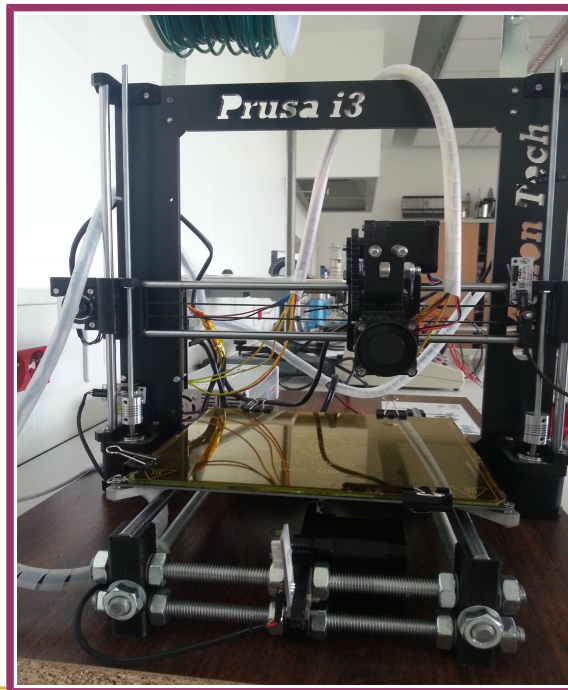


Projet de Physique P6
STPI/P6/2014 – 14

Assemblage d'une imprimante 3D



Etudiants :

Artem BILYK

Yao KANG

Julie BOCQUEL

Bertille LAGAUE

Manele GASRI

Enseignant-responsable du projet :

Corentin JOUEN

Date de remise du rapport : **12/06/2014**

Référence du projet : **STPI/P6/2014 – 14**

Intitulé du projet : **Assemblage d'une imprimante 3D**

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Assembler une imprimante 3D achetée en kit, réussir à la régler et à la paramétrer grâce aux programmes fournis afin d'imprimer des objets en 3D.

Mots-clefs du projet (4 maxi) :

impression, 3D, assemblage

TABLE DES MATIÈRES

<u>INTRODUCTION</u>	7
<u>I. L'IMPRESSION 3D</u>	8
<u>A. L'impression 3D en général</u>	8
<i>i. Les différentes matières</i>	8
<i>ii. Le développement de cette technologie</i>	8
<u>B. Les différents types d'impression</u>	9
<i>i. Stéréolithographie</i>	9
<i>ii. Fused Deposition Modeling (FDM)</i>	9
<i>iii. Selective Laser Sintering (SLS)</i>	9
<u>C. Fused Filament Fabrication ou Fused Deposited Modelling</u>	10
<u>II. METHODOLOGIE/ORGANISATION DU TRAVAIL</u>	11
<u>A. Méthodes utilisées</u>	11
<u>B. Planning prévisionnel</u>	11
<u>C. Organisation des séances supplémentaires</u>	14
<u>D. Répartition des tâches</u>	14
<u>III. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS</u>	16
-	
<u>A. Choix de l'imprimante</u>	16
<u>B. Montage de l'imprimante</u>	16
<i>i. Assemblage de la structure</i>	16

ii. Assemblage des extrudeurs.....	17
iii. Câblage électrique.....	17
iv. Calibration et premières impressions.....	17
v. Formation des techniciens.....	17
<u>C. Comment utiliser l'imprimante ?.....</u>	<u>17</u>
i. Arduino.....	17
ii. Repetier.....	17
iii. Slicer.....	18
iv. Guide d'utilisation de l'imprimante.....	18
<u>D. Objets 3D.....</u>	<u>19</u>
<u>E. Problèmes rencontrés.....</u>	<u>20</u>
<u>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</u>	<u>22</u>
<u>IV. Bibliographie.....</u>	<u>23</u>
<u>V. Annexes.....</u>	<u>24</u>
<u>A. Comptes rendus.....</u>	<u>24</u>

NOTATIONS, ACRONYMES

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrène

FDM : Fused Deposé Modelling

FFF : Fused Filament Fabrication

PLA : Acide Polylactique

SLA : Stéréolithographie

SLS : Selective Laser Sintering

INTRODUCTION

Cette année, dans le cadre du projet de P6, il nous a été proposé d'assembler une imprimante 3D et de la mettre en fonctionnement. Dans l'ensemble, notre choix s'est tourné vers ce projet car l'imprimante 3D est une technologie innovante, en pleine progression, et car il est enrichissant de découvrir puis de comprendre en profondeur le fonctionnement de cette technologie récente en plein essor. De plus, ce projet se démarquait des autres, du fait qu'il est entièrement expérimental.

Dans un premier temps, nous donnerons des informations générales sur l'impression 3D (les techniques, l'évolution de la technologie, les différentes utilisations, etc). Ensuite, nous ferons un point sur l'organisation de ce projet. Enfin, nous aborderons le travail réalisé tout au long de ce projet, du montage jusqu'aux premières impressions, en passant par les réglages effectués sur les logiciels adaptés.

I. L'IMPRESSION 3D

A. L'impression 3D en général

i. Les différentes matières

- **PLA**

Le PLA (ou Acide Polylactique) est un polymère utilisé pour l'impression 3D. Le PLA est biodégradable, commence à fondre à 160°C et se travaille à 180°C. Il craint l'humidité, mais ne dégage pas d'odeur désagréable quand il fond. Néanmoins, son utilisation nécessite plus d'entretien sur la machine, et il aura tendance à casser si on le maltraite. Enfin, il implique généralement un taux d'échec d'impression plus faible que son concurrent, l'ABS.

- **ABS**

L'ABS (ou Acrylonitrile Butadiène Styène) est lui aussi un polymère utilisé dans l'impression 3D. Il fond à 180°C et est travaillé à 230°C. Il se plie plus facilement que le PLA, et aura donc moins tendance à rompre. L'entretien sur une machine utilisant l'ABS se fait facilement grâce à de l'acétone. Pourtant, l'ABS est sensible aux chocs thermiques, et induit donc des risques de cassures.

ii. Le développement de cette technologie

L'impression 3D est aujourd'hui en pleine expansion. Voici, à titre d'exemples, quelques uns des domaines dans lesquels cette technologie est utilisée, et qui permettent de voir l'importance qu'elle est en train d'acquérir.

Premièrement, à l'occasion de la fête des mères et de la fête des pères en 2014, La Poste propose d'imprimer des bijoux en 3D. En effet, en s'associant à une start up néerlandaise, il sera désormais possible d'acheter ces bijoux dans trois bureaux de poste franciliens.¹

De même, nous avons récemment beaucoup entendu parler de l'impression de maisons entières. Il s'agit là du projet d'une entreprise chinoise (WinSun), qui a réussi le défi de construire dix maisons en moins de 24h². L'avantage notable de cette technique est le prix final de la maison : 3500€. Cependant, et contrairement à ce que l'on s'imagine, la maison n'est pas imprimée d'un bloc. Au contraire, on l'imprime pièce par pièce, avant de les assembler pour obtenir une superficie de 200 m² chacune. A terme, les ingénieurs espèrent réussir le « Contour Crafting », qui consiste, lui, à imprimer une maison d'une seule traite. Outre le prix attrayant, l'impression 3D bénéficie d'un autre avantage non négligeable, puisqu'elle permettrait par exemple de reconstruire rapidement des habitations dans des zones victimes de catastrophes naturelles.

