République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de MÉDÉA

Faculté de Technologie



Mémoire pour l'obtention du diplôme de Mastre

Spécialité : Génie mécanique

Option : Construction

MEMOIRE DE MASTRE

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE IMPRIMANTE 3D

Présenté par :

Guedjal saleh

Devant le jury composé de :

Dr. ZIRARI Mounir	MCA	**Université de Médéa**	**Président**
Dr. BOUMAHDI Mouloud	MCA	**Université de Médéa**	**Examinateur**
Dr. ALLICHE Mounir	MCA	**Université de Médéa**	**Encadreur**
Dr. REBHI Redha	MCB	**Université de Médéa**	**Co- Encadreur**

JUIN 2020

Dédicaces

Ce résultat, fruit de plusieurs années d'études, d'effort pour lesquelles le mérite revient d'abord à ceux qui m'ont donné la vie et m'ont accompagné durant mon cursus.

Cet espace est très limité pour exprimer ma gratitude, et mes pensées très fortes pour eux, pour avoir été toujours présent dans ma vie tout en partageant les moments de joie et de peine.

Je dédie ce modeste travail à :

Aux êtres les plus chers, les plus proches de moi que moi-même : à mes parents.

A mon père qui était mon exemple et le reste pour toujours que Dieu te protège.

A la femme la plus merveilleuse au monde, tu as pris soin de moi, tu m'as comblé d'amour et de tendresse, depuis naissance et c'est grâce à toi que j'ai pu devenir ce je suis, je te remercie maman, je t'aime et que Dieu te garde pour moi.

A mes chères frères et sœurs : Fatiha, Amel et houcine.

A tous ceux qui m'ont sollicité dans mon travail de près ou de loin.

Remerciements

Je remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience pour pouvoir accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier le Président du jury Dr. ZIRARI Mounir et l'Examinateur Dr. BOUMAHDI Mouloud, qui ont bien voulu nous honorer par leur évaluation de ce mémoire.

J'adresse mon vif remerciement, en tout premier pour leurs patiences et les précieux conseils pour m'avoir dirigée tout au long de ce travail, mon Encadreur Dr. ALLICHE Mounir.

Un grand merci également à Dr. REBHI Redha pour son engagement dans le co-encadrement de ma thèse.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table de matiere

Introductiongénérale……..... 1

CHAPITRE I : Généralités sur les imprimantes 3D

1.1. Définition
générale…….....…2
1.2. Historique sur l'imprimante 3D…….…….……...2
1.3. Le principe de l'impression 3D……..…3
1.4. Les Types d'impression 3D…….....4
1.4.1. Le dépôt filamentaire (Impression avec des fils fondus)……....4
1.4.2. Technologie d'impression 3D par frittage de poudre (sls_ dmls _slm)……5
1.4.3. Formation de poudre pare laser…….……..7
1.4.4. Impression 3D avec impression optique et stéréoscopique…….…7
1.5 Catégories et Fonctionnement d'imprimantes 3D……..9
1.5.1 Les imprimantes 3D cartésiennes…….…9
1.5.2 Les imprimantes 3D polaires……..9
1.5.3 Les imprimantes delta…….……...……10
1.5.4 L'impression 3D avec un bras robotisé…….11
1.6 Domaines d'application…….12
1.6.1 Aéronautique……12
1.6.2 Médecine et recherche……..13
1.6.3 Armes et armée……...…….14
1.6.4 Architecture …….14
1.6.5 Domaine de l'industrie…….15
1.7 Les avantages et les inconvénients de l'imprimante 3D …….....15
1.7.1 Les avantages ……15
1.7.2 Les inconvénients …….16

CHAPITRE II :Conception et étude du modèle d'imprimante 3D

2. Analyse du sujet ……..17

2.1 Cahier des Charges ……..……17

2.1.1 lesBesoins…….17

2.1.2 Contraintes et objectifs……..…17

2.1.3 Analyse demécanismesCHOISI……17

2.1.4 Démarche d'analyse…….……17

2.2 Conception de l'imprimante……18

2.2.1 Schéma cinématique du modèle……..…….18

2.2.2 Démarche de conception…….……19

2.2.3 Choix de solutions……19

2.2.4.1 Choix de Système transmission……...19

2.2.4.2 Choix de Système guidage……..……..20

2.2.4.3 Choix de Système à structure fixe et Pièce de raccordement…….…...20

2.2.5 Dessinde définitionpour chaque profilé . (Annexe)……...…21

2.2.6 Pièces fabriquées……21

2.2.6.1les composants mécaniques fabriquées……..……21

2.2.6.2 Dessinde définitionpour chaquePiècefabriquée . (Annexe)…….....…21

2.2.7 Conception 3D Solidworks pour structure fixe ……...…..21

2.2.7.1les composants mécaniques utilisés dans l'assemblage…….....22

2.2.7.2la Conception 3D Solidworks d'assemblage desupport axes (X) et (Z)…23

2.2.7.3 la Conception 3D Solidworks d'assemblage de support de table

d'axe y mobile……...……24

2.2.7.4la Conception 3D Solidworks d'assemblage de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z ……..25

2.2.7.5 la Conception 3D Solidworks d'assemblage final de l'imprimante 3D.....26

2.3 Etude Cinématique du modèleconçu……..27

2.3.1 Etude Cinématique……..……..27

2.3.1.1 Propriétés de masse des composants……27

2.3.1.2 Etude Cinématique d'assemblage desupport axes (X) et (Z)…….27

2.3.1.3 Informations sur le modèle…….28

2.3.1.4 Propriétés matérielles…….30

2.3.1.5 Fixations de position de charge……31

2.3.1.6 Informations sur le maillage……31

2.3.1.7 Résultats de l'étude Cinématique……32

1.3.1.8 Résultats de forces…….33

2.3.2 Etude Cinématique d'assemblage de table d'axe (y)……...34

2.3.2..1 Informations sur le modèle…….…….34

2.3.2.2 MaterialProperties…….34

2.3.2.3 Informations sur la charge et la gravité……34

2.3.2..4 Informations sur le maillage……35

2.3.2..5 Résultats de forces…….……..……35

2.3.2.6 Résultats de l'étude Cinématique…….35

CHAPITRE IIILa partie electronique, electrique et programmation

3 .La partie électrique et électronique utilisée dans ce projet……37

3.1 Les composants utilisés dans la partie électrique et électronique……..37

3.2 Présentation des caractéristiques de la partie électronique……..37

3.2.1 La carte de contrôle ArduinoMega 2560……37

3.2.1.2 Spécifications techniques de la carte ArduinoMega 2560 Rev3……39

3.2.2ShieldRamps 1.4 pour ArduinoMega 2560…….40

3.2.3 Ecran 12864 LCD Control…….42

3.2.4 Pilote De Moteur Pas À PasA4899 ……43

3.2.4.2 Caractéristiques et avantages du pilote de moteur pas à pas A4988……43

3.2.4.3 A4988 Stepper module de commande de moteur……...…….44

3.2.4.4 Schéma de connexion de cet appareil à un microcontrôleur……..……45

3.2.4.5 Paramètre actuel…….……..46

3.3 Présentation des caractéristiques de la partie électrique…….…….47

3.3.1alimentation électrique…….47

3.3.2. Moteur pas à pas NEMA 17…….48

3.3.2.2 Caractéristiques générales des moteurs utilisés dans le modèle……..49

3.3.2.3 Dimensions de moteur pas à pas……50

3.3.2.4 Schéma de câblage du moteur pas à pas Nema 17 ……50

3. 4 .Softwares de commande du imprimante 3D ……...……51

3.4.1 Les logiciels utilisés ……..51

3.4.2 Les étapes de la programmation de la carte mère Arduino……....52

A……...……52

B……...……53

C……...…53

D……54

E……54

F……....55

G……55

H……..……..56

I……57

J……..57

K…….……58

L……...……...58

M……..59

N……...……60

O……...……60

P……...……61

Q……..61

Conclusion générale……..…62

Annexe.....63

1. Dessinde définitionpour chaque profilé . (Annexe)……64

2. Dessinde définitionpour chaquePiècefabriquée . (Annexe)……....68

3. Réalisation du modèle:……89

3.1 Assemblage de la machine.....90

3.2 Test d'efficacité de la machine……....103

Bibliographique.....104

Liste des figures :

CHAPITRE 1: Généralité dur les imprimantes 3D.

Figure 1.1-2: une Reprap version « Huxley » a imprimé plusieurs objets en 3D…….….4

Figure 1.2: Principe de la technique d'impression 3D FDM …….……...…5

Figure 1.3: Le principe de l'impression 3D l'impression 3D à l'aide d'un fil fusionné ……..…6

Figure 1.4: Image montrant le concept de…….…6

Figure 1.5: Fibre d'impression 3D……..…6

Figure 1.6: Fusion laser sur lit de poudre……..……7

Figure 1.7: Schéma de principe procédé DMLS……...……7

Figure 1.8: l'impression 3D métallique avec le partenaire italien Sisma …….……..8

Figure 1.9: Une coupe transversale d'une buse coaxiale LMD…….……8

Figure 1.10: La technologie SLA utilise un matériau sous forme de résine……...…….9

Figure 1.11: L'impression 3D par liquide Stéréolithographie……..9

Figure 1.12: le prensipe d'impression 3D SLA (stéréolithographie)……...….9

Figure 1.13: Imprimante 3D cartésiennes ……..……10

Figure 1.14: une imprimante 3D polaire……..11

Figure 1.15: Une imprimante delta…….11

Figure 1.16: Une impression 3D avec un bras robotisé…….……..12

Figure 1.17: modéle de turbine blade inspection (High temperature coatings team).…….13

Figure 1.18: La maintenance aéronautique pourra s'appuyer sur l'impression 3D……..…..13

Figure 1.19: La maintenance aéronautique pourra s'appuyer sur l'impression 3D……..…13

Figure 1.20: Imprimante 3D en chirurgie dentaire moderne ……..…14

Figure 1.21: Quand l'impression 3D transforme la médecine moderne ……..……14

Figure 1.22: Implant imprimé en 3D L'impression 3D, pour la santé: un nouveau médicament est ……...…14

Figure 1.23: Aux États-Unis, fabriquer soi-même des armes à feu relève désormais de la liberté d'expression ……..……..15

Figure 1.24: Une imprimante 3D qui ressemble à une gruede bâtiments……15

Figure 1.25: L'impression 3D mobile…….….15

Figure 1.26: Le RAMLAB poursuit la fabrication additive d'une hélice de bateau …..…...16

Figure 1.27: Fabrication additive Impression 3D……..…….16

CHAPITRE II Conception et étude du modèle d'imprimante 3D.

Figure 2.1: Schéma cinématique du modèle Rectangulaire……18

Figure 2.2: Accouplements D'arbres …….……...…….19

Figure 2.3: poleas 20 dientes et correa GT2……...…….20

Figure 2.4: Système de guidage (HGR15) avec (HGH15)…….…….20

Figure 2.5: Tableau des composants mécaniques fabriquées…….21

Figure 2.6: Tableau des composants mécaniques utilisés……..….22

Figure 2.7: Vue éclatée d'assemblage de support axes (X) et (Z)……...23

Figure 2.8: La vue 3D est finale de support axes (X) et (Z)……..….23

Figure 2.9: Vue éclatée d'assemblage de support de table d'axe (y) mobile……..24

Figure 2.10: La vue 3D est finale de la table d'axe (y) mobile…….24

Figure 2.11: Vue éclatée de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z …….25

Figure 2.12: La vue 3D de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z**:…….25**

Figure 2.13: Vue éclatée de les trois parties de l'imprimante 3D ……26

Figure 2.14: La vue 3D de structure d'assemblage final de l'imprimante 3D……..26

Figure 2.15: Tableau de Propriétés de masse des composants……..27

Figure 2.16: Conversion de couple en force axiale:……...……27

Figure 2.17 : Position de la charge et centre de gravité sur **le support axes (X) et (Z)…..**28

Figure 2.18: le maillage de support axes (X) et (Z)……..31

Figure 2.19 : Etude du stress d'assemblage de support axes (X) et (Z)……32

Figure 2.20 : Etude du déplacement d'assemblage de support axes (X) et (Z)……...…….32

Figure 2.21 : Etude du Deformation d'assemblage de support axes (X) et (Z)……33

Figure 2.22 : Position de la charge et centre de gravité sur la table d'axe (y)……34

Figure 2.23: le maillage d'assemblage de table d'axe (y)…….……..35

Figure 2.24: Etude du stress d'assemblage de table d'axe (y)……..35

Figure 2.25: Etude du déplacement d'assemblage de table d'axe (y)……..36

Figure 2.26: Etude du Deformation d'assemblage…….36

CHAPITRE III :La partie electronique, electrique et programmation.

Figure 3.1: Arduino mega 2560 r3 atmega16u2 development board…….……...40

Figure 3.2: Schéma électronique de la carte Arduino Mega 2560……42

Figure 3.3: Ramps 1.4 shield……43

Figure 3.4: alimenté par la ramps 1.4……44

Figure 3.5: 12864 LCD Control Panel Smart Controller Display Compatible with Ramps 1.4 Ramps 1.5 Ramps 1.6 For RepRap Mendel 3D Printer…….…44

Figure 3.6: Generic 12864LCD Panel Câblage typique ……...45

Figure 3.7: côté supérieur du module de commande de moteur pas à pas A4988……46

Figure 3.8: Module de commande de moteur pas à pas par le bas A4988……....46

Figure 3.9: pas à pas le module de commande de moteur avec dissipateur…….46

Figure 3.10: Entoilage A4988 pilote de moteur pas à pas avec le microcontrôleur…….47

Figure 3.11: Les repères de sélection de taille de micropas de module de commande de moteur pas à pas A4988…….……47

Figure 3.12: Le tableau montre comment connecter les trois électrodes pour déterminer la taille de pas dans le moteur pas à pas……..48

Figure 3.13: Prérréglé pour régler la valeur maximale du courant…….48

Figure 3.14: Bloc d'alimentation.....49

Figure 3.15: Schéma de câblage 50

Figure 3.16: Moteur pas à pas NEMA 17 ……51

Figure 3.17: Dimensions de moteur pas à pas nema 17……...52

Figure 3.18: Schéma de câblage du moteur pas à pas Nema 17……..52

Figure 3.19: Arduino programme…….…….53

Figure 3.20: Cura Programme ……..53

Figure 3.21: SolidWorks Programme……54

Figure 3.22: Ouvrez la bibliothèque Marlin dans le programme Arduino……54

Figure 3.23: Ouvrez la bibliothèque Marlin dans le programme Arduino……..……54

Figure 3.24: Cliquons sur Configuration.h…….55

Figure 3.25: Vitesse de communicationet sélectionne la carte mère……..55

Figure 3.26: Nombre d'extrudeurs et diamètre de filament……...56

Figure 3.27: la température minimale et maximale de la buse……..56

Figure 3.28: activer les capteurs fin de cours…….57

Figure 3.29: lavitesse et l'accélération et le nombre de pas dons millimètre…….58

Figure 3.30: La taille et les limites de l'imprimante ……..58

Figure 3.31: Spécifications des buses et température de la table……...59

Figure 3.32: la longueur du fil tiré et la hauteur de la buse ……...…60

Figure 3.33: ouvrez la bibliothèque LCD (U8glib.h)…….60

Figure 3.34: l'activation des sorties LCD……61

Figure 3.35: Sélectionnez la langue……61

Figure 3.36: Activation de supportCarte mémoire SD……...62

Figure 3.37: Sélectionnezlacarte mère (Arduinomega 2560)……62

Figure 3.38: Sélectionnez porte (com4)…….…63

Figure 3.39: Téléchargement de programme sur la carte mère (Arduinomega 2560)…...63

خلاصة

ركز هذا العمل على دراسة وتصنيع الطابعة الديكارتية ثلاثية الأبعاد .صنعنا أولاً جميع الأجزاء الميكانيكية اللازمة لمشروعنا ، ثم قمنا بتجميع الأجزاء اللازمة (الميكانيكية والإلكترونية) ، وللتحكم فيها استخدمنا بطاقة برمجة

(اردوينو ميغا 2560) للتحكم في النظام ،أخيرًا اختبرنا الدقة والسرعة والاستقرارلطابعتنا ثلاثية الأبعاد.

الكلمات الرئيسية: طابعة ثلاثية الأبعاد ، بطاقة برمجة 2560 ميجا أردوينو ، دقة ، سرعة ، ثبات.

RESUME

Ce travail s'est concentré sur l'étude et la fabrication de l'imprimante 3D cartésienne. Nous avons d'abord fabriqué toutes les pièces mécaniques nécessaires à notre projet, puis nous avons assemblé les pièces nécessaires (mécaniques et électroniques), et pour les contrôler nous avons utilisé une carte de programmation "2560 Mega Arduino" pour contrôler le système ,

Enfin, nous avons testé la précision, la vitesse et la stabilité de notre imprimante 3D

Mots clés: imprimante 3D, carte de programmation 2560 Mega Arduino, précision, vitesse, stabilité.

ABSTRACT

This work focused on the study and manufacture of the Cartesian 3D printer. We first made all the mechanical parts necessary for our project, then we assembled the necessary parts (mechanical and electronic), and to control them we used a programming card "2560 Mega Arduino" to control the system, Finally, we tested the accuracy, speed and stability of our 3D printer

Keywords: 3D printer, 2560 Mega Arduino programming card, precision, speed, stability.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Dans ce projet de fin d'étude, nous avons choisi un sujet spécial pour l'imprimante 3D en raison de son importance dans l'industrie, l'idée de l'imprimante 3D est lancée à partir de La nécessité de former des pièces complexes et impossibles à obtenir à partir des méthodes de fabrication conventionnelle.

L'idée de l'imprimante 3D a été proposée pour la première fois par Arthur C. Clarke en 1960. Cette idée a vu le jour en 1972 par le professeur Tournesol dans le domaine de l'animation, et le premier modèle a été lancé en 1984 par trois Français: Jean-Claude André et Olivier de WIT et Alain Le Mehuti pour CILAS ALCATEL et ont lancé la première imprimante 3D fin 1988.

Dans cette thèse, nous allons réaliser une imprimante 3D cartésiennes et étudier le côté hardware et Software Et aussi l'étude statique.

Dans le premier chapitre, nous présentons des généralités sur l'imprimante 3D, la définition générale et un aspect historique, en précisant les différents types d'imprimantes et leurs domaines d'utilisation. Avec l'identification des avantages et des inconvénients.

Dans le deuxième chapitre, nous avons analysé le sujet et développé une conception structurelle avec un choix du type d'imprimante 3D. Nous avons identifié les pièces utilisées pour construire le modèle avec le dessin industriel de chaque pièce que nous avons fabriquée. Nous avons développé des conceptions 3D et des études statiques à l'aide de SolidWorks

Dans le troisième chapitre, nous avons étudié les aspects électriques, électroniques et programmatiques du contrôle de l'imprimante 3D. Avec spécification du système utilisé dans le circuit électronique avec définitions. Nous avons identifié le logiciel utilisé et identifié les étapes de programmation de la carte mère.

A la fin, nous terminons cette thèse par une conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Dans cette thèse, nous avons étudié et conçu une imprimante 3D de type cartésiennes Nous avons apporté les matériaux choisis dans la conception. Nous avons fabriqué des pièces conçues pour réaliser la partie mécanique et électronique du modèle

Dans la partie pratique, nous avons assemblé la structure mécanique avec la connexion de circuits électroniques et les moteurs

Malgré une étude approfondie du modèle, nous avons été exposés à certains problèmes dons la première expérience.

Au final, tous les problèmes liés aux pièces mécaniques et électroniques ont été corrigés

Le modèle que nous avons réalisé fonctionne bien à la fin et le coût total des matériaux utilisés varie entre 250 000 DA et 300 000 DA

Le coût global du modèle, comparé à l'efficacité, est bon

A la fin, on dit que la technologie des imprimantes 3D est une technologie facile à appliquer et accessible à tous et efficace dans le domaine industriel.

CHAPITRE I :

Généralités sur les imprimantes 3d

CHAPITRE I : Généralités sur les imprimantes 3D

1.1 Définition générale

L'imprimante 3D est une machine pour fabriquer et former des pièces complexes. Contrôlé numériquement conception assistée par ordinateur (CAO).

La différence entre eux et la machine CNC est que l'imprimante 3D fonctionne avec le principe de l'ajout de matière couche par couche POUR crée le volume jusqu'à obtenir la pièce finale, contrairement à la machine CNC, qui dans son principe dépend de l'enlèvement de la matière à l'aide d'un outil de fraisage ou de tournage.

Après l'an 2000, l'imprimante a été développée pour pouvoir imprimer dans différents matériaux tels que le plastique (PLA/ABS) et les matériaux métalliques tels que le fer et l'aluminium.

Et enfin, le développement de l'aspect numérique de l'imprimante est également devenu plus précis

1.2 Historique sur l'imprimante 3D

L'idée de l'imprimante 3D a traversé depuis le début de l'idée en **1960** jusqu'à cette année dans les étapes de développement suivantes

*Tout a commencé en **1960** Grâce au scientifique Arthur C. Clarke, les premières idées d'imprimantes 3D sont apparues

* En **1972**, le professeur Tournesol a inventé une photocopieuse tridimensionnelle pour une utilisation dans le domaine de l'animation et l'utilisera pour imiter des œuvres d'art volées dans de grands musées

* Le **16 juillet 1984,** le premier brevet de "poursuite de l'industrialisation" a été déposé par trois Français: Jean-Claude André, Olivier de Witte et Alain Le Mihute, pour la société CILAS ALCATEL. Deux semaines plus tard, l'Américain Chuck Hull a acquis le SLA pour Stereo Lithography Apparatus. Ce brevet est le nom racine de l'extension de fichier print .stl et de 3D Systems

* Cette dernière a lancé fin **1988** la première imprimante 3D, SLA-250.

*En 1995 apparaît la technologie d'impression 3D métallique DMLS

* En 2003 apparaît le procédé de collage de feuilles de papier A4, le 3DPP, pour l'impression papier 3D.

* En 2000, les premières imprimantes 3D sont apparues, impraticables et encore soumises à développement et recherche.

*En 2005 naît la première imprimante couleur(entreprise ZCorporation)

*L'année 2006 voit le projet de la naissance RepRap, premier projet open source d'imprimante 3D, par le Dr Adrian Browyer, alors professeur en génie mécanique à l'Université de Bath. Il ouvre la voie aux futurs imprimantes domestiques, qui consiste à pouvoir construire par soi-même une imprimante 3D en technologie de dépôt de fil fondu. Il donne naissance à la culture maker.

*Depuis 2010, La précision de l'impression et les typologies de matériaux augmentent sans cesse et l'avenir promet des progrès techniques10 . [1].

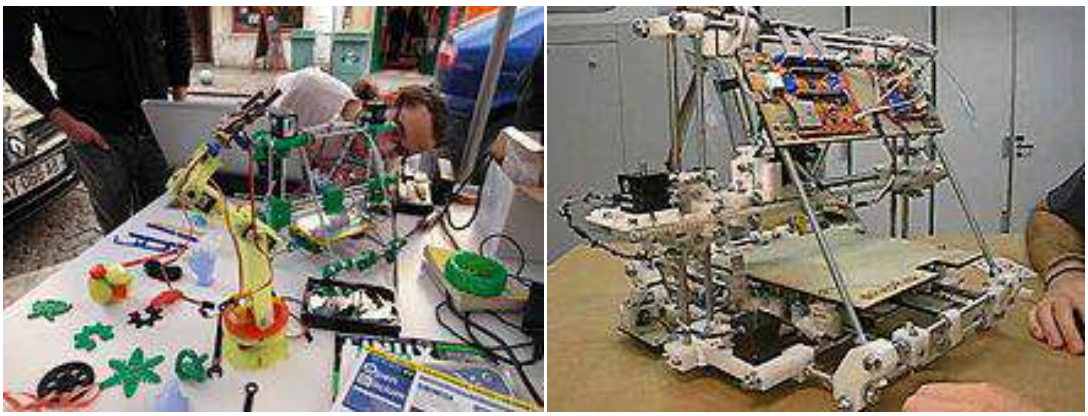


Figure 1,2 :une Reprap version « Huxley » a imprimé plusieurs objets en 3D

1.3 Le principe de l'impression 3D

Le principe de l'impression 3D est de former des pièces de volume et de forme complexes. Et cela se fait par le dépôt de plusieurs couches où chaque couche est imprimée impression bidimensionnelle et donc la troisième dimension est formée et par conséquent la taille est formée

Les buses des imprimantes se déplacent en général suivant 3 axes (3 translations d'espace : largeur (X+), profondeur (Y+), hauteur (Z+)). Certaines imprimantes 3D, plus sophistiquées, rajoutent 2 rotations sur la tête de buse (A+ et B+) facilitant la conception des supports nécessaires à certaines pièces. En impression 3D, la pièce est réalisée par ajout de matière et non par enlèvement.

