



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Electromécanique

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique Industrielle

Thème

Maintenance d'une machine de prototypage rapide (imprimante 3D)

Présenté et soutenu publiquement par :

BENKHELIFA Mohammed Elamin

RIATI Abdelmadjid

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr : TAHRAOUI Mohamed	MAA	IMSI/Univ-Oran 2	Président
Mr : LALAOUI Mohamed El Amine	MAA	IMSI/Univ-Oran 2	Encadreur
Mr : BOUHAFS Mohamed	MCB	IMSI/Univ-Oran 2	Examineur

Juin 2017

Remerciements

Louange à Allah le miséricordieux qui nous a donné la volonté, la santé et la patience pour finir ce travail.

Nos intenses remerciements et tous nos respects s'adressent à nos familles qui nous ont supportés et encouragés durant tous les ans.

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur Mr. *Alfath* Mohamed el amine d'avoir dirigé ce travail et pour la confiance qu'il nous a témoigné en nous proposant ce sujet de fin d'études.*

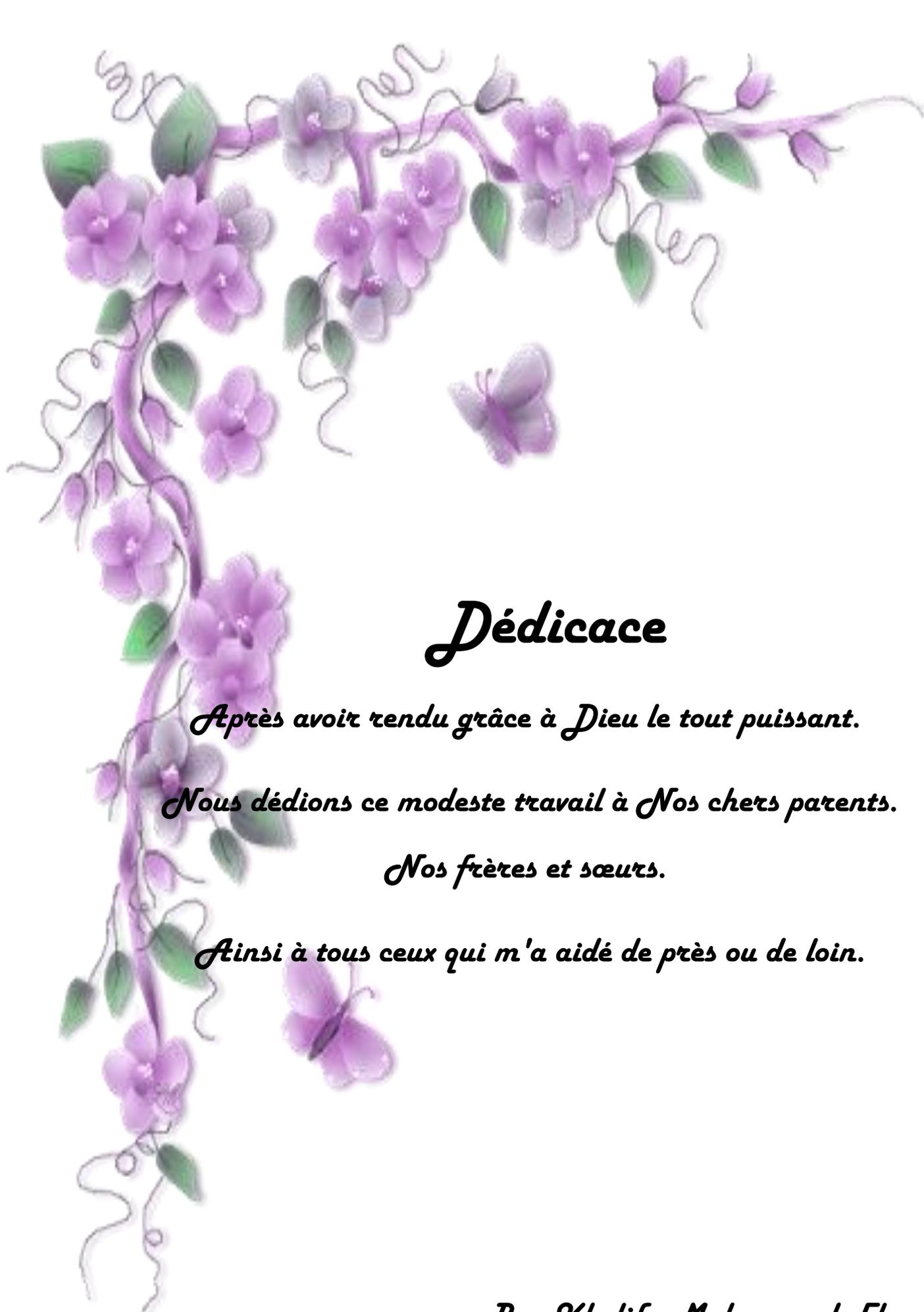
*Des remerciements particuliers à la cheffe de laboratoire *Alfath* Mr. *Alfath* Jewfik et l'ensemble des chercheurs de laboratoire qui ont fait de leurs mieux pour compléter ce travail.*

Des remerciements particuliers à l'ensemble des enseignants du primaire jusqu'à aujourd'hui, qui ont fait de leurs mieux pour instruire les étudiants.

*Nous exprimons notre gratitude envers le président de jury. *Alfath* auprès duquel est exposé ce travail, ainsi que l'examineur d'avoir accepté de juger ce mémoire.*

Nous tenons également à remercier tous nos collègues d'études en post graduation pour leurs soutiens et leurs motivations.

Enfin, que toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, soient chaleureusement remerciées.



Dédicace

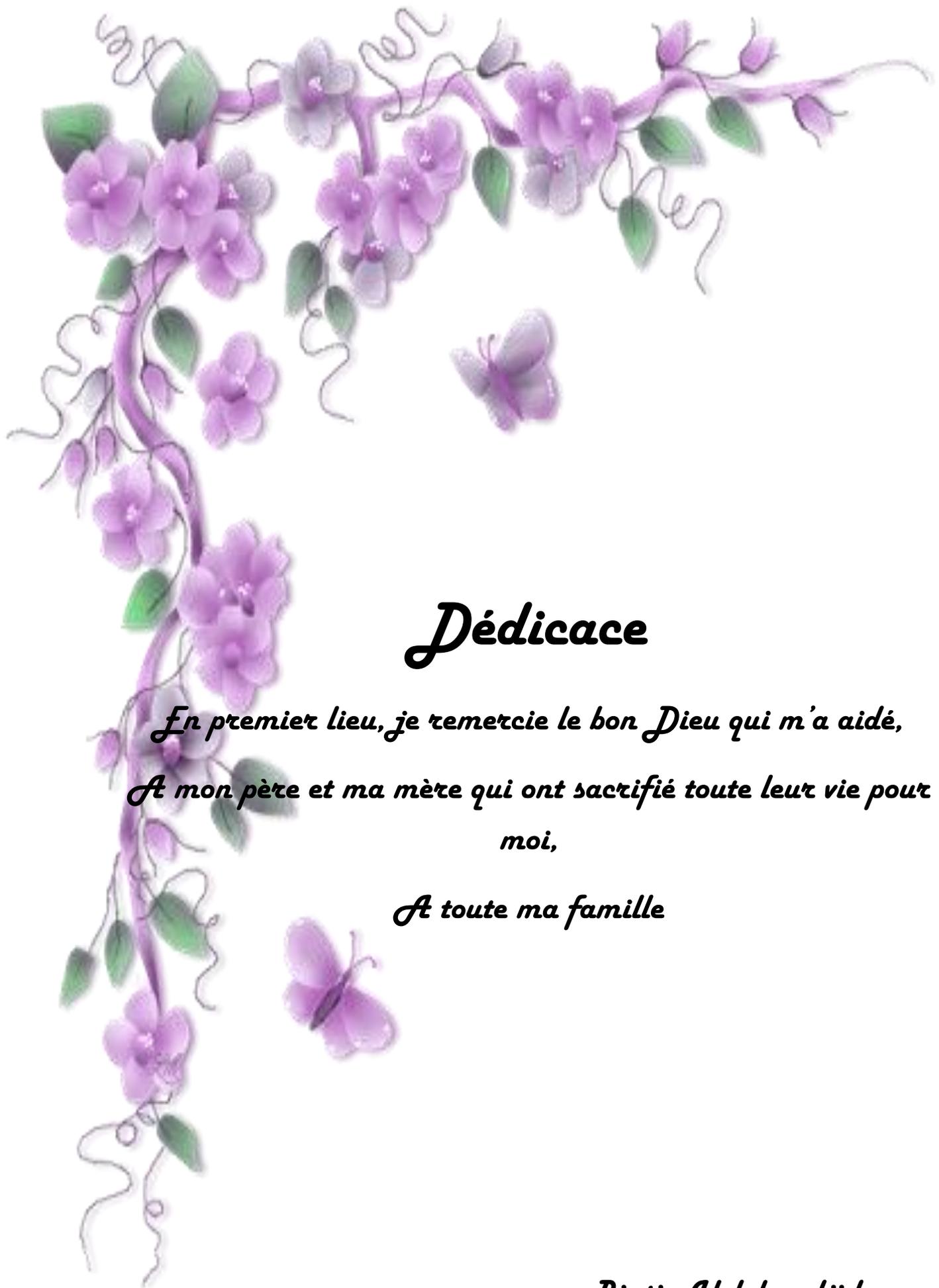
Après avoir rendu grâce à Dieu le tout puissant.

Nous dédions ce modeste travail à Nos chers parents.

Nos frères et sœurs.

Ainsi à tous ceux qui m'a aidé de près ou de loin.

Ben Khelifa Mohammed Flamin



Dédicace

*En premier lieu, je remercie le bon Dieu qui m'a aidé,
Et mon père et ma mère qui ont sacrifié toute leur vie pour
moi,*

Et toute ma famille

Riati Abdelmadjid

RESUME

Notre projet se base sur la machine de prototypage rapide et notamment l'imprimante 3D BCN+, vu que c'est la meilleure solution pour la fabrication des pièces plus petites et plus compliquées.

Nous examinerons dans notre projet de fin d'étude tout au sujet BCN+, Description de l'imprimant 3D BCN+, L'utilisation de l'imprimante 3D BCN+.....

Notre projet vise à l'entretien lié à une imprimante en trois dimensions, maintenance préventive et maintenance corrective et les différentes causes et solutions possibles pour les problèmes qui mènent à la panne de cette machine.

Mots-clés :

Prototypage rapide.

Maintenance.

Imprimante 3D.

BCN+.

ABSTRACT

Our project is based on the rapid prototyping machine and especially the 3D BCN + printer, as it is the best solution for the manufacture of smaller and more complicated parts.

We will examine in our end-of-study project all about BCN +, Description of the 3D printer BCN +, The use of the 3D printer BCN +.....

Our project aims at the maintenance associated with a three-dimensional printer, preventive maintenance and corrective maintenance and the various causes and possible solutions for the problems that lead to the failure of this machine.

Keywords:

Rapid Prototyping.

Maintenance.

3D Printer.

BCN+.

Liste des figures

Figure I-1: Stéréolithographie	4
Figure I-2: Le frittage sélectif laser (SLS)	5
Figure I-3 : Le 3D printing	6
Figure I-4 : Le procédé Fused Déposition Modeling (FDM).....	7
Figure I-5 : Le procédé Laminating Object Manufacturing (LOM)	8
Figure I-6: Stratoconception.....	9
Figure I-7 : Description d'un imprimant par dépôt de matière (FDM ou FFF)	12
Figure I-8 : IPSIL lab.....	13
Figure I-9 : l'imprimante BADI3A 1.0	14
Figure I-10 : l'imprimante 3D SYPHAX.....	14
Figure I-11 : l'imprimante 3D Foldarep.....	15
Figure I-12 : la solution LOUNJA.....	15
Figure I-13 : L'imprimante 3D BCN	16
Figure I-14 : L'imprimante 3D BCN+	17
Figure II-1 : Organigramme des méthodes de la maintenance.....	20
Figure II-2 : Les paramètres de S.D.F.	23
Figure III-1 : Le châssis	28
Figure III-2: L'extrudeur	29
Figure III-3: Le système de mouvement selon l'axe X.....	30
Figure III-4: Le système de mouvement selon l'axe Y	31
Figure III-5: Le système de mouvement selon l'axe Z	32
Figure III-6: La boîte de l'alimentation	33
Figure III-7: La carte Arduino Mega 2560	35
Figure III-8: La carte Child Ramps v1.4.....	36
Figure III-9 : Le DRV8825	37
Figure III-10: L'écran LCD et l'emplacement de carte SD	38
Figure III-11: Capteur de fin cors.....	39
Figure III-12: Le moteur pas à pas Nema 17	39
Figure III-13: La résistance de chauffage de la buse	41
Figure III-14: .La plaque chaude (hot bad).....	42
Figure III-15: Les Ventilateurs	43
Figure III-16: Roulement linéaire LM8UU	43

Figure III-17: tige lisse	44
Figure III-18: Accouplement acier 5 à 8	44
Figure III-19: courroie (GT2-760mmx6mm)	45
Figure III-20: La poulie GT2	45
Figure III-21: Les guidages linières et les rails simples carrés (drylin W)	46
Figure III-22: Le boulon de poussage de filament	46
Figure III-23: Roulement axial	47
Figure III-24: La buse	47
Figure III-25 :L'emplacement de câble et le bouton ON / OFF	50
Figure III-26 : L'interface de l'utilisateur	51
Figure III-27 : L'écran d'accueil	51
Figure III-28 : Le menu principal	52
Figure III-29 : Le menu prépare	52
Figure III-30 : Le menu Preheat	53
Figure III-31 : Le menu Move axis	53
Figure III-32 : Le menu Control	54
Figure III-33 : L'insertion du filament	54
Figure III-34 : Les étapes pour l'impression d'une pièce	55
Figure III-35 : L'entretien des Courroies	57
Figure III-36 : Cas de changement la courroie	57
Figure III-37 : Calibration de l'axe X	58
Figure III-38 : Calibration de l'axe Y	59
Figure III-39 : Étalonnage de la buse	59
Figure III-40 : mesure la tension du câble d'alimentation	62
Figure III-41 : tester l'interpréteur	62
Figure III-42: vérifier le fusible	63
Figure III-43 : mesure la tension de sortie de la boîte de l'alimentation	64
Figure III-44 : mesure la tension de l'entrée de la carte Shield	64
Figure III-45 : mesure la résistance de l'extrudeuse	67
Figure III-46 : mesure la résistance de la plaque	67
Figure III-47 : mesure la tension entre les bornes de câble de la résistance	69
Figure III-48 : mesure la tension Mesurer la tension entre les bornes de la résistance à la carte Shield	69

Figure III-49 : commutation les câble des thermistances	70
Figure III-50 : mesure la tension	71
Figure III-51: mesure la tension	71
Figure III-52 : Basculer entre les câbles	74
Figure III-53 : Basculer entre les emplacements du câble de ce moteur	74
Figure III-54 : Basculer entre le driver de ce moteur	74
Figure III-55 : Débouchage avec aiguille	76
Figure III-56 : Démontage de la buse	78
Figure III-57: Débouchage de la buse	78
Figure III-58: Démontage du dissipateur de chaleur	78
Figure III-59: Débouchage du dissipateur de chaleur	79
Figure III-60 : Mesurer la tension du câble du ventilateur	80
Figure III-61 : Mesurer la tension du ventilateur à la carte Shield	80
Figure III-62 : Mesurer la tension du capteur	87
Figure III-63 : Mesurer la tension à la carte Shield du capteur	87
Figure III-64 : Le filament bave entre des points distants	89
Figure III-65 : La pièce s'effondre pendant l'impression	90
Figure III-66: Délaminage latéral sur périmètre ou face horizontale	91
Figure III-67 : Manque de matière dans une section mince	91
Figure III-68 : Boursoufflures	92
Figure III-69 : Décalage horizontal	93
Figure III-70 : Cintrage vers le haut	93
Figure III-71 : Décollement des angles	94
Figure III-72 : Densité d'extrusion faible	95
Figure III-73 : Gouttes noires	95
Figure III-74 : Couches mal soudées	96
Figure III-75 : Bulles	96
Figure III-76 : Dessus-dessous fragile	97

Liste des tableaux

Tableau III-1 : Fiche technique de la boîte de l'alimentation	34
Tableau III-2 : Fiche technique de la carte Arduino Mega 2560	35
Tableau III-3 : Fiche technique de la carte Child Ramps v1.4.....	37
Tableau III-4 : Fiche technique de DRV8825	38
Tableau III-5 : Fiche technique du moteur pas à pas Nema 17.....	40
Tableau III-6 : Fiche technique de La résistance	41
Tableau III-7 : Fiche technique de La thermistance	41
Tableau III-8 : Fiche technique de La plaque chaude (hot bad).....	42
Tableau III-9 : Les caractéristiques de Roulement linéaire LM8UU	43
Tableau III-10 : Les caractéristiques d'Accouplement acier 5 à 8.....	44
Tableau III-11 : Les caractéristiques de la courroie (GT2-760mmx6mm)	45
Tableau III-12 : Les caractéristiques de la poulie GT2	46
Tableau III-13 : Les caractéristiques de l'imprimant 3D BCN+	48
Tableau III-14 : Déballage de l'imprimant	49
Tableau III-15 : problème à l'entrée de la boîte.....	62
Tableau III-16 : problème à l'intérieur de la boîte de l'alimentation.....	63
Tableau III-17 : problème à la sortie de la boîte de l'alimentation.....	64
Tableau III-18 : problème à la carte Shield ou la carte Arduino	65
Tableau III-19 : Lorsque vous appuyez sur le bouton de commande la machine ne répond pas.....	66
Tableau III-20 : L'imprimante s'éteint après le choix de Preheat.....	67
Tableau III-21 : problème à la résistance de l'extrudeuse.....	68
Tableau III-22 : problème à la thermistance	69
Tableau III-23 : Problème à la carte Shield ou la carte Arduino.....	70
Tableau III-24 : problème à la plaque.....	71
Tableau III-25 : problème à la thermistance	72
Tableau III-26 : problème au moteur pas à pas	74
Tableau III-27 : problème au système de poussage du filament	75
Tableau III-28 : problème à filament	75
Tableau III-29: problème dans le ventilateur	79
Tableau III-30: cassage d'une pièce.....	80

Tableau III-31 : problème dans les poulies ou la Courroie	81
Tableau III-32 : problème a les roulements linéaires ou les barres lisse	82
Tableau III-33 : problème dans les poulies ou la Courroie	83
Tableau III-34 : problème aux chariots linéaires ou les guides linéaires	84
Tableau III-35 : cassage d'une pièce.....	84
Tableau III-36 : problème a les accouplements, ou les tiges filetées et écrous, ou les paliers linéaires et les barres lisse.	85
Tableau III-37 : Après de choix de « AUTO HOME » le moteur pas à pas d'un axe (X ou Y ou Z) ne s'arrête pas, malgré l'arrivée de la fin de corse	86

Liste des symboles

3D : 3Dimensions

CAO : Conception Assisté par Ordinateur

SLS : frittage Sélectif par Laser

FDM : Fused Déposition Modeling

2D : 2 Dimensions

UV : Ultraviolet

LOM : Laminating Object Manufacturing

RepRap : replicating rapid prototyper

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrene

PLA : Polylactic Acid

STL : STereoLithography

FFF : Fused Filament Fabrication

IPSIL : Laboratoire d'Innovation de Produits & Systèmes Industriels

AFNOR : L'association Française de Normalisation

MTBF : Mean Time Between Failure

MTTR : Mean Time To Repair

CNC : Computer Numerical Control

AC : Alternating Current

DC : Direct Curren

Sommaire

Introduction Générale

Chapitre I Généralité sur les machines de prototypage rapide

Introduction :	2
I- 1. Historique.....	2
I-2. Définition du prototypage rapide	3
I-3. Les différents procédés de prototypage rapide	4
I-3-1. Le prototypage additif.....	4
I-3-2. Prototypage soustractif.....	8
I-4. L'impression 3D	10
I-4-1. Qu'est-ce-que l'impression 3D ?	10
I-4-2. Historique.....	10
I-4-3. Principe de fonctionnement	11
I-4-4. L'imprimante par dépôt de matière (FDM ou FFF).....	11
I-5. L'impression 3D a IPSIL / Algérie	13
I-5-1. Laboratoire d'Innovation de Produit & de Système Industriel(IPSIL).....	13
I.5.2. Les différentes machines de prototypage rapide à IPSIL	14
I-6. Fonctionnement et Programmation	17
I-6-1. Les différents logiciels	17
Conclusion	18