1 Source : <http://www.3dnatives.com/laposte-bijoux-imprimer-3d/>

2 Source : <http://www.bfmtv.com/economie/dix-maisons-sortent-dune-imprimante-3d-758093.html>

3 Source : <http://sante.lefigaro.fr/actualite/2013/05/07/20484-promesses-limpression-3d-pour-recherche-medicale>



Une des dix maisons faite par l'imprimante 3D

(image www.news.cn)

De plus, les particuliers et les entreprises sont de plus en plus nombreux à se procurer des imprimantes. Du fait de la généralisation de l'impression 3D, les sites internet qui regroupent des fichiers d'objets 3D fleurissent. Parmi eux, on compte par exemple www.thingiverse.com ou encore cubehero.com.

Enfin, l'impression 3D a fait une entrée remarquable dans la médecine. De nombreuses recherches se concentrent à adapter cette technologie à ce domaine scientifique. Les progrès réalisés en peu de temps sont remarquables : des prothèses de mains, des oreilles artificielles, des cellules souches humaines ou d'autres constituants biologiques des tissus. L'impression d'organes comme le cœur ou le rein reste encore dans le domaine du rêve en raison de leur complexité, mais il est probable que l'on soit un jour capable d'imprimer de la peau, de la cornée ou encore de l'os. L'impression 3D pourrait bien révolutionner la médecine.

B. Les différents types d'impression

Trois grandes technologies coexistent dans l'impression 3D. Il s'agit de la stéréolithographie (SLA), le dépôt de matière en fusion (Fused Deposition Modeling) et le forgeage par application laser (Selective Laser Sintering).

i. Stéréolithographie

La stéréolithographie a été inventée en 1986 par le fondateur de la société *3D System*, Charles Hull. Une des formes de stéréolithographie la plus répandue est la photopolymérisation (SLA). Ce procédé utilise une cuve remplie d'une résine spéciale, la photopolymère, un matériau synthétique dont les molécules se modifient sous l'effet de la lumière (souvent ultraviolette). Le laser ultraviolet travaille le modèle 3D souhaité couche après couche. A la fin de chaque couche 2D, une lampe ultra volette traite la résine qui durcit. L'imprimante 3D grand public la plus connue utilisant ce procédé est *FormLabs* et coûte environ 2799 €.

ii. Fused Deposition Modeling (FDM)

La FDM a été inventée par Scott Crump, le co-fondateur de *Stratasys* (société de fabrication d'imprimantes 3D), à la fin des années 80. Ce procédé consiste à faire fondre un filament de matière synthétique (généralement du plastique type ABS ou PLA) à travers une buse (un extrudeur) chauffée à une température variant entre 160 et 270 °C. Un petit fil de plastique en fusion, d'un diamètre de l'ordre du dixième de millimètre, en sort pour créer la forme couche par couche. Une fois que la goutte quitte l'applicateur, elle durcit de manière quasi-immédiate tout en se fondant avec les couches inférieures. Elles coûtent entre 500 et 2000 euros. Le prix varie en fonction des dimensions des objets que l'on souhaite créer.

iii. Selective Laser Sintering (SLS)

La SLS a été inventée par Carl Deckard et Joe Beamanand, chercheurs à l'Université d'Austin, au milieu des années 80. Cette technologie est proche de la stéréolithographie mais sans la cuve remplie de polymère. Des matières dures (sous forme de poudre) comme le polystyrène, le verre, le nylon, certains métaux (dont le titane, l'acier ou l'argent) ou de la céramique sont frappées par un laser puissant. Là où le laser frappe, la poudre s'assemble pour créer la forme en s'agglomérant aux couches précédentes par frittage. Puis, une nouvelle couche de poudre est étalée et le processus recommence. L'imprimante la plus connue utilisant ce procédé est la *SinterStation Pro SLS 3D printer* (Imprimante 3D professionnelle). Elle coûte dans les environs de 12 000 euros.

D'autres méthodes d'impression existent mais ce sont surtout des variantes de ces trois grandes techniques vues ci-dessus.

C. Pourquoi avoir choisi la FDM ?

Nous avons opté pour le Fused Deposition Modeling (FDM), car la grande majorité des imprimantes 3D grands publics l'utilise, comme les imprimantes *RepRap*, *Solidoodle*, *LeapFrog*, *MakerBot* ou encore *CubeX*. De plus, nous allons voir que ce type d'imprimante regroupe trois grandes qualités : le temps, le coût et la complexité des formes. En effet, elle réalise rapidement des modèles avec des formes extrêmement complexes réalisables par des procédés tels que l'usinage et cette technique est de loin la moins coûteuse.

On peut également ajouter qu'elle crée des pièces résistantes, disposant de caractéristiques mécaniques, thermiques et d'une stabilité identiques aux pièces thermoplastiques injectées. La FDM est également intéressante pour le support nécessaire à la production des pièces utilisées. En effet, ce support de construction n'est en général pas constitué de thermoplastique, matière qui est soluble. La densité des pièces est également réglable, car cette technique par addition de matière autorise à ne remplir que partiellement les volumes, ce qui est un gain apprécié pour les temps de production et la légèreté des pièces réalisées³.

3 Source :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Prototypage_rapide#Le_prototypage_rapide_par_d.C3.A9p.C3.B4t_de_fil_FDM_.28fused_deposition_Modeling.29

II.METHODOLOGIE/ORGANISATION DU TRAVAIL

A. Méthodes utilisées

Afin de faciliter la communication entre les membres du groupe en dehors des séances de cours, nous avons créé un groupe *Facebook* sur lequel nous avons pu échangé nos recherches ainsi que l'avancée du travail effectué.

D'autre part, nous avons également utilisé de nombreux *Google Docs* (notamment pour créer les tableaux qui suivent), qui permettent de modifier à plusieurs en même temps un même document.

Enfin, il nous a été proposé de rédiger chaque semaine un compte rendu pour faciliter le suivi de l'avancée du projet, et qui nous ont également permis de savoir clairement où nous en étions à la fin de chaque semaine écoulée. Ces comptes rendus ont également été rédigés sur *Google Docs*.

B. Planning prévisionnel

Nous avons réalisé ce tableau après les deux premières séances afin de s'organiser pour terminer notre projet à temps. En nous aidant des notices, nous avons estimé le temps nécessaire à chaque étape et distingué les étapes pouvant se faire en parallèle afin de gagner du temps et que la totalité du groupe soit toujours occupée. De plus, nous avons également pris le soin de nous laisser une séance supplémentaire de marge, au cas où nous rencontrions des difficultés nous empêchant de terminer le projet à temps.

