) : 0.35
 Perimeters(minimum): 3
 Spirral vase : 0
 Solid layers : Top : 3
 Bottom : 3
 Extra perimeters if needed : 1
 Avoid crossing perimeters : 0
 Detect thin walls : 1
 Detect bridging perimeters : 1
 Seam position: Random
 External perimeter first : 0

Speed

Perimeters(mm/s) : 25
 Small perimeters(mm/s or %) : 30
 External perimeters(mm/s or %) : 70 %
 Infill(mm/s) : 60
 Solid infill(mm/s) : 60
 Top solid infill(mm/s): 50
 Support material (mm/s): 60
 Support material interface :100%
 Bridges(mm/s): 100
 Gap fill(mm/s) : 20
 Travel(mm/s) : 130
 First layer speed : 30 %
 Acceleration control : tous a 0

Infil:

Fill density(%): 30
 Fill patern : honeycomb
 Top/bottom fill pattern : rectilinear
 Combine infill every : 10
 Only infill where needed : 1
 Folid infill every : 20
 Fill angle(°) : 45
 Solid infill threshold area(mm^2) : 70
 Only retract when crossing perimeters: 1
 Infill before perimeters: 0



1.2. Propositions de sujets de projets

Des lignes sont à modifier dans le Marlin (code qui contrôle l'imprimante 3D), il peut être intéressant pour un groupe de P6 d'essayer de le faire. De plus ils pourront aussi tenter des impressions avec l'ABS pour paramétrer l'imprimante avec cette matière.