Chapitre II Généralité sur la maintenance

Introduction	19
II-1. Définition de la maintenance	19
II-2. But de la maintenance.....	19
II-3. Les différentes formes de maintenance	20
II-3-1. Maintenance corrective.....	21
II-3-2. Maintenance préventive.....	21
II-4. Sûreté de fonctionnement (S.D.F)	23
II-4-1. Fiabilité	23
II-4-2. Maintenabilité	24
II-4-3. Disponibilité	25
II-4-4. Sécurité	26
II-5. Les indicateurs de la maintenance	26

II-5-1. L'indicateur de fiabilité MTBF	26
II-5-2. L'indicateur de Maintenabilité MTTR	26
II-5-3. L'indicateur de disponibilité D	27
Conclusion	27
Chapitre III La maintenance de la machine de prototypage BCN+	
Introduction	28
III-1. Description de l'imprimant 3D BCN+	28
III-1-1. Les différents organes de l'imprimant 3d BCN+	28
III-1-2. Les composants électriques et électroniques.....	33
III-1-3. Les composants mécaniques	43
III-1-4. Les caractéristiques de l'imprimant 3D BCN+	48
III-2. Élaboration du manuel d'utilisation de l'imprimant 3D BCN+	49
III-2-1. Déballage de l'imprimant	49
III-2-2. Alimentation de l'imprimant	50
III-2-3. L'interface de l'utilisateur	50
III-2-4. Les éléments de l'écran d'accueil.....	51
III-2-5. Le menu principal.....	52
III-2-6. L'insertion du filament de l'imprimante.....	54
III-2-7. Les étapes pour l'impression d'une pièce	55
III-3. Les opérations de maintenance préventive de la machine de prototypage BCN+	56
III-3-1. L'entretien de la buse	56
III-3-2. Nettoyage de la plateforme de l'imprimante.....	56
III-3-3. L'entretien des Courroies	57
III-3-4. Calibration des axes.....	58
III-3-5. Étalonnage de la buse	59
III-3-6. La lubrification	60
III-3-7. L'entretien des roulements linéaires.....	60
III-4. Les problèmes possibles lors de l'utilisation de l'imprimante	61
III-4-1. L'imprimante n'est pas fonctionne.....	62
III-4-2. Lorsque vous appuyez sur le bouton de commande la machine ne répond pas	66
III-4-3. L'imprimante s'éteint après le choix de Preheat (préchauffage)	67
III-4-4. Après une période (2ou 3 minutes) de choix de « Preheat » la température de l'extrudeuse n'augmenter pas	68

III-4-5. Après une période (4ou 5 minutes) de choix de « Preheat » la température de la plaque n'augmenter pa	71
III-4-6. Après de choix de « Preheat ABS » la température de la plaque atteint a une valeur inférieure à 70 degrés	73
III-4-7. L'extrudeuse n'est pas fonctionner (le système de poussage du filament n'est pas tourner).....	73
III-4-8. L'extrudeuse n'est pas fonctionne malgré que le système de poussage du filament soit tourné.....	75
III-4-9. Un problème dans le mouvement selon l'axe x	80
III-4-10. Un problème dans le mouvement selon l'axe y	83
III-4-11.Un problème dans le mouvement selon l'axe Z.....	84
III-4-12.Après de choix de « AUTO HOME » le moteur pas à pas d'une axe (X ou Y ou Z) n'est pas s'arrête, malgré l'arrivée de la fin de corse	86
III-4-13. Le problème des pannes d'électricité lors de l'impression.....	88
III-5. Diagnostic de la qualité d'impression	89
III-5-1. Le filament bave entre des points distants.....	89
III-5-2. La pièce s'effondre pendant l'impression.....	90
III-5-3. Délaminage latéral sur périmètre ou face horizontale.....	90
III-5-4. Manque de matière dans une section mince.....	91
III-5-5. Boursoufflures	92
III-5-6. Décalage horizontal d'une couche	92
III-5-7.Cintrage vers le haut.....	93
III-5-8.Décollement des angles (warping)	94
III-5-9.Densité d'extrusion faible	94
III-5-10. Gouttes noires.....	95
III-5-11. Couches mal soudées	95
III-5-12. Bulles.....	96
III-5-13. Dessus-dessous fragile	97
Conclusion	97
Conclusion générale	98
Bibliographe	99
Sitographie	;... 100

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction Générale :

Les imprimantes à trois dimensions ou machines de prototypages sont en train de révolutionner le monde. L'impression en trois dimensions est basée sur la réalisation d'objet en ajoutant de la matière (méthode additive), l'idée est de créer n'importe quelle forme même la plus complexe possible, peut être comme succession de couches, la machine n'imprime donc pas l'objet en une fois mais imprime toute une série de couches les unes sur les autres, elles utilisent généralement du plastique, de la cire ou de la résine.

L'univers des imprimantes à trois dimensions exerce une réelle attraction, car il répond à un désir et une attente de bon nombre d'entre nous pouvoir simplement fabriquer une pièce mécanique à partir de sa simple conception graphique. Les objets à imprimer peuvent être modélisés avec un logiciel ou tout simplement scannés avec un scanner 3D.

Nous pouvons dire l'impression en 3D est très récente et elles continuent de se développer et de s'améliorer. Elle repose sur des technologies utilisant des notions de physique et de chimie.

Il existe plusieurs technologies qui fonctionnent selon le même principe de base, l'objet 3D à produire est automatiquement découpé en tranches par le logiciel de l'imprimante, elle va ensuite déposer ou solidifier de la matière qui formera des couches successives afin de créer l'objet fini.

Les imprimantes demeurent des outils de travail et donc nécessitent un entretien plus au moins régulier en fonction de l'usage qu'il en est fait. De même que l'environnement dans lequel est utilisée l'imprimante 3D jouera un grand rôle dans la fréquence des maintenances requises ou du moins recommandées.

Nous vous présentons donc à travers ce travail les principales opérations de maintenance à effectuer sur l'imprimante 3D. La maintenance de l'imprimante passe par essentiellement par l'entretien des différents organes de la machine tel que le système d'extrusion, la mise à niveau du plateau, la vérification des poulies, courroies, des roulements à billes, la partie électrique et électroniques etc.....

Dans ce travail nous donnons une présentation générale de l'imprimante 3D et des généralités concernant la maintenance. Notre travail consiste à repérer toutes les pannes et anomalies et de trouver les solutions adéquates pour le bon fonctionnement de la machine.

Chapitre I

Généralité sur les machines de prototypage rapide

Introduction :

La mondialisation des marchés, concurrence de plus en plus vive, réactivité de plus en plus en grande de la part des entreprises... Dans ce contexte, une entreprise qui souhaite conserver et/ou acquérir de nouvelles parts de marché doit :

- Maîtriser ses coûts.
- Améliorer la qualité des produits et des études.
- Réduire ses délais de développement.

Pour répondre à ces critères essentiels de réussite, les entreprises ont dû adapter leur processus de conception, mais aussi tenir compte de l'émergence de nouvelles technologies.

Ainsi, il devient crucial pour les entreprises de disposer d'outils permettant de matérialiser rapidement les produits en cours de développement, afin de détecter au plus tôt les erreurs de conception, de tester et de valider par l'ensemble des acteurs les différentes solutions techniques retenues.

C'est le champ de recherche du prototypage rapide. [1]

I- 1. Historique :

La technologie pour l'impression physique des objets 3D à partir de données numériques a été développée par Charles Hull en 1984 .Il a appelé cette technique la stéréolithographie et a obtenu un brevet pour la technique en 1986.

Après l'obtention du brevet, il a fondé 3D SYSTEMS et a développé la première machine d'impression commerciale 3D. Cependant, le terme "imprimante 3D" n'a pas été utilisé à cette époque et la machine a été appelée en tant qu'appareil stéréo-lithographie.

Comme la technologie était très nouvelle, 3D SYSTEMS a livré la première version de la machine pour que quelques clients choisis donnent leurs commentaires. 3D SYSTEMS a alors développé une version améliorée, appelée SLA-250, qui a été mis à la disposition du grand public en 1988.

Alors que les systèmes de stéréo-lithographie sont devenus populaires à la fin de 1980, d'autres technologies similaires, comme FUSED DEPOSITION MOD -ELING (FDM) et frittage sélectif par laser (SLS) ont été introduites.

La FDM a été inventée en 1988 par SCOTT CRUMP qui a fondé STRATASYS l'année suivante pour commercialiser la technologie. STRATASYS FDM a vendu sa première machine à base de "3D Modeler", en 1992. Au cours de la même année, DTM arrive sur le marché des systèmes SLS.

En 1993, le MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT) a breveté une nouvelle technologie, nommée "3 dimensions techniques d'impression », qui est similaire à la technologie jet d'encre utilisée dans les imprimantes 2D.

En 1995, Z Corporation a obtenu une licence exclusive du MIT à utiliser la technologie et a commencé à développer les imprimantes 3D basé sur la technologie 3DP.

En 1996, trois produits principaux, "GENISYS" de STRATASYS, « ACTUA 2100" de 3D SYSTEMS et "Z402" de Z Corporation, ont été introduits sur le marché. Ce n'est qu'au cours de cette période, que le terme "imprimante 3D" a été utilisé pour désigner les machines de prototypage rapide.

Au cours de la fin des années 1990 et début des années 2000, plusieurs imprimantes 3D relative -ment peu coûteuse sont arrivées sur le marché.

En 2005, Z CORP a lancé un produit révolutionnaire, nommé Spectrum Z510, qui a été la première imprimante 3D couleur à haute définition sur le marché. [2]

I-2. Définition du prototypage rapide :

La fabrication rapide ou prototypage rapide, regroupe un ensemble de procédés et de technologies de fabrication de pièces par enlèvement ou ajout de matière couche par couche. Cependant, il existe plusieurs méthodes de prototypage rapide. À partir d'un modèle de conception Assisté par Ordinateur (CAO), il est possible de réaliser tous types de pièces, en particulier celles avec des architectures complexes.

La pièce est produite par usinage, dépôt, polymérisation ou fonte de couches successives de matière première organique, minérale ou métallique. Il est ainsi possible de réaliser des pièces dans les matières habituelles telles que le plastique, la céramique ou le métal.

Le prototypage rapide intègre trois notions essentielles que sont le temps, le coût et la complexité des formes.

1. Temps : l'objectif du prototypage rapide est de réaliser rapidement les modèles, dans un but de réduction du temps de développement des produits.

2. Coût : le prototypage rapide permet de réaliser des prototypes sans qu'il soit nécessaire de recourir à des outillages coûteux, tout en garantissant les performances du produit final. On est donc en mesure d'explorer les différentes variantes du produit en cours d'élaboration afin de retenir la solution la plus appropriée.

3. Complexité des formes : les machines procédant par ajout de matière sont capables de réaliser des formes extrêmement complexes (inclusion, cavité, torsion,), irréalisables par des procédés tels que l'usinage par exemple. [3]

I-3. Les différents procédés de prototypage rapide :

I-3-1. Le prototypage additif :

Moyens de fabrication par ajout de matière. [4]

I-3-1-1. Photopolymérisation de résine (La stéréolithographie) :

On obtient par ce procédé des pièces complexes à partir de résines photopolymérisables.

Il s'agit d'un procédé rapide et tout à fait adapté pour réaliser des pièces demandant beaucoup de précisions.

Ce procédé est souvent utilisé pour réaliser un prototype pour une production limitée de pièce en plastique par injection. [4]

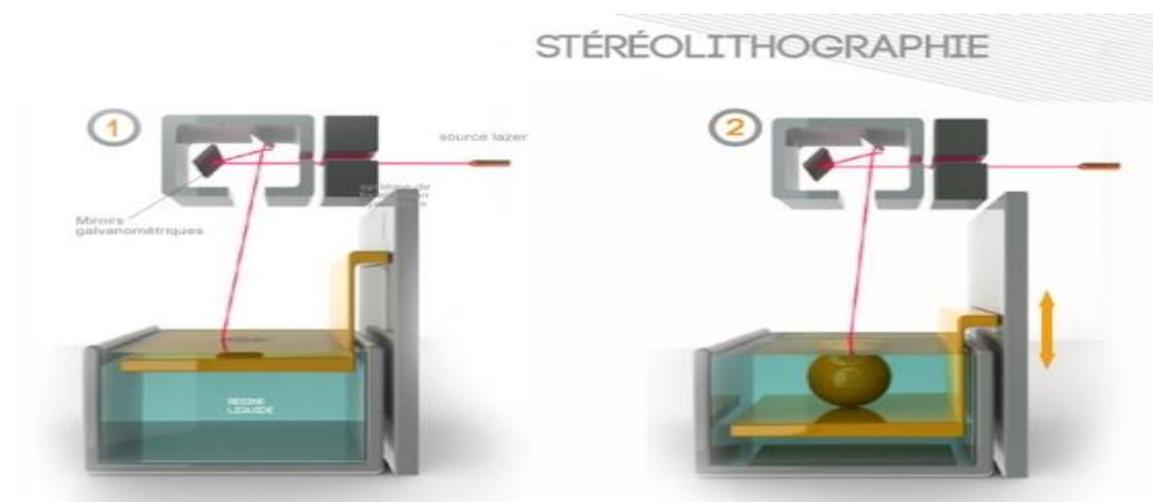


Figure I-1: Stéréolithographie

I-3-1-2. Procédé partant de poudre (le frittage sélectif laser (SLS)) :

De nombreux matériaux peuvent être frittés par cette technique (thermoplastiques, métaux et céramiques en poudre).

Même si ce procédé a l'avantage de réaliser des pièces avec une géométrie complexe, il est néanmoins très lent et donne des pièces poreuses et granuleuses.

La principale application est le pré production pour la réalisation de courtes séries. [4]

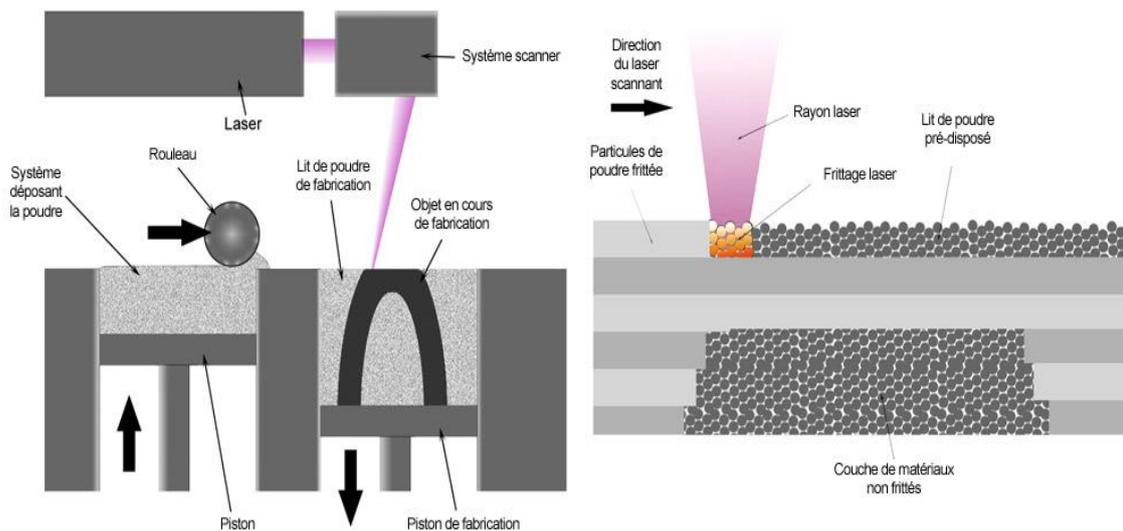


Figure I-2: Le frittage sélectif laser

I-3-1-3. Procédé utilisant la projection de matière (le jet de goutte sur demande) :

Ce procédé utilise deux têtes d'impression pour projeter la matière.

Les matériaux utilisés sont la cire pour le support et des thermoplastiques à bas point de fusion.

On obtient par ce procédé des pièces avec une très grande précision mais le temps de réalisation est assez lent. [4]

I-3-1-4. Procédé utilisant la projection de matière (le 3D printing) :

Ce procédé ne permet pas d'obtenir des pièces d'une grande précision mais à l'avantage de les réaliser rapidement.

La technologie brevetée Polyjet d'Objet fonctionne par un jet de résine photopolymère en fines couches sur un plateau, créant un modèle couche par couche.

Chaque couche de photopolymère est durcie par une lampe UV immédiatement après être déposée, produisant un modèle complètement solide qui peut être manipulé et utilisé sans post-traitement.

Le matériau support, de type gel, spécialement conçu pour des géométries complexes, s'enlève facilement à l'eau sous pression dans une cabine de nettoyage fourni avec le système d'impression 3D. [4]

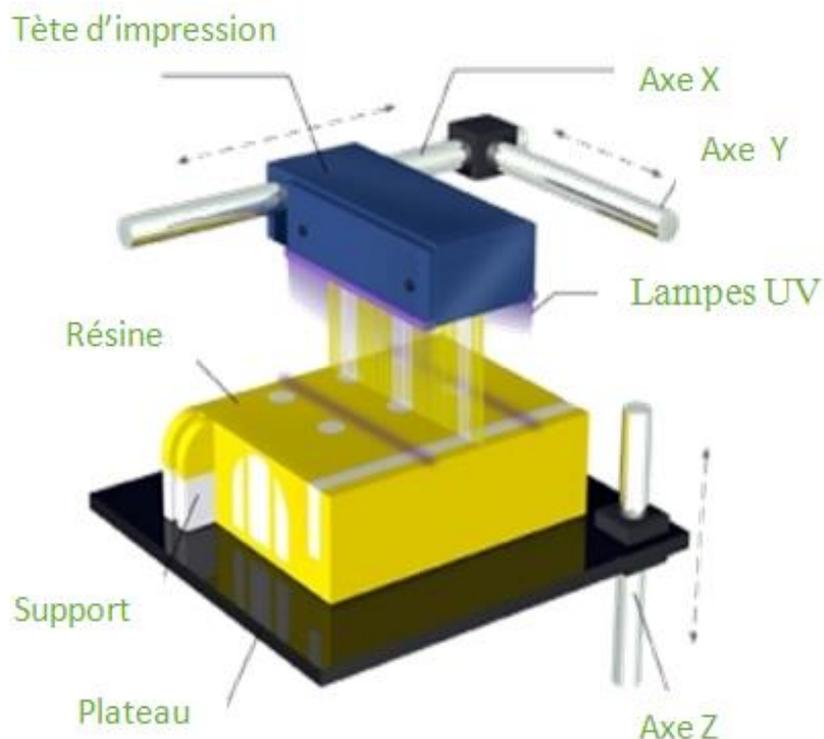


Figure I-3 : Le 3D printing

I-3-1-5. Procédé basé sur l'extrusion de matière (Le procédé Fused Déposition Modeling (FDM)) :

Il s'agit d'une technique analogue au jet de goutte sur demande.

Ce procédé extrude et dépose deux matériaux non miscibles : ce sont dans la plupart des cas de la cire qui sert de support et un thermoplastique.