Date	No Séance				
19/02/14	3	Axes	Axe Y	chariot Y parties transversales et longitudinales	en //
			Axe X	X End Idler	en //
				X End Motor	
				Chariot X-X Carriage	
Axes X et Z	dépend de Axe X				
12/03/14	4	Moteurs	Axe Z	1 ou 2 montages en // ?	en //
			Axe X	1 montage	
			Axe Y	1 montage	
19/03/14	5	Chassis		1 montage	
		Système d'entraînement	courroie axe X	1 montage	
			courroie axe Y	1 montage	
		Plâteau chauffant	Préparation des thermistances	1 montage	
26/03/14	6	Plâteau chauffant	Montage		
		Extrudeurs	Assemblage		
			Fixation axe X		
Montage moteur					
09/04/14	7	Extrudeurs	Réglage hauteur buse		
		Câblage	Fixation électronique	dépendant	
			Branchements		
16/04/14	8	Câblage	Branchements		
		Mise en route	Installation drivers + firmware	pas de prérequis	
			Transfert firmware via Arduino		
Repetier Host	parties électroniques + firmwares Repetier&Arduino + carte détectée + pilote Arduino reconnu par ordi				
14/05/14	9	Mise en route	Réglage du firmware	indépendant ?	
21/05/14	10	Mise en route	Vérification configuration		
			Préréglages		
28/05/14	11	Petite marge pour éventuel retard			
04/06/14	12	Rapport écrit			
11/06/14	13	Soutenance			

C. Organisation des séances supplémentaires

Dès le début du projet, il nous a paru évident que nous aurions besoin de nous voir en dehors du créneau d'1h30 de P6 que nous avons dans la semaine. Afin de garantir une certaine exactitude du montage, nous avons jugé nécessaire de toujours travailler au moins par groupe deux. Nous avons ainsi fait un emploi du temps de nos créneaux libres respectifs pour pouvoir nous arranger au mieux dans notre travail.

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
8h00	Julie/Manel/Yao/Bertille	Julie/Manel		Julie/Manel/Yao	
8h30					
9h00					
9h30					
9h45					Bertille
10h00					
10h30					
11h00					
11h15					
11h30					
12h00					
12h30					
13h00			Julie	Julie/Artem/Bertille /Yao selon semaine	
13h15					
13h30					
14h00					
14h30					
14h45					
15h00		Julie/Artem /Yao selon semaine	Julie/Manel	Julie/Manel/Artem /Yao/Bertille	Bertille
15h30					
16h00					
16h30					
16h45	Julie/Artem	Julie/Artem/Yao	Julie/Manel/Bertille	Julie/Manel/Artem /Yao/Bertille	
17h00					
18h00					

D. Répartition des tâches

Comme le montre le tableau du planning prévisionnel, nous avons fait en sorte de pouvoir travailler tous en même temps en repérant les parties pouvant être réalisées en parallèle. Au fur et à mesure que nous avons avancé, d'autres parties (notamment dans le câblage) ont pu également se faire simultanément. Nous nous sommes donc répartis à chaque séance en sous-groupes de deux ou trois étudiants.

L'avantage de notre projet réside dans le fait que toutes les étapes sont à peu près de difficulté égale, et qu'il n'a donc pas été nécessaire de prendre en compte les capacités de chacun.

Pour le soudage, Artem et Julie se sont portés volontaires, sous la supervision de M. Jouen, puisque l'étape était délicate.

Par ailleurs, nous avons été contraints de solliciter l'aide des techniciens à plusieurs moments :

- contre-percer certaines pièces lors du montage,
- trouver une solution au End Stop Holder manquant (voir la partie problèmes rencontrés),
- réaliser le support de l'imprimante 3D.

Le détail de ce que chaque étudiant du groupe a effectivement réalisé est visible sur les comptes rendus en annexe.

III. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

A. Choix de l'imprimante

Lors des deux premières séances, nous avons « fait semblant » de rechercher une imprimante correspondant au budget de 1000€ qui nous était fixé, bien que l'imprimante que nous allions assembler était déjà commandée. Voici donc certaines des imprimantes que nous avons trouvées.

Imprimante	Méthode utilisée	Dimensions max de l'objet	Vitesse d'impression	Épaisseur du filament	Matériau(x) utilisé(s)	Prix
Make Mendel RapidBot 3.0	FDM	22*22*16,5cm	60mm/s	0,1 mm	Pla	699\$
Velleman K8200	FFF	20*20*20 cm	120mm/s	0,2-0,25mm	Pla + Abs	699€
ORD Bot Hadron	FFF	20*20*15 cm		0,1mm	Pla + Abs	850€
Prusa Mendel i3 Rework		20*20*11		0,1mm	Pla + Abs	652,17€

Les cases laissées blanches désignent des informations que nous n'avons pas pu trouver lors de nos recherches.

B. Montage de l'imprimante

Le montage de l'imprimante s'est déroulé en quatre grandes étapes de durée plus ou moins longue.

i. Assemblage de la structure

Les premières semaines ont été consacrées au montage de la structure principale de l'imprimante, ainsi qu'à la mise en place du plateau chauffant. Ceci nous a pris un certain temps. En effet, nous avons rencontré des difficultés lors de l'emboîtement des pièces métalliques dans les pièces plastiques. Les emplacements prévus n'étaient pas précis et il y avait donc des problèmes d'ajustement au millimètre près, car les pièces plastiques ont elles-mêmes été produites par une imprimante 3D. De plus, certaines photos du manuel de montage ne sont pas très explicites.



ii. Assemblage des extrudeurs

Nous sommes ensuite passés au montage des moteurs et de l'extrudeur. Il ne nous a fallu que quelques heures pour le montage des moteurs avec leurs supports et les têtes chauffantes. Au contraire, nous avons pris du retard dans le montage de l'extrudeur, car le trou pour la vis de pression était mal dimensionné.

iii. Câblage électrique

Dans un premier temps, nous avons procédé au montage de la carte électronique sur ses supports. Puis, nous avons effectué les différents branchements nécessaires. Cette étape a été la plus courte et simple.

iv. Calibration et premières impressions

La dernière étape a été la calibration de l'imprimante, c'est à dire le paramétrage de la température du lit chauffant et de la tête d'extrusion, le réglage des butées de fin de course sur les trois axes, la mise à l'équerre de l'axe vertical et enfin la mise à l'horizontale du plateau chauffant. Nous avons ensuite rentré tous les paramètres propres à l'imprimante. Puis, nous avons pu faire couler le premier bout de plastique manuellement, afin de valider la température de la buse d'extrusion et enfin commencer les premières impressions de pièces.

Une fois la première impression réalisée, il a fallu modifier certains réglages afin d'améliorer la qualité d'impression.

v. Formation des techniciens

Lors de notre dernière séance de P6, nous avons dû expliquer à des techniciens de l'INSA les étapes pour utiliser l'imprimante et comment faire les différents réglages.