L'épaisseur de chaque couche est facultative par l'utilisateur, mais le choix se situe entre 0,5 à 1 mm d'épaisseur pour une impression plus rapide et une qualité de surface inférieure. Ou avec une faible épaisseur, elle est de 0,1 à 0,4 mm contre une meilleure qualité de surface et une vitesse d'impression plus faible [2].

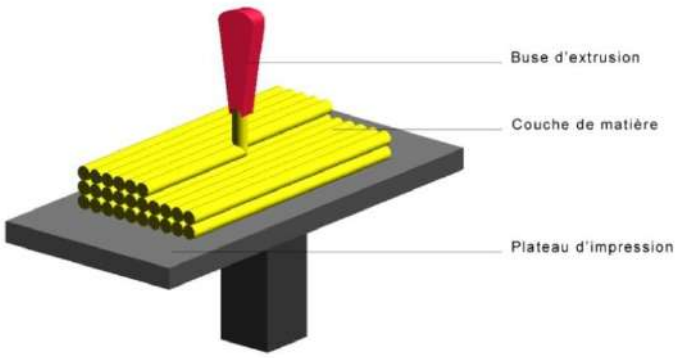


Figure.2 : Principe de la technique d'impression 3D FDM
mémoire fablabensa pvs.wordpress.com

1.4 Les Types d'impression 3D

L'impression tridimensionnelle a été développée pour la nécessité d'améliorer les performances, la vitesse, la précision et la qualité, et pour l'utilisation de la technologie d'impression 3D dans des domaines plus larges grâce au développement et à la diversification des matériaux utilisés dans l'impression. Et le développement des technologies de contrôle

1.4.1 Le dépôt filamentaire (Impression avec des fils fondus)

Impression par fusion de fils métalliques, vitreux ou plastiques à l'aide d'une buse très chaude.

Ce procédé développé en 1988 sous le nom de Fused Deposition Modeling (FDM) se compose d'une tête distributrice de matière fondue, montée sur une mécanique sans contact à orientation XY. Le principe est simple : la tête fait fondre la matière qui se présente sous la forme d'un fil thermofusible déposé sur la pièce en cours de réalisation avec solidification immédiate [3].

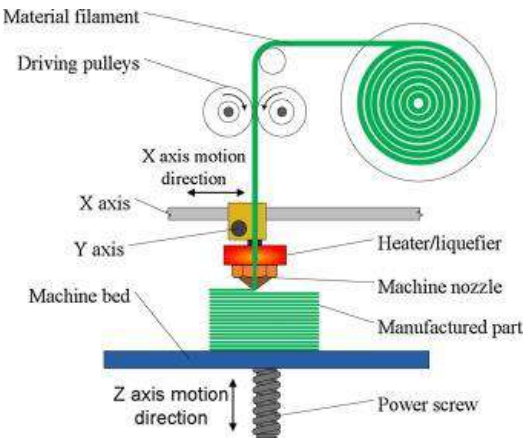


Figure .3 : Le principe de l'impression 3D l'impression 3D à l'aide d'un fil fusionné

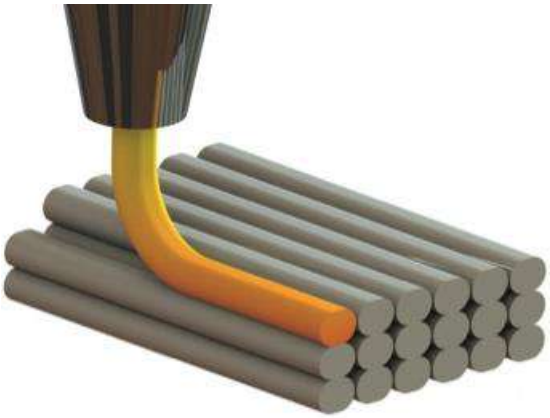


Figure .4 : Image montrant le concept de



Figure.5 : Fibre d'impression 3D

1.4.2 Technologie d'impression 3D par frittage de poudre (sls_ dmls _slm)

Le concept est du à Pierre Ciraud au début des années 70, il a l'idée de produire des pièces en 3 dimensions à partir d'un matériau sous forme de poudre et de laser pour la montée en température. Il faut attendre 1992 pour qu'une première machine soit commercialisée par DTM à partir d'un brevet déposé par M.Deckard aux USA. Sa compagnie a déposé le nom de SLS, Selective Laser Sintering, elle a été rejointe en 1994 par EOS (Allemagne) avec le procédé LS ,Laser Sintering transformé en Direct Manufacturing Laser Sintering (DMLS) quelques années plus tard. Ce procédé consiste à lier le matériau sous forme de poudre pour former la géométrie de la pièce.

Il existe plusieurs procédés pour fondre localement les grains du matériau mais les résultats obtenus sont différents :

- Les grains peuvent être agglomérés, il n'y a pas fusion et les pièces obtenues présentent une porosité non négligeable ;

- les grains sont fusionnés localement la pièce possède une structure sans porosité, a pression 3D utilisant la technologie laser

Ce procédé est plus récent que la stéréolithographie, il nécessite un faisceau haute énergie, soit laser soit faisceau d'électrons qui vient porter à haute température le matériau.

1 – La poudre est déposée en une fine couche par un distributeur ;

2 – elle est ensuite étalée avec divers procédés ;

3 – le faisceau est ensuite dirigé selon la coupe stratifiée de la pièce pour solidifier une nouvelle partie de la pièce. [4].

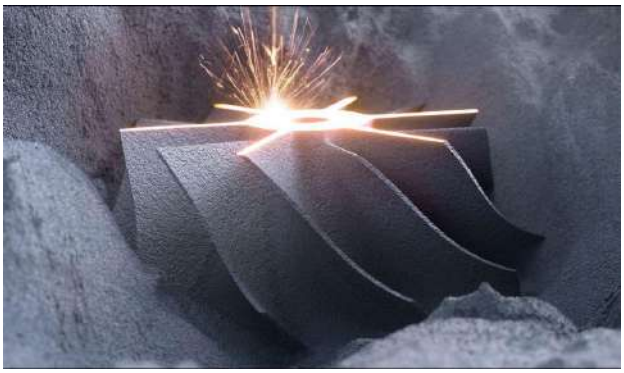


Figure .6 : Fusion laser sur lit de poudre

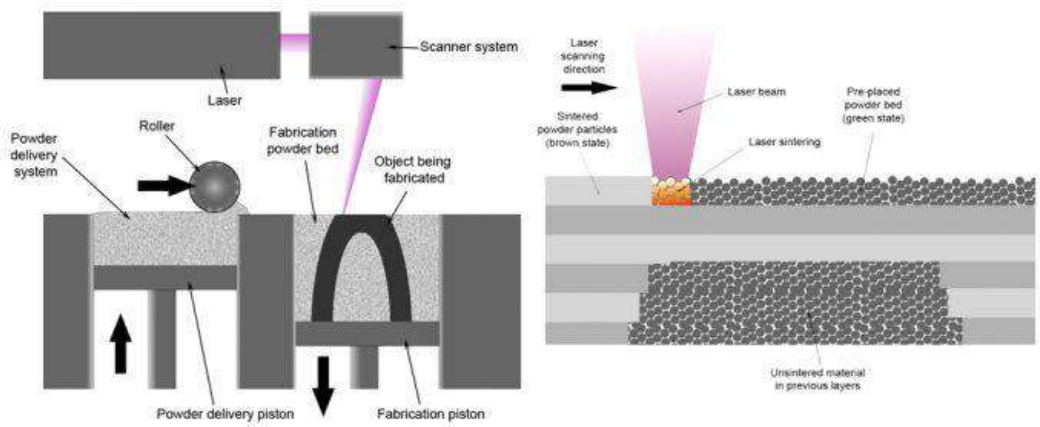


Figure .7 : Schéma de principe procédé DMLS

1.4.3 Formation de poudre pare laser

De nombreuses technologies, en cours de développement, visent à produire des pièces mécaniques à l'aide d'un dépôt de poudre dirigé et mis en fusion avec un LASER de forte puissance. Les procédés L.P.F. fonctionnent, comme le frittage de poudre métallique, à partir de poudres métalliques et d'un LASER de forte puissance. Ce sont les seuls point communs, en LPF les grains de poudres sont amenés à la température de fusion et ne sont pas prèdistribués par couches d'épaisseur donnée. Une tête, positionnée dans l'espace de travail, dépose un fin cordon de matière rapidement solidifiée. Les matériaux utilisables sont exclusivement métalliques. Des alliages de hautes caractéristiques mécaniques et/ou thermiques sont utilisables.

Les dispositifs mis sur le marché sont très récents et vont connaitre de grandes évolutions car la technologie est prometteuse et se trouve au début de son développement. Les innovations apportées par ces procédés portent sur l'utilisation des LASER de forte puissance (1500 W mini) et sur la création d'une tête associant focalisation et dépôt localisé de matière. Le positionnement de la tête dans l'espace de travail est plus classique, avec la reprise de machines 5 axes ou de robots 6 axes [5].



Figure.8 :l'impression 3D métallique avec le partenaire italien Sisma

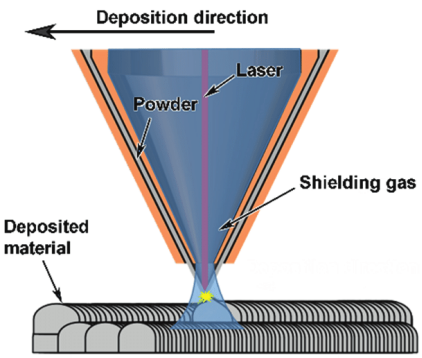


Figure.9 : Une coupe transversale d'une buse coaxiale LMD

1.4.4 Impression 3D avec impression optique et stéréoscopique Stéréolithographie

Fonctionnement de l'impression 3D par Stéréolithographie

Comme pour toute technique d'impression 3D, un fichier numérique est nécessaire et peut s'obtenir via un logiciel de CAO comme SolidWorks, Sculpt ou Maya par exemple. Ce

fichier, souvent au format STL, est transmis à la machine, où un second logiciel (appelé slicer) réalise une découpe du modèle en fines couches d'impression d'une épaisseur fixe. Une fois le fichier découpé, les instructions sont alors envoyées à l'imprimante 3D.

Parmi les différents composants d'une machine de Stéréolithographie, on retrouve un bac de résine, une plate-forme mobile (axe Z), un système de raclage (axe X), un laser à rayons UV, une optique de focalisation et un miroir galvanométrique (axes X et Y).

Le faisceau laser balaie la surface de la résine liquide selon le modèle 3D numérique fourni à l'imprimante. Une fois la première couche de matériau solidifiée, la plate-forme descend d'un niveau, correspondant à l'épaisseur d'une couche d'impression, et une nouvelle section est alors solidifiée. Il y a autant de cycles d'impression que de couches nécessaires à l'obtention du volume complet de la pièce.

Sur certains modèles de machines SLA (comme chez Formlabs par exemple), la production de la pièce se fait à l'envers. La plate-forme est immergée dans le bac de résine après chaque couche solidifiée tandis que le laser agit de bas en haut. [6].



Figure.10 : La technologie SLA utilise un matériau sous forme de résine

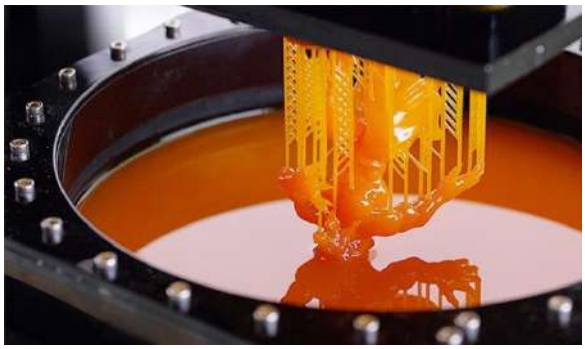


Figure.11 :L'impression 3D par liquide Stéréolithographie

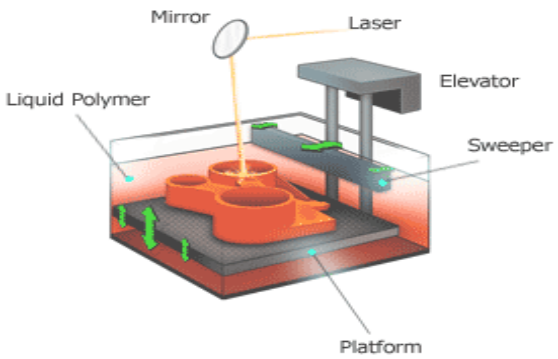


Figure .12 :le prensipe d'impression 3D SLA (stéréolithographie)

1.5 Catégories et Fonctionnement d'imprimantes 3D.

Quand nous parlons des différents types d'imprimantes 3D, nous évoquons surtout les technologies qui existent derrière comme le dépôt de matière fondue (FDM), la stéréolithographie, le frittage sélectif laser, le modelage à jets multiples, etc. Mais qu'en est-il des différents types de machines qui existent pour une même technologie et du fonctionnement d'une imprimante 3D? On s'intéresse aujourd'hui aux imprimantes 3D FDM : les cartésiennes, les delta, les polaires et les bras robotisés.

1.5.1 Les imprimantes 3D cartésiennes.

Ce sont les plus courantes sur le marché des imprimantes FDM. Basée sur le système des coordonnées cartésiennes en mathématiques, cette technologie utilise trois axes (X, Y et Z) pour déterminer les bonnes positions et direction de la tête d'impression. Avec ce type d'imprimante, le plateau d'impression se déplace normalement sur l'axe Z uniquement, avec la tête d'impression fonctionnant sur deux dimensions, sur le plan X-Y. Les deux marques les plus connues de ce marché, Ultimaker et Makerbot, font partie de cette catégorie de machine.



Figure .13 : Imprimante 3D cartésiennes

1.5.2 Les imprimantes 3D polaires.

Ce type d'imprimantes utilise le système de coordonnées polaires. Le positionnement n'est pas déterminé par les trois cordonnées X, Y et Z mais par un angle et une longueur ce qui veut dire que le plateau tourne et se déplace en même temps dans une seule direction. L'extruder bouge de haut en bas.

Le principal avantage de cette technique est qu'elle fait appel à deux moteurs seulement alors qu'il en faut au moins trois pour les imprimantes cartésiennes. Sur le long terme, l'imprimante

polaire a une plus grande efficacité énergétique. Elle peut fabriquer des objets plus grands tout en utilisant moins d'espace.



Figure .14 :une imprimante 3D polaire

1.5.3 Les imprimantes delta.

Elles sont de plus en plus nombreuses sur le marché de l'impression 3D. On pense notamment à celle développée par les deux étudiants suisses : ils ont mis au point une imprimante 3D à six axes, basée sur la technologie delta. Ces machines fonctionnent avec des coordonnées cartésiennes ; leur principale caractéristique est le plateau d'impression rond associé à l'extrudeur qui est fixé à trois points dans la structure triangulaire. Chacun de ces points d'attache se déplace de haut en bas, déterminant ainsi la position et la direction de la tête d'impression, les imprimantes delta ont été conçues pour accélérer le processus d'impression. Quant au plateau d'impression fixe, il est utile pour des projets spécifiques. Toutefois, il est souvent dit que ce type d'imprimante n'est pas aussi précis qu'une imprimante cartésienne classique.



Figure .15 : Une imprimante delta

1.5.4 L'impression 3D avec un bras robotisé.

Les bras robotisés sont plutôt connus pour assembler des composants sur des lignes de production industrielle, notamment dans de grandes usines automobiles. Ils sont peu utilisés pour extruder du filament. L'impression 3D via ces machines est encore au stade de développement, seules quelques entreprises utilisent cette technologie pour la construction de maisons par exemple. Toutefois, l'utilisation de cette méthode d'impression FDM augmente parce que le processus n'est pas fixé à un plateau d'impression la rendant ainsi beaucoup plus mobile. Les bras robotisés peuvent tourner à 360° et permettre ainsi de grands volumes d'impression. Grâce à la flexibilité du positionnement de sa tête d'impression, la création de structures complexes est plus facile. Notons toutefois que la qualité finale d'impression n'est pas aussi bonne que sur les imprimantes cartésiennes classiques.



Figure .16 : Une impression 3D avec un bras robotisé

1.6 Domaines d'application

Les domaines où l'imprimante 3D est considérée comme une machine d'importance technique et efficace nécessaire dans un domaine sensible tel que :

1.6.1 Aéronautique

EADS, la maison mère d'Airbus a des projets visant à produire toutes les parties des avions par des techniques d'impression tridimensionnelle. Airbus produit déjà certaines parties de ces avions grâce au procédé d'impression 3D notamment pour l'A350 XWB36. Ce qui est précieux pour l'aéronautique, ce sont les pièces 30 à 55% plus légères, en comparaison des productions traditionnelles et à la main. L'A350 adopte déja plus de 1 000 pièces fabriquées de cette manière37.

SpaceX a réussi en 2014 à remplacer certaines composantes (métalliques) de leurs fusées avec des piè [8].



Figure.17 : modéle de turbine blade inspection (High temperature coatings team)

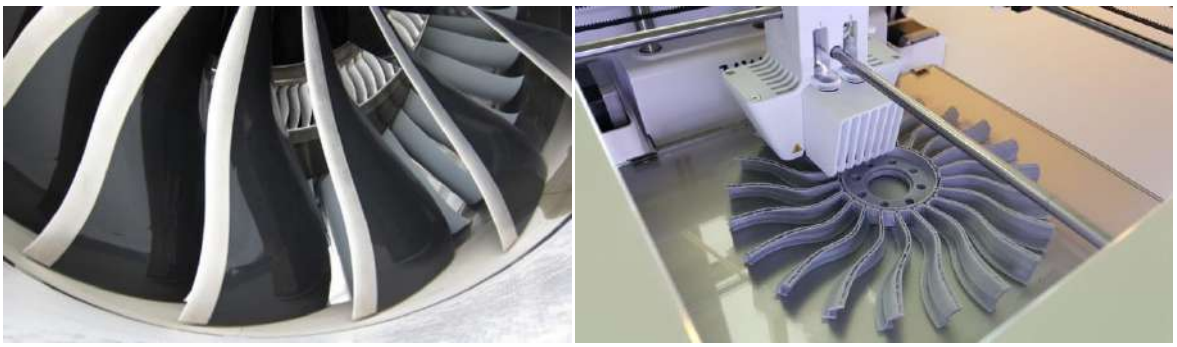


Figure.18 ;19 :La maintenance aéronautique pourra s’appuyer sur l’impression 3D

1.6.2 Médecine et Chirurgie

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, bras, 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.

Il est possible d'imprimer des prothèses adaptées à la morphologie de personne, des tissus humains peuvent également être créés grâce à l'impression 3D par laser, c'est le défi de l'entreprise (Bordelaise Poietis). [9].



Figure.20 : Imprimante 3D en chirurgie dentaire moderne



Figure.21 : Quand l'impression 3D transforme la médecine moderne



Figure.22 : Implant imprimé en 3D L'impression 3D, pour la santé: un nouveau médicament est né.

1.6.3 Armes et armée

Ce projet d'armes a été utilisé par l'armée américaine.
Le commandement de l'armée a suggéré de concevoir des usines mobiles dans le but de fabriquer des pièces en plastique pour les fusils et les armes

Selon l'armée américaine, l'impression 3D réduit les coûts de production de 97% et les délais de production de 83% 33. [10].



Figure.23 : Aux États-Unis, fabriquer soi-même des armes à feu relève désormais de la liberté d'expression

1.6.4 Architecture

Les imprimantes 3D sont utilisées pour incarner des conceptions typiques pour la construction architecturale et ont été développées pour pouvoir réaliser et construire des conceptions de taille normale, en 2013, WinSun a construit dix maisons et villas, avec impression 3D, en mars 2017, une start-up américaine a imprimé une maison 3D complète en seulement vingt-quatre heures. [11].



Figure.24 : Une imprimante 3D qui ressemble à une gruede bâtiments



Figure .25 :L'impression 3D mobile

1.6.5 Domaine de l'industrie

L'impression 3D occupe une position clé dans l'industrie, car elle s'est développée début 2010 pour pouvoir imprimer avec des matériaux métalliques et avec une grande précision.



Figure.26 : Le RAMLAB poursuit la fabrication additive d'une hélice de bateau

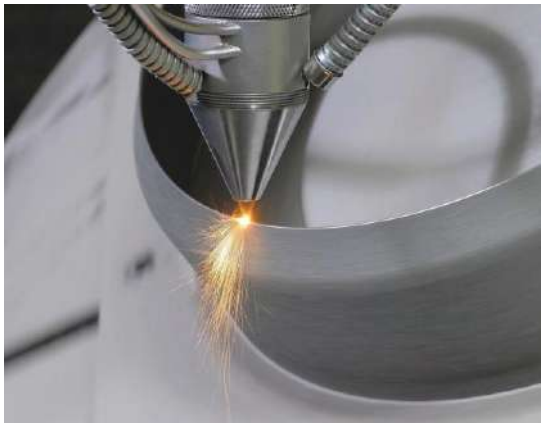


Figure.27 : Fabrication additive Impression 3D

1.7 Les avantages et les inconvénients de l'imprimante 3D

Les avantages et les inconvénients de l'imprimante 3D sont :

1.7.1 Les avantages

* La possibilité de fabriquer des pièces complexes de différentes tailles
* Il nous permet de fabriquer facilement des pièces individuelles
* Fabriquer des objets de toutes sortes ;
* Réparer les objets cassés ;
* L'amélioration des conditions de vie ;
* Forte personnalisation possible des biens et produits, à bas coût ;
* Design et production efficace (légèreté, résistance, complexité) ;
* Variété de production (capacité à produire des biens différents) ;
* Capacité de production d'objets très petits (échelles macro et nanoscopiques) ;

* Peu de déchets lors de la fabrication ;
* Production à la demande, en volumes réduits .
* Production locale, proche des lieux de consommation ;
* Production accessible à tous, peu de barrières à l'entrée ;
* Fort potentiel d'innovation dans la distribution et la fourniture de services. [12].

1.7.2 Les inconvénients

* Matériaux et tailles limités ;
* La fabrication des pièces prend trop de temps, plus le volume est important
* La potentielle création d'armes ;
* Production non compétitive de grands volumes de produits ;
* Variété encore limitée des matériaux utilisés pour les impressions ;
* Coût potentiellement élevé des matériaux de base utilisés comme intrants ;
* Difficulté de combiner plusieurs matériaux (notamment dans l'électronique) ;
* Impression complexe d'objets de grande taille ;
* Qualité et durabilité limitées des biens finaux ;[13].