On retrouve ce procédé pour la réalisation de modèle pour moulage de métaux à l'aide de la technique à modèle perdu. [4]

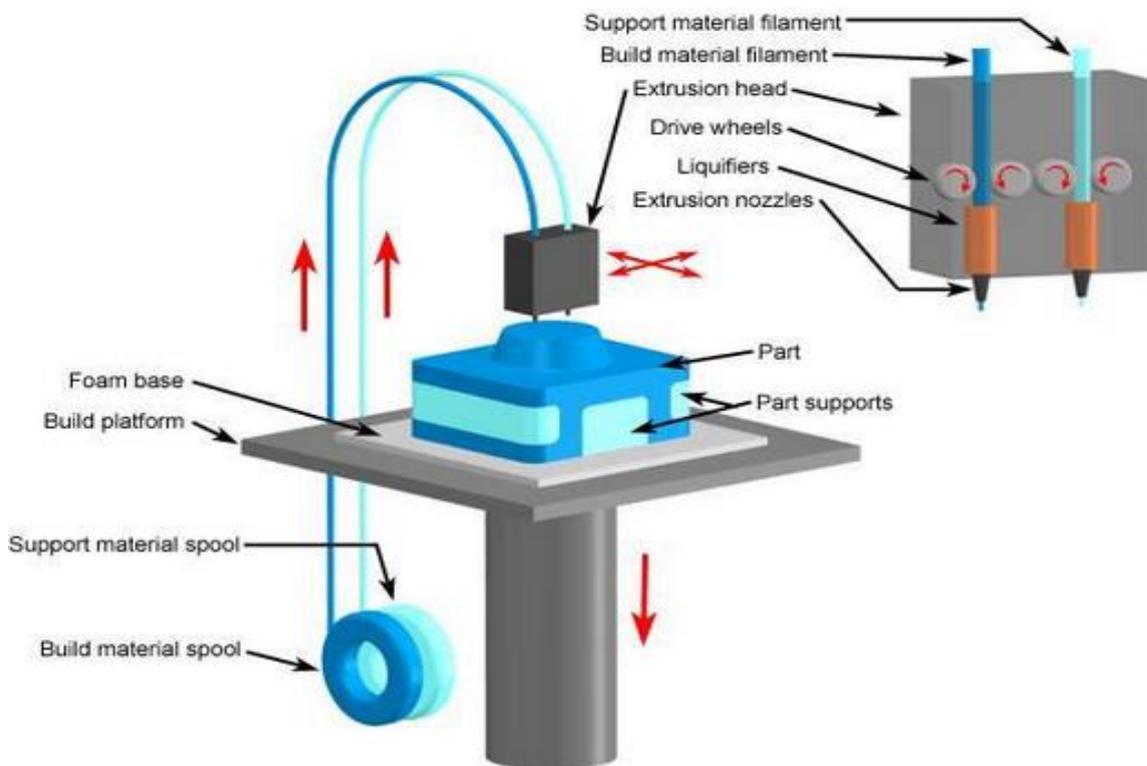


Figure I-4 : Le procédé Fused Déposition Modeling (FDM))

I-3-2. Prototypage soustractif :

Moyens de fabrication par enlèvement de matière. [4]

I-3-2-1. Procédé de découpe et laminage (Le procédé Laminating Object Manufacturing (LOM)) :

Ce procédé fonctionne par empilage de couches de matériau thermocollant.

Après chaque collage, un laser de puissance ou un système de découpe réalise le contour de la couche.

Ce procédé permet de faire des pièces pleines à moindre coût.

Matériaux : Papier, composite. [4]

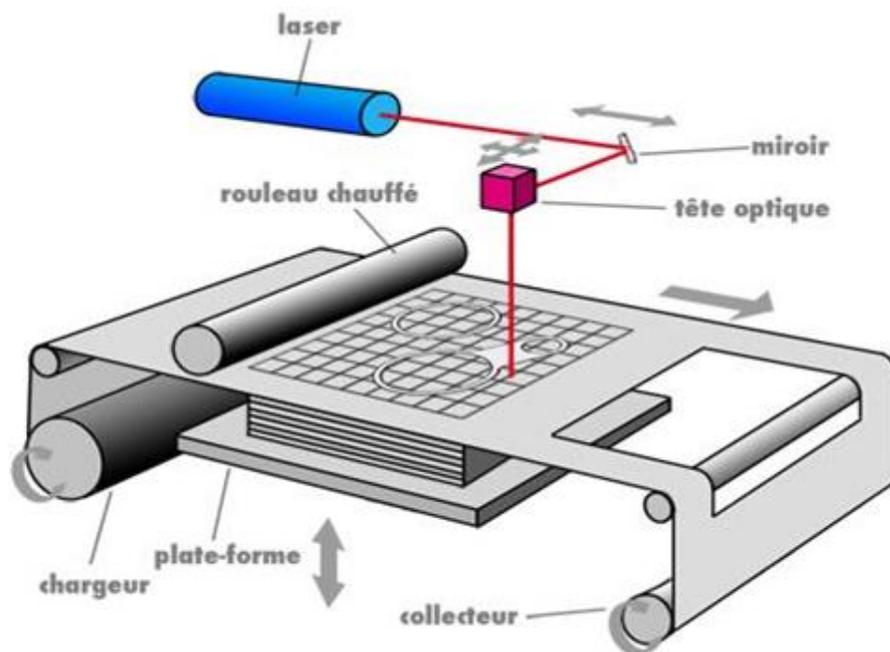


Figure I-5 : Le procédé Laminating Object Manufacturing (LOM))

I-3-2-2. Fabrication par découpe (Stratoconception) :

Les couches du modèle tranché sont mises en place sur un ou plusieurs plans (les couches peuvent avoir des épaisseurs différentes, liées aux hauteurs cylindriques des pièces).

Cette mise en place est transmise au logiciel d'usinage qui va piloter le contournement de chacune des tranches.

Après usinage, les tranches sont assemblées par collage. Le modèle ainsi obtenu est ensuite poncé puis poli.

Matériaux : Aluminium, bois, plastiques... [4]

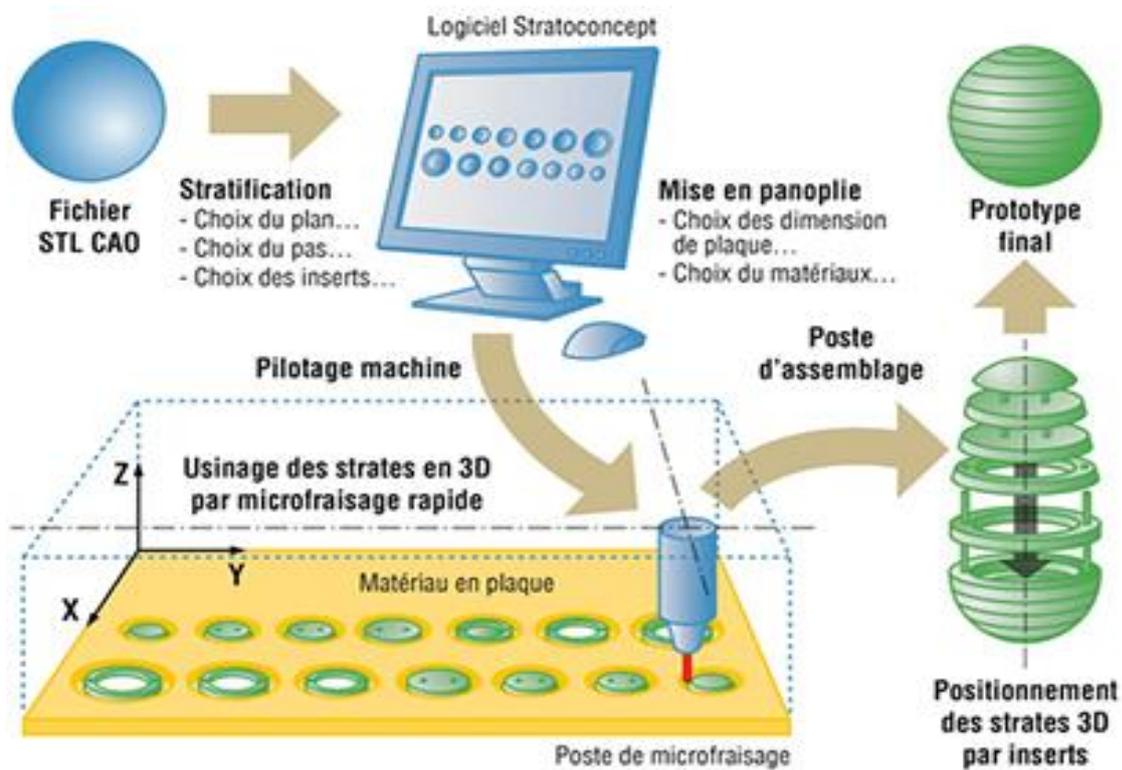


Figure I-6: Stratoconception

I-4. L'impression 3D :**I-4-1. Qu'est-ce-que l'impression 3D ?**

L'impression 3D est une technique de production additive développée pour le prototypage rapide. Son objectif est de générer rapidement et facilement une pièce physique.

Différents matériaux peuvent être utilisés, plus généralement le plastique ABS, le plastique PLA, et le métal, mais aussi de la cire, ou même encore du plâtre.

Les applications de l'impression 3D sont variées, mais ont dans tous les cas pour but la visualisation concrète de projets, ou de vérification d'ergonomie de pièces.

Le principe général est assez similaire à celui d'une imprimante 2D classique, c'est-à-dire de partir d'un modèle créé sur un ordinateur et d'en donner une représentation physique, concrète. A partir d'un fichier CAO (Conception Assistée par Ordinateur), l'impression 3D permet à l'utilisateur de produire une pièce (par l'intermédiaire d'un logiciel qui la découpe en tranche) en déposant ou solidifiant la matière couche par couche, ce qui permet d'obtenir une pièce physique en 3D.

Le temps d'impression, variable en fonction du volume la pièce et des vitesses d'impression, est de quelques heures. [5]

I-4-2. Historique :

On 1984 invention de la première imprimante 3D par Charles Hull qui créa par la suite 3D Système, un des leaders de l'impression 3D. La machine permet de réaliser un objet par superposition de tranches fines de matière.

On 1992 premières imprimantes produites en série par 3D Système. Le procédé de la machine comprend un laser qui solidifie un liquide ayant la viscosité et la couleur du miel.

On 2005 première initiative open source « Reprap » lancée par Adrian Bowyer pour développer une imprimante capable de produire ses propres pièces.

On 2006 nouvelles technologies qui utilisent un laser pour fondre les poudres de métal afin de produire un objet. Cette nouvelle imprimante ouvre la voie à la customisation de masse. La société Objet lance une imprimante capable de fabriquer des produits multi matériaux.

On 2008 darwin : l'initiative « Reprap » lance une imprimante capable de produire ses propres pièces. Shapeways : plate-forme communautaire de concrétion d'objets en 3D.

On (2009 à 2012) marketBot : lancement de la première imprimante pour les particuliers à moins de 2 000 euros. Nouveaux matériaux : la société i matérialise utilise l'or et l'argent pour imprimer des bijoux sur mesure. [6]

I-4-3. Principe de fonctionnement :

L'impression 3D fonctionne donc selon plusieurs procédés, qui diffèrent selon le type d'imprimante 3D utilisée. On peut classer ces procédés dans trois grands groupes :

- **Le dépôt de matière.**
- **La solidification par la lumière.**
- **L'agglomération par collage.**

Ces trois procédés fonctionnent selon le même principe de base, c'est à dire superposer des couches de matières selon les coordonnées d'un fichier 3D. La différence se situe sur la manière dont sont déposées et traitées ses couches, ainsi que le type de matériau utilisé.

Pour la plupart des procédés employés l'utilisateur a besoin :

- D'une imprimante 3D.
- De consommable (filament, poudre...).
- D'un fichier 3D (au format STL).
- D'un logiciel de slicing pour trancher le fichier et transmettre les indications à l'imprimante.
- D'un ordinateur.

La manière d'exporter les fichiers vers l'imprimante diffère selon les marques et les modèles : câble USB, Wifi ou carte SD. [7]

I-4-4. L'imprimante par dépôt de matière (FDM ou FFF) :

La majorité des imprimantes 3D personnelles fonctionnent selon ce principe. FDM est l'acronyme anglais de Fused Deposition Modeling qui signifie « modelage par dépôt de filament en fusion ». Ce procédé qui a été inventé en 1988 par la société Stratasys, est une marque déposée. On parle aussi de FFF (Fused Filament Fabrication) voir même de MPD (Molten Polymer Deposition) qui est eux des termes libres de droits. Cette technique consiste à déposer couche par couche un filament de matière thermoplastique fondu à 200°C (en moyenne) qui en se superposant donne forme à l'objet. La tête d'impression se déplace selon les coordonnées X, Y et Z (longueur, largeur et hauteur) transmises par un fichier 3D

correspondant au modèle 3D de l'objet à imprimer. Limitée pendant long temps à des matériaux de type plastique tels que les classiques PLA et l'ABS, l'impression 3D voit arriver de nouveaux filaments composites à base de métal (cuivre, bronze...) et même de bois. Plus rarement certaines machines utilisent des cires ou des polycarbonates. Aujourd'hui l'industrie agroalimentaire et la médecine s'emparent peu à peu de cette technique pour imprimer des aliments et des cellules en adaptant la tête d'extrusion. [8]

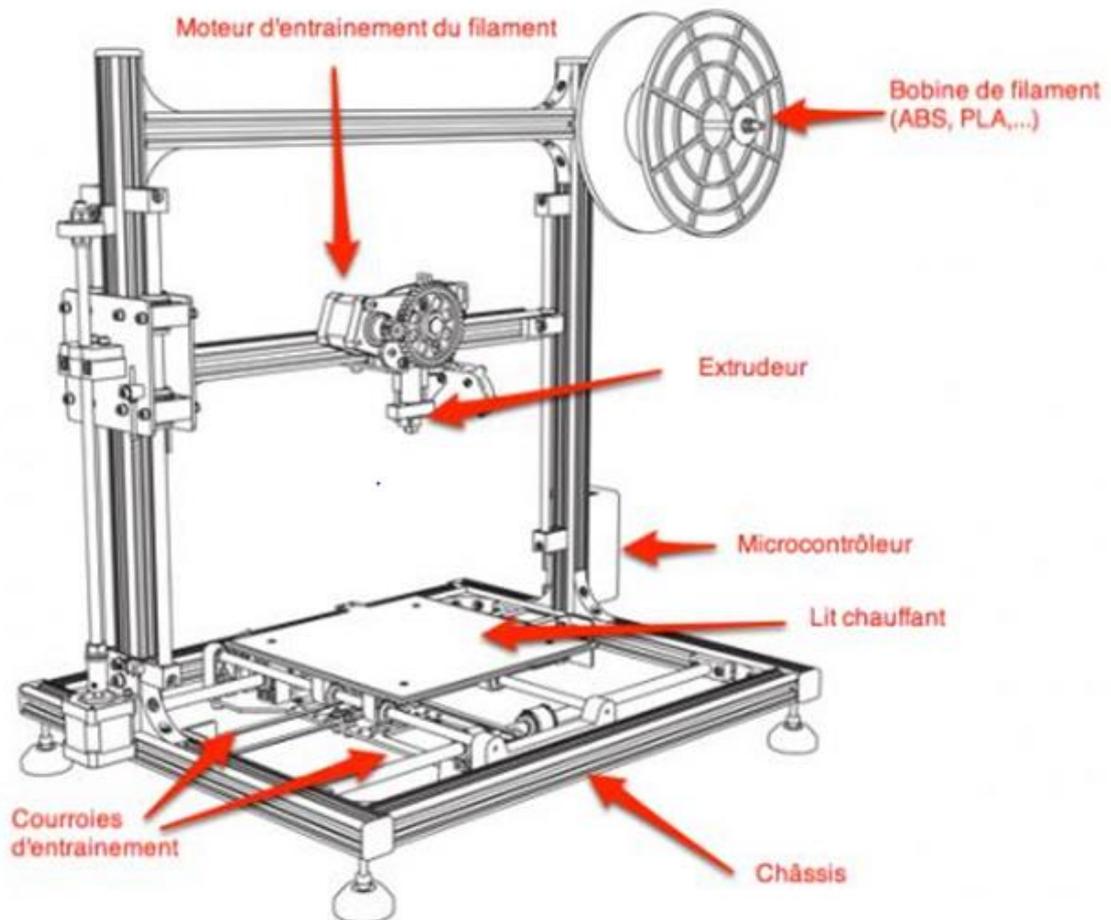


Figure I-7 : Description d'un imprimant par dépôt de matière (FDM ou FFF)

I-5. L'impression 3D a IPSIL / Algérie :**I-5-1. Laboratoire d'Innovation de Produit & de Système Industriel(IPSIL)**

L'IPSIL « Laboratoire d'Innovation de Produit & de Système Industriel » est un laboratoire de recherche située à l'école national polytechnique d'Oran (ENP Oran).

Le laboratoire IPSI est ouvert sur son environnement (CFE, Incubateurs, inventeurs, brevets.), Projets et programmes de coopération avec la Tunisie, le Maroc, la France, l'Espagne et beaucoup d'autres pays d'UE, Organisation de 05 Séminaires internationaux dont 03 co-organisés à l'étranger.

IPSIL a pour objectif d'améliorer le domaine de prototypage en Algérie en se basant sur les imprimantes 3D et on essayant de faire passer des idées créatives, imaginatives à la réalisation réelle. [9]



Figure I-8 : IPSIL

I.5.2. Les différentes machines de prototypage rapide à IPSIL :**I.5.2.1. L'imprimante 3D réalisé localement BADI3A :**

BADI3A c'est le premier imprimant 3D en Algérie qui réalise en laboratoire IPSIL.



Figure I-9 : l'imprimante BADI3A

I-5-2-2. L'imprimante 3D SYPHAX :

Les imprimantes 3D delta ont un plateau fixe, c'est la buse qui se déplace dans les trois axes X, Y et Z.

La figure2 représente l'imprimante SYPHAX développée aussi au laboratoire. Son avantage et son cout faible et sa précision.



Figure I-10 : l'imprimante 3D SYPHAX

I-5-2-3. L'imprimante 3D Foldarep :

Foldarep est une petite imprimante de la famille reprop.



Figure I-11 : L'imprimante 3D Foldarep

I-5-2-4. La solution LOUNJA :

Length Operating Unit for Numerical Junction Ajustement abrégé **LOUNJA**, est la solution apportée à la problématique de monochromie des appareils d'impression 3D, elle donne la possibilité de rendre tous les dispositifs d'impression monocolores polychromes en gardant l'imprimante tel-quel-est.

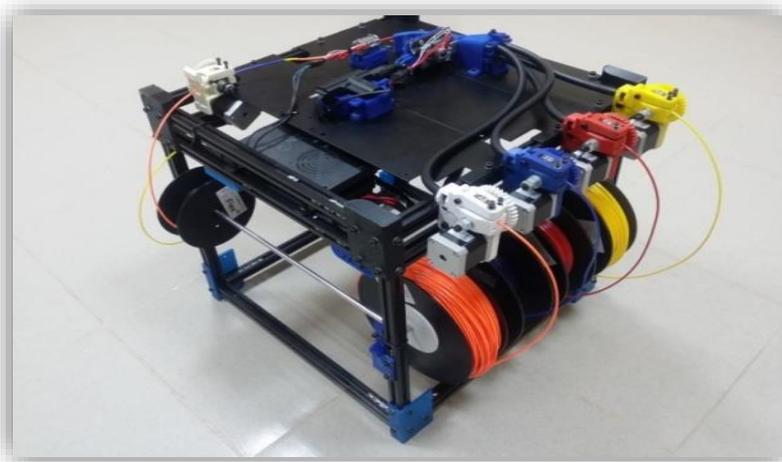


Figure I-12 : la solution LOUNJA

I-5-2-5. L'imprimante 3D BCN :

C'est un ancienne modèle de l'imprimante 3D BCN+

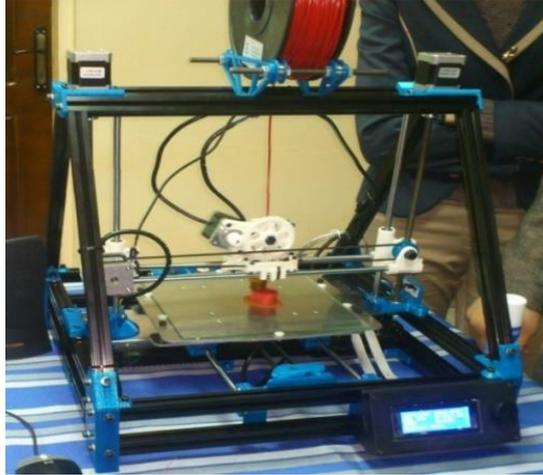


Figure I-13 : L'imprimante 3D BCN

I-5-2-6. L'imprimante 3D BCN+ :

BCN+ est une imprimante 3D basée sur la technologie de « FFF » (fused filament fabrication) Fabrication de filaments fondus, dépôt de matériau fondu couche par couche sur la base d'un modèle numérique précédemment divisé.