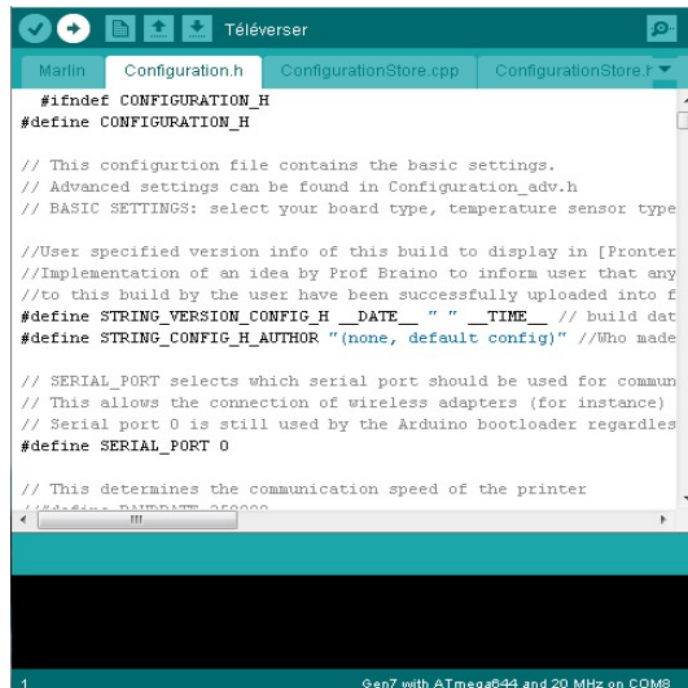
Pour une meilleure compréhension, nous leur avons fait une démonstration concrète des démarches à réaliser avec l'impression d'une quatrième pièce comprenant le logo INSA.

C. Comment utiliser l'imprimante ?

i. Arduino

Le logiciel Arduino est une application servant d'éditeur de code et de compilateur. Il peut transférer des programmes au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module) et peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants.

La carte Arduino est une carte électronique qui récupère les données et gère les commandes de l'imprimante. Nous l'avons fixée sur la structure de l'imprimante.



```

Téléverser
Marlin Configuration.h ConfigurationStore.cpp ConfigurationStore.h
#ifndef CONFIGURATION_H
#define CONFIGURATION_H

// This configuration file contains the basic settings.
// Advanced settings can be found in Configuration_adv.h
// BASIC SETTINGS: select your board type, temperature sensor type

//User specified version info of this build to display in [Printer
//Implementation of an idea by Prof Braino to inform user that any
//to this build by the user have been successfully uploaded into f
#define STRING_VERSION_CONFIG_H __DATE__ " " __TIME__ // build date
#define STRING_CONFIG_H_AUTHOR "(none, default config)" //Who made

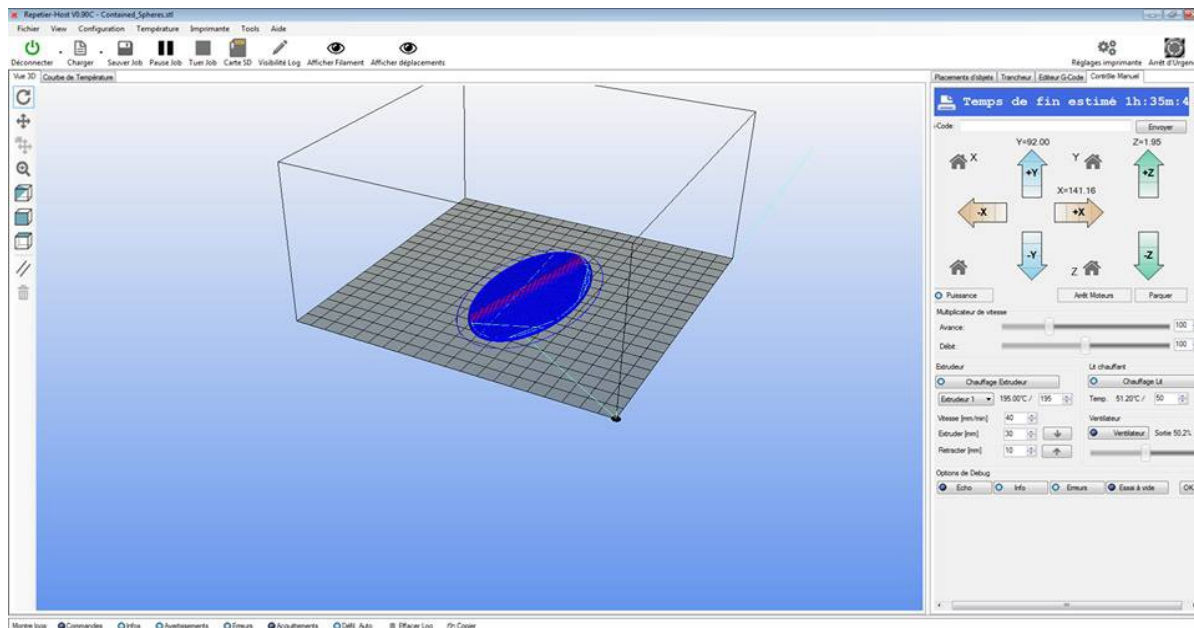
// SERIAL_PORT selects which serial port should be used for commun
// This allows the connection of wireless adapters (for instance)
// Serial port 0 is still used by the Arduino bootloader regardless
#define SERIAL_PORT 0

// This determines the communication speed of the printer
#define BAUDRATE 250000
  
```

Le firmware "Marlin" sous Arduino

Dans notre cas, nous avons eu besoin d'Arduino pour transférer le firmware (microcode qui sert au fonctionnement de l'imprimante) fourni avec l'imprimante sur une clé USB. Puis, nous avons envoyé ce programme sur la carte Arduino. L'exécution du programme sur la carte est automatique. Une fois le programme installé, nous avons dû modifier quelques lignes dans le code qui correspondent notamment au sens de rotation des moteurs, à la position d'origine d'un axe, et au sens croissant des axes. Pour cela, il suffisait de changer le réglage booléen : par exemple « true » par « false » lorsque le sens de déplacement sur l'axe ne correspondait pas au sens demandé.