CHAPITRE II

Conception et étude du modèle d'imprimante 3D

2. Analyse du sujet

2.1 Cahier des Charges

2.1.1 les Besoins

- La conception d'une imprimante 3D industrielle professionnelle qui peut supporter un travail à long terme et former des pièces de grande taille et travaille sur la technologie de l'ajout de matière plastique

- Professionnel et distinctif

- Facile à utiliser

- Durable et efficace avec des performances maximales

2.1.2 Contraintes et objectifs

- Volume utile 500*500*500

- Structure solide qui résiste aux conditions difficiles des ateliers industriels

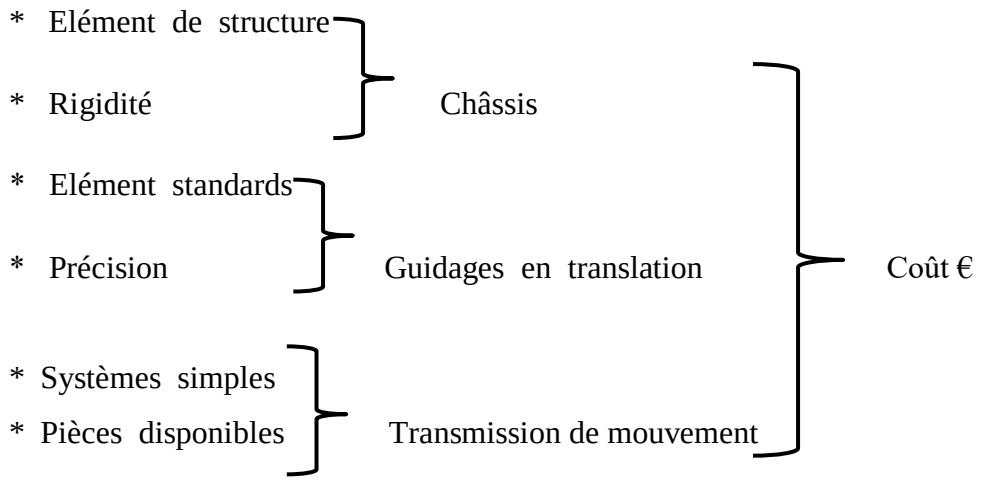
- Le coût le plus bas possible

- Utilisez le nombre maximum d'articles standard disponibles localement

2.1.3 Analyse de mécanismes CHOISI

Le modèle que nous avons choisi d'étudier est un modèle Structure Rectangulaire

2.1.4 Démarche d'analyse



2.2 Conception de l'imprimante

2.2.1 Schéma cinématique

- Rigidité
- Encombrement
- Précision

* Détermination des liaisons cinématiques glissantes .

- [L1 .L2] Liens coulissants de l'axe (Z)
- [L3] Liens coulissants de l'axe (X)
- [L4 ;L5 ;L6] Liens coulissants de l'axe (Y)

* Détermination des objets solides.

- [S1] Corps solide de l'axe [Z] En plus d'une base fixe
- [S2] Corps solide de l'axe [Y]
- [S3] Corps solide de l'axe [X]

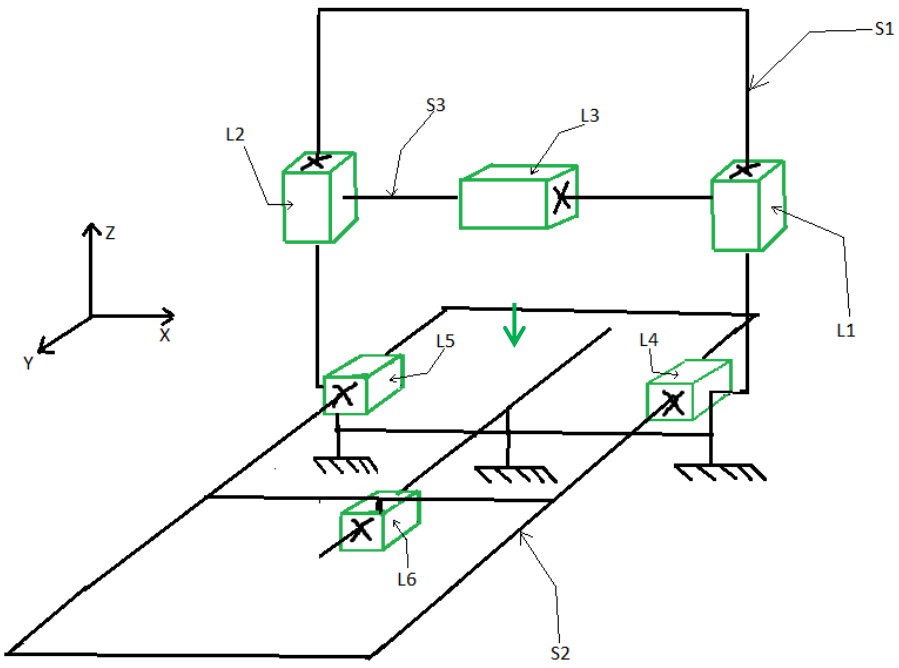
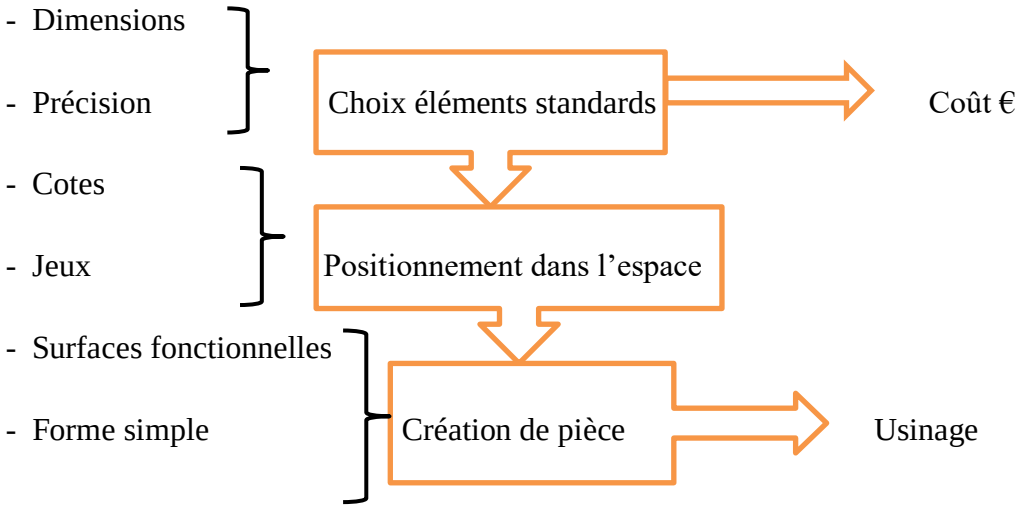


Figure (1): Schéma cinématique du modèle Rectangulaire

2.2.2 Démarche de conception



2.2.3 Choix de solutions

- Système de transmission
- Système de guidage
- Système à structure fixe et Pièce de raccordement

2.2.4.1 Choix de Système transmission

- Liaison hélicoïdale Sur l'axe (Z) (Vis / écrou) (M8*1.25) et le écrou nous le montrons dans le dessin de définition.
- coupleur d 'arbre 25 mm/ 19mm/ 5mm en aluminim .

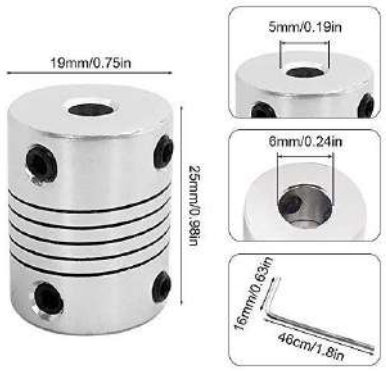


Figure (2): Accouplements D'arbres

- Système de transmission sur les axes (X) et (Y) En utilisant poleas 20 dientes et correa GT2

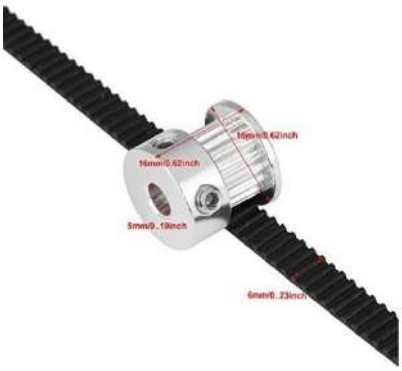


Figure (3): poleas 20 dientes et correa GT2

2.2.4.2 Choix de Système guidage

- Glissières linéaires (HGR15)
- Patineur (HGH15)



Figure (4): Système de guidage (HGR15) avec (HGH15)

2.2.4.3 Choix de Système à structure fixe et Pièce de raccordement.

- Pour la structure fixe , nous avons choisi le Profilé 5008 en aluminium à cadre fixe.
- Pour le support d'axe (X) nous avons choisi le Profilé 2060 en aluminium .
- Pour assembler le Profilé 5008 nous avons choisil les Pièces de raccordement Forme (L) Longitudinal et transversal.

2.2.5 Dessin de définition pour chaque profilé . (Annexe).

2.2..6 Pièces fabriquées.

2.2.6.1 les composants mécaniques fabriquées.

N°	Les pièces fabriquées	Nombre de pièces
1	Support moteur pas à pas de l'axe (X) en aluminium.	1
2	Support moteur pas à pas de l'axe (Y) en aluminium.	2
3	Support moteur pas à pas de l'axe (Z) en aluminium.	2
4	Support moteur pas à pas de L'extrudeuse (E) en aluminium.	1
5	Bride de fixation de chaîne en plastique sur axe X en aluminium	1
6	Porte écrou gauche pour transmission sur axe Z en aluminium	1
7	Porte écrou droite pour transmission sur axe Z en aluminium	1
8	écrou (M8*1.25mm) pour le mouvement au niveau de l'axe (Z).	2
9	Le couvercle extérieur du châssis et du système électronique .	1
10	Support de montage pour patineur (HGH15) sur l'axe Z	2

Figure (5): Tableau des composants mécaniques fabriquées.

2.2.6.2 Dessin de définition pour chaque Pièce fabriquée . (Annexe).

2.2.7 Conception 3D Solidworks pour structure fixe .

Le modèle d'imprimante 3D se compose de trois parties principales, dont deux sont mobiles et la troisième est fixe, Chaque partie se compose d'un assemblage des pièces

- assemblage de support des axes x et z est mobile
- assemblage de support de table d'axe y mobile
- assemblage de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z

2.2.7.1 les composants mécaniques utilisés dans l'assemblage .

	Les Composants	Nombre de pièces
assemblage de support des axes x et z est mobile	Profilé 2060 en aluminium	1
	Moteur pas à pas nema 17	1
	poleas 20 dientes et correa GT2	1
	Patineur (HGH15)	3
	Glissières linéaires (HGR15)	1
	Support de roue à chaîne	1
	Support de montage pour patineur (HGH15)	2
	Porte écrou gauche	1
	Porte écrou droit	1
	écrou (M8*1.25mm)	2
	Bride de fixation de chaîne	1
	Support moteur pas à pas de l'axe (X)	1
assemblage de support de table d'axe y mobile	Profilé 5008 en aluminium	5
	Piéce de raccordement forme (L) tronsversal	12
	Patineur (HGH15)	1
	Glissières linéaires (HGR15)	2
	Plaque de verre 700 * 656mm	1
	Support moteur pas à pas de l'axe (Y)	2
	Moteur pas à pas nema 17	2
	poleas 20 dientes et correa GT2	2
assemblage de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z	Moteur pas à pas nema 17	3
	coupleur d 'arbre	2
	Tige filetée (M8*1.25mm)	2
	Support moteur pas à pas de l'axe (Z) et (E)	3
	Patineur (HGH15)	2
	Glissières linéaires (HGR15)	3
	Profilé 5008 en aluminium	21
	Piéce de raccordement forme (L) tronsversal	20
	Piéce de raccordement forme (L) longitudinal	20
		129

Figure (6): Tableau des composants mécaniques utilisés

2.2.7.2 la Conception 3D Solidworks d'assemblage de support axes (X) et (Z)

Assemblage de pièces pour le support axes (X) et (Z) avec le programme SolidWarks.

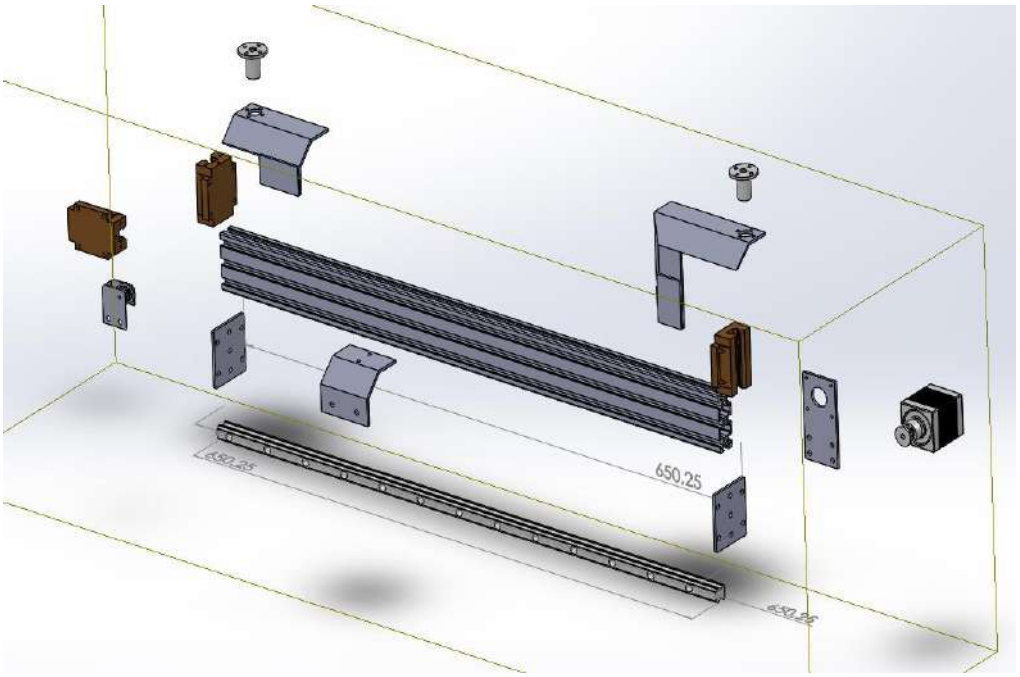


Figure (7): Vue éclatée d'assemblage de support axes (X) et (Z)

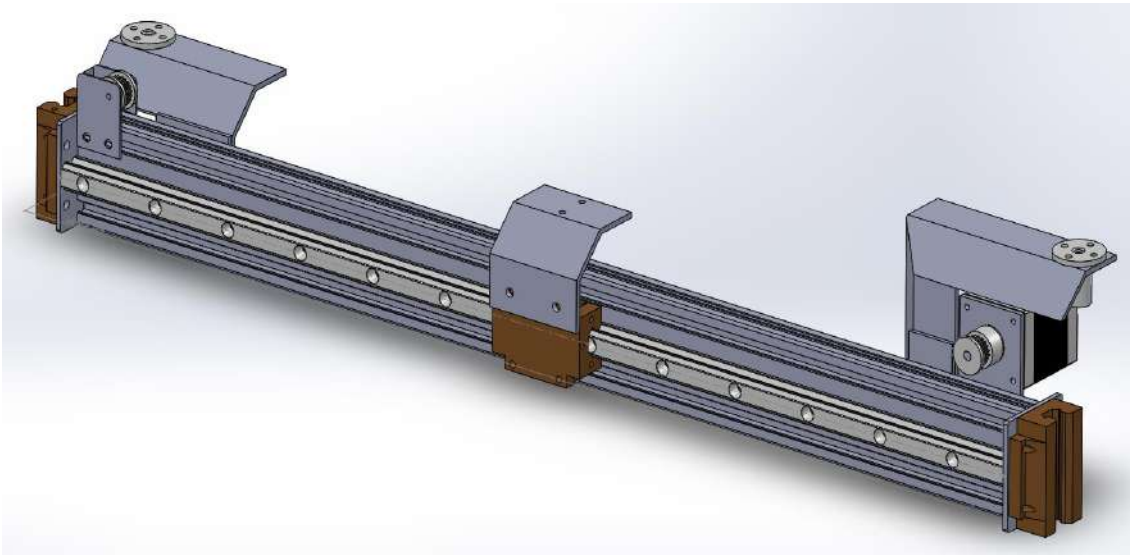


Figure (8): La vue 3D est finale de support axes (X) et (Z)

2.2.7.3 la Conception 3D Solidworks d'assemblage de support de table d'axe y mobile

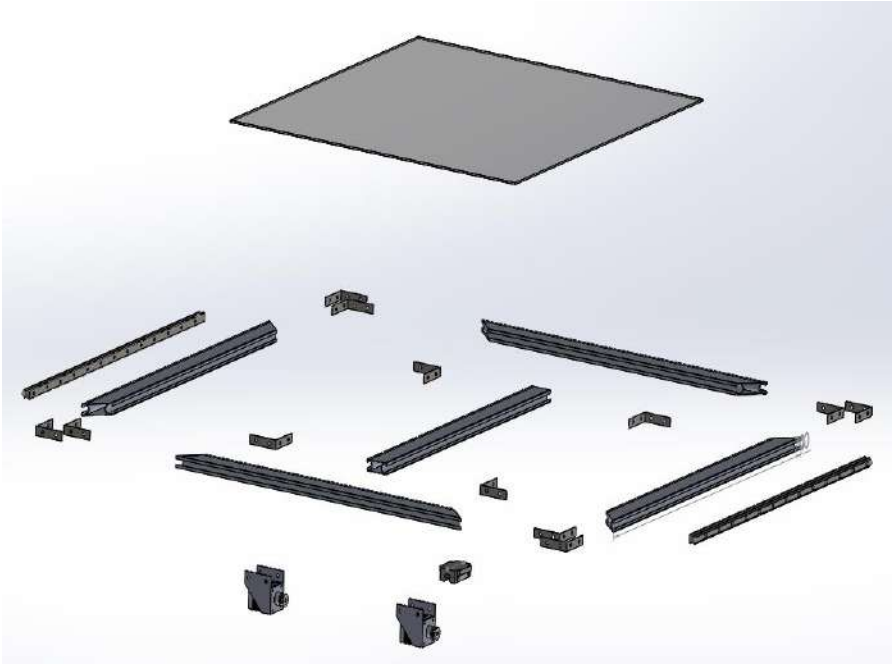


Figure (9): Vue éclatée d'assemblage de support de table d'axe (y) mobile



Figure (10): La vue 3D est finale de la table d'axe (y) mobile

2.2.7.4 la Conception 3D Solidworks d'assemblage de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z

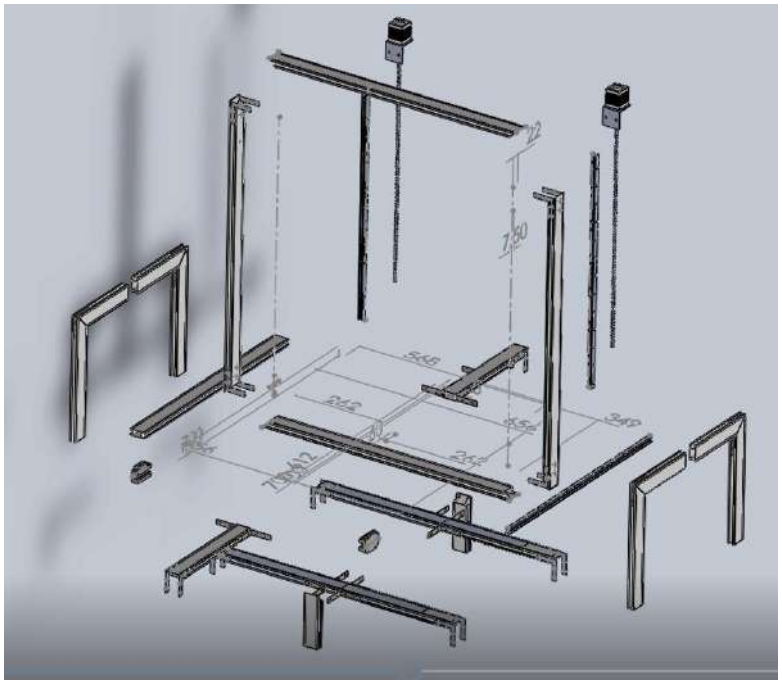


Figure (11): Vue éclatée de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z

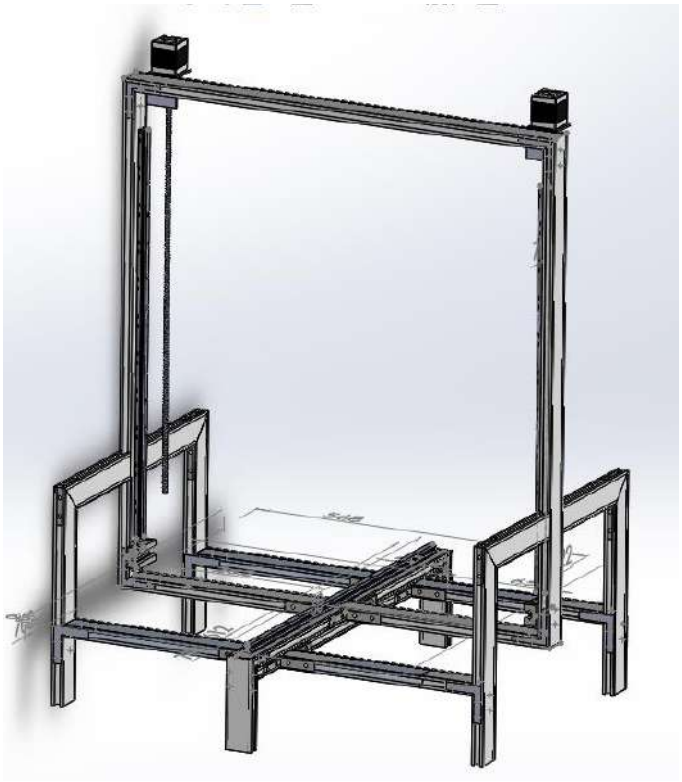


Figure (12): La vue 3D de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe y-z

2.2.7.5 la Conception 3D Solidworks d'assemblage final de l'imprimante 3D



Figure (13): Vue éclatée de les trois parties de l'imprimante 3D



Figure (14): La vue 3D de structure d'assemblage final de l'imprimante 3D

2.3 Etude Cinématique du modèle conçu .

2.3.1 Etude Cinématique

2.3.1.1 Propriétés de masse des composants.

1	Masse (grammes)	Centre de masse (millimètres)	Volume (millimètres cubes)
assemblage de support des axes (x) et (z) est mobile	1144,04	X = 160,51 Y = 345,94 Z = 553,33	507.35020
assemblage de support de table d'axe (y) mobile	6115,03	X = 211,62 Y = 379,63 Z = 623,99	241.358538
assemblage de structure extérieure fixe et support de glissière d'axe (y-z)	8057.94	X = 258,95 Y = 827,56 Z = 860,92	263.380313
La structure globale de l'imprimante 3D conçue	15317,01	X = 258,95 Y = 827,56 Z = 860,92	555.473871

Figure (15): Tableau de Propriétés de masse des composants.

2.3.1.2 Etude Cinématique d'assemblage de support axes (X) et (Z).

Pour transmettre le mouvement à l'axe Z, nous utilisons le moteur NEMA 17 avec un couple de 0,4 Nmm avec une vis écrou de 8 mm de diamètre (M8, pas de 1.25mm) + écrou en fer Nous de vons calculer la force axiale (F) pour terminer l'étude sur SolidWorks . Nous utilisons deux équations pour calculer la force axiale.

- **La première équation :** Les mesures et les angles sont approximatifs, on néglige les frottements et le rendement.
  On sait que : **[C*2pi=f*P]**

  f =C*2pi/P

  f = 0.0004*2*3.14/1.25=2.0096 N

  Avec : [C] le couple

  [f] la force axiale

  [p] le pas .