La tête fait les mouvements nécessaires pour déposer une couche de matériau, puis un léger mouvement vertical pour continuer avec la couche suivante.

Le processus est répété jusqu'à ce que l'objet complet soit terminé.

L'imprimante est prête à accepter tout complément édité par Reprap BCN+ via un processus facile et guidé.

Ses principales caractéristiques sont les têtes d'extrudeuses interchangeables, soit pour l'utilisation de plusieurs têtes en même temps, soit pour des extrudeuses conçues pour plusieurs autres textures et matériaux. [10]



Figure I-14 : L'imprimante 3D BCN+

I-6. Fonctionnement et Programmation :

Comme tout périphérique relié à un ordinateur, le dialogue imprimante 3D/ordinateur nécessite un logiciel de conception et deux pilotes de commande.

Le premier logiciel est un outil de conception des pièces à fabriquer par la suite, à noter que les pièces doivent être sauvegardées sous un format STL.

Le deuxième est un firmware de programmation qui s'intègre avec la carte électronique pour assurer le contrôle des composants électroniques et l'exécution des programmes.

Le troisième est un logiciel qui convertit le fichier STL de pièce en code-G qui sera envoyé à la carte de contrôle pour être décodé et fabriquer la pièce. [11]

I-6-1. Les différents logiciels:

Notre imprimante 3D sera pilotée par plusieurs logiciels libres, capables d'imprimer des pièces à base de bobine de fils en filaments spéciaux.

Ici, il vous sera expliqué les différents logiciels qu'on aura besoin à utiliser et leurs fonctionnalités pour la création à l'impression d'une pièce. Pour cela, nous allons utiliser les logiciels suivants: Il y a 25 meilleurs programmes :

Blender, SketchUP, SolidWorks, AutoCAD, Maya, 3DSMax, Inventor, Tinkercad, ZBrush, Cinema 4D, 123D Design, Open SCAD, Rhinoceros, Modo, Fusion360, Mesh mixer, Light Ware, Sculptris, Grasshopper, Free CAD, Mol3D, 3Dtin, Wings3D, K-3D et BRL-CAD. [12]

Conclusion :

L'impression 3D permet une nouvelle révolution dans le fait de concevoir et de produire. C'est donc un avantage concurrentiel indéniable dans la mesure où, grâce à cette technologie, les entreprises de packaging peuvent être réactives et concevoir au plus près les désirs de leurs clients.

Dans l'avenir, cette technologie pourrait avoir des conséquences plus profondes sur notre façon de produire.

Certains spécialistes voient déjà en cette technologie un moyen de production pour le futur, qui ne serait plus uniquement dédié aux phases de prototype ou de maquette, mais adaptée à des productions en série, révolutionnant ainsi les façons de fabriquer et de produire. Chaque personne pourrait devenir le créateur de ses propres objets. L'individu viendrait concurrencer l'entreprise.

Il faudra donc encadrer cette technologie également pour la protection de la propriété Intellectuelle. En effet, la facilité d'impression fait que, désormais, n'importe qui peut copier une œuvre !

Chapitre II

Généralité sur la maintenance

Introduction :

Les installations et les équipements ont tendance à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples (usures, déformation, corrosion ...). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt définitif ou momentané qui influera sur les capacités de production et mettre en toute évidence la sécurité du personnel en danger. Pour améliorer la production et la bonne conduite des différents équipements. La mise en place d'une maintenance est indispensable pour les entreprises.

II-1. Définition de la maintenance :

L'association française de normalisation (AFNOR), a défini la maintenance par la norme NF- X- 60- 01 0 comme :

La maintenance est définie comme étant « l'ensemble des activités permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise ou assurer un service déterminé ».

La maintenance n'est qu'une forme de l'entretien qui consistera à effectuer les tâches de dépannage, réparation, graissage, révision et amélioration permettant aux équipements d'assurer la continuité de la production et de la qualité pour laquelle ont été conçues au moindre coût.[13]

II-2. But de la maintenance :

La maintenance à pour but :

- Le maintien du capital machine.
- Minimiser les arrêts et les chutes de production.
- Améliorer la sécurité de personnel et la protection de l'environnement.

II-3. Les différentes formes de maintenance:

Il comprendre deux types :

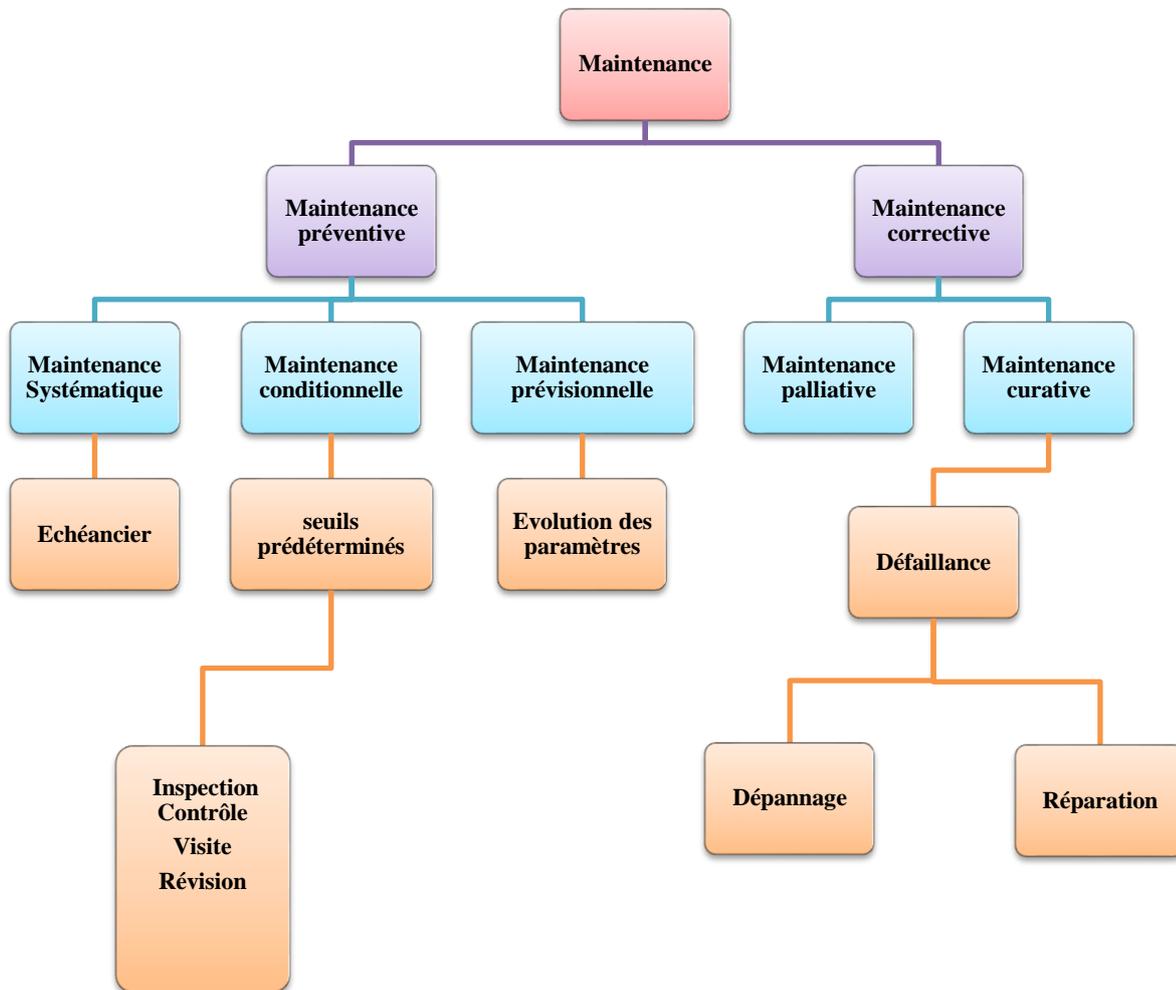


Figure II-1 : Organigramme des méthodes de la maintenance

II-3-1. Maintenance corrective :

Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien, ou la dégradation de son fonctionnement, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement. [13]

Note : la maintenance corrective comprend en particulier :

- La localisation de la défaillance et son diagnostic.
- La remise en état avec ou sans modification.
- Le contrôle du bon fonctionnement.

II-3-1-1. Maintenance palliative (dépannage) :

Activités de maintenance corrective destinées pour permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise.

Note : Appelée couramment "dépannage", la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [13]

II-3-1-2. Maintenance curative :

Activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise.

Le résultat des activités réalisées doit présenter un permanent, ces activités peuvent être :

- Des réparations.
- Des modifications ou améliorations ayant pour objet de supprimer la (ou les) défaillance (s). [13]

II-3-2. Maintenance préventive :

Maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un rendu, les activités correspondantes sont déclenchées selon :

- Un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage.

- Et / ou des critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou de service.

Cette politique de maintenance s'adresse aux machines provoquant une perte de production ou des coûts d'arrêts imprévisibles classés comme important pour l'entreprise. Telle est le cas des machines des chantiers de forages. Il convient donc d'organiser un système de maintenance visant à minimiser ces arrêts souvent trop onéreux. [13]

Ainsi on aura à pratiquer trois formes de maintenance dite préventive :

II-3-2-1. Maintenance Systématique :

Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage.

La mise en pratique de cette maintenance nécessite de décomposer les machines en éléments maintenables. Ces éléments doivent être visités ou changés régulièrement.

La périodicité de ces visites s'établit par l'étude des lois de durée de vie.

On harmonisera ces périodicités de façon à les rentres multiple les unes des autres. Des gammes d'entretien seront élaborées de façon à préciser le travail à exécuter par l'équipe de maintenance, un rapport sera rédigé mettant en relief les résultats des diverses mesures et les observations.

L'intérêt de cette méthode est de diminuer les risques de défaillance. Ceux – ci restants néanmoins possible entre deux visites. [13]

II-3-2-2. Maintenance conditionnelle:

Maintenance préventive subordonnée au franchissement d'un seuil prédéterminé significatif de l'état de dégradation du bien.

Note : le franchissement du seuil peut être mis en évidence par l'information donnée par un capteur ou par tout autre moyen. [13]

II-3-2-3. Maintenance prévisionnelle:

Maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions. [13]

II-4. Sûreté de fonctionnement (S.D.F) :

La sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'un système à remplir une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données ; elle englobe principalement quatre composantes : la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité.

La connaissance de cette aptitude à remplir une ou plusieurs fonctions permet aux utilisateurs du système de placer une confiance justifiée dans le service qu'il leur assure.

Par extension, la sûreté de fonctionnement désigne également l'étude de cette aptitude et peut ainsi être considérée comme la « science des défaillances et des pannes ». [14]

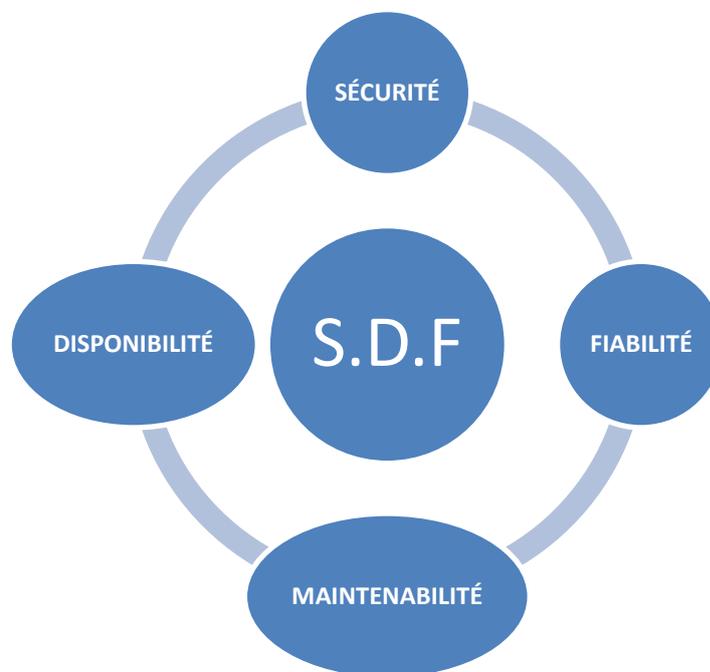


Figure II-2: Les paramètres de S.D.F.

II-4-1. Fiabilité :

Aptitude d'un équipement à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

On suppose en général que l'entité est en état d'accomplir la fonction requise au début de l'intervalle de temps donné.

Le concept de fiabilité est traduit souvent dans la pratique comme l'aptitude d'une entité à avoir une faible fréquence de défaillances.

R(t) : est la probabilité que l'entité accomplisse une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné (0, t). [14]

Commentaires :

Un équipement est fiable s'il subit peu d'arrêts pour pannes. La notion de fiabilité s'applique

- À un système réparable : équipement industriel ou domestique.
- À des systèmes non réparables : lampes, composants donc jetables.

II-4-2. Maintenabilité :

Aptitude d'un équipement à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.

M(t) : Pour une entité utilisée dans des conditions données d'utilisation, c'est la probabilité pour qu'une opération donnée de maintenance puisse être effectuée sur un intervalle de temps donné (0,t), lorsque la maintenance est assurée dans des conditions données et avec l'utilisation de procédures et moyens prescrits. [14]

Commentaires :

La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Cette notion ne peut s'appliquer qu'à du matériel maintenable, donc réparable.

Les moyens prescrits englobent des notions très diverses : moyens en personnel, appareillages, outillages, etc.

La maintenabilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

- **Facteurs liés à l'équipement**
 - Documentation.
 - Aptitude au démontage.
 - Facilité d'utilisation.

- **Facteurs liés au constructeur :**
 - Conception.
 - Qualité du service après-vente.
 - Facilité d'obtention des pièces de rechange.
 - Coût des pièces de rechange.

- **Facteurs liés à la maintenance :**
 - Préparation et formation des personnels.
 - Moyens adéquats.
 - Études d'améliorations (maintenance a méliorative).

Remarques : on peut améliorer la maintenabilité en :

- Développant les documents d'aide à l'intervention
- Améliorant l'aptitude de la machine au démontage (modifications risquant de coûter cher)
- Améliorant l'interchangeabilité des pièces et des sous ensemble. [14]

II-4-3. Disponibilité :

Aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée.

D(t) : probabilité qu'une entité soit en état de disponibilité dans des conditions données, a un instant donné en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée. [14]

Commentaires :

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production.
- Être rapidement remis en bon état s'il tombe en panne.

II-4-4. Sécurité :

C'est la situation au la qualité de situation du nature de garantir une protection efficace contre les risque au quelle sont dispose ; les personnes, les biens et l'environnement.

La sécurité est la probabilité d'évite un évènement dangereux.

II-5. Les indicateurs de la maintenance :**II-5-1. L'indicateur de fiabilité MTBF :**

MTBF : Mean Time Between Failure : moyenne des temps de bon fonctionnement entre défaillances consécutives.

Calcul de la MTBF :

$$\mathbf{MTBF} = \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement (TBF)}}{\text{nombre de defaillance}}$$

Calcul du taux de défaillance λ :

$$\lambda = \frac{1}{\mathbf{MTBF}}$$

II-5-2. L'indicateur de Maintenabilité MTTR :

MTTR : (Mean Time To Repair) Moyenne des Temps Techniques de Réparation en heures.

Calcul de la MTTR :

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\Sigma \text{ temps de reparation (TTR)}}{\text{nombre de defaillance}}$$

Calcul du taux de réparation μ :

$$\mu = \frac{1}{\mathbf{MTTR}}$$

II-5-3. L'indicateur de disponibilité D :

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Conclusion

Le service maintenance doit être capable d'une part de réparer les différentes défaillances survenues au niveau du système de production et d'autre part d'anticiper les défaillances afin de pallier aux dysfonctionnements et éviter ainsi les arrêts de production qui peuvent en découler.

Les activités de maintenance doivent donc s'adapter au développement technologique et aux nouveaux modes de maîtrise de la gestion dans un objectif d'amélioration de la productivité totale et de la rentabilité.

Chapitre III

**La maintenance de la
machine de prototypage
rapide BCN+**

Introduction :

Nous vous présentons donc à travers ce chapitre une description détaillée de tous les composants de l'imprimante 3D BCN+ et un manuel d'utilisation de cette imprimante, ensuite nous passons à la partie de la maintenance préventive et corrective avec des étapes plus détaillée et suivi de chaque défaillance et la détermination des causes.

Et enfin, nous allons essayer de diagnostiquer de qualité des pièces imprimées.

III-1. Description de l'imprimant 3D BCN+ :

III-1-1. Les différents organes de l'imprimant 3d BCN+ :

III-1-1-1. Le châssis :

Est une conception relativement simple mais surtout très rigide a été retenue.

Cette conception est la plus adapté à notre situation, ou les pièces compliquées sont à bannir.



Figure III-1: Le châssis

III-1-1-2.L'extrudeur :

L'extrudeur est le système mécanique qui permet d'entraîner et pousser la matière première vers une buse chauffée.

Les composants de l'extrudeur :

1. Le moteur pas à pas.
2. Petit engrenage.
3. Boulon de poussage de filament.
4. Le trou d'entre de filament.
5. Vis de serrage.
6. Grand engrenage.
7. Roulement axial.
8. Transport plaque.
9. Le dissipateur de chaleur.
10. Le ventilateur de dispersion de chaleur.
11. Poutre de chaleur.
12. Le bloc thermique et qui supporte la résistance de chauffe et le capteur de température (thermostat).
13. La buse.
14. Le ventilateur de solidification des couches.
15. La couche ventilateur.

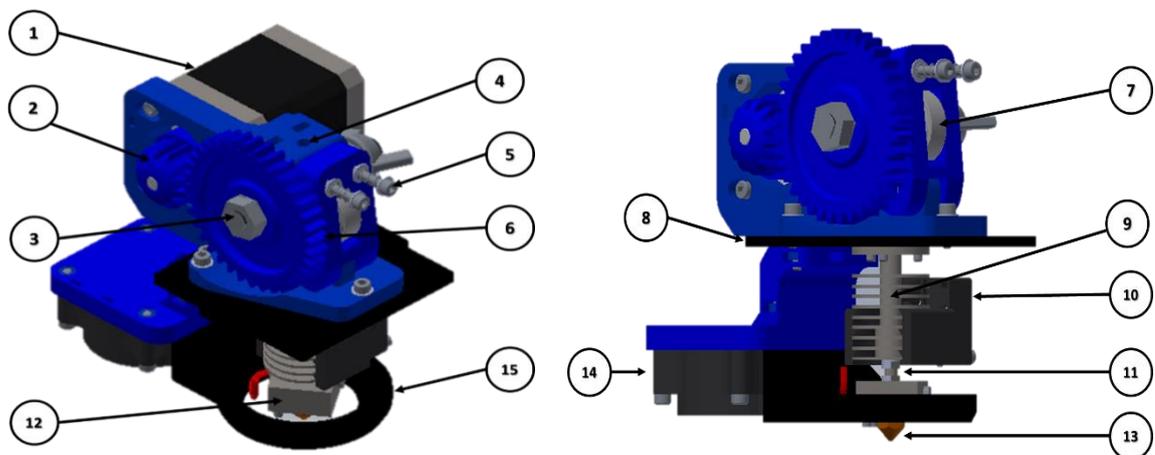


Figure III-2: L'extrudeur

III-1-1-3. Le système de mouvement selon l'axe X :

Le système de mouvement de l'axe x est un système qui assure la translation horizontale de l'extrudeur et il se compose de :

1. Les chariots de X (gauche et droit).
2. Les barres lisses.
3. La courroie (2GT-760-6).
4. Les douilles à billes
5. Le Moteur pas à pas.
6. Le capteur de fin course.
7. Le poulie.
8. Le poulie.