ii. Repetier

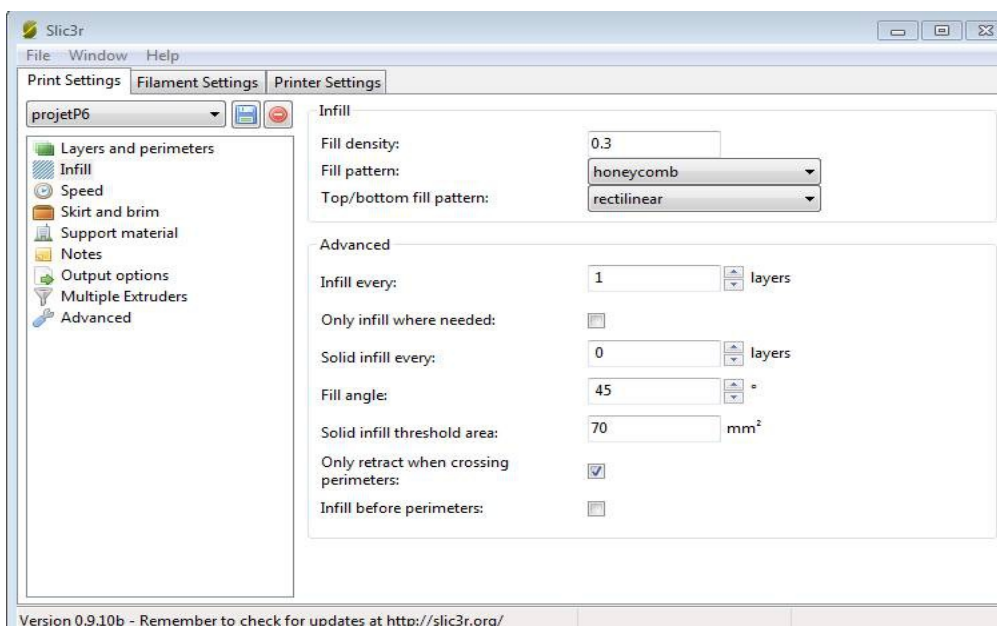


Capture d'écran de Repetier lors de l'impression d'une pièce

Repetier permet d'ouvrir simplement des fichiers 3D, et de les envoyer (via le câble USB) vers l'imprimante. Il sert aussi de logiciel de commande et de réglages de l'imprimante. On peut donc *paramétrer* l'imprimante 3D à travers Slicer (voir en-dessous). Par exemple, c'est grâce à ce logiciel qu'on va définir à quelle température la buse d'extrusion doit chauffer et quelles sont les coordonnées de l'imprimante (x0, y0 et z0).

iii. Slicer

Slicer est une application qui convertit un objet CAO3D (fichier 3D) sous forme .stl en code machine appelé Gcode. Slicer nous a également permis de régler les différents paramètres d'usage de l'imprimante.



Paramétrage de l'imprimante sous Slicer

Voici les différents onglets utilisés :

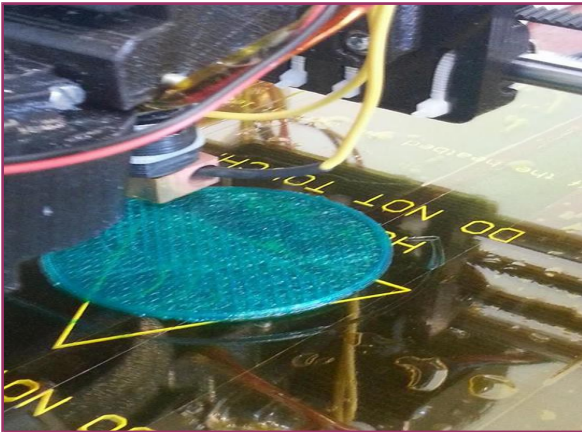
- onglet *Plater* : ajoute les modèles à imprimer et représente l'objet dans une grille.
- onglet *Print Settings* : permet de paramétrer les couches (pourcentage de remplissage, type de remplissage), les périmètres de l'objet (hauteur du contour, nombre de lignes), la vitesse d'impression ou encore la longueur minimale à extruder avant de commencer l'impression.
- onglet *Filament Settings* : permet de paramétrer le filament (diamètre, température, refroidissement s'il y a un ventilateur).
- onglet *Printer Setting* : paramètre la taille du lit d'impression, le milieu d'impression, le diamètre de la buse et la position de l'extrudeur.

iv. Guide d'utilisation de l'imprimante

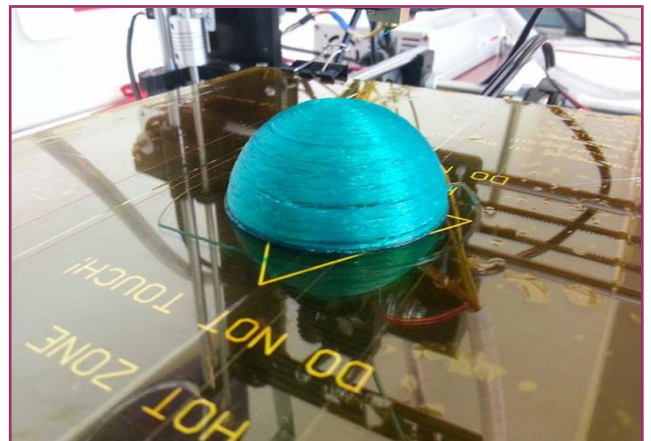
1. Brancher le câble USB de l'imprimante à l'ordinateur et le câble d'alimentation.
2. Ouvrir *Repetier* sur l'ordinateur.
3. Cliquer sur *Connecter* en haut à gauche et sélectionner éventuellement l'imprimante 3D souhaitée.
4. Dans l'onglet « *contrôle manuel* », activer la chauffe de l'extrudeur et du lit, ainsi que le ventilateur.
5. Charger un fichier 3D dans l'onglet « *charger* ». On peut éventuellement modifier son échelle ou sa position. A l'aide des petits symboles, il est aussi possible de recentrer l'objet sur le plateau par exemple.
6. Dans l'onglet *Trancheur*, vérifier que les paramètres sélectionnés se nomment bien « projetP6 ». Ensuite, cliquer sur *Trancher*.
7. Enfin, cliquer sur « *démarrer job* » pour lancer l'impression.
8. Lorsque vous avez terminé d'utiliser l'imprimante, désactivez la chauffe de l'extrudeur et du lit. Ensuite, attendez que le lit et l'extrudeur refroidissent (on peut suivre l'évolution de la température dans l'onglet « *courbe de température* »).
9. Si la position de l'extrudeur ne permet pas d'enlever la pièce, aller dans « *Contrôle Manuel* » et déplacer l'extrudeur.
10. Lorsque l'extrudeur et le lit ont refroidi, déconnecter l'imprimante. (Cliquer au même endroit que pour la connecter, le symbole s'inverse automatiquement) On peut également débrancher l'imprimante.
11. Essayer de décoller votre pièce ! Si celle-ci ne se décolle pas, c'est qu'elle n'a pas encore assez refroidi. Le refroidissement peut prendre un certain temps ... Cependant, ne jamais décoller la pièce à l'aide d'un outil (tournevis, cutter...) qui pourrait abîmer le plateau ! Les pièces ne colleront que d'avantage à l'avenir.

Pour modéliser des objet 3D, nous avons choisi d'utiliser le logiciel *SolidWorks* car Bertille LAGAUE savait s'en servir.

Dans un premier temps, nous avons commencé par imprimer des objets simples tels qu'une demi-sphère, afin de tester les réglages que nous avons faits.