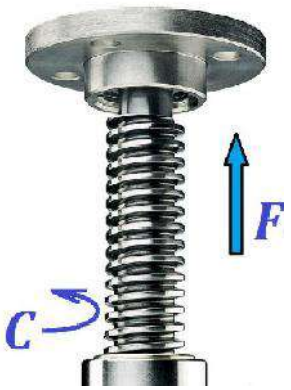


Figure (16) Conversion de couple en force axiale**:**

- **La deuxième équation :** pour calculer la force axiale a la présence de frottements et l'angle de filtage de la vis nous utilisons l'équation suivante .

$$C_m = F \frac{dm}{2}\left(\frac{p + \pi \mu\, dm \frac{1}{\cos(\alpha)}}{\pi\, dm - \mu\, p \frac{1}{\cos(\alpha)}}\right)$$

[F = 0.63856 N]

Cm= couple en Nm
F =effort axial en N
P = pas de la vis, en m 0.00125
dm = diamètre moyen = (dexter+dnoyau)/2, en m 0.0073
μ = coefficient de frottement 0.1
alpha = demi-angle au sommet du filet (trapézoïdal 15° Triangulaire 30°)

2.3.1.3 Informations sur le support axes (X) et (Z).v

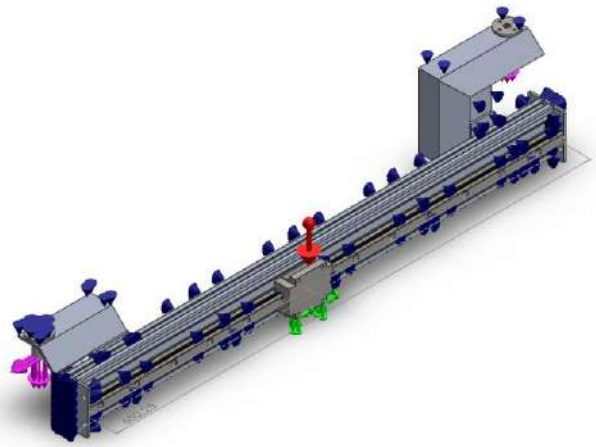
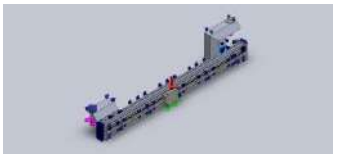
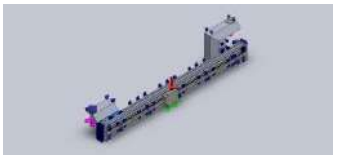
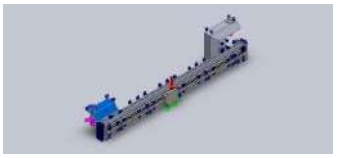
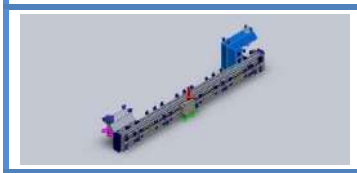
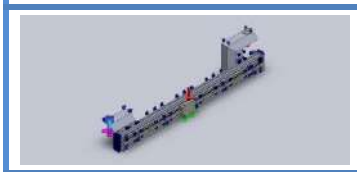
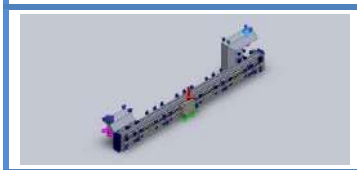
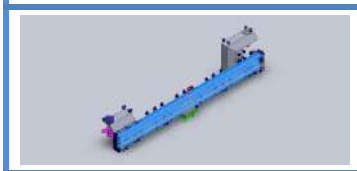
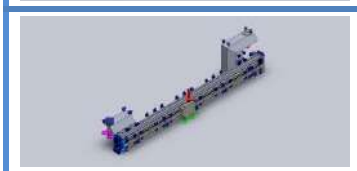
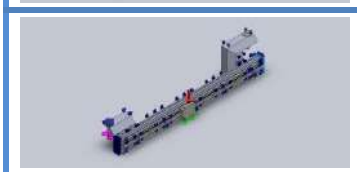
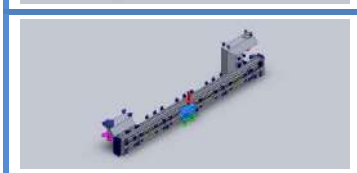
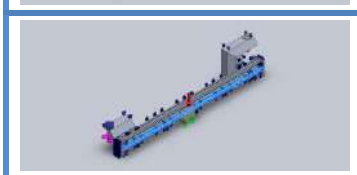
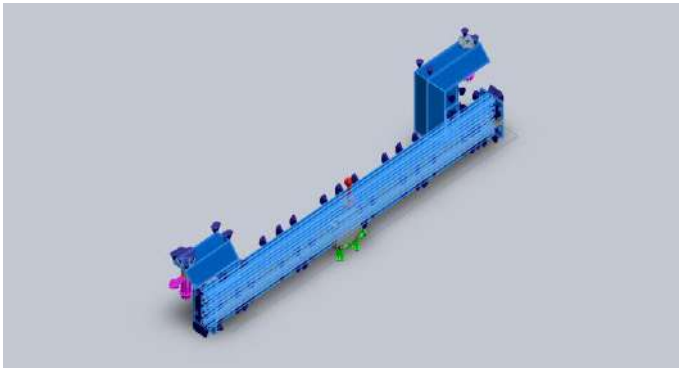
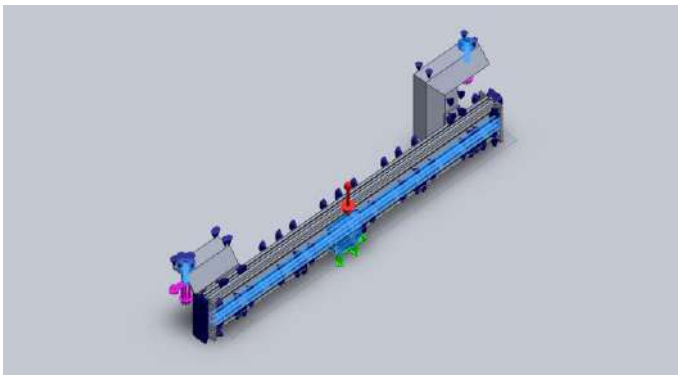


Figure (17) Position de la charge et centre de gravité sur le support axes (X) et (Z).

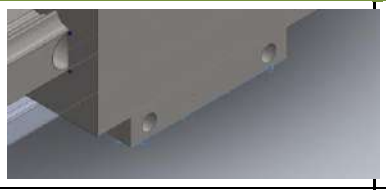
Corps solides		
Document Name and Reference	**Nom du luminaire**	**Volumetric Properties**
	Support de montage de Porte écrou droite	**Mass:0.0103275 kg Volume:3.825e-006 m^3 Density:2700 kg/m^3 Weight:0.101209 N**
	Support de montage de Porte écrou gauche	**Mass:0.0103275 kg Volume:3.825e-006 m^3 Density:2700 kg/m^3 Weight:0.101209 N**

	Porte écrou gauche pour transmission sur axe Z en aluminium	**Mass:0.0561121 kg** **Volume:2.07823e-005 m^3** **Density:2700 kg/m^3** **Weight:0.549899 N**
	Porte écrou droite pour transmission sur axe Z en aluminium	**Mass:0.10416 kg** **Volume:3.8578e-005 m^3** **Density:2700 kg/m^3** **Weight:1.02077 N**
	Écrou (M8*1.25mm)	**Mass:0.0364239 kg** **Volume:4.55299e-006 m^3** **Density:8000 kg/m^3** **Weight:0.356955 N**
	Écrou (M8*1.25mm)	**Mass:0.0364239 kg** **Volume:4.55299e-006 m^3** **Density:8000 kg/m^3** **Weight:0.356955 N**
	Profilé 2060 en aluminium	**Mass:0.717158 kg** **Volume:0.000265614 m^3** **Density:2700 kg/m^3** **Weight:7.02815 N**
	Support de montage pour patineur (HGH15) sur l'axe Z	**Mass:0.0231711 kg** **Volume:8.58187e-006 m^3** **Density:2700 kg/m^3** **Weight:0.227076 N**
	Support de montage pour patineur (HGH15) sur l'axe Z	**Mass:0.0231711 kg** **Volume:8.58187e-006 m^3** **Density:2700 kg/m^3** **Weight:0.227076 N**
	patineur (HGH15)	**Mass:0.295377 kg** **Volume:3.69221e-005 m^3** **Density:8000 kg/m^3** **Weight:2.8947 N**
	Glissières linéaires (HGR15)	**Mass:0.892826 kg** **Volume:0.000111603 m^3** **Density:8000 kg/m^3** **Weight:8.74969 N**

2.3.1.4 Propriétés matérielles.

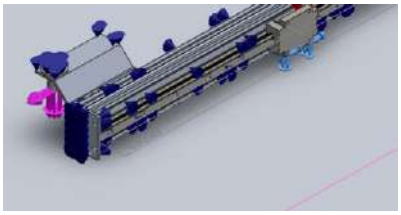
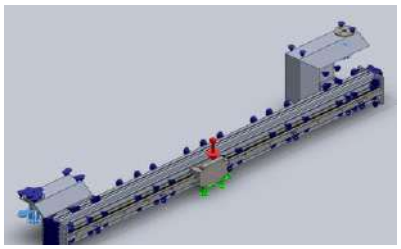
Référence du modèle	Properties
	Nom: alliage 1060 Type de modèle: Isotrope élastique linéaire Critère d'échec par défaut: Max von Mises Stress Limite d'élasticité: 27,5742 N / mm ^ 2 Résistance à la traction: 68,9356 N / mm ^ 2 Module élastique: 69000 N / mm ^ 2 Coefficient de Poisson: 0,33 Masse volumique: 2700 g / cm ^ 3 Module de cisaillement: 27000 N / mm ^ 2 Coefficient de dilatation thermique: 2,4e-005 / Kelvin
	Nom: AISI 304 Type de modèle: Isotrope élastique linéaire Critère d'échec par défaut: Max von Mises Stress Limite d'élasticité: 206.807 N / mm ^ 2 Résistance à la traction: 517.017 N / mm ^ 2 Module élastique: 190000 N / mm ^ 2 Coefficient de Poisson: 0,29 Masse volumique: 8000 g / cm ^ 3 Module de cisaillement: 75000 N / mm ^ 2 Coefficient de dilatation thermique: 1,8e-005 / Kelvin

2.3.1.5 Fixations de position de charge

Nom du luminaire	Image du luminaire	Détails du luminaire
Fixed-1 Patineur (HGH15) de support axes (X)		**Entities:** 1 face(s) **Type:** Fixed Geometry

Resultant Forces

Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	4.16125	1269.21	-2.70485	1269.22
Reaction Moment(N·m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		**Reference:** Top Plane **Values:** 0 0 -9.81 **Units:** SI
Force-1		**Entities:** 2 face(s) **Type:** Apply normal force **Value:** -638 N

2.3.1.6 Informations sur le maillage.

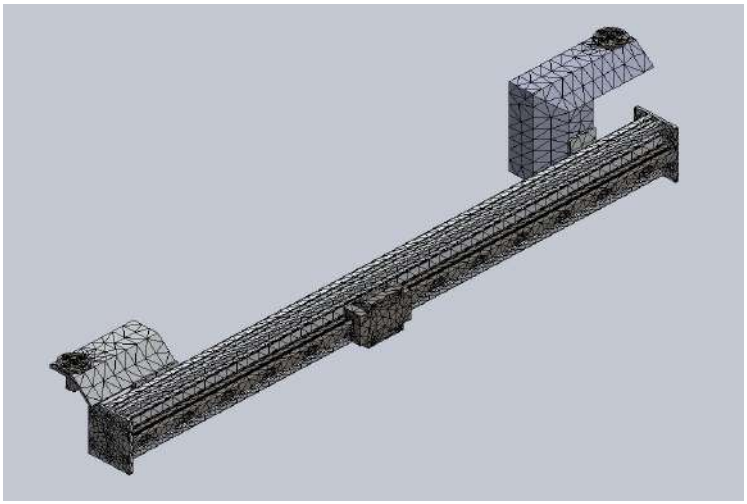


Figure (18) : le maillage de support axes (X) et (Z)

2.3.1.7 Résultats de l'étude Cinématique.

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	8.00092e-007 N/mm^2 (MPa) Node: 74779	500.324 N/mm^2 (MPa) Node: 81094

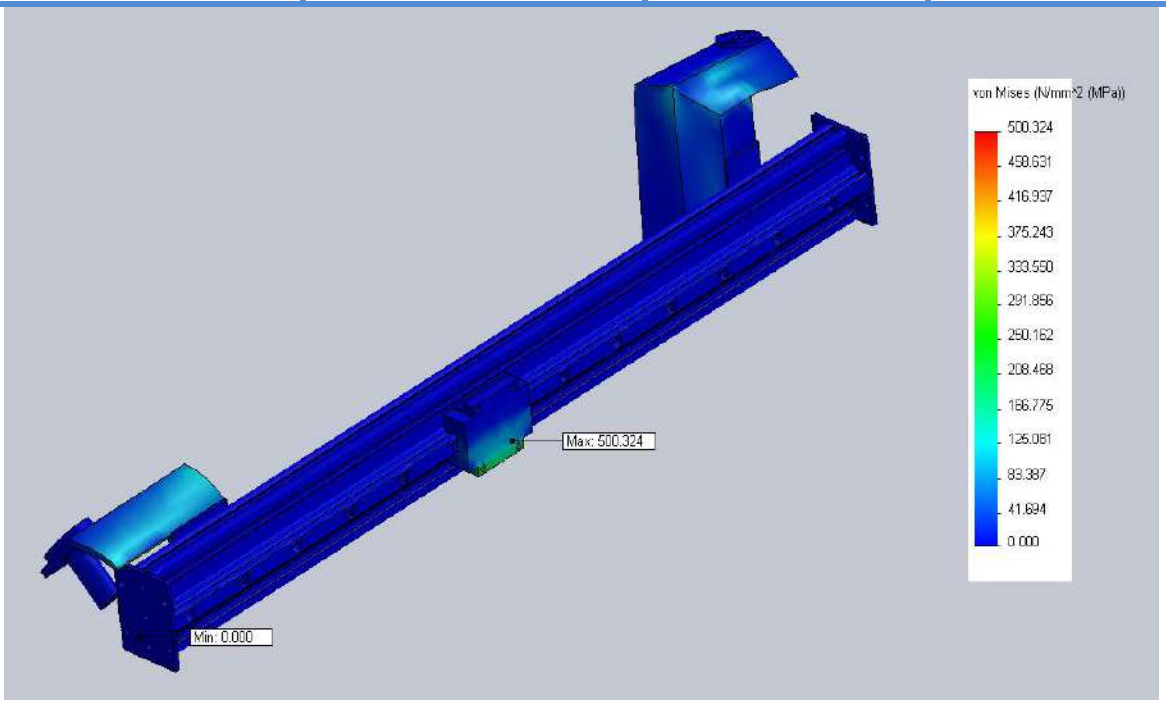


Figure (19) : Etude du stress d'assemblage de support axes (X) et (Z)

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 78163	1.81696 mm Node: 2332

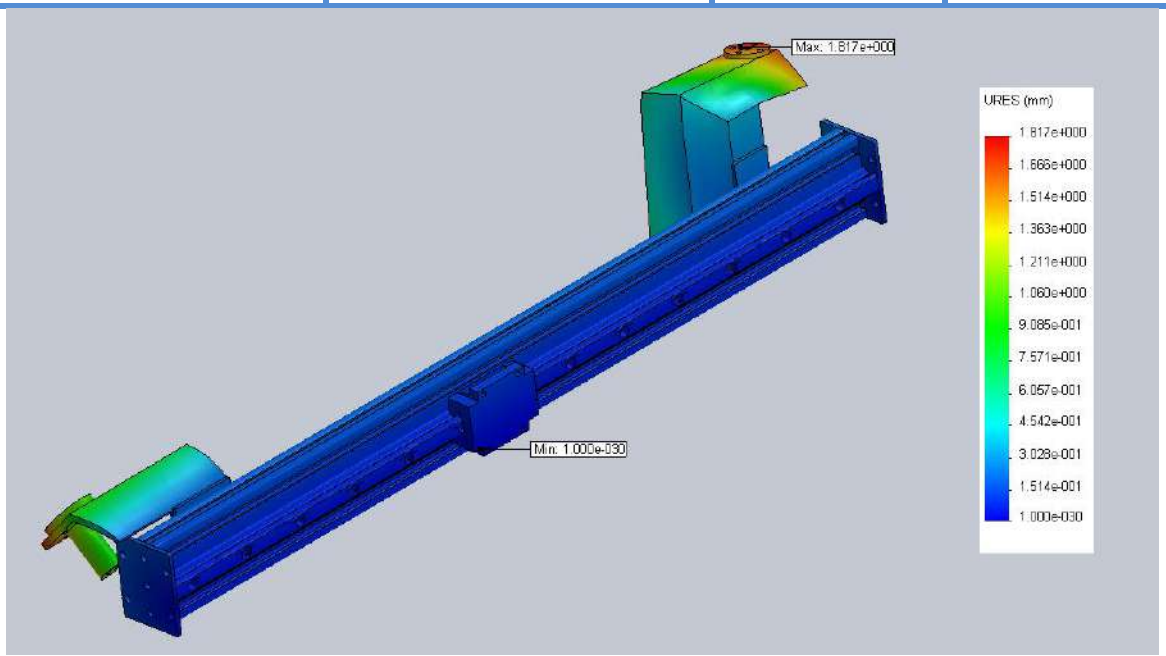


Figure (20) : Etude du déplacement d'assemblage de support axes (X) et (Z)

Name	Type	Min	Max
Deformation 1	EPSZ: Z Deformation normale	-0.000468986 Element: 1990	0.000440367 Element: 1065

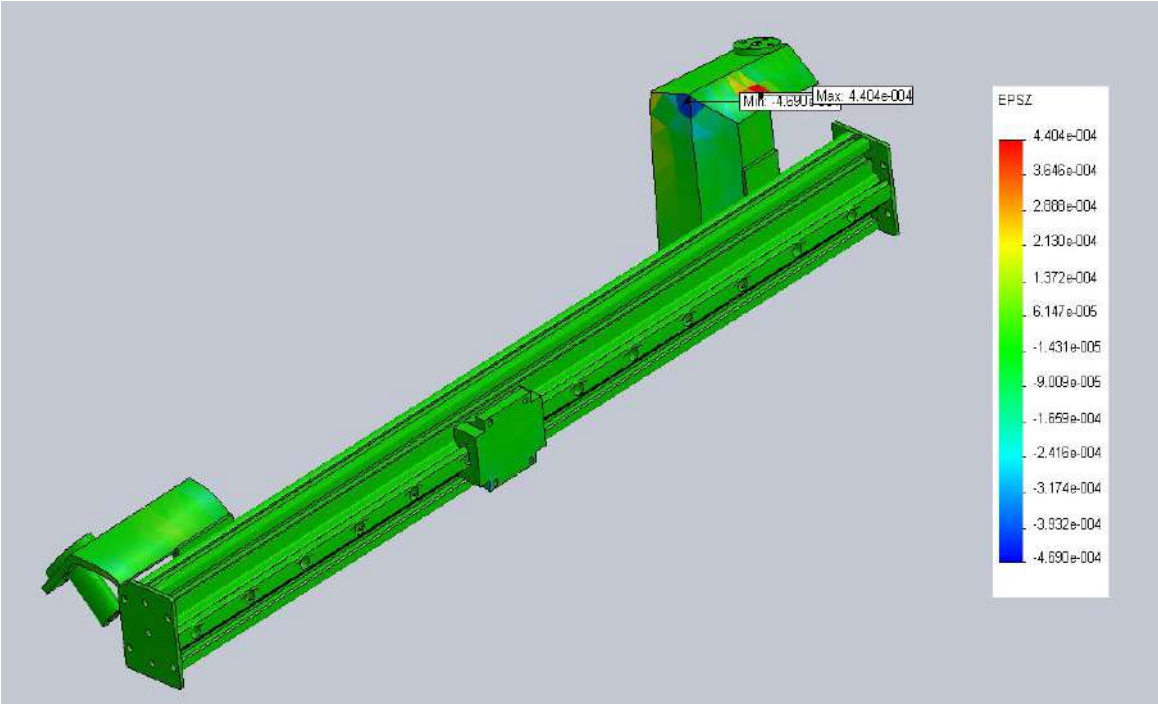


Figure (21) : Etude du Deformation d'assemblage de support axes (X) et (Z)

2.3.1.8 Résultats de forces

- Forces de réaction

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	4.16125	1269.21	-2.70485	1269.22

-Moments de réaction

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N·m	0	0	0	0

2.3.2 Etude Cinématique d'assemblage de table d'axe (y).

2.3.2..1 Informations sur le modèle

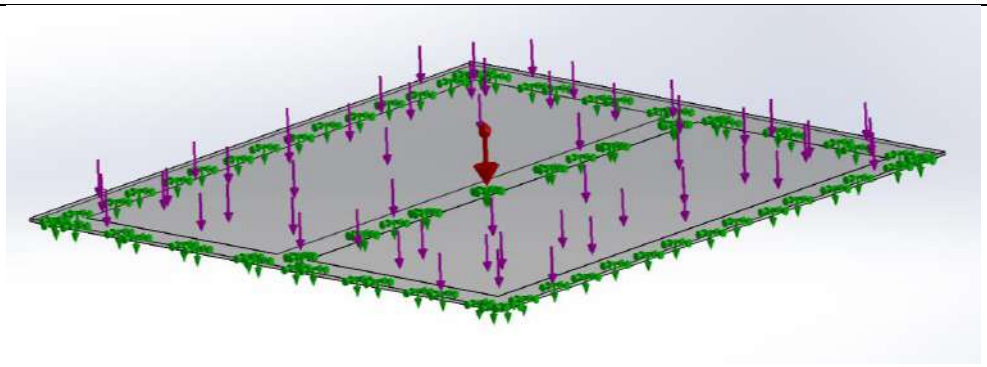
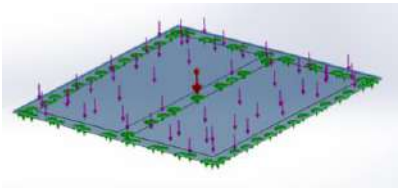


Figure (22) Position de la charge et centre de gravité sur la table d'axe (y).

Propriétés volumétriques	**Mass:3.41821 kg** **Volume:1390.87 cm^3** **Density:0.0024576 kg/cm^3** **Weight:3.41589 kgf**

2.3.2.2 Material Properties

Model Reference	Properties	
	**Name:**	Glass
	Model type:	Linear Elastic Isotropic
	Default failure criterion:	Unknown
	Elastic modulus:	6.8935e+010 N/m^2
	Poisson's ratio:	0.23
	Mass density:	2457.6 kg/m^3
	Shear modulus:	2.8022e+010 N/m^2
	Thermal expansion coefficient:	9e-006 /Kelvin

2.3.2.3 Informations sur la charge et la gravité.

Nom du chargement	Load Details
La gravité	Référence: Face <1> Valeurs 9.81 Unités: métrique (G)
Force	Entités: 1 face (s) Type: Appliquer une force normale Valeur: 1276 N

2.3.2..4 Informations sur le maillage.

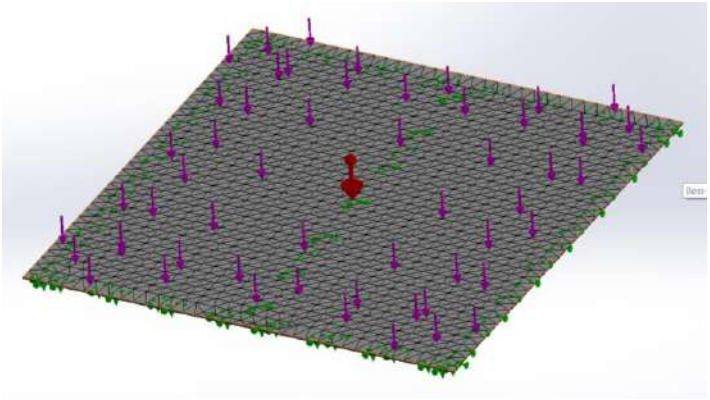


Figure (23) : le maillage d'assemblage de table d'axe (y).

2.3.2..5 Résultats de forces.