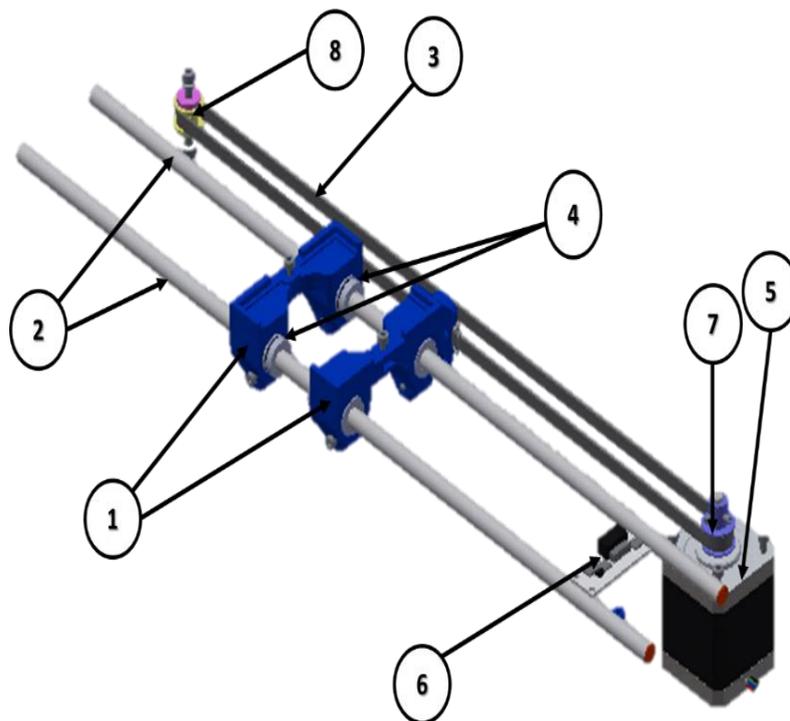


Figure III-3: Le système de mouvement selon l'axe X

III-1-1-4. Le système de mouvement selon l'axe Y :

Le système de mouvement de l'axe y est un système qui assure la translation horizontale de la plaque chaude et il se compose de :

1. Les guidages linéaires.
2. Les roulements de caisson Drylin.
3. Le Moteur pas à pas.
4. La courroie (2GT-760-6).
5. Le poulie.
6. Le plateau.
7. La plaque chaude.
8. Le plate-forme inférieure.
9. La chaîne des câbles.

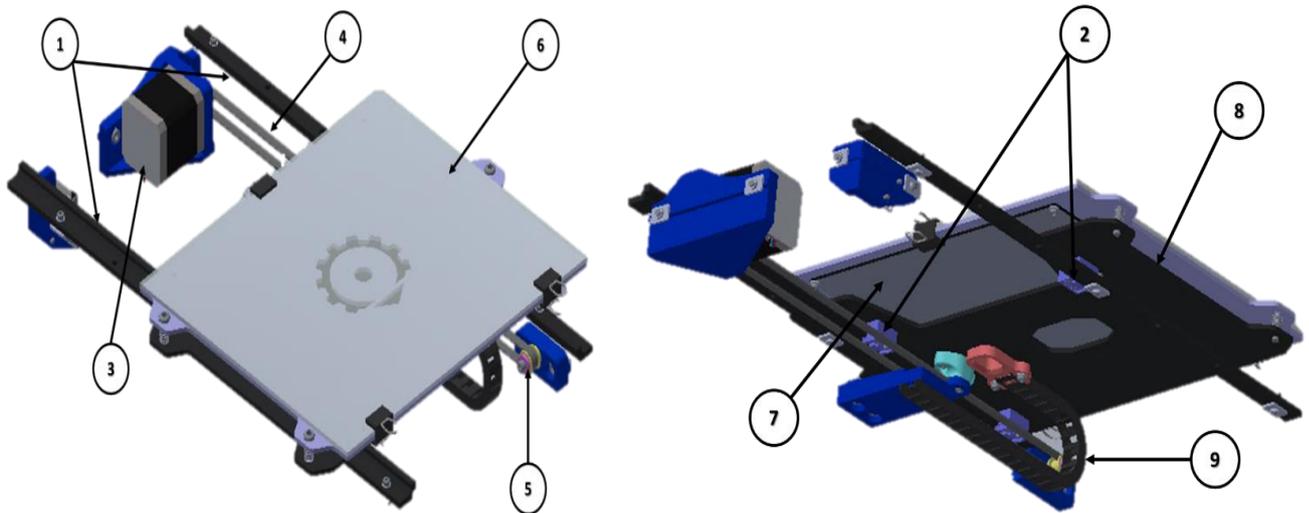


Figure III.4: Le système de mouvement selon l'axe Y

III-1-1-5. Le système de mouvement selon l'axe Z :

Le système de mouvement de l'axe z est un système qui assure la translation verticalement de l'extrudeur et il se compose de :

1. Les 2 Moteurs pas à pas.
2. Les accouplements acier 5 à 8.
3. Les 2 tiges filetées.
4. Les 2 barres lisses.
5. Chariot de Z (gauche et droit).
6. Fin de chariot Z.
7. Serrage de barre lisse.
8. Capteur de fin cours.

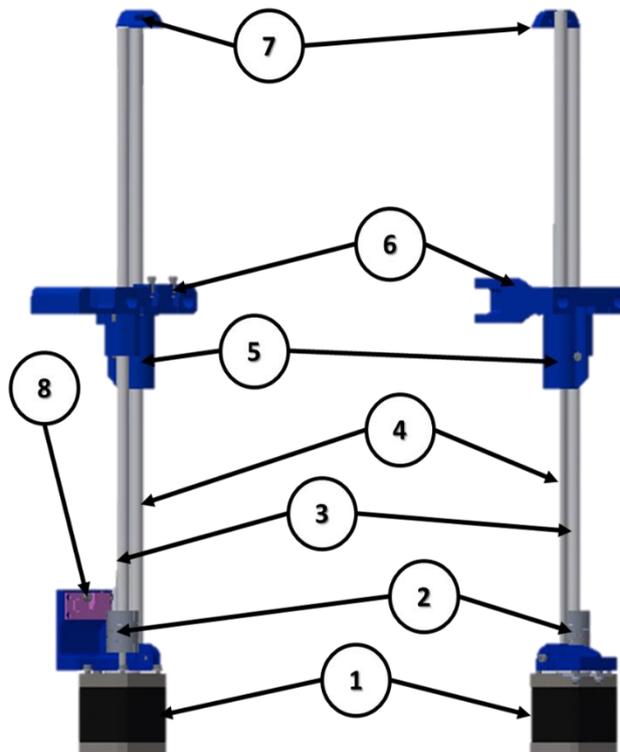


Figure III.5: Le système de mouvement selon l'axe Z

III-1-2. Les composants électriques et électroniques :

III-1-2-1. La boîte de l'alimentation :

L'alimentation fournit du courant électrique à l'ensemble des composants de l'imprimant 3D.

La boîte d'alimentation doit posséder une puissance suffisante pour alimenter les différents composants de l'imprimant 3D. (Figure 2).

Elle convertit la tension alternative de 110 V ou 220 V en diverses tensions continues 12 V utilisées par la carte Shield.



Figure III.6: La boîte de l'alimentation

Model No.	YDS12-360	
L'entrée	Tension	100-240V AC
	Voltage Range	90-270V AC
	Fréquence	50-60Hz
Output (Sortie)	Tension	DC 12V
	Courant	30A
	Puissance	360W
	Efficacité	79%
	Gamme de tension	DC 12V-12.5V
	Ondulation et Bruit	250Mv
Protection	Surcharge	105-115% De puissance nominale de sortie
	Court-circuit	Type de protection :La récupération automatique
Force électrique	High-pot test (Test de pot élevé)	3KV AC
Environnement	Température d'utilisation	-10-+50C
	MTBF	200K hrs. @25C(MIL-HDBK-217F)
Garantie	1 an	
Fonctionnalité	Dimension (L*L*H)	19.8*10.8*5.2cm
	Poids	740.5g
Sécurité et EMC	Les normes de sécurité	CE EN60950
	EMI	EN55011 Class B EN55022 Class B
	EMS Immunité	EN55024 EN61000-6-2
	Current Harmonique	EN61000-3-2

Tableau III-1 : Fiche technique de la boîte de l'alimentation. [15]

III-1-2-2. La carte Arduino Mega 2560 :

La carte Arduino Mega 2560 est une carte à microcontrôleur basée sur un ATmega2560.

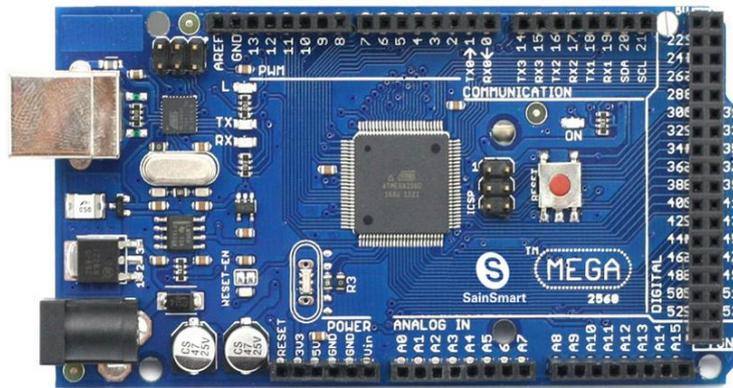


Figure III-7: La carte Arduino Mega 2560

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

Tableau III-2 : Fiche technique de la carte Arduino Mega 2560. [16]

III-1-2-3. La carte Shield Ramps v1.4 :

La carte ramps 1.4 pour imprimante 3D se branche sur une carte ARDUINO Méga2560 et permet de gérer intégralement une imprimante 3D ou une petite CNC. (Figure 4)

La ramps 1.4 permet de contrôler 5 moteurs pas à pas via des drivers et les circuits de puissance passifs

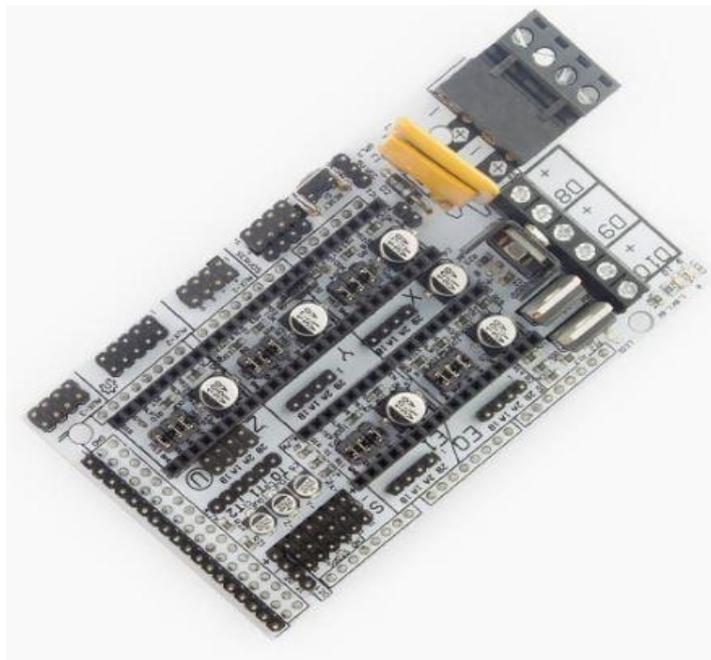


Figure III-8: La carte Shield Ramps v1.4.

Poids	70g
Tension d'entrée	12V
Protection	Surchauffe
Courant (A)	1x5A + 1x11A
Modèle	Ramps 1.4
Tension de sortie	12V + 5V
Puissance (W)	130W + 60W
Nombre Max de Driver Moteurs	5
Nb moteurs pas à pas raccordable	6 (dont 2 en Z)
Sorties Servo Moteur	4
Support Afficheur LCD	Oui
Entrées Thermistances	3
Sorties de puissance	3
contacts de fin de course	6

Tableau III-3 : Fiche technique de la carte Shield Ramps v1.4.

III-1-2-4. Les drivers des moteurs pas à pas DRV8825 :

Cette carte de contrôle de moteur pas à pas est compatible avec la carte ramps 1.4, il contrôle la rotation du moteur en fonction des instructions reçues par la carte de commande, un potentiomètre présent sur le DRV8825 permet de limiter le couple du moteur.

Ces DRV offrent un meilleur refroidissement et des composants beaucoup plus qualitatifs que les versions génériques violettes vous permettant ainsi de piloter des moteurs nécessitant un couple plus important.[18]

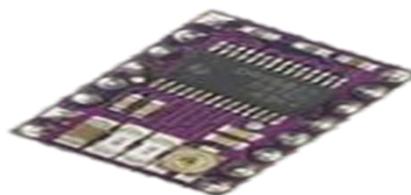


Figure III-9: driver DRV8825

Tension d'entrée (de puissance)	8-35V (12V conseillé).
Tension d'entrée (logique)	3-5.5V.
Courant en continu par phase	1.2A.
Courant maximum théorique par phase	2.2A (avec dissipateur et ventilation).
Résolution en micro-pas (microstepping)	1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.
Protection	Surchauffe. Pas de protection d'inversion des tensions.
Taille	15.2 x 20.3.

Tableau III-4 : Fiche technique de DRV8825. [18]

III-1-2-5. L'écran LCD et l'emplacement de carte SD :

Ecran Full Graphic Smart Controller créé par Reprap Discount pour rendre votre imprimante autonome. [18]



Figure III-10: L'écran LCD et l'emplacement de carte SD

Caractéristiques :

- Compatible RAMPS.
- LCD 128x64 points.
- Port de carte SD.

- Encodeur rotatif.
- Bouton reset.
- Buzzer.

III-1-2-6. Capteur de fin cors :

Est une pièce électrique contient un bouton poussoir et connecteur avec 3pins utilise pour détecte la position 0 de chaque axe.

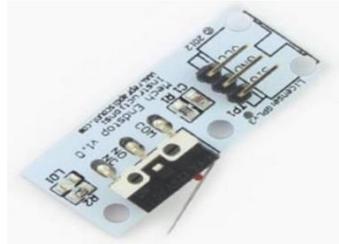


Figure III-11: Capteur de fin cors

III-1-2-7. Les moteurs pas à pas :

Le moteur pas à pas Nema 17 est un couple moteur avec une contrainte de torsion supérieure à la norme hybride des moteurs pas à pas.

En raison de l'utilisation d'aimants spéciaux puissants au lieu des aimants traditionnels permanents.



Figure III-12: Le moteur pas à pas Nema 17

Numéro de modèle	1.8° Nema 17 SM42HT47-1684A
Angle de pas	1.8°
Précision d'angle de pas	±5%(Pas complet, sans charge)
Température augmenté	80C°
Température ambiante	-10°C-+50°C
La résistance d'isolement	100 MΩ Min (500VDC)
Classe d'isolation	Classe B
Force radiale max	28 N (20mm de la bride)
Force axiale max	10 N
Tension nominale	2.8 V
Courant nominal	1.68 A
Résistance par phase	1.65 Ω (±10%)
Inductance par phase	2.8 mH (±20%)
Couple de serrage	4.4 Kg*cm
Couple de détente	200 g*cm
Inertie du rotor	68 g*cm ²
Poids	0.365 Kg
Longueur	47 mm

Tableau III-5 : Fiche technique du moteur pas à pas Nema 17. [19]

III-1-2-8. La résistance de chauffage de la buse :

Est une résistance utilise pour chauffage du bloc thermique pour la fonte de la matière première.



Figure III-13: La résistance de chauffage de la buse

La puissance	40W
La résistance	3.6Ω
La tension	12V
Le courant	3.3A
La longueur	23 mm
Le diamètre	5.5 mm
Le matériau	Acier et céramique

Tableau III-6 : Fiche technique de la résistance. [18]

III-1-2-9. La thermistance de la buse :

Est une thermistance câblée dédiée à la mesure de température des parties chauffantes.

Type	NTC100K
Les matériaux	Verre scellé
Résistance à 25°C	100 KΩ
Dimension de la bille	Ø1.25 ±0.2mm, L= 2.53 ±0.3mm

Tableau III-7 : Fiche technique de La thermistance. [18]

III-1-2-10. La plaque chaude (hot bad) PCB MK2a et la thermistance :

Selon le type de matériaux utilisé en extrusion, l'adhérence au support d'impression peut varier et l'usage plateau chauffé s'avérer nécessaire, notamment avec l'ABS.

Le PCB chauffant MK2a est la solution la plus populaire et simple à mettre en œuvre. Facile à installer le heatbed nécessite 7 à 10A et chauffe à la température stable de 100°C en quelques minutes.

Le MK2 est fabriqué en époxy. Sous l'effet de la chaleur il peut se gondoler. Nous recommandons l'usage d'une surface plane et rigide pour maintenir la planéité du support d'impression telle qu'une plaque en verre clair recouverte de polyimide ou ruban de masquage.

Fourni prêt à l'emploi avec une thermistance 100k câblée, sans soudure. [18]



Figure III-14: .La plaque chaude (hot bad)

La puissance	120W
La résistance	1.2Ω
La tension	12V
Le courant	7A-10A
Les dimensions	214mm x 214mm
L'épaisseur de cuivre	35μ sur chaque face
Thermistance	100k

Tableau III-8 : Fiche technique de La plaque chaude (hot bad). [18]

III-1-2-11. Les Ventilateurs :

L'utilisation d'un ventilateur est indispensable lorsqu'on imprime en PLA ou en ABS, si les pièces sont petites ou comportent de petites parties. Il doit être situé près de la buse de la tête d'impression, pour refroidir et solidifier le filament extrudé. Il permet qu'une nouvelle couche ne s'imprime pas sur une précédente couche encore molle. Il ne doit pas être utilisé lors de l'impression de la ou des 1res couches de l'objet car celui-ci adhérerait moins au plateau.



Figure III-15: Les Ventilateurs

III-1-3. Les composants mécaniques :

III-1-3-1. Roulement linéaire LM8UU :

Les roulements linéaires LM8UU permettent le guidage des axes 8mm.



Figure III-16: Roulement linéaire LM8UU

Diamètre intérieur	8 mm
Diamètre extérieur	15 mm
Longueur	24 mm
Poids	13g

Tableau III-9 : Les caractéristiques de Roulement linéaire LM8UU. [18]

III-1-3-2. Les tiges lisses :

Pour guider les chariots X($\varnothing 8 \times 432$) et Z($\varnothing 8 \times 391$).



Figure III-17: tige lisse

III-1-3-3. Les tiges filetées M8x366 et les écrous M8 :

Pour transformer la rotation de moteur pas à pas à transmission avec l'écrou (système vis et écrou).

III-1-3-4. Accouplement acier 5 à 8 :

Accouplement acier pour relier les moteurs aux tiges filetées M8 de l'axe Z.

Blocage des axes par vis de pression sans tête M3.



Figure III-18: Accouplement acier 5 à 8

Diamètre coté A	5 mm
Diamètre coté B	8 mm
Longueur	25 mm
Diamètre extérieur	20 mm
Matériau	Acier

Tableau III-10 : Les caractéristiques d'Accouplement acier 5 à 8. [18]

III-1-3-5. La courroie (GT2-760mmx6mm) :

Les courroies GT améliorent considérablement la qualité d'impression. Les dents sont arrondies à leurs extrémités pour s'engrainer parfaitement dans le pas des poulies.



Figure III-19: courroie (GT2-760mmx6mm)

Longueur	760mm
Largeur	6mm
Pas	2mm
Matériau	Caoutchouc renforcé en fibre de verre

Tableau III-11 : Les caractéristiques de la courroie (GT2-760mmx6mm). [18]

III-1-3-6. La poulie GT2 :

Poulie GT2 en aluminium pour la courroie (GT2-760mmx6mm).



Figure III-20: La poulie GT2

Matériel	Aluminium
Nombre de dents	20
Pas	2mm
Dimension extérieures	Ø15x14mm
Diamètre de l'axe de fixation	5mm
Fixation de l'arbre par vis sans tête	M3

Tableau III-12 : Les caractéristiques de la poulie GT2. [18]

III-1-3-7. Les guidages liniers et les rails simples carrés (drylin W) :

Permettent de guidage linier de Plate-forme inférieure a l'axe y.