*Première impression : demi-sphère pleine
(22/05/2014)*



demi-sphère pleine (22/05/2014)

Nous avons été agréablement surpris par cette première impression : globalement, elle était plutôt réussie, même si nous avons eu quelques décalages au niveau des couches et un maillage un peu trop dense.

Ensuite, nous avons voulu imprimer une demi-sphère creuse avec une épaisseur relativement fine et des trous, afin de mesurer la précision de l'imprimante et l'exactitude des paramètres modifiés entre les deux impressions.



*Seconde impression : demi-sphère
creuse (28/05/2014)*

Puis, nous avons voulu modéliser des objets plus complexes et également plus représentatifs. Nous avons donc imprimé un fauteuil.



Fauteuil (28/05/2014)

Nous avons également imprimé deux pièces pour un autre projet voulant construire un robot. Il s'agissait du support ainsi qu'une pièce pour stabiliser l'ensemble.

E. Problèmes rencontrés

- Les extrémités des tiges M5*300mm, M10*210mm et M10*380mm étaient en biais, elles ne permettaient pas d'insérer les écrous. Nous avons dû forcer avec les outils appropriés pour mettre les écrous.
- Certaines étapes manquent d'instructions dans la notice, par exemple lors de l'assemblage des moteurs de l'axe Z, où il n'est pas précisé comment utiliser les « vis de pression intégrées ». De même pour la préparation des thermistances, où il ne nous a pas paru clair quels câbles utiliser.
- Pratiquement tous les trous, que ce soit pour les vis, les écrous ou les tiges à insérer, étaient mal dimensionnés et ont parfois même nécessité un contre-perçage. Cela nous a particulièrement posé problème pour le montage de l'extrudeur, où les encoches étaient si petites que les écrous étaient impossibles à glisser.

Le X End Idler a lui aussi présenté un problème similaire : en effet, il était dit dans la notice d'insérer un écrou M5 à l'aide d'un briquet, mais nous avons été contraints d'utiliser un pistolet chauffant. Enfin, chaque fois que l'instruction « insérer en force » apparaissait dans la notice, l'étape en question se révélait être une vraie épreuve, par exemple pour les douilles à bille ou l'assemblage des tiges lisses pour les axes X et Z.

- Dans notre version de la Prusa Mendel i3-Rework, l'Endstop Z Holder a été supprimé. L'Endstop doit donc être fixé directement sur la structure en aluminium, ce qui n'était pas évident, puisqu'à première vue, les trous nécessaires n'étaient pas prévus sur la structure, et que l'Endstop se retrouvait trop en retrait par rapport à l'axe (l'axe Z n'aurait jamais appuyé sur l'Endstop).
- Dans la préparation des thermistances, on parle dans la notice de gaine téflon, alors qu'il n'en est pas fournie et qu'il n'est précisé nulle part ailleurs dans la notice que nous aurions besoin de cette gaine pour le montage. Similairement pour le montage du plateau chauffant, il est mentionné dans la notice d'utiliser du mastic réfractaire ou du silicone haute température « disponible en magasin de bricolage » ...

- Lors de la première impression, l'extrudeur est descendu trop bas. Ainsi, il a gratté jusqu'à arracher le scotch thermorésistant et le plastique ne pouvait pas se déposer sur le plateau. Pour régler ce problème, nous avons légèrement remonté le Endstop Z.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Conclusions sur le travail réalisé

Ce projet a été effectué en deux phases. La première fut plus technique avec le montage de l'imprimante. Cela nous a permis d'identifier chacune des pièces et de comprendre comment elles fonctionnaient ensemble. Les difficultés survenues ont ainsi été plus facilement appréhendées grâce à cette première étape du projet. Il y a eu plus de réflexion lors de la seconde phase avec la mise en fonctionnement de l'imprimante et les réglages d'impressions.

Ces deux approches du projet l'ont rendu particulièrement intéressant.

Les objectifs de départ (le montage et la mise en fonctionnement de l'imprimante) ont été atteints. La qualité d'impression pourrait encore être améliorée et on pourrait imprimer des pièces plus complexes, mais dans l'ensemble on peut dire du projet qu'il est réussi !

Conclusions sur l'apport personnel de cet E.C. Projet

Julie : Réaliser un projet presque uniquement expérimental apporte une expérience différente de celles dont nous avons l'habitude. En effet, nous nous sommes entièrement consacrés à l'aspect technique et l'assemblage de l'imprimante n'a pas laissé place à une partie théorique. Même si le travail en équipe impose parfois quelques difficultés, j'ai apprécié le fait de travailler différemment, et par-dessus tout de pouvoir admirer le fruit de notre travail. Il est incroyablement satisfaisant de voir au bout d'un semestre que l'on est parvenu à notre objectif premier, celui d'imprimer un objet 3D.

Artem : J'avais déjà entendu parler des imprimantes 3D, mais je ne les avais jamais vues. A mon avis ces machines sont le premier pas vers le futur, où chacun peut produire ce qu'il veut chez lui. C'est pourquoi j'étais très heureux de travailler avec cette machine, de l'essayer, de comprendre comment elle marche et agit ; comment la régler et résoudre les défauts de la machine et des pièces imprimées. De plus, ce projet m'a donné l'expérience importante de travailler en groupe. Mais c'est dommage que le projet soit fini et qu'on ne puisse plus imprimer et améliorer la qualité des objets imprimés encore plus. J'aimais beaucoup d'imprimer les objets 3D.

Yao : Le projet m'a donné la possibilité d'acquérir beaucoup d'informations dans au sujet de l'imprimante 3D et m'a aussi familiarisé avec elle. Dans le processus d'apprentissage et de traitement des différentes parties de l'imprimante, le projet m'a aidé à voir un aspect des technologies du futur. Le projet m'a aussi donné une bonne occasion d'utiliser des outils professionnels qui ne sont pas très courants dans notre vie quotidienne. Comme c'est mon premier projet entièrement expérimental, il a amélioré ma capacité de la pratique ainsi que ma capacité à travailler en équipe. Pour finir, il est passionnant de voir notre imprimante 3D fonctionner et cela me rend plus intéressé à mes études d'ingénieur.

Manele : J'ai trouvé ce projet très enrichissant aussi bien sur le plan de la technique que d'un point de vue personnel. Tout d'abord, il a été une occasion particulière d'effectuer un travail en équipe. Nous avons dû apprendre à nous organiser en groupe, nous répartir les tâches, respecter les délais et nous entraider si besoin. De plus, c'est la première fois que je réalise un projet où nous avons fait le travail du début jusqu'à un résultat final concret. Mais, surtout, les conditions posées pour la réalisation du projet, comme la limite de temps, nous ont donné un aperçu des conditions de travail dans la vie professionnelle ainsi que l'importance et la difficulté d'un contrat lors d'un projet.