- Forces de réaction

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	kgf	0.267199	-0.22235	-133.576	133.576

- Moments de réaction

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	kgf·cm	0	0	0	0

2.3.2.6 Résultats de l'étude Cinématique.

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	299.962 N/m^2 Node: 2654	7.01517e+006 N/m^2 Node: 5266

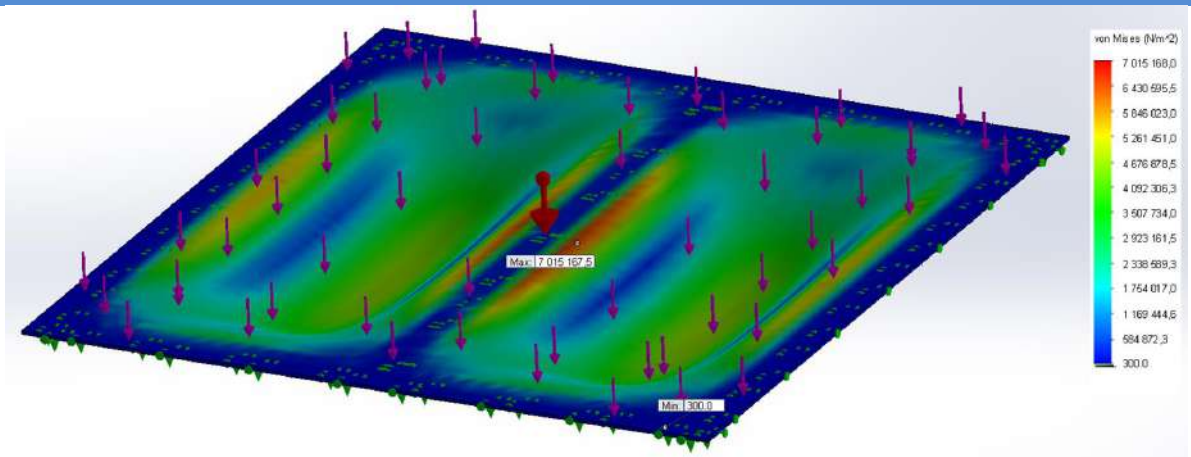


Figure (24) : Etude du stress d'assemblage de table d'axe (y).

	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 39	0.199721 mm Node: 2216

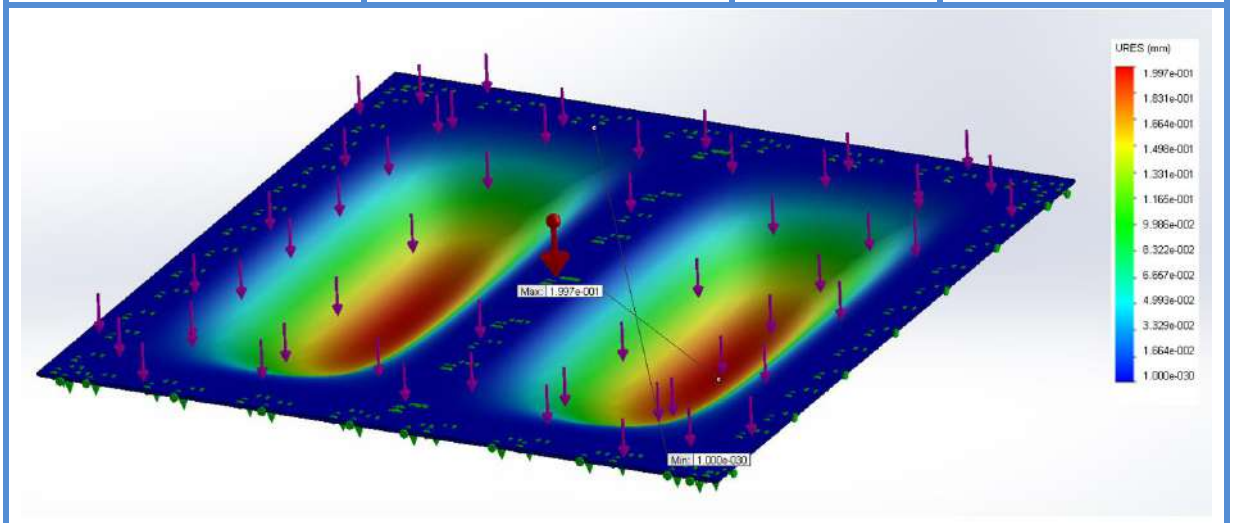


Figure (25) : Etude du déplacement d'assemblage de table d'axe (y).

	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	6.36257e-009 Element: 231	6.33913e-005 Element: 5491

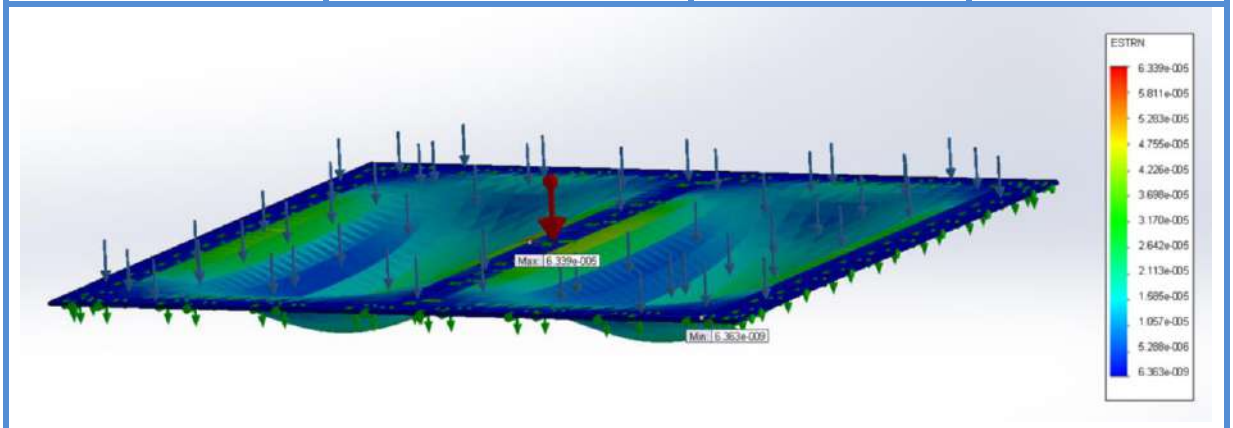


Figure (26) : Etude du Deformation d'assemblage

CHAPITRE III

La partie electronique, electrique et programmation

3 .La partie électrique et électronique utilisée dans ce projet

3.1 Les composants utilisés dans la partie électrique et électronique

*La carte de contrôle Arduino Mega 2560(1 Pièce)

* RepRap Arduino Mega Shield rampes v1.4(1 Pièce)

* driver moteur pas-à-pas A4899 (5 Pièce)

* Alimentation électrique 12V/15A(1 Pièce)

* Moteur NEMA 17 1.3A/ 0.4N (6Pièce)

* capteur fin de course (6Pièce)

* Ventilateur (3Pièce)

*Buse d'extrusion (1 Pièce)

* Thermistance (1 Pièce)

*Cartouche de chauffe (1 Pièce)

* écran LCD12864 Control (1 Pièce)

* Un ensemble de câbles électriques

3.2 Présentation des caractéristiques de la partie électronique

3.2.1 La carte de contrôle Arduino Mega 2560

La carte Arduino Mega 2560 a été conçue comme la remplaçante de la carte Arduino Mega. Elle est dotée d'un microcontrôleur ATMega2560 disposant d'une mémoire flash de 256 KB, dont 8 KB dévolus au Boot loader (il permet de télécharger vos programmes entre l'IDE Arduino (interface de développement) et votre Arduino; également la possibilité de pouvoir exécuter votre programme lors du démarrage de l'Arduino.).

L'ensemble de la gamme Arduino et programmables via un langage proche du « C » (disponible en libre téléchargement), les modules Arduino peuvent fonctionner de façon autonome ou en communicant avec un logiciel fonctionnant sur un ordinateur.

Avec la carte Arduino Mega 2560, vous disposez de : 54 entrées/sorties numériques, dont 14 pins digitaux pour vos sorties PWM, 16 pins d'entrée analogique, 4 UARTS, un bouton reset et un connecteur ICSP. La carte de développement Arduino Mega 2560 a également été équipée d'un oscillateur à quartz de 16 MHz.

Connectique type Headers (connecteurs femelles).
Port USB (type B). Embase alimentation.
Alimentation 7 à 12 V.
Dimensions : 53 x 101 mm.

La carte Arduino Mega 2560 dans sa 3e version, qui inclut de nouvelles fonctionnalités et améliorations matérielles :

- Le convertisseur USB-Série ATMega8U2 a été remplacé par l'ATMega16U2.
- Le circuit Reset a été renforcé.
- Vous trouverez à côté du pin AREF des pins SDA et SCL pour assurer la communication I2C.
- 2 nouveaux pins sont situés à côté du bouton reset : un pin IOREF pour l'adaptation de vos shields à la tension fournie par la carte, et un pin non connecté à réserver pour de nouvelles utilisations.[1].

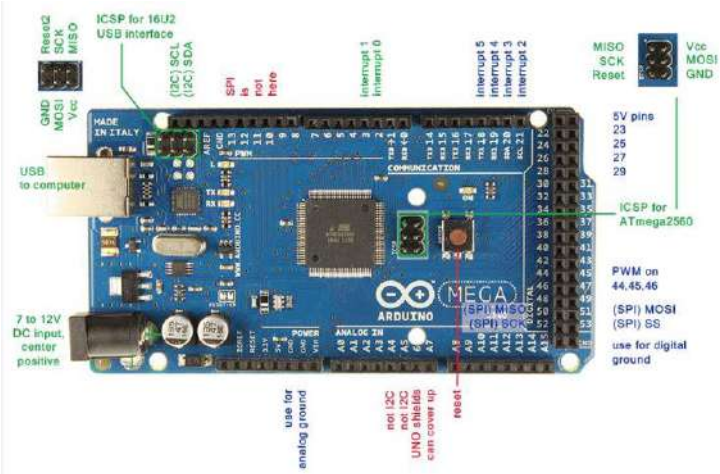


Figure 1 : Arduino mega 2560 r3 atmega16u2 development board

3.2.1.2 Spécifications techniques de la carte Arduino Mega 2560 Rev3

* Microcontrôleur : ATmega2560
* Tension de fonctionnement : 5 V
* Gamme de tension d'entrée (recommandée) : 7-12 V
* Gamme de tensions d'entrée (limite) : 6-20 V
* Pins digitaux I/O : 54
* Pins digitaux I/O PWM : 14
* Pins d'entrée analogique : 16
* Courant direct par pin I/O : 40 mA
* Courant direct pour les pins 3,3 V : 50 mA
* Mémoire flash : 256 KB
* Mémoire Flash du Boot loader : 8 KB
* SRAM : 8 KB
* EEPROM : 4 KB
* Fréquence d'horloge de l'oscillateur à quartz : 16 MHz
* Dimensions : 101,52 x 53,3 mm
* Poids : 37 g . [1].

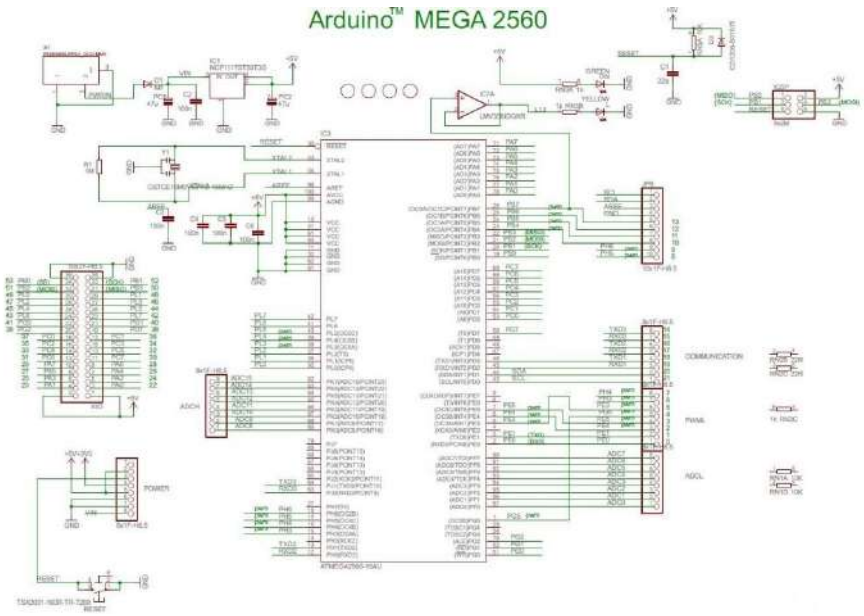


Figure 2 : Schéma électronique de la carte Arduino Mega 2560

3.2.2 Shield Ramps 1.4 pour Arduino Mega 2560

RAMPS version 1.4 est la carte "shields" qui se connecte à la carte Arduino 2560. C'est la carte de puissance et d'interface qui à l'aide des pilotes (driver A4988) enfichable vas commander le moteur pas à pas de notre imprimante 3D sur les axes X, Y, Z, la commande de rotation du fil d'extrusion, les résistances de chauffe de notre tête d'impression, du lit chauffant, des capteurs de température, ventilateur, et même optionnellement affichés LCD et lecteur de carte SD. Cette interface peut être pilotée facilement par le programme Marlin telechargable sur la catre controleur

Arduino 2560.

* Carte fille compatible Arduino Mega 2560
* Utilisation des souvenirs pour contrôler une imprimante 3D
* Tension d'entrée 12V
* Peut piloter les axes X, Y Z et 2 extrudeurs
* Supporte jusqu'à 3 thermistances
* Permet l'utilisation jusqu'à 4 servo moteurs.

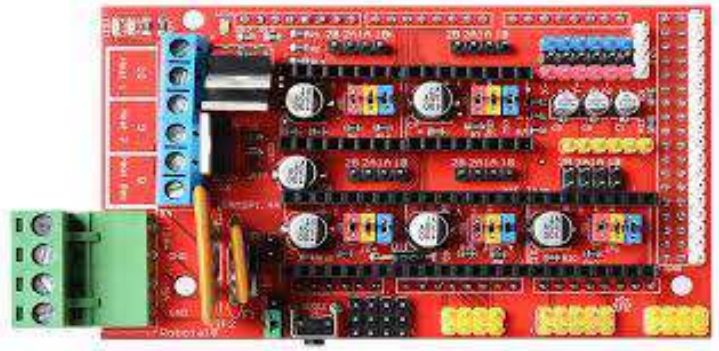


Figure 3 : Ramps 1.4 shield

Carte fille open-Hardware permettant d'interfacer un Arduino Mega 2560 avec différents périphériques, souvent utilisée pour piloter imprimantes 3D,machines CNC, robots etc.... ,Elle supporte:

*5 drivers de moteurs pas à pas (A4988 ou DRV8825, TMC2100, TMC2208, TMC2130 etc..)
*3 Thermistors
*6 contacts de fin de course
*4 sorties pour servo moteurs
*1 connecteur LCD
Autres caractéristiques notables:

*Tension d'entrée: 12V
*possède un connecteur d'alimentation amovible
*Possède 2 fusibles thermiques réarmables (11A et 5A)
*Peu piloter directement un lit chauffant 12V jusqu'à 11A (environ 130W)
*Possède 3 sorties de puissances câblés sur les borniers bleu
*Peut piloter une imprimante 3D avec maximum 2 Extrudeurs.
*Possède une double sortie raccordée sur un seul driver moteur pour piloter l'axe Z
*Il est recommandé de refroidir la carte et ses composants une fois en fonction. [2].

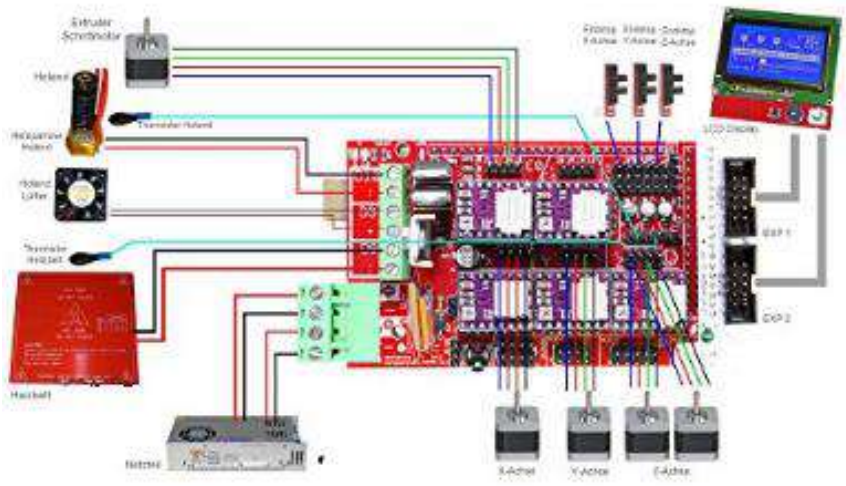


Figure 4 : alimenté par la ramps 1.4

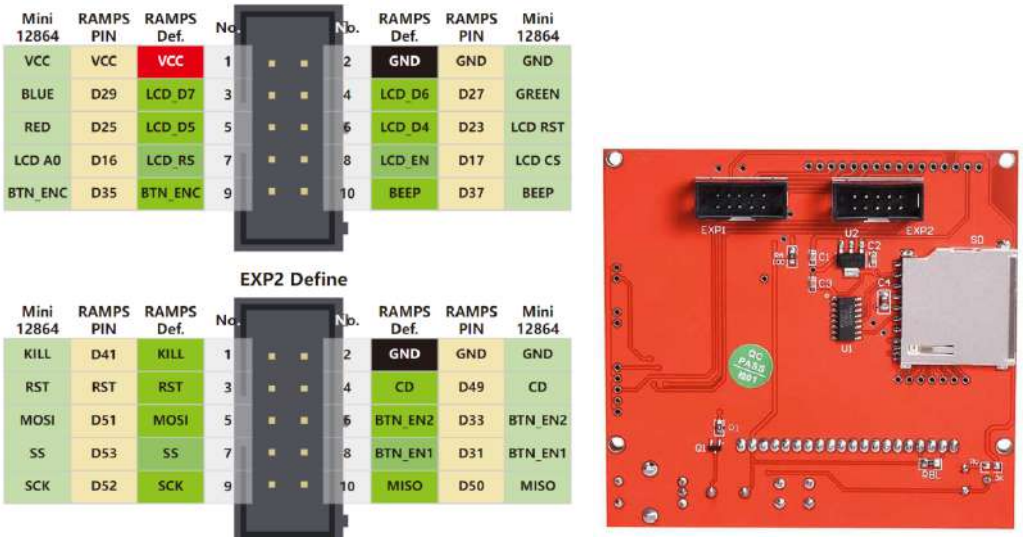
3.2.3 Ecran 12864 LCD Control

Ce contrôleur intelligent graphique complet contient un lecteur de carte SD, un encodeur rotatif et un écran LCD à matrice de 128 x 64 points. Vous pouvez facilement le connecter à votre carte Ramps en utilisant l "'adaptateur intelligent" inclus. Après avoir connecté ce panneau à vos rampes, vous n'avez plus besoin de votre PC, le contrôleur intelligent alimente votre carte SD.

De plus, toutes les actions telles que l'étalonnage, les mouvements des axes peuvent être effectués en utilisant simplement l'encodeur rotatif sur le contrôleur intelligent. Imprimez vos conceptions 3D sans PC, simplement avec une conception de code g stockée sur la carte SD.[3].



Figure 5 :12864 LCD Control Panel Smart Controller Display Compatible with Ramps 1.4 Ramps 1.5 Ramps 1.6 For RepRap Mendel 3D Printer



Mini 12864	RAMPS PIN	RAMPS Def.	No.		No.	RAMPS Def.	RAMPS PIN	Mini 12864
VCC	VCC	VCC	1		2	GND	GND	GND
BLUE	D29	LCD_D7	3		4	LCD_D6	D27	GREEN
RED	D25	LCD_D5	5		6	LCD_D4	D23	LCD RST
LCD A0	D16	LCD_RS	7		8	LCD_EN	D17	LCD CS
BTN_ENC	D35	BTN_ENC	9		10	BEEP	D37	BEEP

EXP2 Define

Mini 12864	RAMPS PIN	RAMPS Def.	No.		No.	RAMPS Def.	RAMPS PIN	Mini 12864
KILL	D41	KILL	1		2	GND	GND	GND
RST	RST	RST	3		4	CD	D49	CD
MOSI	D51	MOSI	5		6	BTN_EN2	D33	BTN_EN2
SS	D53	SS	7		8	BTN_EN1	D31	BTN_EN1
SCK	D52	SCK	9		10	MISO	D50	MISO

Figure 6 : Generic 12864LCD Panel Câblage typique

3.2.4 Pilote De Moteur Pas À PasA4899 .

Le A4988 est un pilote de moteur de micropas complet avec IC intégré traducteur conduire un moteur pas à pas très facilement, pilote de moteur pas à pas A4988 est développé par Allegro Microsystems pour aider toute personne qui veut conduire différents moteurs pas à pas dans leur projet, moteur Stepper est largement utilisé pour CNC et d'autres projets de machines automatiques, avec l'aide de ce module de commande de moteur pas à pas A4988, vous pouvez conduire un moteur pas à pas avec juste moyen de deux axes de tout microcontrôleur.

Aujourd'hui, nous verrons en détail comment ce pilote de moteur pas à pas A4988 peut être interfacé avec très populaire Arduino.

3.2.4.2 Caractéristiques et avantages du pilote de moteur pas à pas A4988

1. sorties à faible RDS (ON)
2. Détection automatique mode de décroissance du courant / sélection
3. modes de désintégration courants mixtes et lents
4. rectification synchrone pour une faible dissipation de puissance
5. UVLO interne
6. protection actuelle Crossover
7. 3.3 et 5 V alimentation logique compatible
8. un circuit d'arrêt thermique

9. Court-sol protection

10. Protection de charge court-circuitée

11. Cinq modes sélectionnables: étape complète, 1/2, 1/4, 1/8, et 1/16

3.2.4.3 A4988 Stepper module de commande de moteur

Comme ce circuit intégré est disponible en 28 paquet broches QFN, il est devient peu difficile pour les amateurs d'utiliser ce circuit intégré. Donc, ce module avec tous les composants nécessaires et les connexions devient très facile à utiliser dans nos projets.[4] .



Figure.7 : côté supérieur du module de commande de moteur pas à pas A4988



Figure.8 : Module de commande de moteur pas à pas par le bas A4988

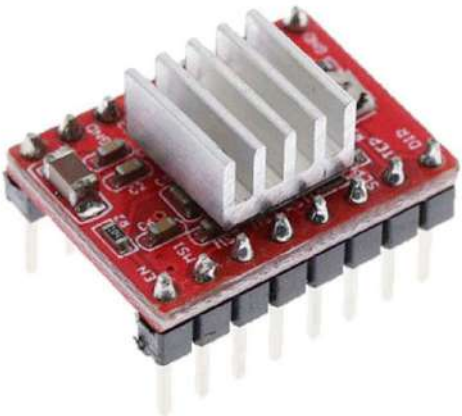


Figure.9 :pas à pas le module de commande de moteur avec dissipateur

3.2.4.4 Schéma de connexion de cet appareil à un microcontrôleur.

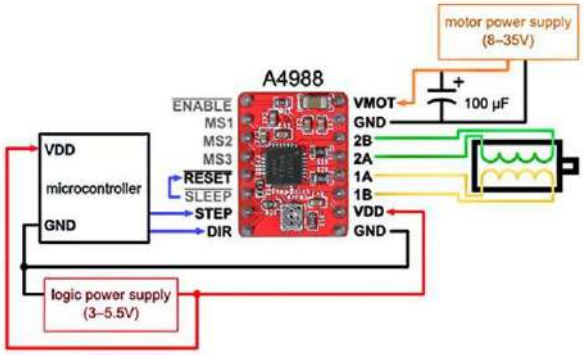


Figure.10 : Entoilage A4988 pilote de moteur pas à pas avec le microcontrôleur

Si nous voulons tourner l'axe à plus petit degré de rotation, soit à 0.9 degré par étape ou peut-être la moitié de cela? On peux le faire grace à cette technique. le module peut vous aider à avoir 1/2 e , 1/4 e, 1/8 e et 1/16 les étapes e par une entrée d'impulsion.

Il est appelé microstepping et il est un processus assez complexe mise sous tension des bobines avec des niveaux actuels appropriés. Mais en utilisant ce module, il devient très facile de choisir combien vous voulez étapes moteur pas à pas d'avoir une révolution.

Il suffit de choisir les broches appropriées [4] .

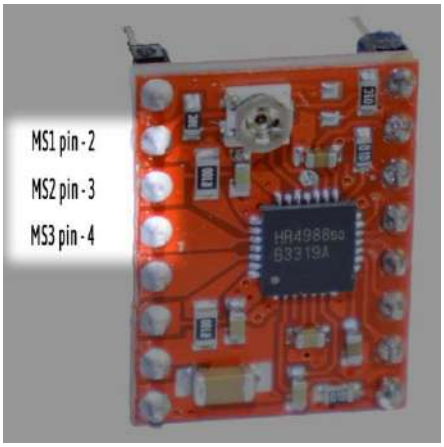


Figure.11 : Les repères de sélection de taille de micropas de module de commande de moteur pas à pas A4988

En réglant les niveaux logiques appropriés, vous pouvez choisir la taille d'une étape ou d'une autre manière-vous pouvez choisir le nombre d'étapes au total pour une révolution complète [4].