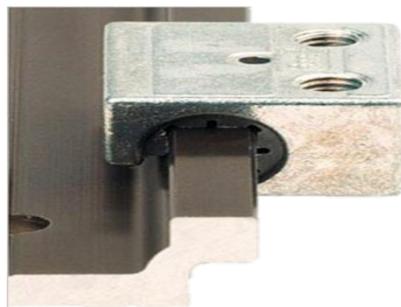


Figure III-21: Les guidages linières et les rails simples carrés (drylin W)

III-1-3-8. Le boulon de poussage de filament :

Est un boulon conçu pour permettre le retrait de la filmant et l'a poussé vers la buse.



Figure III-22: Le boulon de poussage de filament

III-1-3-9. Roulement axial :

On utilise pour la facilité de glissement du filament de la matière première.



Figure III-23: Roulement axial

III-1-3-10. Le dissipateur de chaleur :

Est un dispositif utilisé pour la dissipation de la chaleur pour éviter la fonte de la matière première avant d'entrer à la buse.

III-1-3-11. Le bloc thermique :

Est un bloc qui support :

- La résistance de chauffe.
- Le Capteur de température (thermostat).

III-1-3-12. La buse :

La buse doit assurer la fonte de la matière première et le dépôt de la matière et il existe à plusieurs diamètres (0.4mm ,0.6mm ...).



Figure III-24: La buse

III-1-4. Les caractéristiques de l'imprimant 3D BCN+ :

Technologie d'impression	Extrusion Fused Filament Fabrication (FFF) (Fabrication de filaments fondus par extrusion)
Dimensions physiques	480mm x 480mm x 455mm
Poids	13 kg
Volume d'impression	Longueur : 252mm Largeur : 200mm Hauteur : 200mm
Nombre d'extrudeuses	1
Hauteur de la couche	0,1-0,35mm (avec buse 0,4mm) 0,2-0,5mm (avec buse 0,6 mm)
Résolution de positionnement	Axe X : 0,05mm Axes-Y : 0,05 mm Axe Z : 0,1mm
Température de fonctionnement	15-35°C
Température Max de Hot bed	80°C
Température Max d'Extrudeuse	260°C
Diamètre du filament	3mm/1,75mm
Matériaux compatibles	PLA ; ABS ; Nylon ; HIPS ; PVA Lay brick (avec buse 0,6 mm) Lay wood (avec buse 0,6 mm) Fila flex (avec buse 0,6 mm)
Électronique	Arduino Mega 2560 + RAMPS 1.4
Connectivité	Carte SD (fonctionnement autonome) Câble USB (contrôlé par Répéter Host)
Fichiers compatibles	STL
Logiciel convertisseur de code	Slic3r, Cura
Entrée AC	AC 100–240 V, 50–60 Hz
Puissance	200W

Tableau III-13 : Les caractéristiques de l'imprimant 3D BCN+ . [10]

III-2. Élaboration du manuel d'utilisation de l'imprimant 3D BCN+ :

III-2-1. Déballage de l'imprimant :

l'imprimant 3D BCN+	
Une Bobine de filament	
L'outil de calibrage	
Carte SD	
La laque (3DLAC)	
Câble d'alimentation	
Câble USB	

Tableau III-14 : Déballage de l'imprimant

III-2-2. Alimentation de l'imprimant :

1. Brancher le câble de l'alimentation.
2. Pousser sur l'interrupteur ON / OFF.

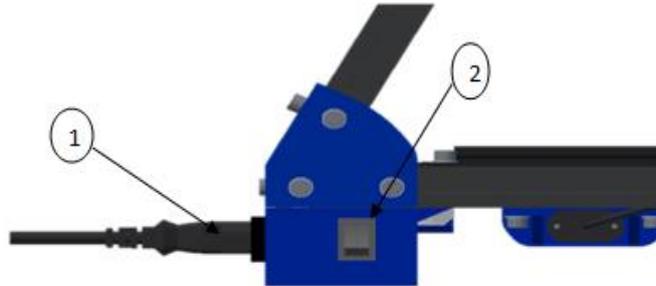


Figure III-25 : L'emplacement de câble et le bouton ON / OFF

III-2-3. L'interface de l'utilisateur :

1. L'écran LCD.
 2. le bouton de commande.
 3. Le bouton reset.
 4. l'emplacement de la carte SD.
- Cliquez pour sélectionner l'option souhaitée.



- Tournez pour vous déplacer dans le menu.



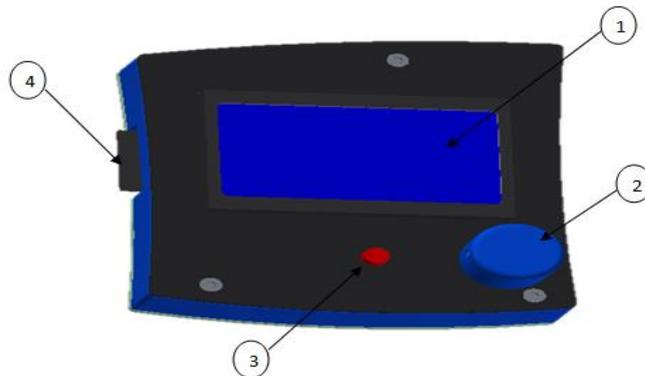


Figure III-26 : L'interface de l'utilisateur

III-2-4. Les éléments de l'écran d'accueil :

1. La vitesse du ventilateur.
2. La hauteur de l'impression.
3. L'avancement de l'impression.
4. La proportion de l'avancement de l'impression.
5. La présence ou l'absence de carte SD.
6. La vitesse d'impression.
7. La température mesurée.
8. La température désirée.

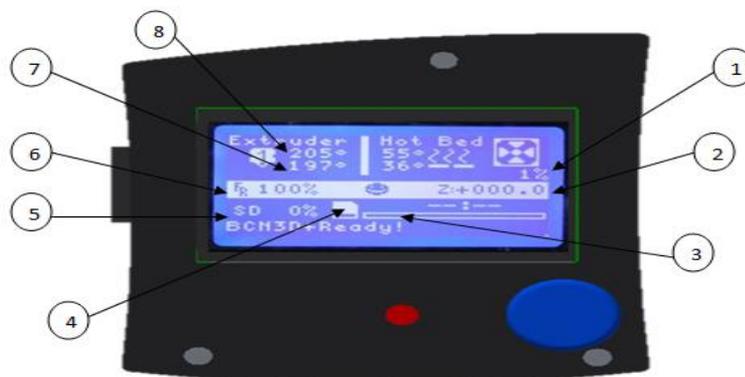


Figure III-27 : L'écran d'accueil

III-2-5. Le menu principal :

- **Info screen:**

Pour retourner a l'écran d'accueil.

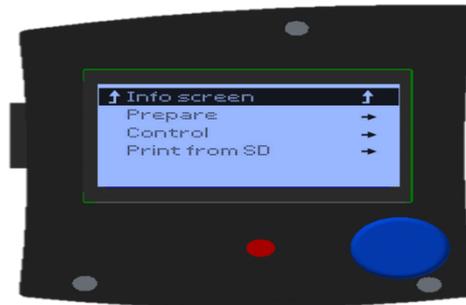


Figure III-28 : Le menu principal

- **Prépare:** Pour préparer l'imprimante avant l'impression et il existe dans ce menu :



Figure III-29 : Le menu prépare

- **Main:** Pour retourner à menu principale.
- **Disable steppers:**
- **Auto home :** Pour déplacer les axes à la position initiale.
- **Preheat:** Pour chauffer l'extrudeuse et la plaque suivant la matière utilise (PLA, ABS...),



Figure III-30 : Le menu Preheat

- **Cooldown :** Pour arrêter du chauffage.
- **Move axis:** Pour déplacer les axes X, Y, Z et extruder manuellement Pour choisir la précision de mouvement.

Remarque : Le moteur de l'extrudeuse ne fonctionne pas seulement après avoir atteint la température désirée.

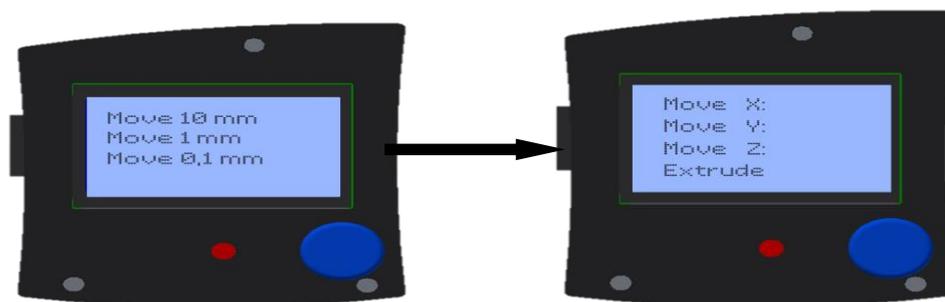


Figure III-31 : Le menu Move axis

- **Control:** Dans ce menu vous pouvez modifier les paramètres de l'imprimante.



Figure III-32 : Le menu Control

- **Main:** Pour retourner à menu principale.
- **Température:** Pour modifier les paramètres de la température et la vitesse de la Ventilateur de solidification des couches.
- **Motion:** Pour modifier les paramètres des moteurs pas à pas.
- **Store Memory:** Pour enregistrer les configurations.
- **Load memory:** Pour restaurer les informations sauvegardées précédemment.
- **Print from SD:** Pour accéder à la carte SD et choisir la pièce à imprimer.

III-2-6. L'insertion du filament de l'imprimante :

- Click sur « Preheat » et choisir la matière utilise (PLA, ABS...).
- Attendez jusqu'à ce que la température atteigne la valeur de consigne.
- Entrez le filament dans le trou.
- Choisir « Move axis> 1mm>Extruder » et tournez le bouton et Poussez le filament jusqu'à commence l'extrusion.

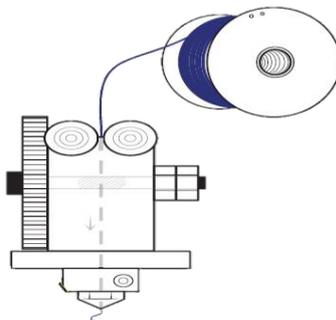


Figure III-33 : L'insertion du filament

III-2-7. Les étapes pour l'impression d'une pièce :

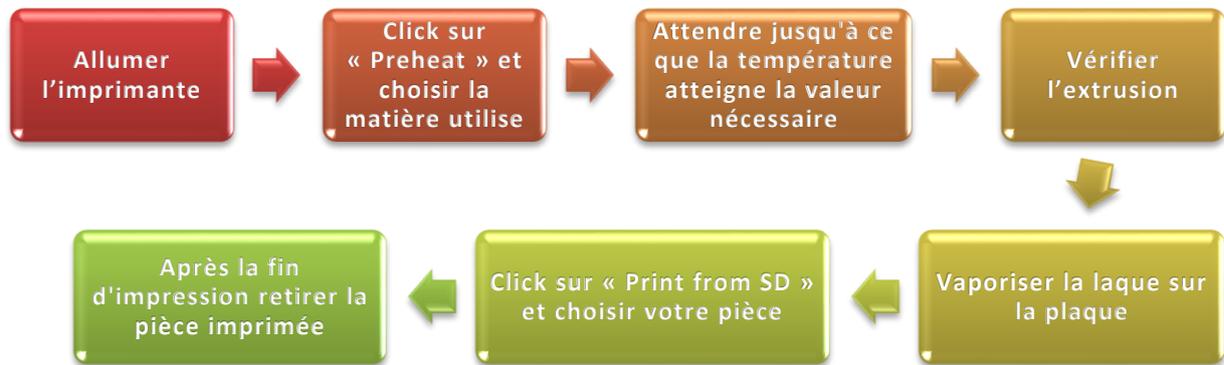


Figure III-34 : Les étapes pour l'impression d'une pièce

III-3. Les opérations de maintenance préventive de la machine de prototypage BCN+ :

III-3-1. L'entretien de la buse :

Dans un premier temps, le premier élément auquel vous devez porter attention est le système d'extrusion. Il est notamment important de s'assurer régulièrement que la buse est propre et non obstruée.

Les principales causes de bouchage de la buse :

- Filament de mauvaise qualité ou trop vieux (par exemple un PLA qui aurait repris de l'humidité).
- Première couche trop basse, qui frotte le plateau ; la matière ne pouvant pas sortir, elle s'agglutine dans la buse et peut mener à un bouchage.
- Saletés sur le fil, qui rentre dans la buse, les plus grosses particules peuvent faire un bouchage.
- Buse chaude, mais filament sans mouvement (non extrudé) pendant trop longtemps.
- Buse trop chaude, le filament se carbonise à l'intérieur et durci.

III-3-2. Nettoyage de la plateforme de l'imprimante:

- Après plusieurs impressions, le verre chauffé se salit et des couches de revêtement adhésif, de poussières et de débris de plastique s'accumulent.
- Nettoyez le verre, il doit être retiré de l'imprimante.
- Les restes de revêtement et de poussière sont facilement éliminés en plaçant le verre sous-bois avec un peu de savon.
- Le plastique collé restant peut-être enlevé avec un cutter, en prenant soin de ne pas gratter le verre.
- L'acétone peut également être utilisée car elle agit comme solvant.

III-3-3. L'entretien des Courroies :

Dans l'imprimante 3D BCN+ il existe 2 courroies dentées de type GT2-760mmx6mm, une dans l'axe X et l'autre dans l'axe Y.

La durée de vie des courroies liée aux conditions de travail et le nombre de fois d'utilisation

Pour obtenir une bonne qualité d'impression il faut contrôler périodiquement les courroies, surtout la courroie de l'axe Y parce qu'il supporte un plus grand effort par rapport à la courroie de l'axe X.

Dans le cas de dilatation de la courroie il faut d'abord tirer le support de poulie soit dans l'axe X ou l'axe Y.



Figure III-35 : L'entretien des Courroies

Cas de changement la courroie :

- Dans le cas d'une grande dilatation.
- S'il y a des fissures.
- Dans le cas de rupture de la courroie.
- Dans le cas d'érosion ou perte de certaines dents.

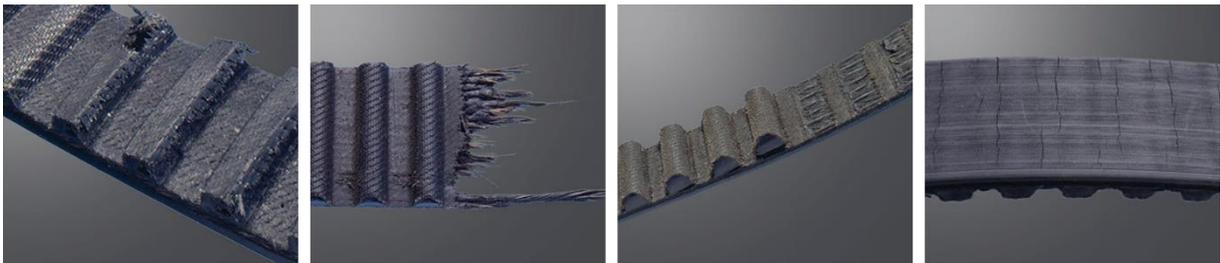


Figure III-36 : Cas de changement la courroie

III-3-4. Calibration des axes :

Après chaque opération de maintenance liée à l'un des axes X, y ou Z il faut :

1. Calibration de l'axe X :

- Avec l'outil d'étalonnage, mesure la hauteur des barres des axes X à partir de la base de la tôle d'aluminium
- Réglez la hauteur aux deux extrémités de son axe horizontal en tournant manuellement chaque accouplement.

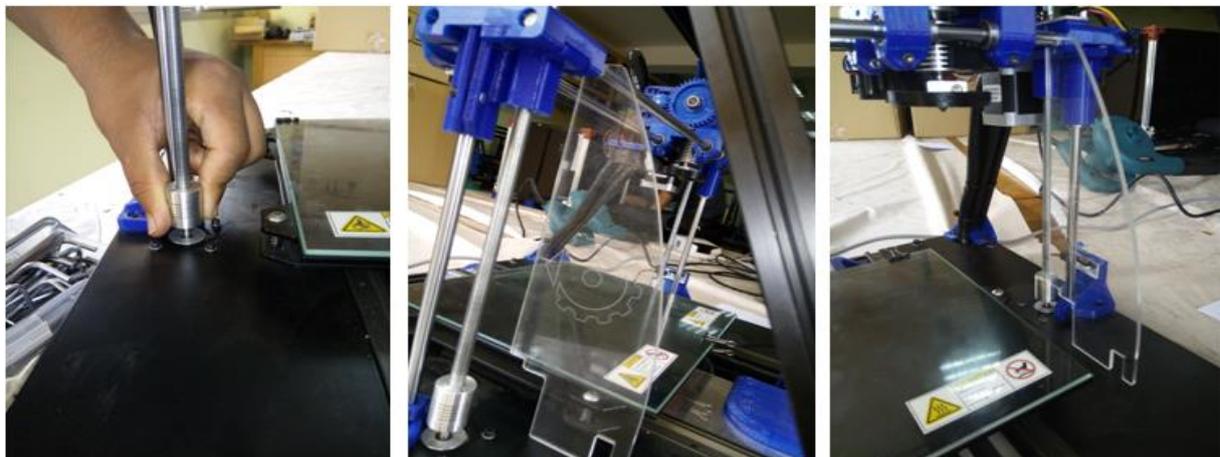


Figure III-37 : Calibration de l'axe X

2. Calibration de l'axe Y :

Afin d'assurer la perpendicularité de l'axe Z avec la base, un processus itératif doit être effectué consistant en les étapes suivantes :

- Placez l'axe Z en position verticale (environ 180 mm).
- Desserrez les vis sur la base des guides de l'arbre Z, cela offre une gamme de mouvements qui nous permettra de les positionner correctement.
- Utilisez l'outil d'étalonnage comme une sorte de Place-carré ou triangle et maintenez son côté court sur la plaque de base tandis que le côté plus long repose en contact avec les guides verticaux de l'axe Z.
- Pendant les mesures, continuez à régler la perpendiculaire par rapport au guide à l'aide de l'outil et serrez les vis de base pour fixer sa position, Comme mentionné

précédemment, ce processus doit être répété dans les deux guides et corriger tout déséquilibre.

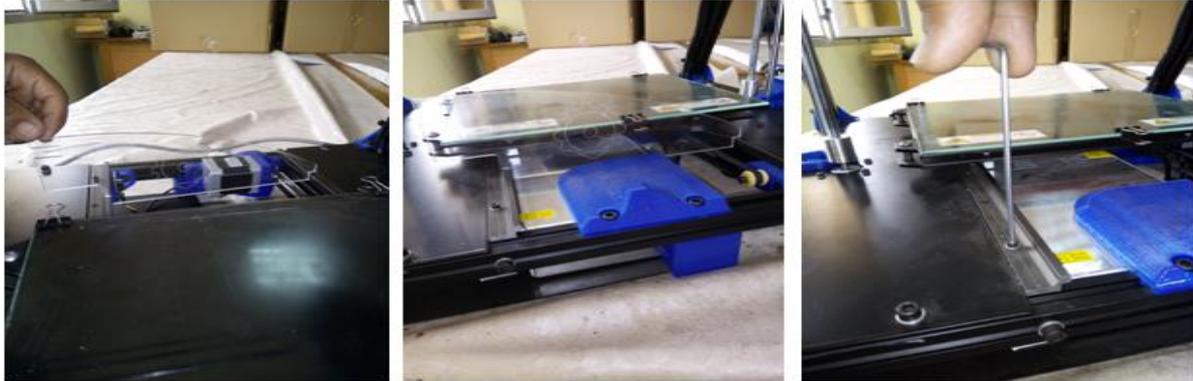


Figure III-38 : Calibration de l'axe Y

III-3-5. Étalonnage de la buse :

- Click sur « Auto home » Pour déplacer les axes à la position initiale.
- Régler la vis qui clique sur le capteur de fin course et chaque fois click sur « Auto home » telle que la hauteur de la buse est approximativement égale à 0.2 mm (Peut être utilisé papier plié).