Bertille : Ce projet m'a donné un aperçu concret sur le métier d'ingénieur. Il a fallu organiser le temps de montage et de réglages sur tout le semestre pour tenir les délais imposés. Le travail en équipe change toujours d'un projet à un autre. Cela a donc permis d'avoir une expérience de plus dans ce domaine. J'ai trouvé très satisfaisant d'avoir réalisé ce projet d'un bout à l'autre. En effet, après avoir passé du temps à monter l'imprimante, la voir fonctionner et imprimer les pièces voulu sans trop de défaut donne vraiment un sentiment d'accomplissement.

Perspectives pour la poursuite de ce projet

On peut penser à plusieurs évolutions pour ce projet :

- L'installation d'un deuxième extrudeur, qui permettrait d'imprimer des pièces impossibles à faire avec un seul extrudeur.
- Le recyclage des pièces ratées : en les réduisant en poudre, à l'aide d'un extrudeur, on pourrait les transformer en fil de 3 mm de diamètre, afin de ne pas gâcher de matière.
- La construction d'un objet avec plusieurs pièces issues de l'impression 3D.

IV. BIBLIOGRAPHIE

Liens internet :

<http://www.monunivers3d.com/>

<http://www.conrad.fr> (valides à la date du 06/02/2014)

<http://www.monunivers3d.com/guide/abs-pla/> (valide à la date du 21/05/2014)

<http://arduino.cc/>(valide à la date du 28/05/2014)

<http://www.monunivers3d.com/comparateur/form-1/> (valide à la date du 11/06/2014)

<http://www.monunivers3d.com/achat/prix/> (valide à la date du 11/06/2014)

V. ANNEXES

A. Comptes rendus

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D

STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°1

CR n°1, 5 février 2014

Présents

Artem BILYK

Bertille LAGAUDE

Julie BOCQUEL

Manele GASRI

Yao KANG

État d'avancement du projet

Découverte du sujet, début des recherches d'information.

A faire : Planning, discussion sur le choix du modèle

Déroulement de la séance

- 1) recherche individuelle
- 2) mise en commun des résultats
- 3) discussion sur le planning et l'organisation du projet

Travail à faire pour la prochaine séance

Recherches sur les imprimantes, choix d'un modèle d'imprimante dans le budget (1000€) et regarder la durée d'assemblage d'une imprimante 3D.

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°2

CR n°2, 13 février 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

Découverte du modèle à monter (**Prusa Mendel i3 Rework**) et des logiciels à utiliser

Déroulement de la séance

- 1) Choix de l'imprimante 3D : impression par dépôt matière (FDM)
- 2) identification des pièces de l'imprimante Prusa Mendel i3 Rework (en groupe)
- 3) début du montage de l'imprimante : Assemblage de l'axe Y
 - Chariot Y - Support plateau chauffant (reste les Douilles à billes LM8UU à monter) (Artem, Bertille)
 - Parties transversales (Yao)
- 4) Réalisation d'un planning prévisionnel (Julie)
- 5) Découverte des logiciels contenus sur la clé USB et leur mode de fonctionnement (Manele)

Travail à faire pour la prochaine séance

- rechercher dans la notice les étapes pouvant se faire en parallèle
=> gain de temps et meilleur organisation du projet (Manele, Bertille)
- détailler dans le planning prévisionnel les parties "mécanique" et "câblage électrique + extrudeur" (Julie)

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°3

CR n°3, 19 février 2014

Présents

Artem BILYK
Julie BOCQUEL
Manele GASRI
Yao KANG
Bertille LAGAUDE

État d'avancement du projet

Montages achevés :

- Assemblage de l'axe Y : (Bertille et Yao)
 - chariot Y - support plateau chauffant
 - parties transversales
- Assemblage de l'axe X : (Artem, Manele et Julie)
 - X End Idler
 - X End Motor

Montages en cours :

- Axe Y : assemblage avec les parties longitudinales (Bertille et Yao)
- Assemblage de l'axe X : (Artem, Manele et Julie)
 - Chariot X-X Carriage
- Assemblage des axes X et Z

Déroulement de la séance

1. Présentation du planning prévisionnel et confirmation du planning (en groupe)
2. Recherche du logo INSA pour créer fichier 3D (Julie)
3. Montage de l'axe X (Artem, Manele, Julie)
 - Difficultés rencontrées: trous mals faits et de mauvaises dimensions ce qui a entraîné des contres-perçages non prévus.
4. Montage de l'axe Y (Bertille, Yao)

Travail à faire pour la prochaine séance

- Jeudi 14h, RDV pour continuer le montage des pièces conformément au planning (tout le monde)

- A faire pendant les vacances : installation des logiciels sur nos ordinateurs personnels, découverte et compréhension de leur fonctionnement (tout le monde)

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°4

CR n°4, 12 mars 2014

Présents

Artem BILYK
Bertille LAGAÚDE
Julie BOCQUEL
Manele GASRI
Yao KANG

État d'avancement du projet

Montage mécanique pratiquement terminé, une séance d'avance sur le planning

Montages achevés

- ___ - Assemblage des axes X, Y, Z
- ___ - Montage des moteurs sur l'axe X, Y, Z

Montages en cours

- ___ - Extrudeurs (Bertille, Yao)

Déroulement de la séance

- 1) Discussion sur les logiciels : il est difficile de comprendre leur fonctionnement sans avoir terminé l'imprimante
- 2) Montage de la courroie de l'axe Y (Manele, Julie)
- 3) Fin du montage de l'axe X (Artem)
- 4) Montage de la courroie de l'axe X (Artem, Manele, Julie)
- 5) Extrudeurs (Bertille, Yao)

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°5

CR n°5, 19 mars 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

Assemblage de la partie mécanique terminée

Montages en cours :

- Montage du plateau chauffant
- Montage de l'extrudeur
- Câblage

Déroulement de la séance

Répartition du groupe sur différents montages :

- Assemblage de l'extrudeur jusqu'à l'étape 4 (Yao, Bertille)

A prendre en compte lors des réglages : La roue dentée n'a pas un mouvement de rotation parfait. Elle accroche un peu à certains endroits.

- Assemblage du châssis (Artem, Manele, Julie)
- Fixation du Z Endstop (Manele, Julie)
*utilisation de 2 écrous et une vis M3*14 en remplacement du Endstop Holder*
- Préparation des thermistances, soudage (Artem)
- Fixation de l'Arduino (Manele, Julie)
vis supérieure droite sans écrou car il ne peut pas être serré

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°6

CR n°6, 26 mars 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

Montages en cours :

- Montage du plateau chauffant (il reste les étapes 4 et 5 dont l' étape 4 déjà commencée)
- Câblage (il reste les étapes 3,4,5 et 6).
- Montage de l'extrudeur
 - Partie Assemblage terminée
 - Fixation à l'axe X et montage du moteur commencés

Déroulement de la séance

Répartition du groupe sur différents tâches:

- Installation des logiciels pronterface et arduino sur un ordinateur de l'INSA (Manele)
- Câblage des moteurs et montage du plateau chauffant jusqu'à l' étape 4 (Artem et Julie) :
 - Fixage du plateau chauffant : il reste à serrer les écrous
 - Soudage : utilisation de gaine
 - extrudeur (Bertille et Yao) :
 - Partie Assemblage (étape 5,6,7 et 8)
 - Fixation à l'axe X : une des encoches pour les écrous est trop petite => seulement trois vis et écrous pour fixer l'extrudeur à l'axe X.