MS1	MS2	MS3	Step resolution	No. Of Steps per revolution
0	0	0	1	200
1	0	0	½	400
0	1	0	1/4	400
0	0	1	1/8	1600
1	1	1	1/16	3200

Figure .12 : Le tableau montre comment connecter les trois électrodes pour déterminer la taille de pas dans le moteur pas à pas

3.2.4.5 Paramètre actuel

Prenons une dernière étape pour commencer à utiliser cette A4988 Stepper module de commande de moteur, la capacité de couple de chaque type de moteur pas à pas est différente en fonction de leur construction. Ceci détermine la charge maximale plus ils peuvent se tourner par tour. Lequel, à son tour, dépend de la façon dont beaucoup de courant peut être appliqué à chacun de la bobine - également appelé courant nominal du moteur.

Module de commande de moteur pas à pas A4988 a une présélection fourni pour définir cette valeur de courant maximum qui peut être appliqué au moteur pas à pas connecté.[4] .

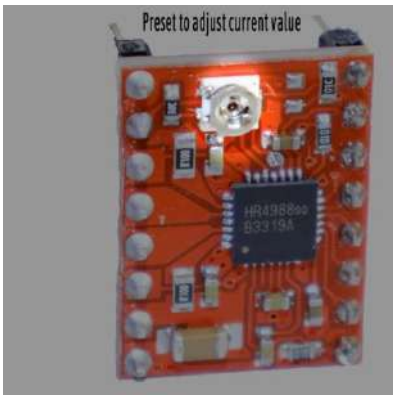


Figure.13 : Préréglé pour régler la valeur maximale du courant

La valeur maximale de limitation de courant est réglée par la sélection de RSx et la tension à la broche VREF. La fonction transconductance est approximée par la valeur

maximale de limitation de courant,ITripMAX (A), qui est fixé par (ITripMAX = VREF / (8 * RS)).

où RS est la résistance de la résistance de détection (?) et VREF estla tension d'entrée sur la broche REF (V), Pour autant que notre module est concerné, il utilise 0.1 résistances ohms comme résistance de détection afin de déterminer la valeur de VREF, nous devons utiliser la formule suivante (VREF = I (max) * 0.8).[4] .

3.3 Présentation des caractéristiques de la partie électrique.

3.3.1alimentation électrique.

Le dispositif d'alimentation électrique utilisé dans ce projet présente les caractéristiques suivantes

Description:

- DC 12V 15A
- L'intensité du courant à la sortie DC 12v
- Capacité de puissance électrique15A
- Puissance:180W
- Tension d'entrée: AC85V-265V.[5] .

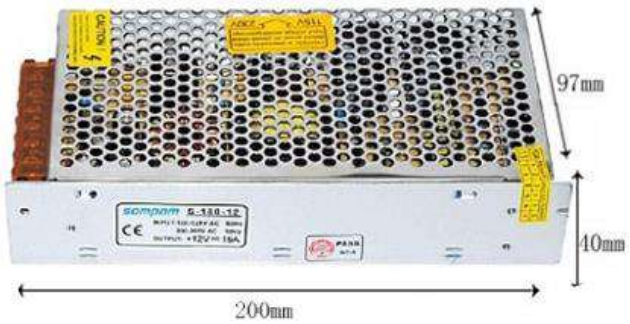


Figure .14 : Bloc d'alimentation

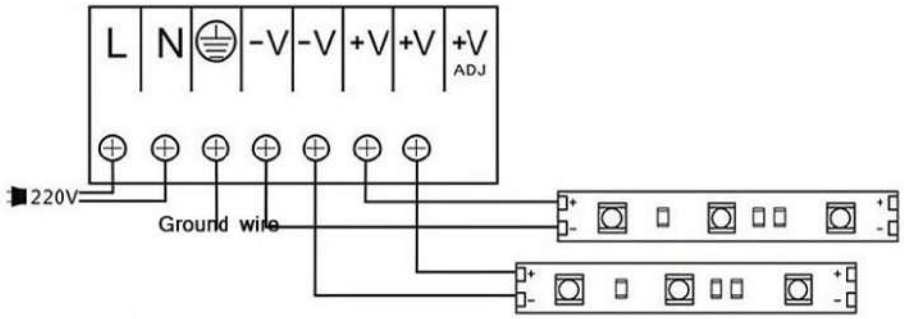


Figure .15 : Schéma de câblage

3.3.2.1 Moteur pas à pas NEMA 17

Les moteurs pas à pas sont des moteurs à courant continu qui se déplacent par étapes discrètes. Ils ont de multiples bobines organisées en groupes appelés "phases". En excitant chaque phase en séquence, le moteur tournera, une étape à la fois.avec un pas contrôlé par ordinateur, vous pouvez obtenir un positionnement et / ou un contrôle de vitesse très précis. Pour cette raison, les moteurs pas à pas sont le moteur de choix pour de nombreuses applications de contrôle de mouvement de précision.les moteurs pas à pas sont disponibles en différentes tailles, styles et caractéristiques électriques.

Ce guide détaille ce que vous devez savoir pour choisir le bon moteur pour le travail, l'une des premières choses à considérer est le travail que le moteur doit faire. Comme vous pouvez vous y attendre, les moteurs plus gros sont capables de fournir plus de puissance. Les moteurs pas à pas sont disponibles dans des tailles allant de plus petite qu'une cacahuète à de gros NEMA 57, la plupart des moteurs ont des couples nominaux, C'est ce que vous devez regarder pour décider si le moteur a la force de faire ce que vous voulez, NEMA 17 est une taille courante utilisée dans les imprimantes 3D et les petites usines CNC. Les petits moteurs trouvent des applications dans de nombreuses applications robotiques et animatroniques.

Les cadres NEMA plus grands sont courants dans les machines CNC et les applications industrielles, les numéros NEMA définissent les dimensions standard de la plaque avant pour le montage du moteur. Ils ne définissent pas les autres caractéristiques d'un moteur. Deux moteurs NEMA 17 différents peuvent avoir des spécifications électriques ou mécaniques entièrement différentes et ne sont pas nécessairement interchangeables..[6] .



Figure .16: Moteur pas à pas NEMA 17

3.3.2.2 Caractéristiques générales des moteurs utilisés dans le modèle

Item Specifications

Step Angle 1.8°

Temperature Rise 80℃max

Ambient Temperature -20℃~+50℃

Insulation Resistance 100 MΩ Min. ,500VDC

Dielectric Strength 500VAC for 1minute

Shaft Radial Play 0.02Max. (450g-load)

Shaft Axial Play 0.08Max. (450g-load)

Max. radial force 28N (20mm from the flange)

Max. axial force 10N .[7] .

3.3.2.3 Dimensions de moteur pas à pas

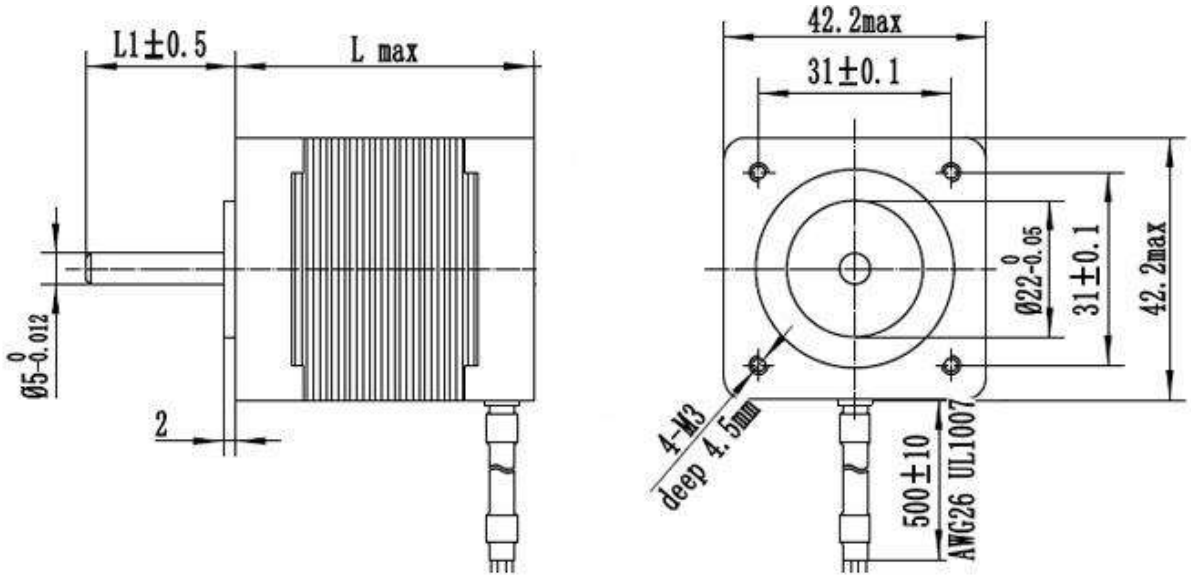


Figure .17: Dimensions de moteur pas à pas nema 17

3.3.2.4 Schéma de câblage du moteur pas à pas Nema 17 .

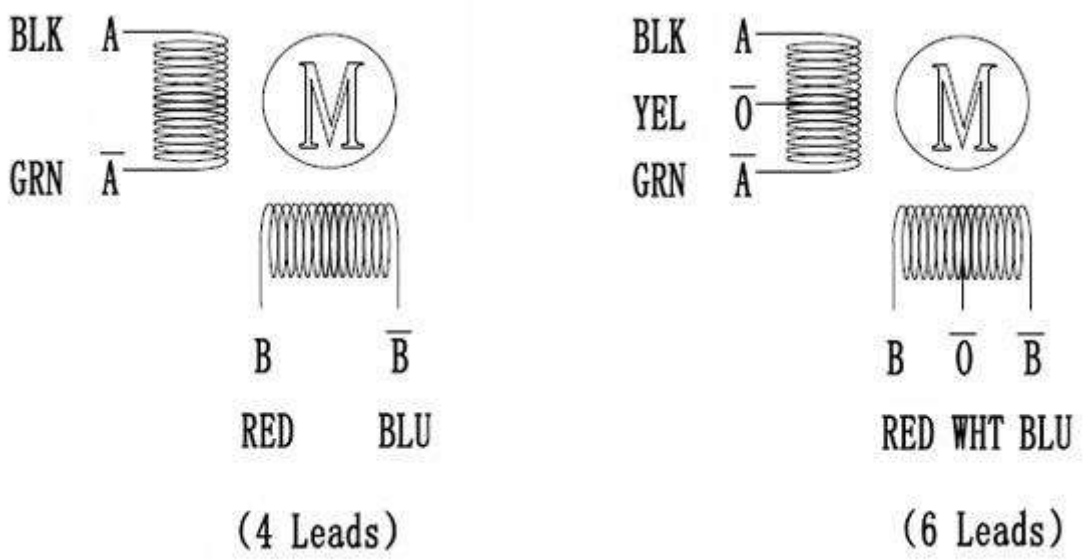


Figure .18: Schéma de câblage du moteur pas à pas Nema 17

3. 4 .Softwares de commande du imprimante 3D .

3.4.1 Les logiciels utilisés .

*****Le programme utilisé pour programmer la carte de contrôle est le programme Arduino montré indiqué à la figure (20) .



Figure (19) : Arduinoprogramme

*Le programme utilisé pour coordonner entre les modèles 3D et l'imprimante 3D et convertir le modèle en code Gest le programme Cura indiqué à la figure (21)



Figure (20) : Cura Programme

*Le programme utilisé pour les études statiques et dynamiques du modèle ainsi que l'utilisateur utilisé pour dessiner les pièces tridimensionnelles que nous transportons dans l'imprimante tridimensionnelle à produire à la fin est SolidWorks.

Figure (21) : SolidWorks Programme

3.4.2 Les étapes de la programmation de la carte mère Arduino.

- **A .** La première étape de la programmation, nous ouvrons le programme Arduino, puis ouvrons la bibliothèque Marlin qui a été téléchargée sur le site officiel précédemment, comme indiqué dansla figure (23 ;24) .

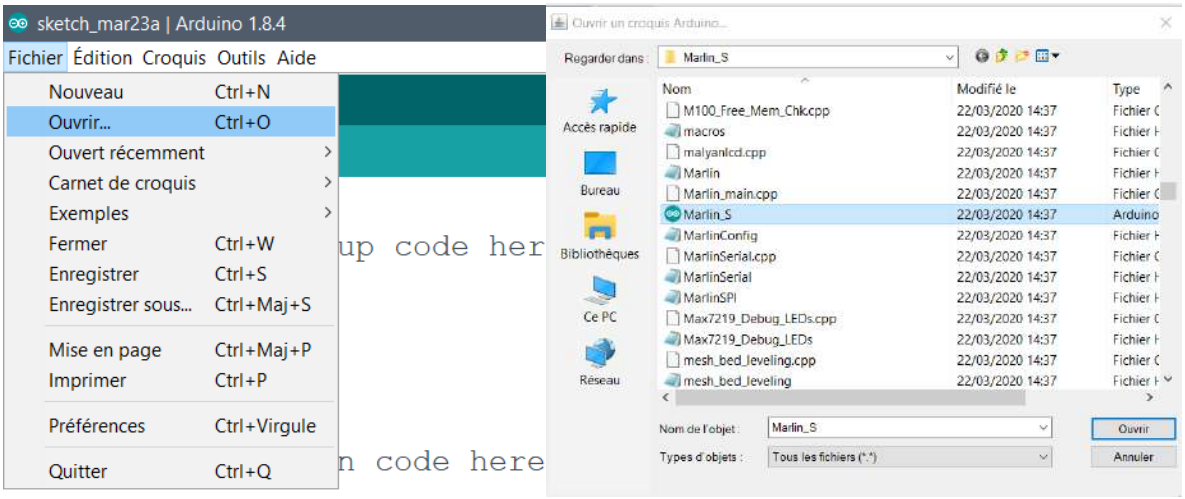


Figure (22;23) : Ouvrez la bibliothèque Marlin dans le programme Arduino

- **B .**Nous ouvrons le fichier Configuration.h. Ce fichier contient des instructions, des options faciles à lire et pouvant être modifiées laFigure (25) .



Figure (24) : Cliquons sur Configuration.h.

- **C.** Ce paramètre détermine la vitesse de communication de l'imprimante, 250000 fonctionne dans la plupart des cas, mais vous pouvez essayer une vitesse inférieure si vous rencontrez généralement des abandons lors de l'impression hôte, Vous pouvez essayer jusqu'à 1000000 pour accélérer le transfert de fichiers SD, [2400, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 250000, 500000, 1000000]

#define BAUDRATE 250000

//La définition suivante sélectionne la carte électronique dont vous disposez.

//Veuillez choisir le nom de boards.h qui correspond à votre configuration

#ifndef CARTE MÈRE

#define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EFB

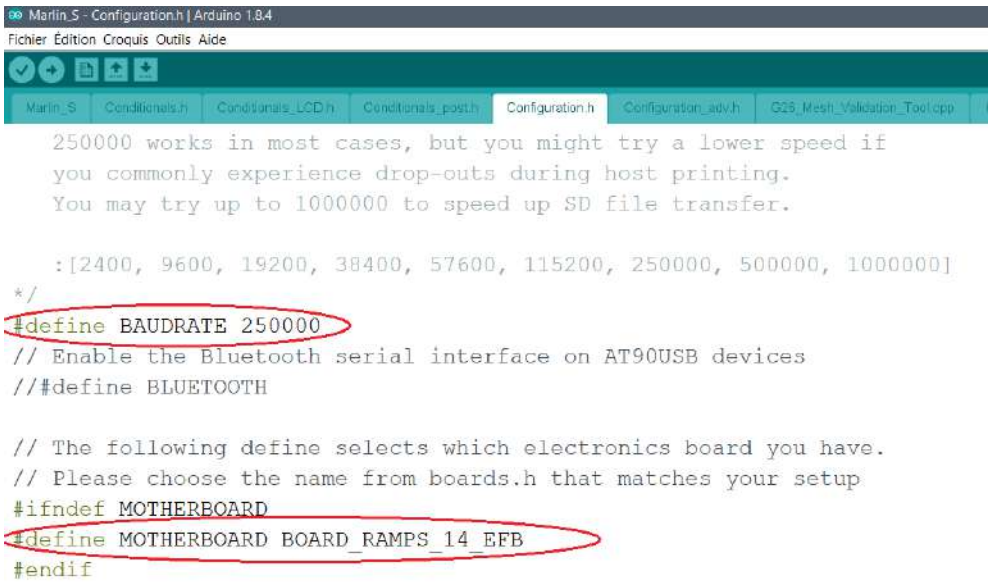


Figure (25) : Vitesse de communicationet sélectionne la carte mère

- **D .** Ceci définit le nombre d'extrudeuses //: [1, 2, 3, 4, 5]

  #define EXTRUDERS 1

  // Diamètre de filament généralement attendu (1,75, 2,85, 3,0, ...). Utilisé pour le capteur volumétrique, de largeur de filament, etc.

  #define DEFAULT_NOMINAL_FILAMENT_DIA 1.75

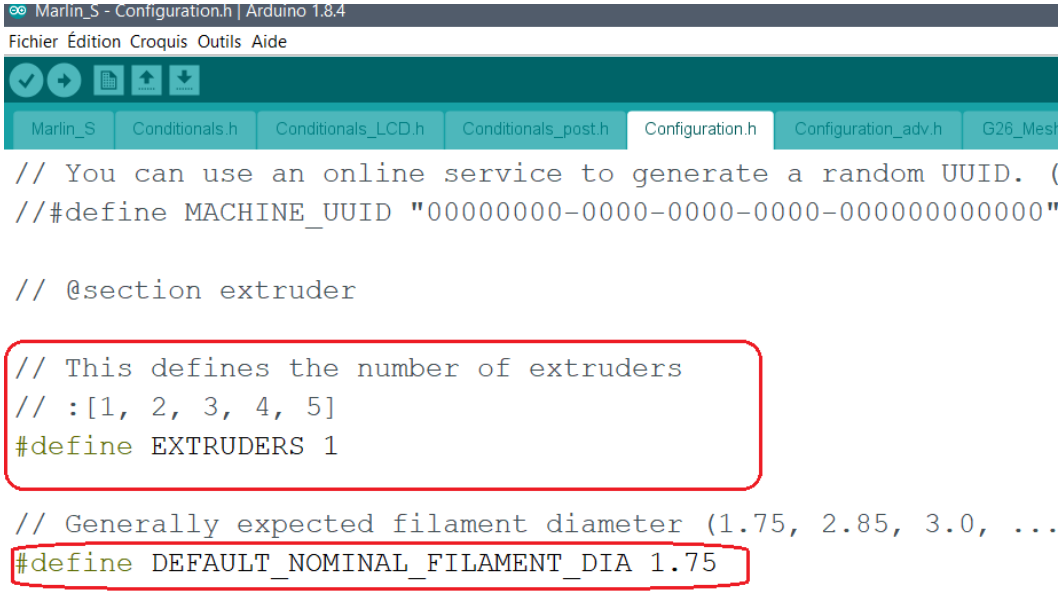


Figure (26) : Nombre d'extrudeurs et diamètre de filament

- **E .** Déterminer la température minimale de sécurité pour arrêter l'extrusion et déterminer la température maximale de la buse.

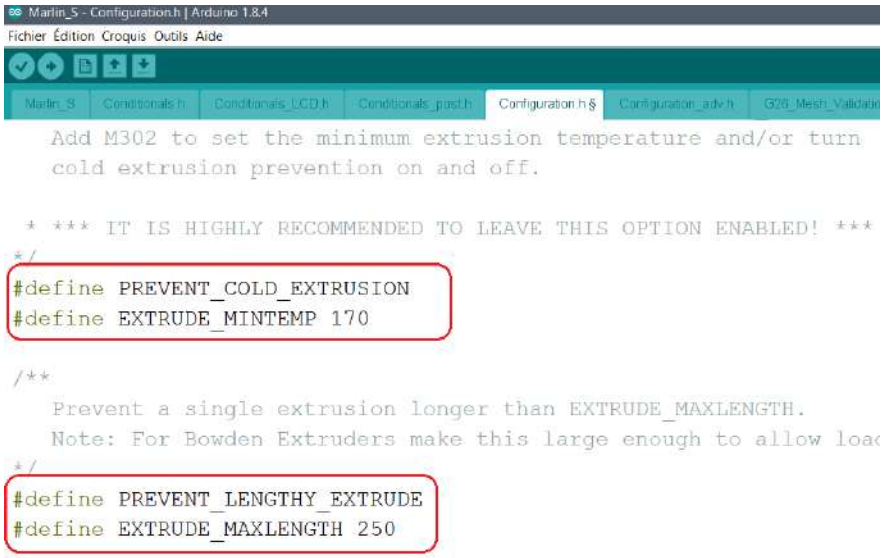


Figure (27) : la température minimale et maximale de la buse.

- **F .**Déterminer et activer les capteurs fin de cours.

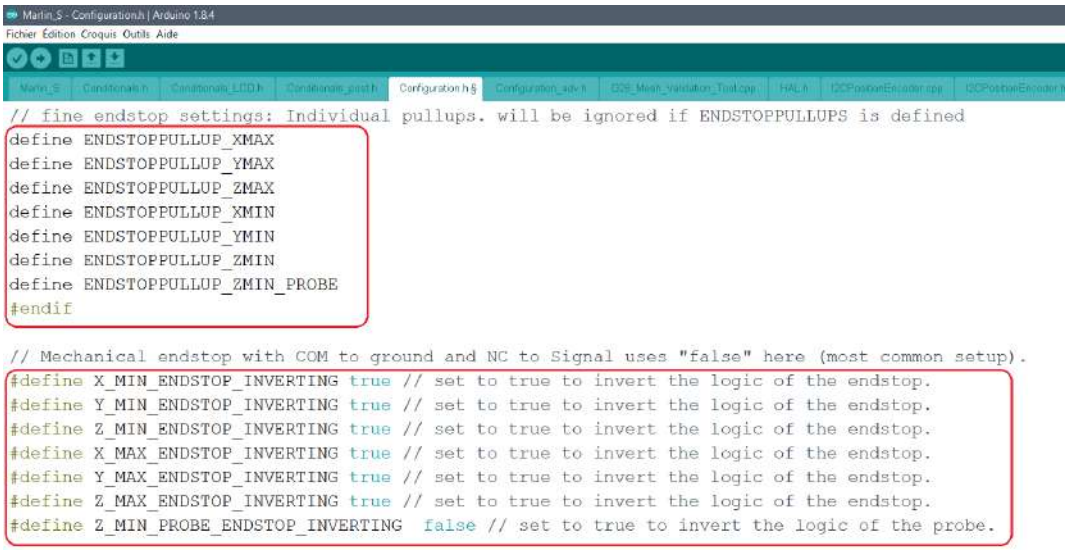


Figure (28) : activer les capteurs fin de cours

- **G.** *Déterminer et calculer le nombre de pas du moteur, pour déplacer l'axe d'un millimètre

Pas d'axe par défaut par unité (pas / mm) Remplacer avec M92

#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 80.11, 80.11, 2560, 98.95 }

*Vitesse d'avance maximale par défaut (mm / s)Remplacer avec M203

#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 250, 250, 4, 100 }

* Déterminer l'accélération pour chaque axe, accélération max par défaut (changement / s) changement = mm / s (Vitesse dedémarrage maximale pour les mouvements accélérés) Remplacer avec M201 , X, Y, Z, E0 [, E1 [, E2 [, E3 [, E4]]]] #define DEFAULT_MAX_ACCELERATION {1000, 1000, 100, 10000}

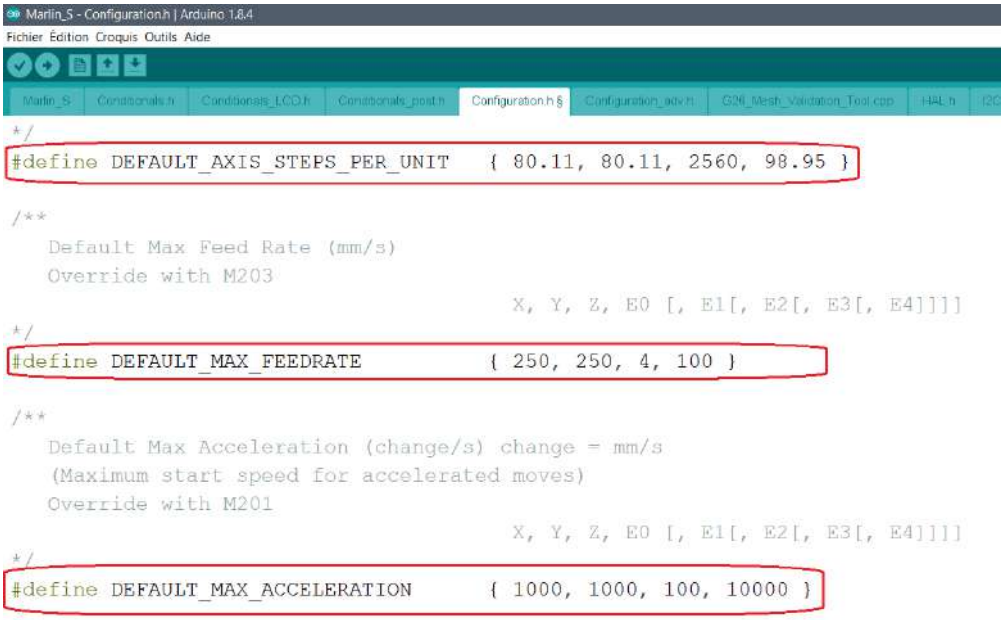


Figure (29) :lavitesse et l'accélération et le nombre de pas dons millimètre

- **H.** La taille de la table d'impression

  #Define X_BED_SIZE 500

  #Define Y_BED_SIZE 500

  // limites de déplacement (mm) après le signal, correspondant aux positions d'arrêt.