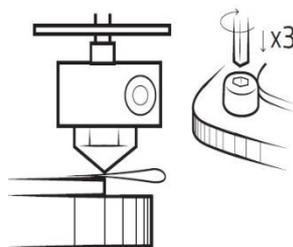
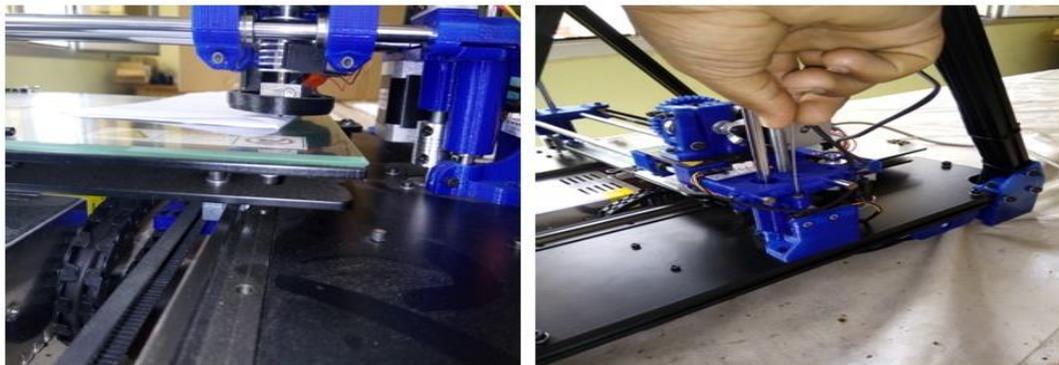


Figure III-39 : Étalonnage de la buse

III-3-6. La lubrification :

Il est recommandé de graisser les tiges lisse et les tiges filetée et les guidages linières de temps en temps, surtout quand ils souffrent de difficultés pour se déplacer ou faire plus de bruit que d'habitude, mettre quelques gouttes sur les tiges et déplacez les axes afin que le même mécanisme les distribue tout au long.

III-3-7. L'entretien des roulements linéaires :

- Dans l'imprimante 3D BCN+ il existe 8 roulements linéaires, 4 dans l'axe X et 4 dans l'axe Z.
- La durée de vie des roulements linéaires liée aux conditions de travail et le nombre de fois d'utilisation.
- Pour obtenir une bonne qualité d'impression il faut contrôler les roulements linéaires périodiquement.

Quand faut-il changer le roulement ?

- perte des billes de ce roulement.
- Blocage de roulement.

III-4. Les problèmes possibles lors de l'utilisation de l'imprimante :

Le travail de maintenance a été effectué au niveau du laboratoire IPSIL (Innovation de Produit & de Système Industriel), sur une machine de prototypage BCN+, pendant notre travail nous avons détecté et récolté tous les problèmes et les anomalies pour le bon fonctionnement de la machine et nous les avons consignées dans des tableaux avec des solutions de maintenance que nous avons développées selon un ordre logique.

Et nous avons établie une liste de suivi de chaque problème et la détermination des causes, nous avons aussi établi un programme de maintenance suivant les étapes bien précises qui sont :

- **Méthode de détection** : La méthode et les moyens de faire de l'action.
- **Action** : L'opération ou le test qui doit être fait pour déterminer la cause.
- **Cause** : la cause de problème.
- **Remarque** : la remarque après avoir fait le test.
- **Solution** : La solution pour résoudre le problème.

III-4-1. L'imprimante n'est pas fonctionnelle:

III-4-1-1. La probabilité N°1/ problème à l'alimentation :

- Si le LED vert de la boîte de l'alimentation n'est pas allumer (problème à l'entrée de la boîte) :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier si le câble de l'alimentation est conduit l'électricité.	Par testeur ou voltmètre (AC). (Figure III.40)	Le câble n'est pas conduit l'électricité.	Le câble est endommagé.	Changer le câble de l'alimentation.
		Le câble conduit l'électricité.		Passer à l'action suivante.
Vérifier si l'interrupteur ON / OFF est conduit l'électricité.	Par testeur ou voltmètre (AC). (Figure III.41)	L'interrupteur ON / OFF n'est pas conduit l'électricité.	L'interrupteur ON / OFF est endommagé.	Changer l'interrupteur ON / OFF.
		Le bouton ON / OFF est conduit l'électricité.		Passez à l'action suivante.
Vérifier le câble entre le bouton ON / OFF et la boîte de l'alimentation.	Visuelle.	Un ou plusieurs fils ne sont pas connectés.		Connectés bien les fils.
		Le câble est bien connecté.	Il y a un problème à l'intérieur de la boîte de l'alimentation.	

Tableau III-15 : problème à l'entrée de la boîte

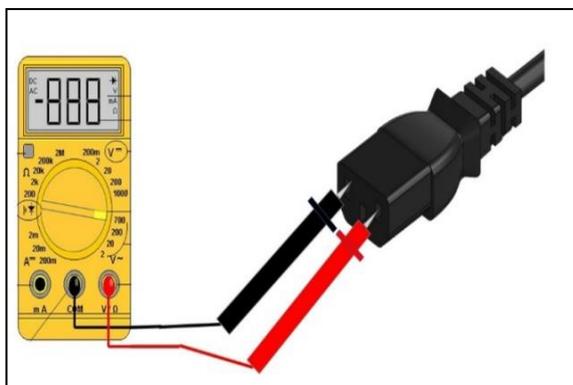


Figure III-40 : mesure la tension du câble d'alimentation

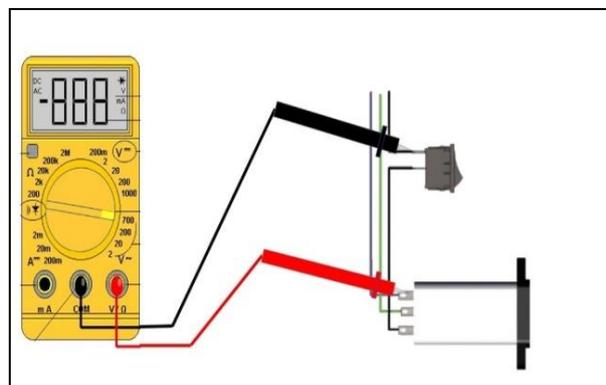


Figure III-41 : tester l'interpréteur

- Un problème à l'intérieur de la boîte de l'alimentation :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier l'état de fusible.	Visuelle. (Figure III-42)	La partie conductrice du fusible fond.	Courant électrique très élevée.	Changer le fusible.
		Le fusible en bon état.		Passer à l'action suivante.
Vérifier l'état des pièces électriques (résistances, condensateurs, diodes...).	Visuelle et manuelle. (Figure III-42)	Un ou plusieurs pièces électriques ne sont pas bien soudés.	Courant électrique très élevée. Haute température.	Souder ces pièces. Assurez-vous que le ventilateur fonctionne
		Un ou plusieurs pièces électriques sont endommagées	court-circuit. Le ventilateur n'est pas fonctionner.	Changer les pièces. Assurez-vous que le ventilateur fonctionne. Changer la boîte de l'alimentation.
		Toutes les pièces en bon état.	Il y a le problème n'est pas déterminée.	Changer la boîte de l'alimentation.

Tableau III-16 : problème à l'intérieur de la boîte de l'alimentation

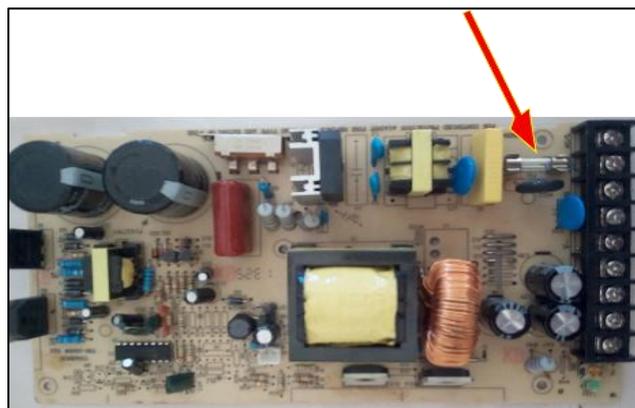


Figure III-42: vérifier le fusible

- Si le LED vert de la boîte de l'alimentation allumer (problème à la sortie de la boîte) :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Mesurer la tension entre les bornes de la sortie (entre tous V+ et V-).	Par voltmètre (DC). (Figure III-43)	La tension mesure est différente de 12V.	Il y a un problème à l'intérieur de la boîte de l'alimentation.	Retourner à (Tableau III-16)
		La tension mesure est presque égale à 12V.		Passer à l'action suivante.
Vérifier les fils entre de la boîte de l'alimentation. et la carte Shield.	Visuelle.	Un ou plusieurs fils ne sont connectés pas.		Connectés bien les fils.
		Les fils sont bien connectés.		Passer à l'action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes de l'entrée de la carte Shield (entre tous V+ et V-).	Par voltmètre DC. (Figure III-44)	La tension mesure est différente de 12V.	Un ou plusieurs fils sont endommagé.	Changer les fils.
		La tension mesure est presque égale à 12V.	Le problème ne dépend pas à l'alimentation.	Passer à la probabilité N°2.

Tableau III-17 : problème à la sortie de la boîte de l'alimentation

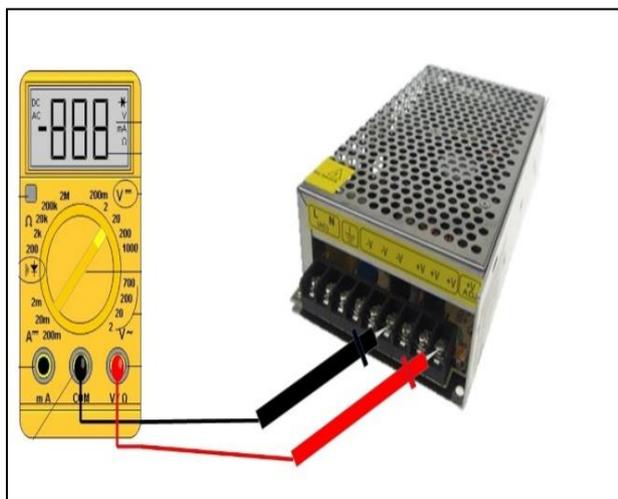


Figure III-43 : mesure la tension de sortie de la boîte de l'alimentation

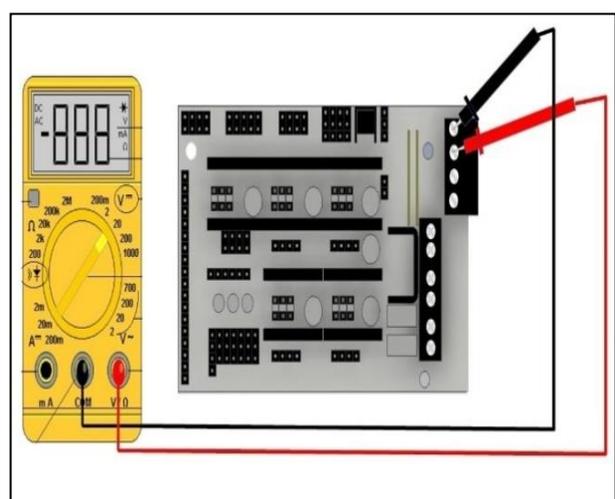


Figure III-44 : mesure la tension de l'entrée de la carte Shield

III-4-1-2. La probabilité N°2/problème à la carte Shield ou la carte

Arduino :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Assurez-vous que la carte Arduino est bien reliée avec la carte Shield.	Visuelle et manuelle.	Mauvaise connexion des cartes.	/	Connecter bien les deux cartes.
		Bonne connexion des cartes.	/	Passer à l'action suivante.
Assurez-vous qu'il n'y a pas de court-circuit dans tous les éléments liés à la carte Shield (La résistance de chauffe, la plaque chaude, les captures...).	Visuelle	Existence d'un court-circuit.	haute température.	Réparer le court-circuit.
		Absence de court-circuit.	/	Passer à l'action suivante.
Vérifier l'état des pièces électriques de la carte Shield (résistances, condensateurs, diodes...).	Visuelle et manuelle.	Une ou plusieurs pièces électriques défectueuses.	Courant électrique très élevée. Haute température. Court-circuit. Le ventilateur n'est pas fonctionner.	Changer la carte Shield et assurez-vous que le ventilateur fonctionne.
		Toutes les pièces en bon état.	/	Passer à l'action suivante.
Vérifier l'état des pièces électriques de la carte Arduino (résistances, condensateurs, diodes...).	Visuelle et manuelle.	Une ou plusieurs pièces électriques défectueuses.	Courant électrique très élevée. Haute température. Court-circuit Le ventilateur n'est pas fonctionner.	changer la carte Arduino et assurez-vous que le ventilateur fonctionne.
		Toutes les pièces en bon état.	/	Passer à l'action suivante.
Connecter la carte Arduino avec l'ordinateur.	Par câble USB et Par logiciel Arduino.	L'ordinateur n'est pas détecter la carte Arduino.	La carte Arduino est endommagée.	Changer la carte Arduino.
		L'ordinateur détecter la carte Arduino.	La carte Shield est endommagée.	Changer la carte Shield.

Tableau III-18 : problème à la carte Shield ou la carte Arduino

III-4-2. Lorsque vous appuyez sur le bouton de commande la machine ne répond pas :

Si la température mesurée qui affichée à l'écran (soit de la buse ou de la plaque) est différente de 0, le problème est lié soit au bouton ou à la carte Shield.

Sinon (la température mesurée qui affichée à l'écran égale à 0) le problème est lié aux thermistances :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier la thermistance concernée (soit de la buse ou de la plaque) et leurs câbles.	Visuelle.	La thermistance (soit de la buse ou de la plaque) n'est pas branchée avec le câble.	/	Brancher bien la thermistance.
		La thermistance (soit de la buse ou de la plaque) ou leur fil est endommagé.	Haut température.	Changer thermistance.
		La thermistance (soit de la buse ou de la plaque) en bon état.	/	Passer à l'action suivante.
Vérifier si le câble de la thermistance concernée est branché bien avec la carte Shield.	Visuelle.	Le câble est branché bien.	Le câble est endommagé.	Changer le câble.
		Le câble n'est pas branché bien.	/	Branché bien le câble.

Tableau III-19 : Lorsque vous appuyez sur le bouton de commande la machine ne répond pas

III-4-3. L'imprimante s'éteint après le choix de Preheat (préchauffage):

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier la résistance de l'extrudeuse et la résistance de la plaque et leurs câbles.	Visuelle.	Il y a de court-circuit aux câbles.	Haute température.	Réparer le court-circuit ou changer les câbles.
		Il y a de court-circuit à la résistance de l'extrudeuse ou la résistance de la plaque.	Haute température.	Changer la résistance.
		Absence de court-circuit.		Passer à l'action suivante.
Mesurer la valeur de la résistance de l'extrudeuse et la résistance de la plaque.	Utilisation d'ohmmètre. (Figure III-45) (Figure III-46)	La valeur mesure est presque égale à 0Ω .	Court-circuit.	Changer cette résistance.
		La valeur mesure est presque égale à 4.1Ω pour la résistance de l'extrudeuse ou 1.7Ω pour la résistance de la plaque.	Le problème ne dépend pas à la résistance	Retourner à III-4-1. L'imprimante n'est pas fonctionne.

Tableau III-20 : L'imprimante s'éteint après le choix de Preheat

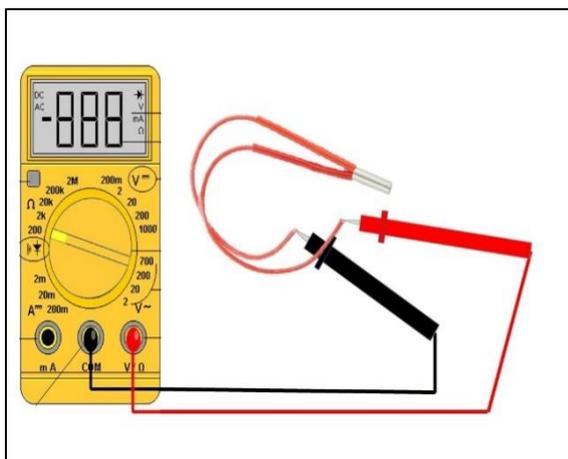


Figure III-45 : mesure la résistance de l'extrudeuse

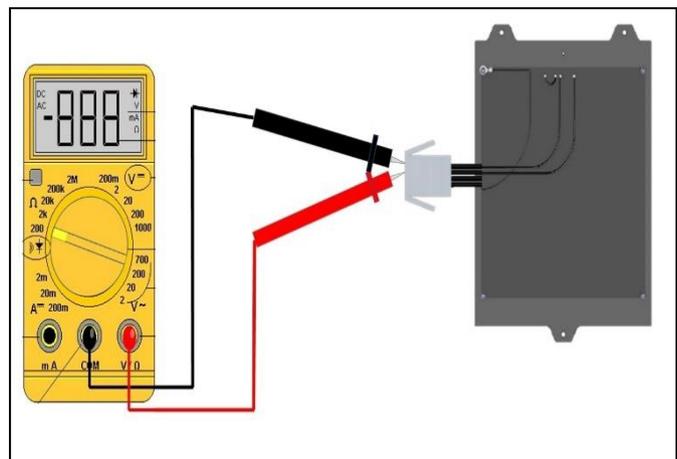


Figure III-46 : mesure la résistance de la plaque

III-4-4. Après une période (2ou 3 minutes) de choix de « Preheat » la température de l’extrudeuse n’augmenter pas:

III-4-4-1. La probabilité N°1 : problème à la résistance de l’extrudeuse :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier la température de la buse manuelle.	En approchant sans toucher (attention à la température élevée).	La température est élevée.	Le problème dépend de la thermistance.	Passer à la probabilité N°2
		La température n’est pas élevée.	Problème à la résistance.	Passer à l’action suivant
Assurez-vous que le câble est branché bien à la résistance et à la carte Shield	Visuelle.	Le câble n’est pas branché bien.		Brancher bien le câble
		Le câble est branché bien.		Passer à l’action suivant
Mesurer la tension entre les bornes de câble de la résistance (Attention aux de causer de court-circuit)	Par voltmètre (DC). (Figure III-47)	La tension mesure est presque égale à 12V.	La résistance endommagée.	Changer la résistance
		La tension mesure est différente de 12V.		Passer à l’action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes de la résistance à la carte Shield (Attention aux de causer de court-circuit)	Par voltmètre (DC). (Figure III-48)	La tension mesure est presque égale à 12V.	Le câble endommagé.	Changer le câble
		La tension mesure est différente de 12V.	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino.	Passer à la probabilité N°3.

Tableau III-21 : problème à la résistance de l’extrudeuse

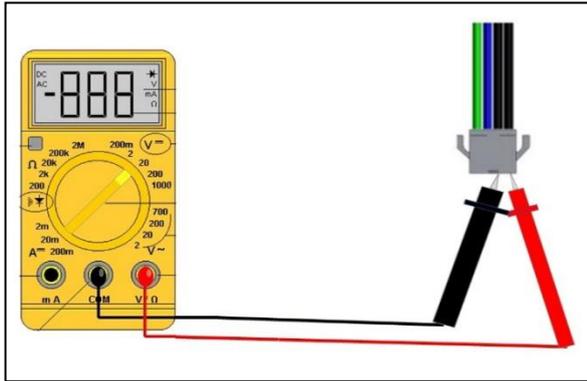


Figure III-47 : mesure la tension entre les bornes de câble de la résistance

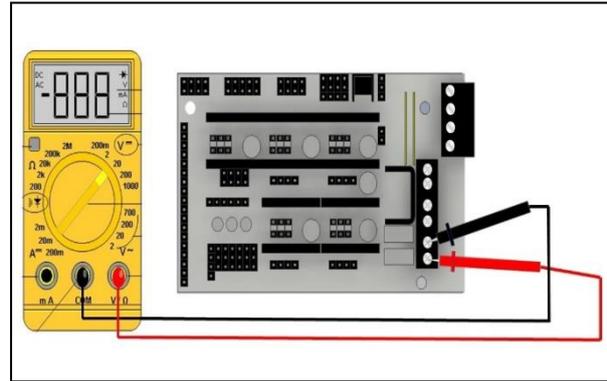


Figure III-48 : mesure la tension Mesurer la tension entre les bornes de la résistance à la carte Shield

III-4-4-2. La probabilité N°2 : problème à la thermistance :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Basculer entre les emplacements du câble thermistance de l'extrudeuse et le câble thermistance de la plaque (ne pas dépasser une période de 20 ~30 secondes).	Manuelle. (Figure III-49)	Affichage de la température précédente de la plaque à la place de la température de l'extrudeuse avec aucune augmentation de la température de la plaque.	La thermistance est endommagée.	Changer la thermistance
		Affichage de la température désirée de l'extrudeuse à la place de la température de la plaque avec la survie de la température de l'extrudeuse comme il a été.	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino.	Passer à la probabilité N°3.