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°7

CR n°7, 9 avril 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

- Assemblage de la partie mécanique terminée
 - Assemblage et réglage de l'extrudeur (fait le 3 avril) (Bertille, Artem, Yao)
- *Wade small gear à réimprimer (problème au niveau du trou pour la vis de pression)*
- *impossible d'exécuter le réglage de l'axe Z sans une pièce comme le End Stop Holder (à faire remarquer au constructeur)*
- Montage en cours : Câblage (presque terminé)

Déroulement de la séance

- Câblage (Artem)
 - Manipulation des différents logiciels mis à disposition (Repetier, Arduino...etc) : (Bertille, Julie)
- chargement d'un fichier .stl
- modification de l'objet 3D (taille, position sur le plateau, orientation...etc)
- génération du G-code
- modification des paramètres de l'imprimante (dimensions du filament, températures de l'extrudeur et du plateau ...)
- visualisation des courbes de températures de l'extrudeur et du lit chauffant

Travail à faire pour la séance prochaine

Faire des fichiers .stl (ex: logo INSA Rouen)

Etudier le guide d'utilisation "Pronterface et slicer" fourni

Rechercher les fichiers de paramètres de l'imprimante dans la documentation fournie

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°8

CR n°8, 16 avril 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

- Câblage terminé
- Imprimante 3D connectée à un ordinateur via le firmware

Déroulement de la séance

- Dernières étapes du câblage (Artem, Yao, Manele)
- Connexion de l'imprimante à l'ordinateur sous Repetier

Début du paramétrage

- Vérification du sens de mouvement

- *Bon pour la direction X*

- *La direction Y est inversée*

- *La direction Z ne marche pas du tout*

- Fonctionnement du ventilateur

Le ventilateur fonctionne mais on ne peut pas changer sa vitesse ou l'arrêter

- Contrôle du chauffage de l'extrudeur et du plateau

- *Affichage des courbes de température*

- *On atteint bien les températures souhaitées*

- Soudage de la thermistance : il y a maintenant assez de fil ! (Artem)

Travail à effectuer

- Finir de renseigner les paramètres de l'imprimante (Bertille, Julie, vendredi après-midi)

- *Les trois axes fonctionnent maintenant correctement (bonne direction, origine à l'endstop) mais vérifier ligne 301 dans configuration.h*

- *L'imprimante est fixée sur son socle*

- *Problème des fils à l'arrière : mettre un collier de serrage ?*

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE ROUEN

Département Sciences et Techniques Pour l'Ingénieur

BP 8 – place Emile Blondel - 76131 Mont-Saint-Aignan - tél : 33 2 35 52 83 00 - fax : 33 2 35 52 83 69

- Le PLA n'est pas entraîné par l'extrudeur => test ?
- Pas d'informations sur les paramètres à remplir dans Slicer sur la clef

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°9

CR n°9, 14 mai 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

- Rapport écrit commencé (plan détaillé)
- Contrôler le fonctionnement des ventilateurs (s'arrêter et démarrer)
- Changer la hauteur du plateau pour l'origine de l'axe Z

Déroulement de la séance

- Commencement du rapport (Julie, Manele)
- Régler les mouvements (Bertille, Artem, Yao)

La direction Z commence à marcher

- Changement de la hauteur du plateau (Bertille, Artem, Yao)

La position du plateau est un peu basse pour l'extrudeur quand il arrive à l'origine de Z.

Nous avons essayé de résoudre le problème en utilisant 4 vis et écrous, mais la vis touchait le cadre de l'imprimante quand on se déplaçait suivant X. Il faut finalement changer la position du end-stop. (en cours)

Travail à effectuer

- Répartir la rédaction du rapport
- Continuer la rédaction des parties déjà commencées dans le rapport (Julie)

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°10

CR n°10, 21-22 mai 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

Imprimante 3D en fonctionnement.
Rapport à moitié avancé

Déroulement de la séance

- Suite de l'écriture du rapport (Julie)
- Fin du réglage de la hauteur de l'Endstop Z
- Réglage du fonctionnement de l'extrudeur

Le filament de plastique ne passait pas dans tout l'extrudeur à cause de la taille du trou.

- Essai du fonctionnement de l'imprimante le mercredi 21 (Artem, Bertille, Julie, Yao)

Pour la première couche, l'extrudeur est descendu trop bas et donc a arraché le scotch. Le plastique ne s'est pas déposé sur le plateau. Pour régler ce problème, on a légèrement remonté le EndStop Z pour qu'il soit totalement enfoncé lors de la première couche.

- Première impression le jeudi 22 (Julie, Yao, Bertille)

Impression d'une demi-sphère. => quelques défauts à régler

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D

STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°11

CR n°11, 28 mai 2014

Présents

BOCQUEL Julie

GASRI Manele

KANG Yao

LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

impression de pièces 3D

Déroulement de la séance

- continuation de la rédaction du rapport (Manele)
- réglages de l'EndStop Z et de l'axe Z (refaits suite au blocage de celui-ci vendredi 23 mai) (Bertille, Yao)

Cause du blocage : déformation de l'axe Z

- réglages et mesures afin d'améliorer l'impression (Julie, Bertille, Yao)

- *densité de maillage* : 30 % (40 % initialement)

- *mesure du diamètre du fil* : 3 mm partout

- *vérification de l'écoulement du fil* : Seulement 26 mm de fil s'extrudait au lieu 30 mm.

Changement de la valeur de DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT dans le firmware Marlin avec Arduino

- impression 3D d'une seconde pièce (demi sphère creuse avec des trous) (Julie, Bertille, Yao)

quelques petits défauts mais la pièce est relativement réussie, particulièrement parce qu'elle était fine

- impression d'une troisième pièce (fauteuil) (Artem)

P6 - Projet de physique

Sujet 14 : Assemblage d'une imprimante 3D
STPI2

Compte rendu hebdomadaire n°12

CR n°12, 4 Juin 2014

Présents

BILYK Artem
BOCQUEL Julie
GASRI Manele
KANG Yao
LAGAUDE Bertille

État d'avancement du projet

Imprimante 3D en fonctionnement.
Rapport à moitié avancé
Diaporama presque fini

Déroulement de la séance

- Impression des pièces pour l'autre projet du P6
- Suite de l'écriture du rapport. (tous ensemble)
- L'écriture du diaporama. (tous ensemble)
- La recherche du responsable de l'imprimante 3D dans le département MECA pour demander des pièces faites par une imprimante différente de la notre (avec résine)
- Essai du fonctionnement de l'imprimante pour trouver la courbure limite de surface.