  #Define X_MIN_POS -250

  # Identification Y_MIN_POS-250

  #Define Z_MIN_POS-250

  #Define X_MAX_POS 250

  # Définition de Y_MAX_POS 250

  #Define Z_MAX_POS 250

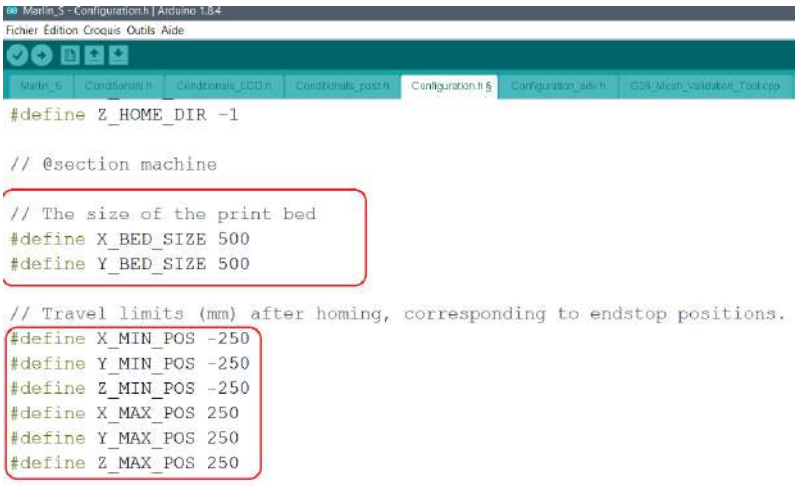


Figure (30) : La taille et les limites de l'imprimante

- **I.** Déterminer le diamètre de la buse d'extrusion et la hauteur de chaque couche lors de l'impression avec la température de la buse et de la table.
- #define MESH_TEST_NOZZLE_SIZE 0.4 // (mm) Diameter of primary nozzle.
- #define MESH_TEST_LAYER_HEIGHT 0.2 // (mm) Default layer height for the G26 Mesh Validation Tool.
- #define MESH_TEST_HOTEND_TEMP 220.0 // (°C) Default nozzle temperature for the G26 Mesh Validation Tool.
- #define MESH_TEST_BED_TEMP 60.0 // (°C) Default bed temperature for the G26 Mesh Validation Tool.

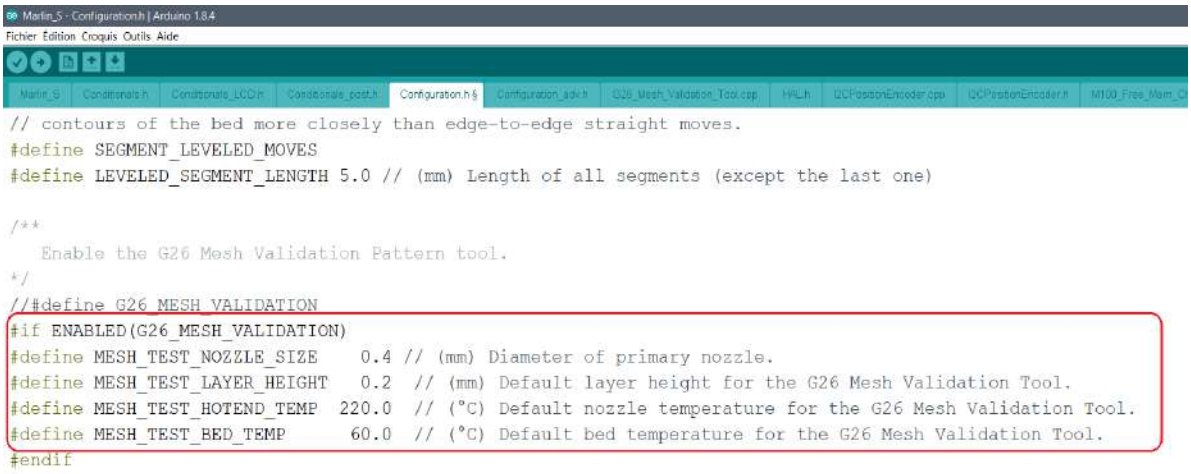


Figure (31) : Spécifications des buses et température de la table

- **J.**Déterminez la longueur du fil tiré pour l'insérer dans la buse lors d'un déplacement rapide sans imprimeret déterminez la hauteur de la buse à partir de la dernière couche imprimée lors d'un changement rapide .

  #define LEVEL_CORNERS_INSET 10 // (mm) An inset for corner leveling

  #define LEVEL_CORNERS_Z_HOP 4.0 // (mm) Move nozzle up before moving between corners

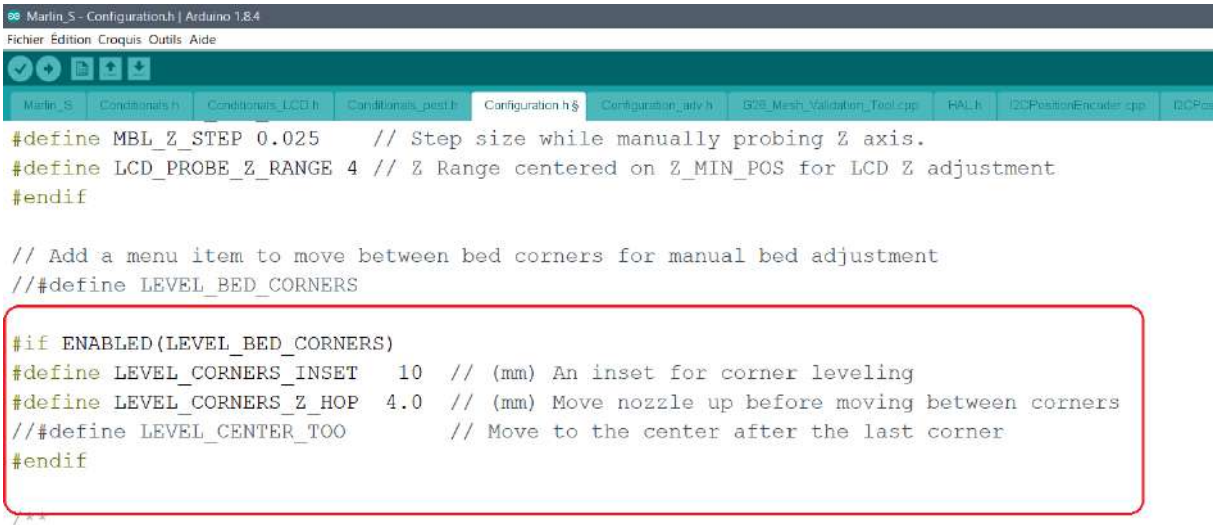


Figure (32) :la longueur du fil tiré et la hauteur de la buse

- **K .** Téléchargez, installez et ouvrez la bibliothèque LCD (U8glib.h) Contrôleur intelligent (RepRapDiscount FULL GRAPHIC).

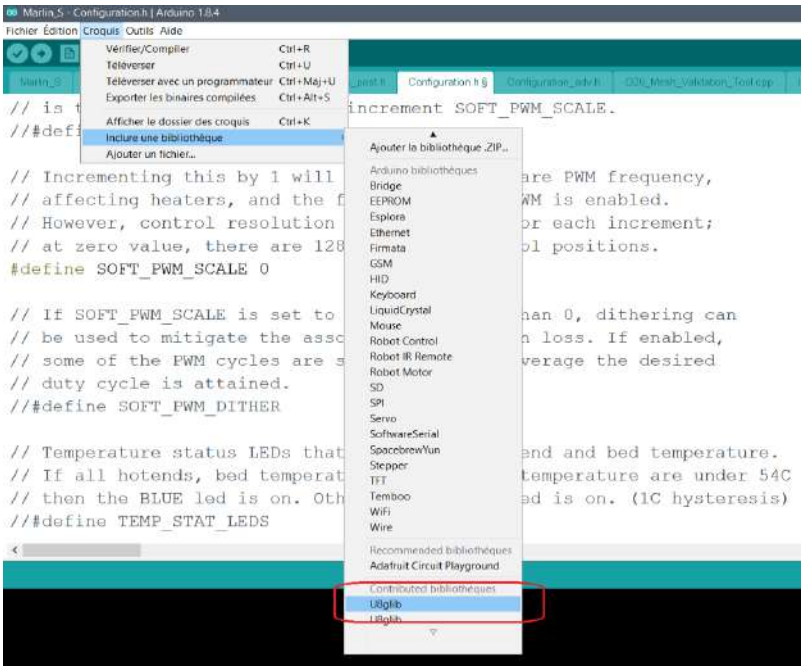


Figure (33) :ouvrez la bibliothèque LCD (U8glib.h)

- **L.** Vérification de l'installation et de l'activation des sorties LCD et de la présence du contrôleur intelligent(U8glib.h).

  #include <U8glib.h>

  #define REPRAP_DISCOUNT_FULL_GRAPHIC_SMART_CONTROLLER

  // ReprapWorld Graphical LCD

  // https://reprapworld.com/?products_details&products_id/1218

  #define REPRAPWORLD_GRAPHICAL_LCD

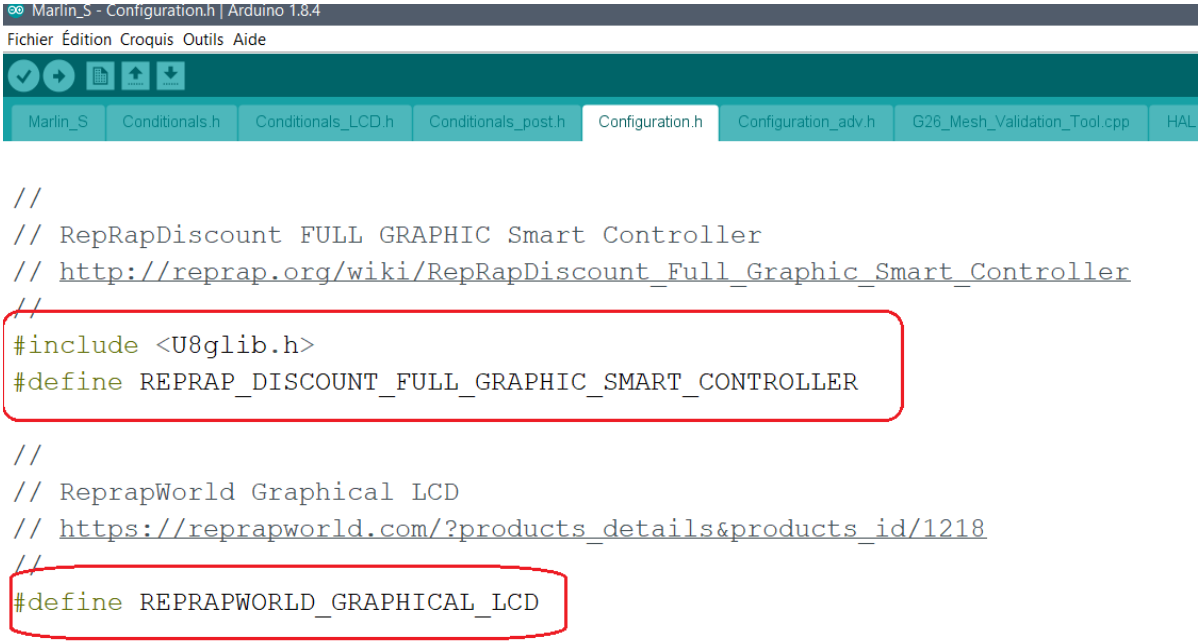


Figure (34) : l'activation des sorties LCD

- **M .**Sélectionnez la langue sur l'écran LCD ,[(fr) = français].

  #define LCD_LANGUAGE fr



Figure (35) : Sélectionnez la langue

- **N.**Activation de supportcarte mémoire SD.

  #define SDSUPPORT.



Figure (36) : Activation de supportCarte mémoire SD

- **O .**Sélectionnez l'option de type de carte mère (Arduinomega 2560) .

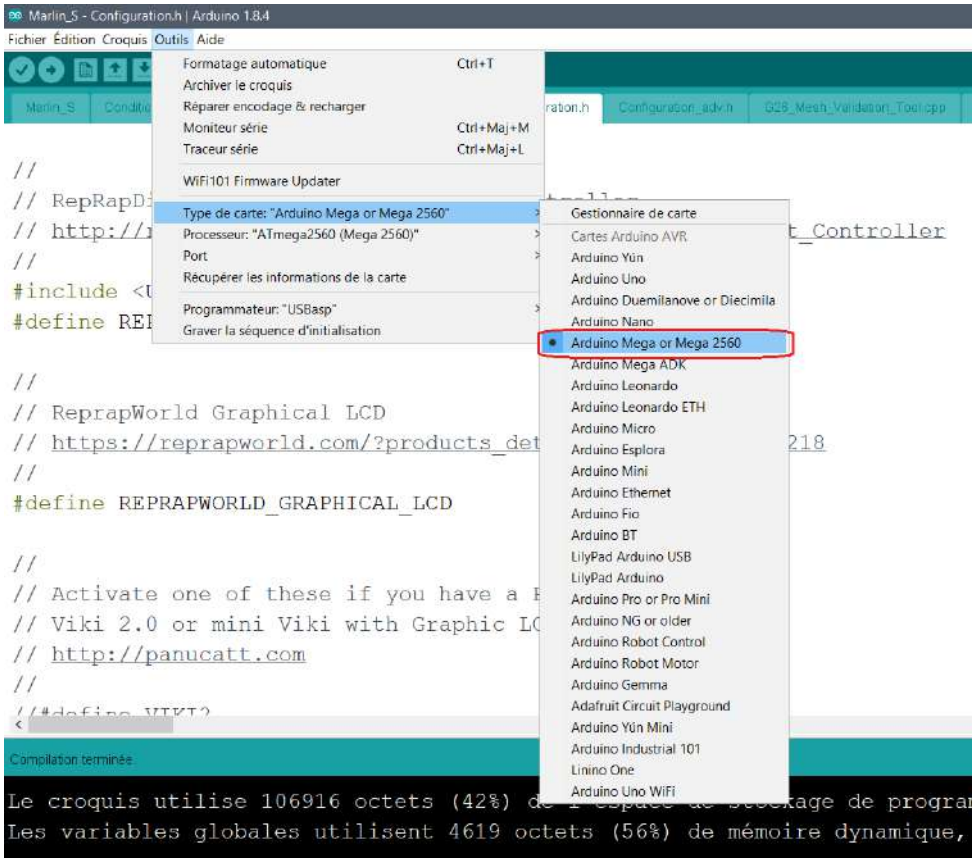


Figure (37) : Sélectionnezlacarte mère (Arduinomega 2560)

- **P .**Sélectionnez l'option de porte de sortie(com4)

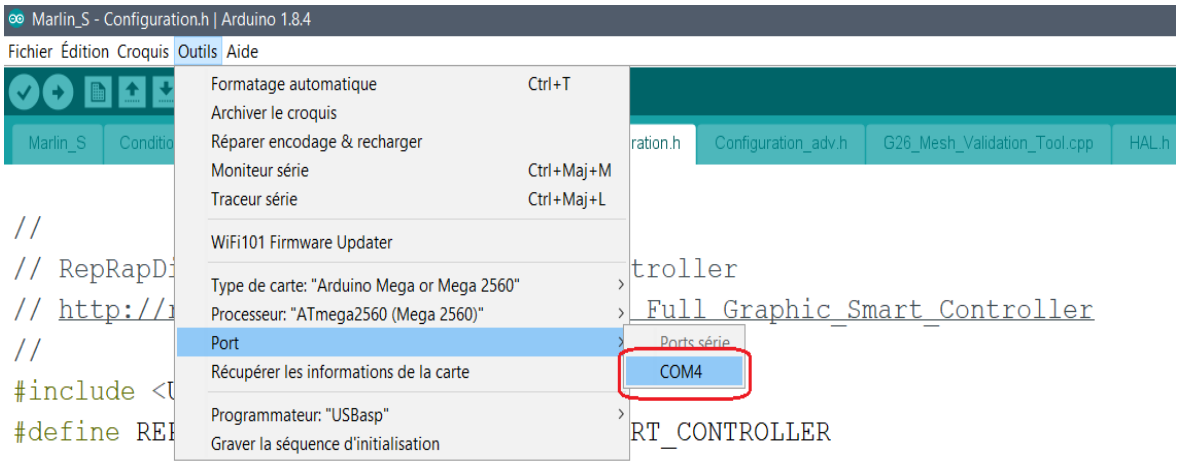


Figure (38) : Sélectionnez porte (com4)

- **Q .**Cliquer sur l'outil de téléchargement et attendre que le programme termine le téléchargement sur la carte mère(Arduinomega 2560).

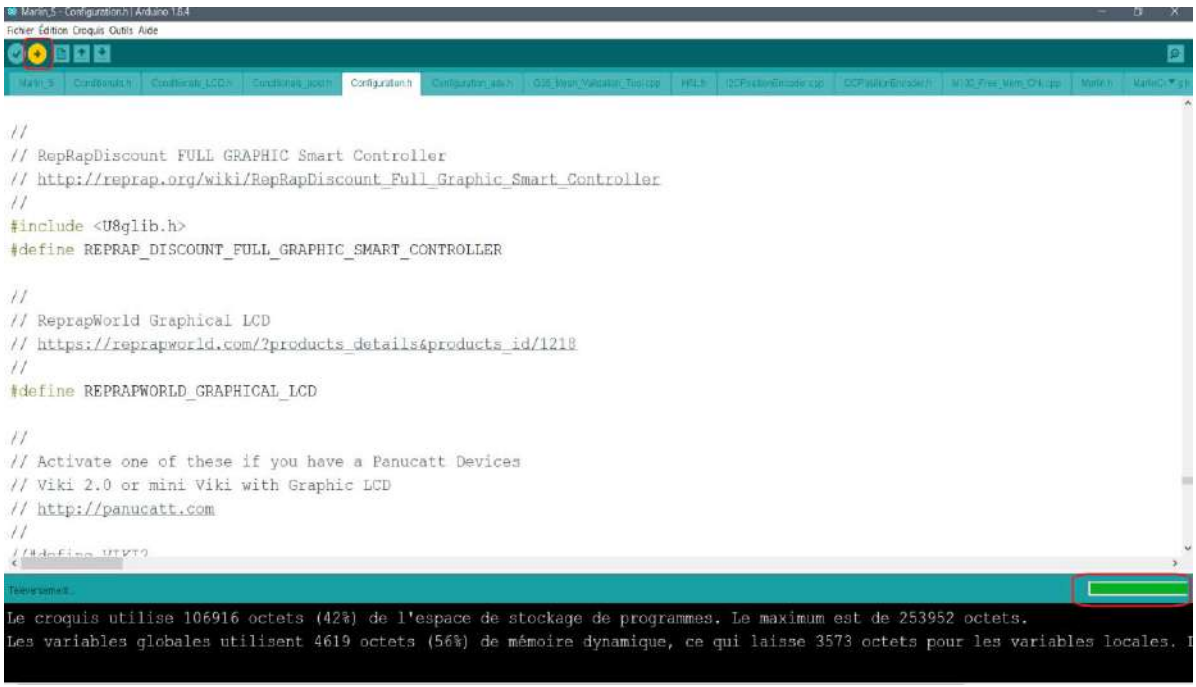
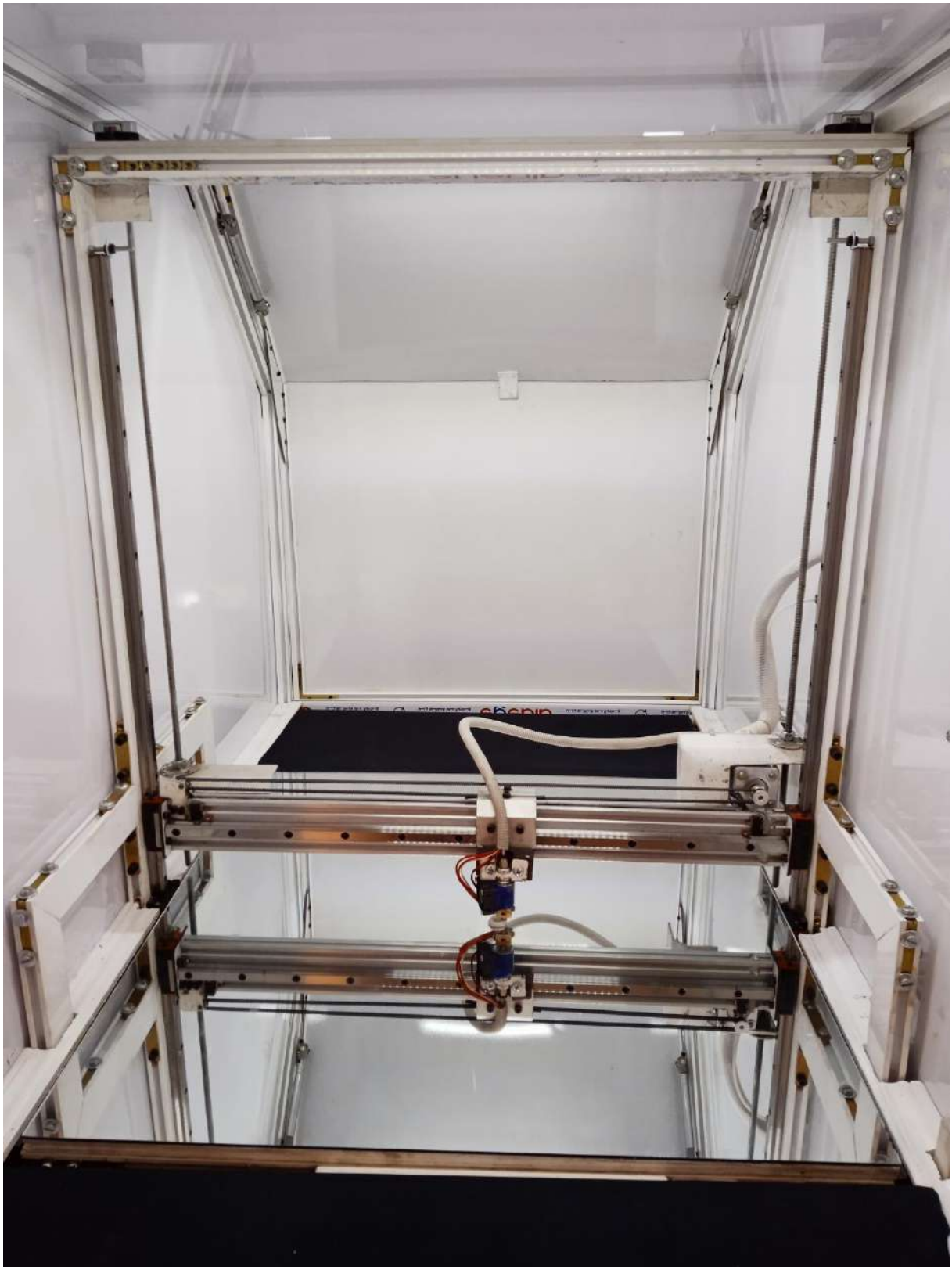


Figure (39) : Téléchargement de programme sur la carte mère (Arduinomega 2560)





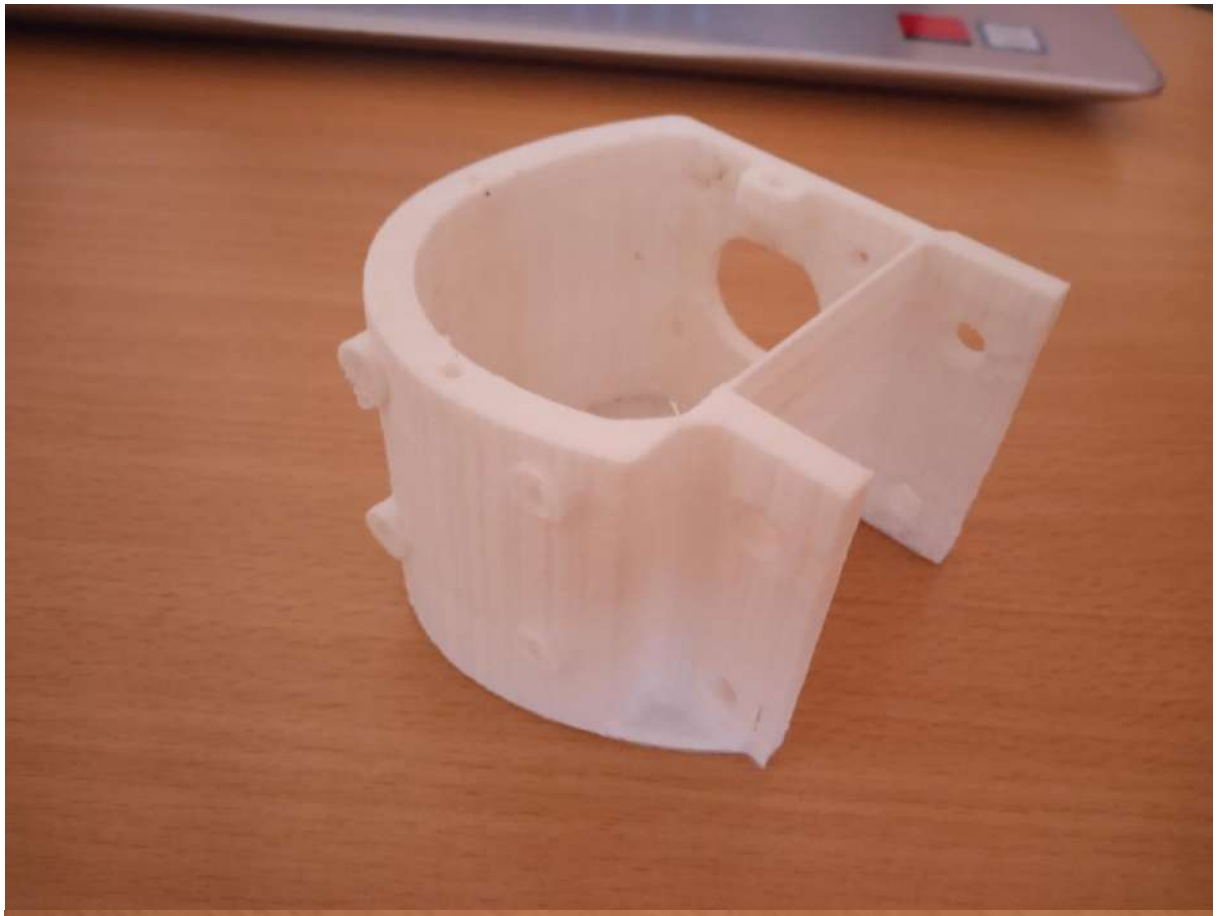



NEWTECH

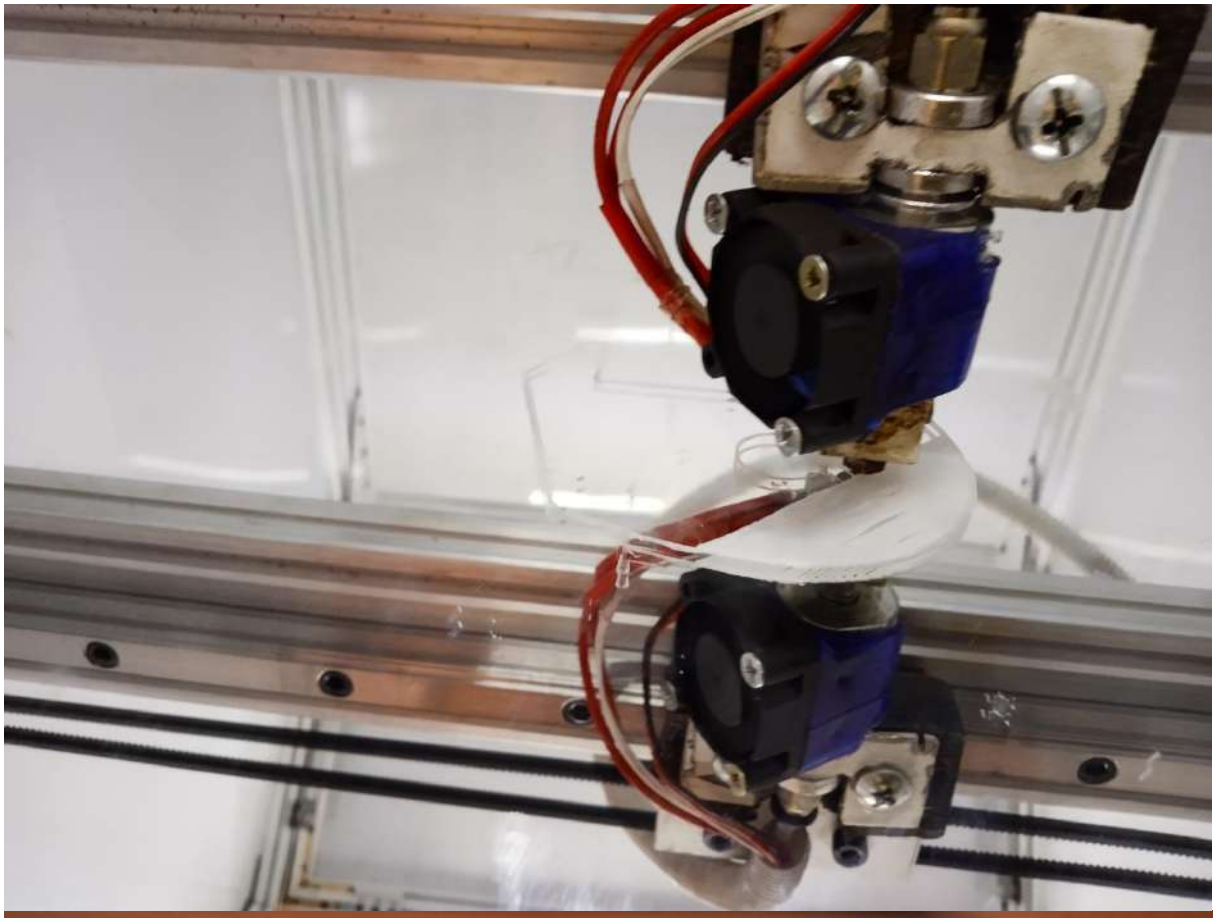

alusus















Ensemble couvercle de machine



Installer la machine avec le cadre de couverture


alusys

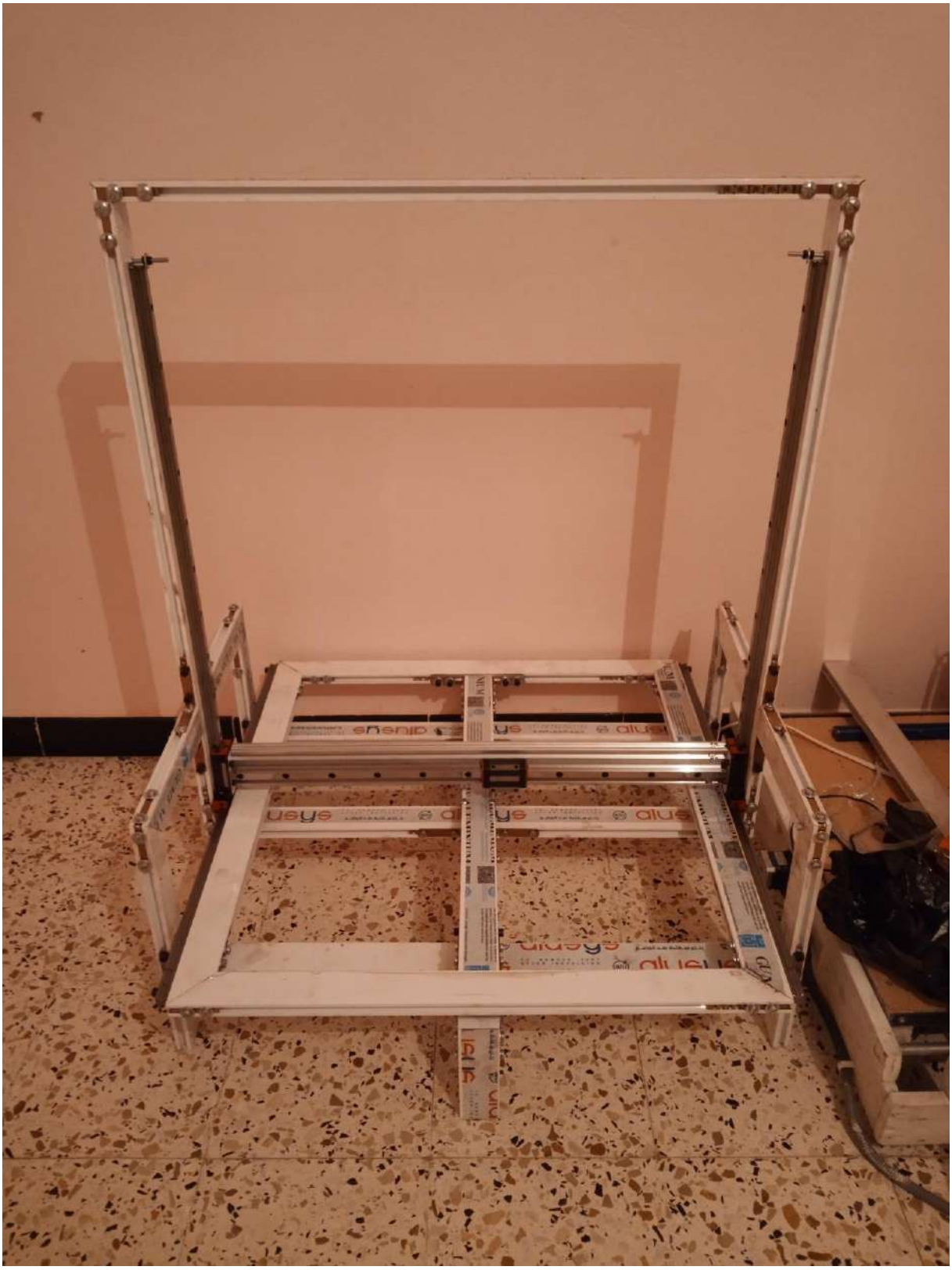




Ensemble couvercle de machine



Testez le système électrique de la machine



Assemblage d'imprimante 3D

BIBLIOGRAPHIQUE

Bibliographie

CHAPITRE 1: Généralité dur les imprimantes 3D.

*** [1]** - Histoire de l'impression 3D [archive], sur le site fabulous.com

***[2]** -Newsletter2013-2020 ©PRIMANTE 3D – All right Reservedhttp://www.primante3d.com/principe

***[3]** - L'impression 3D est-elle le moteur de la fabrication de demain ? [archive], dans Le Monde du 7 mars 2012.

-Stereolithography: Materials, Processes and Applications, Paulo Bártolo, Springer, 2011, page 3

***[4]** -« Fabrication additive et impression 3D. » [archive], sur primante3d.com (consulté le 7 avril 2017)

- « Les machines de fusion sur lit de poudre en 3 minutes » [archive], sur MetalBlog, 29 septembre 2017

-« Les mystères de la fusion par faisceau d'électrons (EBM) » [archive], sur MetalBlog, 18 décembre 2017

***[5]** - société MX3D

- Vidéo MX3D to 3D print a steel bridge in Amsterdam [archive] , You Tube, 2015

-MX3D will use multi-axis industrial robots to 3D print the bridge at Amsterdam [archive] You Tube, 12 juin 2015

***[6]** - (en) Brett E. Kelly, Indrasen Bhattacharya, Hossein Heidari et al., « Volumetric additive manufacturing via tomographic reconstruction », Science, vol. 363, n^{o} 6431, 8 mars 2019, p. 1075-1079 (DOI 10.1126/science.aau7114).

***[7]** - Fonctionnement d'une imprimante 3D FDM par catégorie

Publié le 6 JUIN 2017 , https://www.3dnatives.com/imprimantes-3d-fdm-060620173

***[8] -** Utopium project to use carbon nanotube enhanced materials with Additive Manufacturing and the Airbus vision to Scale up Additive Manufacturing [archive], sur le site nextbigfuture.com

- « Airbus A350, l'avion aux composants imprimés en 3D » [archive], sur lesnumeriques.com, 16 mai 2015 (consulté le 13 octobre 2015).

- http://www.imprimeren3d.net/airbus-le-nouvel-a350-xwb-contient-plus-de-1-000-pieces-imprimees-en-3d-12441/ [archive] le 18 mai 2015

***[9] -** « La startup HealthPrint veut imprimer en 3D le plâtre de demain - 3Dnatives », 3Dnatives, 9 février 2015 (lire en ligne [archive], consulté le 15 janvier 2017)

-Marie-Céline Jacquier, « Les premiers médicaments imprimés en 3D sont disponibles aux États-Unis » [archive], sur futura-sciences.com, 10 avril 2016 (consulté le 30 avril 2016)

- (en) « 3D Printing, Harnessing the power of 3DP to develop innovative medicines » [archive], sur aprecia.com, 2016 (consulté le 30 avril 2016)

*** [10] -** US Military Has Project to Develop Additive Manufacturing to Make Parts for Military Equipment for in-theater repairs [archive], sur le site nextbigfuture.com

-« Stargate The largest metal 3D printer in the world. Built for rockets. » [archive], sur Relativity Space (consulté le 14 avril 2019)

-(en) Clare Scott, « Relativity Space 3D Prints 11-Foot-Tall Fuel Tank with Stargate 3D Printer » [archive], sur https://3dprint.com/ [archive], 12 décembre 2018 (consulté le 14 avril 2019).

***[11] -** This 3D-Printing Robot Magically Created A Bridge Out Of Sand [archive] et vidéo [archive

-https://www.lecho.be/sabato/architecture/a-l-avenir-les-maisons-imprimees-en-3d-seront-partout/10066464.html [archive]

-« #Startup3D : Apis Cor et l'impression 3D de maisons - 3Dnatives » [archive], sur www.3dnatives.com (consulté le 2 mai 2018)

***[12]** -Said BOUGOUR. « L'impression 3D comme moyen d'évolution des processus de production ». CAHIERS Du LAB.RII- Document de travail-. Université Du Littoral Cote D'opale. Janvier 2015.

***[13] -** Pierrick BOUFFARON. « Impression 3D». Rapport d'Ambassade / Consulat Général de France à San Francisco, Californie septembre 2014.

Sources officielles des Figures de Chapitre I

***Figure (1.2) :** David Desrousseaux, « Des voitures insolites imprimées en 3D pour BMW » [archive du 24 juin 2014], sur Shapelize, 10 juin 2014 .

***Figure (2) :** Source : Fr3dilla.com – http://fr.3dilla.com/imprimante-3d/fused-deposition-modeling/ – consulté le 10-02-2015.

***Figure (3)** : Journal of Materials Processing Technology, January 2018, Pages 73-82 ,Polishing of fused deposition modeling products by hot air jet: Evaluation of surface roughness , https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.07.019

*Figure (4) : Euskara: Materialaren urtze bidezko moldeatzea , Date14 December 2015 , Source Own work , Author Markelapellaniz , Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International.

***Figure (5) :** (en) « PLA 3D Printer Plastic filament » [archive], sur amazon.com, 17 février 2015 (consulté le 21 avril 2015) .

* **Figure (6) :** Fusion laser sur lit de poudre PUBLIÉ LE 3 SEPTEMBRE 2019 https://www.3dnatives.com/frittage-laser-poudres-metalliques-on-vous-explique-tout/

***Figure (7)** : Schéma de principe du procédé SLS (gauche), principe de densification de poudres (droite) (Adaptée de [Sub1995]). (Adnene Sakly) https://www.researchgate.net/figure/11-Schema-de-principe-du-procede-SLS-gauche-principe-de-densification-de-poudres_fig5_296677493

***Figure (8) :** Trumph et Sisma en joint-venture pour la fabrication additive

Gaëtan Lefevre Jeudi 26 février 2015 - 17:02 , https://www.a3dm-magazine.fr/news/toutes-industries/trumph-sisma-joint-venture-fabrication-additive

***Figure** (9) : A cross section of a coaxial LMD nozzle uploaded by Andreas Segerstark, https://www.researchgate.net/figure/A-cross-section-of-a-coaxial-LMD-nozzle-The-powder-is-carried-by-an-inert-gas_fig3_326177167

***Figure (10) :** La technologie SLA utilise un matériau sous forme de résine liquide PUBLIÉ LE 14 JUILLET 2016 , https://www.3dnatives.com/limpression-3d-par-stereolithographie-on-vous-explique-tout/

***Figure (11) :**La Form 2 de Formlabs, une imprimante 3D reposant sur la technologie SLA , PUBLIÉ LE 14 JUILLET 2016 , https://www.3dnatives.com/limpression-3d-par-stereolithographie-on-vous-explique-tout

***Figure** (12) :Publié par Ulu Elsomalien à 09:00 , Libellés : Création 3D, Kickstarter, Tiko , vendredi 18 septembre 2015 , http://uluelsomalien.blogspot.com/2015

***Figure (13 ;14 ;15 ;16) :** Fonctionnement d'une imprimante 3D FDM par catégorie

Publié le 6 JUIN 2017 , https://www.3dnatives.com/imprimantes-3d-fdm-060620173

***Figure (17) :**modéle de turbine blade inspection (High temperature coatings team)Dr. Daniel Emil Mack , Arjun Bala Krishnan , Andrea Hilgers , Martin Tandler, Markus Wolf , Last updated: 26Sep2019,https://www.fzjuelich.de/iek/iek1/EN/AboutUs/Ansprechpartner/Gruppen/HochtemperaturSchutzSchichten.html?nn=897208

***Figure (18 ,19)** La maintenance aéronautique pourra s'appuyer sur l'impression 3D ,PUBLIÉ LE 10 FÉVRIER 2016 https://www.3dnatives.com/maintenance-aeronautique-impression-3d-10022016/

***Figure (20) :**Iaremenko Sergii/Shutterstock.com„Der additiven Fertigung wird ein hohes Potenzial vorhergesagt. Gesamtwirtschaftlich betrachtet, wird der 3-D-Druck die Wertschöpfungskette verändern."

***Figure** (21) :L'IMPRESSION 3D BOULEVERSE LA MÉDECINE MODERNE
Publié par Martin | Jan 11, 2016 | imprimante 3d

***Figure** (22) : Impression 3D, pour la Santé : une nouvelle médecine est en train de naître. par Guillaume | 15 Nov 2017 | Impression 3D, santé |http://transdigital.fr/2017/11/impression-3d-pour-la-sante-une-nouvelle-medecine-est-elle-en-train-de-naitre

***Figure (23) :** StCody Wilson propose de fabriquer soi-même avec une imprimante 3D des armes aussi diverses qu'un révolver ou un M16. iock , Publié le : 13/07/2018 - 17:51Modifié le : 13/07/2018 - 19:29 .

***Figure (24 , 25) :** Une imprimante 3D qui ressemble à une grue , Nikita Cheniuntai , PUBLIÉ LE 6 MARS 2018. « Startup3D : Apis Cor et l'impression 3D de maisons - 3Dnatives » [archive], sur www.3dnatives.com (consulté le 2 mai 2018) .

***Figure (26) :** Le RAMLAB poursuit la fabrication additive d'une hélice de bateau , PUBLIÉ LE 14 SEPTEMBRE 2017 , https://www.3dnatives.com/ramlab-helice-bateau-14092017/

***Figure (27) :** Production of aerospace component using Laser Metal Deposition (LMD) technology https://www.flickr.com/photos/twiltd/15171193587/in/photostream/

CHAPITRE III :La partie electronique, electrique et programmation.

- **Sources officielles d'informations de Chapitre III**
- ***[1] Publié le 21 décembre 2014 par(Hervé Mazelin),https://www.redohm.fr/2014/12/arduino/**

- ***[2] RepRap RAMPS 1.4 (Johnny Russell) Email: johnny at ultimachine.com ,23 September 2019, at 07:56. https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4**
- ***[3] RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller Schematics 25 September 2019, at 02:12. https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount_Full_Graphic_Smart_Controller.**
- ***[4] A4988 STEPPER MOTOR DRIVER WITH ARDUINO TUTORIAL , IKNOWVATIONS TEAM , https://iknowvations.in/arduino/a4988-stepper-motor-driver-arduino-tutorial.**
- ***[5] www.mbm-tn.com/accessoires/3467-bloc-alimentation-12v-15a.html**

***[6] Tout sur les moteurs pas à pas créé par(Bill Earl) Dernière mise à jour le 2020-02-17 12:18:50 PM UTC,(Adafruit Industries) https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors**

***[7] https://www.ato.com/nema-17-stepper-motor-6v-1a-1-8-degree-2-phase-4-wires. ***

Sources officielles des Figures de Chapitre III

- Figure (1 ; 2): Publiéle 21décembre2014 par(HervéMazelin),https://www.redohm.fr /2014/12 /arduino/
- Figure (3 ; 4) : KitsGuru,LabsGuru,YearofEstablishment2008,https://www.indiamart.com /proddetail/3d-printer-control-board-for-ramps-1-4-16711662512.html
- Figure (5 ; 6) : RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller Schematics 25 September2019,at02:12https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount_Full_Graphic_Smart_Controller 12864 LCD Control Panel Smart Controller Display Compatible with Ramps 1.4 Ramps 1.5 Ramps 1.6 For RepRap Mendel 3D Printer https://www.aliexpress.com/i/32810042831.html
- Figure (7 ; 8 ;9 ;10 ;11 ;12 ;13) : A4988 STEPPER MOTOR DRIVER WITH ARDUINO TUTORIAL , IKNOWVATIONS TEAM , https://iknowvations.in/arduino/a4988-stepper-motor-driver-arduino-tutorial.

- Figure (14 ;15) : www.mbm-tn.com/accessoires/3467-bloc-alimentation-12v-15a.html
- Figure (16) :Tout sur les moteurs pas à pas créé par(Bill Earl) Dernière mise à jour le 2020-02-17 12:18:50 PM UTC,(Adafruit Industries) https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors
- Figure (17 ; 18): https://www.ato.com/nema-17-stepper-motor-6v-1a-1-8-degree-2-phase-4- wires.
- Figure (20) : le site officiel www.arduino.cc
- Figure (21) : créé par (David Braam), le 28 septembre 2017
- Figure (22) : le site officiel SolidWorks Programme

LES ANNEXES