Tableau III-22: problème à la thermistance

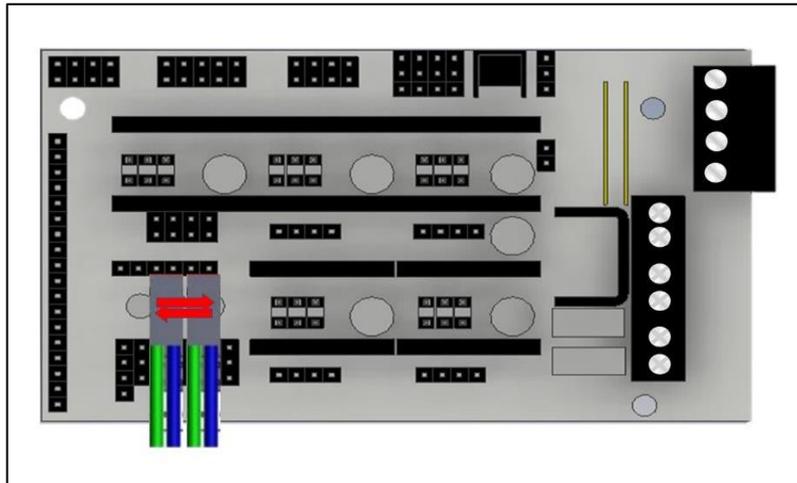


Figure III-49 : commutation les câble des thermistances

III-4-4-3. La probabilité N°3/ Problème à la carte Shield ou la carte Arduino :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Connecter la carte Arduino avec l'ordinateur et recharger le firmware de carte Arduino ensuite, allumez l'imprimante.	Par logiciel Arduino.	Le problème n'est pas résolu	Problème à la carte Shield.	Changer la carte Shield.
		Le problème a été résolu.		

Tableau III-23: Problème à la carte Shield ou la carte Arduino

III-4-5. Après une période (4ou 5 minutes) de choix de « Preheat » la température de la plaque n’augmenter pas:

III-4-5-1. La probabilité N°1/ problème à la résistance de la plaque :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier la température de la plaque.	Manuelle.	La température est élevée.	Le problème dépend de la thermistance.	Passer à la probabilité N°2
		La température n’est pas élevée.	problème à la résistance de la plaque	Passer à l’action suivante.
Assurez-vous que le câble est branché bien à la plaque et à la carte Shield.	Visuelle.	Le câble n’est pas branché bien		Brancher bien le câble
		Le câble est branché bien		Passer à l’action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes du câble de la plaque (Attention aux de causer de court-circuit).	Par voltmètre (DC). (Figure III-50)	La tension mesure est presque égale à 12V.		Changer la plaque.
		La tension est différente de 12V.		Passer à l’action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes de la résistance à la carte Shield (Attention aux de causer de court-circuit).	Par voltmètre (DC). (Figure III-51)	La tension mesure est presque égale à 12V.	Le câble endommagé	Changer le câble
		La tension est différente de 12V	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino	Retourner au tableau III-23.

Tableau III-24: problème à la plaque

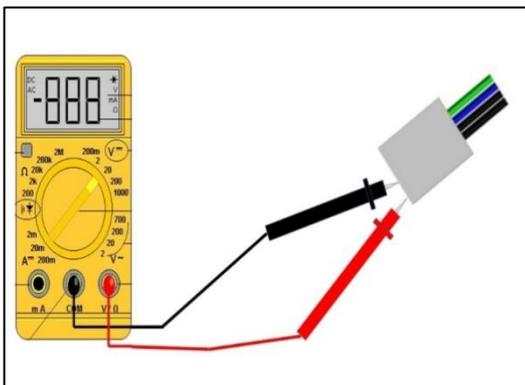


Figure III-50 : mesure la tension

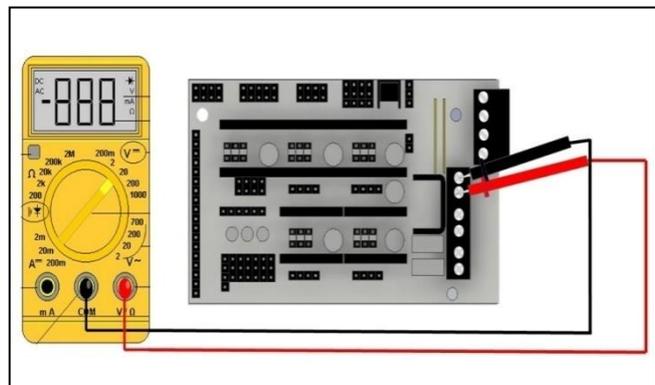


Figure III-51: mesure la tension

III-4-5-2. La probabilité N°2/ problème à la thermistance :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Assurez-vous que la thermistance est fixée bien par les vis.	Visuelle.	La thermistance n'est pas fixer bien.	La vibration.	Fixer bien la thermistance.
		La thermistance est fixée bien.		Passer à l'action suivante.
Basculer entre les emplacements du câble thermistance de la plaque et le câble thermistance de l'extrudeuse (ne pas dépasser une période de 20 ~30 secondes)	Manuellement (Figure III-49)	Affichage de la température précédente de l'extrudeuse à la place de la température de la plaque avec aucune augmentation de la température de l'extrudeuse	La thermistance est endommagée	Changer la thermistance
		Affichage de la température désirée de la plaque à la place de la température de l'extrudeuse avec la survie de la température de la plaque comme il a été	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino	Retourner à au tableau III-23.

Tableau III-25: problème à la thermistance

III-4-6. Après de choix de « Preheat ABS » la température de la plaque atteint a une valeur inférieure à 70 degrés :

Solution :

1. Commander le Preheat ABS et attendre jusqu'à la température de la buse atteint la valeur souhaitée.
2. Choisir« Print from SD » ensuite choisir votre pièce.
3. Choisir« Control>>Température>> Bed » et diminuer la température jusque à 60ou 55degrés.
4. Après le démarrage de l'impression choisir « Control >> Température >> Bed » et augmenter la température jusque à 70 degrés.

III-4-7. L'extrudeuse n'est pas fonctionner (le système de poussage du filament n'est pas tourner):

III-4-7-1. La probabilité N°1 /problème au moteur pas à pas:

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier la rotation du moteur pas à pas.	Touchez l'axe du moteur.	Le moteur est tourné.		Passer à la probabilité N°2.
		Le moteur n'est pas tourné.		Passer à l'action suivante.
Vérifier si le câble est branché bien au moteur pas à pas et à la carte Shield.	Visuelle.	Le câble n'est pas branché bien.	La vibration.	Brancher bien le câble.
		Le câble est branché bien.	/	Passer à l'action suivante.
Basculer entre les câbles de ce moteur (n°1) et une autre moteur (n°2) (axe X, axe Y ...) ensuite choisir « Move axis » et déplacer ce moteur (n°1).	Manuelle. (Figure III-52)	Le moteur (n°2) est tourné	Le moteur (n°1) est endommagé	Changer ce moteur.
		Le moteur (n°2) ne pas tourné.	/	Passer à l'action suivante.
Basculer entre les emplacements du câble de ce	Manuelle. (Figure III-53)	Le moteur (n°2) est tourné.	Le câble de moteur (n°1) est endommagé	Changer le câble.

moteur (n°1) et une autre moteur (n°2) (axe X, axe Y ...) a la carte Shield ensuit choisir « Move axis » et déplacer ce moteur (n°1).		Le moteur (n°2) ne pas tourné.	Problème à le driver de moteur pas à pas ou à la carte Shield.	Passer à l'action suivante.
Basculer entre le driver de ce moteur (n°1) et le driver d'une autre moteur (n°2) ensuit choisir « Move axis » et déplacer ce moteur (n°1).	Manuelle. (Figure III-54)	Le moteur (n°1) est tourné.	Le driver est endommagé.	Changer le driver
		Le moteur (n°1) ne pas tourné.	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino.	Retourner au tableau III-23.

Tableau III-26: problème au moteur pas à pas

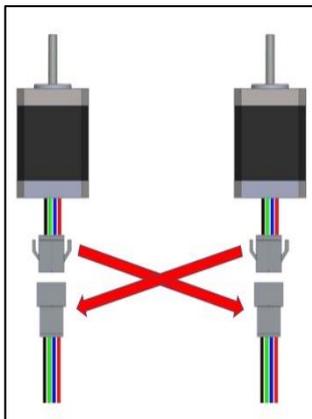


Figure III-52 : Basculer entre les câbles de ce

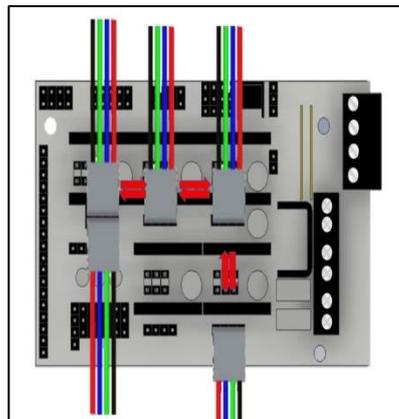


Figure III-53 : Basculer entre les emplacements du câble de ce moteur

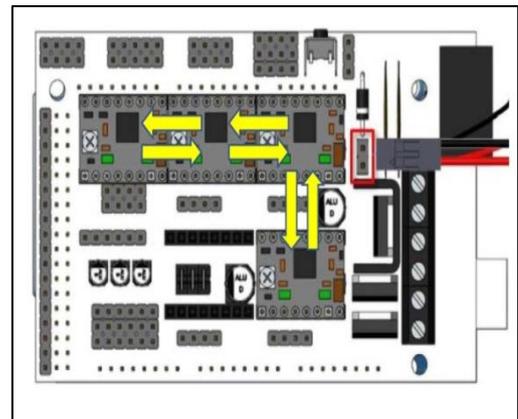


Figure III-54 : Basculer entre le driver de ce

III-4-7-2. La probabilité N°2 / problème au système de poussage du filament :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier l'état de l'engrenage qui relié avec le moteur.	Visuelle.	L'engrenage n'est pas monté bien.	La vibration.	Monter bien l'engrenage.
		L'engrenage est cassé.		Changer l'engrenage.
		L'engrenage en bon état.		Passer à l'action suivante.
Vérifier les dents des deux engrenages.	Visuelle.	Il y a des dents cassées.		Changer l'engrenage.
		Les dents en bon état.		Passer à l'action suivante.
Vérifier le boulon de poussage de filament.	Manuelle.	Le boulon est bloqué.		Débloquer le boulon.
		Le boulon tourne librement.		

Tableau III-27: problème au système de poussage du filament

III-4-8. L'extrudeuse n'est pas fonctionne malgré que le système de poussage du filament soit tourné :

III-4-8-1. La probabilité N°1 / problème à filament :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier les vis de serrage de filament.	Manuelle.	Les vis ne sont pas serrées.		Serrées les vis.
		Les vis son très serrées.		Passer à l'action suivante.
		Les vis sont serrées correctement		Passer à l'action suivante.
Ouvrez les vis et déposer le filament.	Manuelle.	Le filament est brulé.	Les vis son très serrées. Bouchage du la buse.	Couper la partie brûlé.
		Le filament est bon.		Passer à la probabilité N°2.

Tableau III-28: problème à filament

III-4-8-2. La probabilité N°2 /bouchage du dissipateur de chaleur ou la buse :

1- Déboucher la buse sans rien démonter :

- Méthode de débouchage simple :

1. Faire chauffer la buse à environ 230°C et retirer le filament.
2. Couper le bout du filament en pointe et l'insérer de nouveau dans la tête et pousser à la main.
3. Demander une extrusion de 50 à 100mm depuis répéter et aider à la main pour pousser le bouchon.

Si le fil se met à sortir, l'aider encore en extrudant 50 à 100mm qu'il sorte bien.

Pour aider à déboucher, il est possible d'insérer une aiguille fine type aiguille d'acupuncture côté sortie de filament et/ou passer une tige de diamètre à peu près égal au diamètre d'entrée du filament côté entrée (par exemple une forêt de perceuse ou une petite tige métallique) et pousser pour forcer l'extrusion.

Si le filament ne sort pas après cela, tester la Méthode de débouchage Atomic.

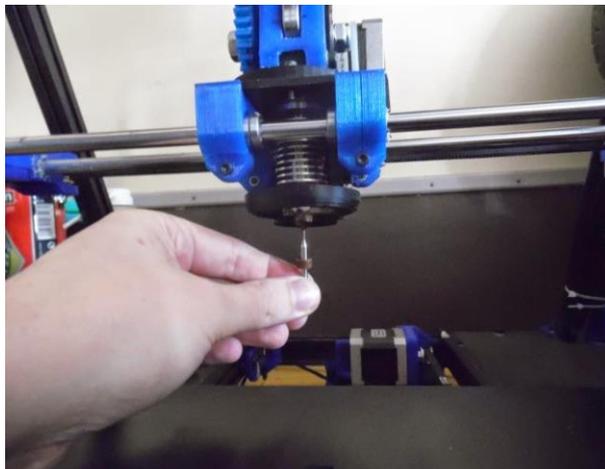


Figure III-55 : Débouchage avec aiguille

- **Méthodes de débouchage Atomic :**

Le principe de cette méthode est de tirer en arrière un filament pas trop chaud, afin qu'il soit pâteux. Ainsi, il va entraîner avec lui les saletés qui pourraient être agglomérées dans la buse.

1. Faire chauffer la tête à environ 250°C.
2. Pousser manuellement à la main du fil clair en PLA (blanc c'est idéal) pour en faire sortir un peu.
3. Régler la température de tête à 90°C.
4. Quand la température est atteinte, tirer à la main le fil pour le sortir. Avec la faible température, il sera très visqueux et va emmener avec lui les résidus carbonisés et/ou la poussière.
5. Répéter l'opération jusqu'à ce que le fil ressorte bien blanc et propre.

2- Démontage de la buse et débouchage :

Le premier élément bouché est souvent la buse, de part son petit diamètre de sortie. Heureusement, c'est aussi la partie la plus simple à démonter.

1. Mettre en chauffe la buse à démonter à au moins 150°C.
2. Maintenir le bloc chauffant avec la clé à molette.
3. Dévisser la buse avec la clé plate de 8, en fonction de la buse qui est montée.

Une fois la buse démontée, le plus simple pour la nettoyer est de la passer sous la flamme d'un chalumeau (ou à défaut sur le feu d'une gazinière).

Les éléments qui bouchent vont être carbonisés et sortir de la buse (attention il peut y avoir des flammes).

Une fois les résidus détruits, passé les outils de débouchage pour chasser les derniers éléments.

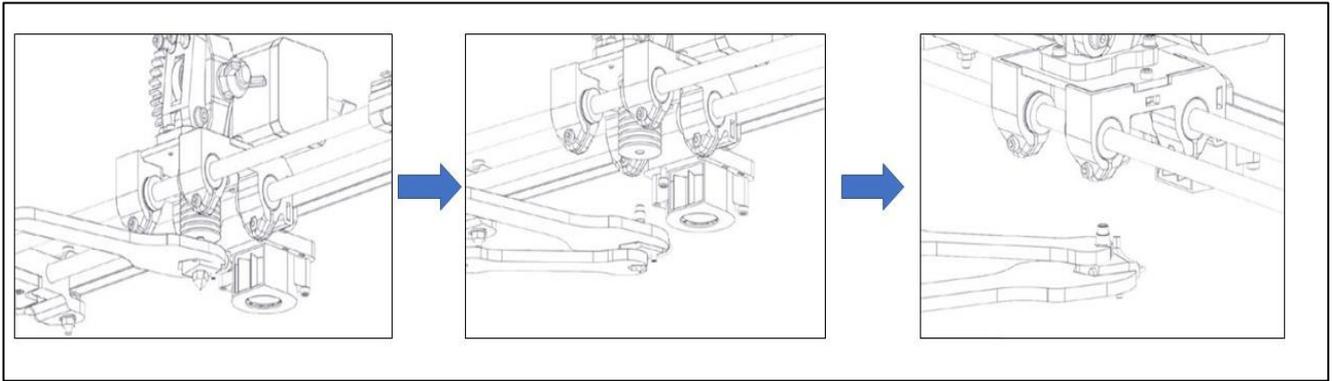


Figure III-56 : Démontage de la buse



Figure III-57: Débouchage de la buse

3- Démontage du reste de la tête d'impression :

Si le bouchage se situe plus haut, il faut démonter le reste de la buse.

1. Mettre en chauffe la buse à démonter à au moins 150°C.
2. Maintenir le bloc chauffant avec la clé à molette.
3. Avec la clé de 10mm, débloquer le contre écrou de blocage du bloc de chauffe.
4. Démontez ensuite le bloc de chauffe.



Figure III-58: Démontage du dissipateur de chaleur

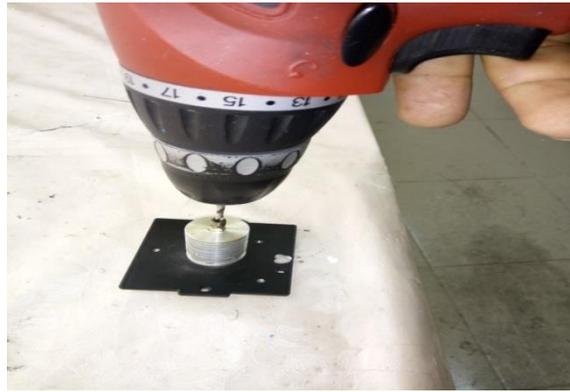


Figure III-59: Débouchage du dissipateur de chaleur

4- Dans le cas de bouchage de dissipateur de chaleur le problème peut être dans le ventilateur :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier le ventilateur du dissipateur de chaleur.	Visuelle.	Le ventilateur fonctionne.		
		Le ventilateur n'est pas fonctionner.		Passer à l'action suivante.
Vérifier si le câble est branché bien au ventilateur et à la carte Shield.		Le câble n'est pas branché bien.		Brancher bien le câble.
		Le câble est branché bien.		Passer à l'action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes du câble du ventilateur (Attention aux de causer de court-circuit).	Par voltmètre (DC). (Figure III-60)	La tension mesure est presque égale à 12V.	Le ventilateur est endommagé.	Changer le ventilateur.
		La tension est différente de 12V.		Passer à l'action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes du ventilateur à la carte Shield (Attention aux de causer de court-circuit).	Par voltmètre (DC). (Figure III-61)	La tension mesure est presque égale à 12V .	Le câble est endommagé	Changer le câble
		La tension est différente de 12V.	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino.	Retourner à au tableau III-23.

Tableau III.29: problème dans le ventilateur

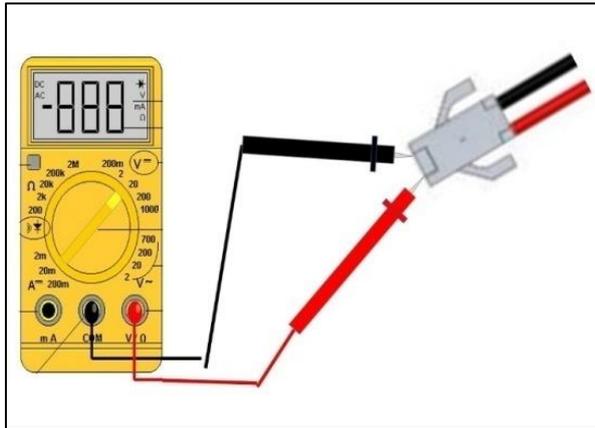


Figure III-60: Mesurer la tension du câble du ventilateur

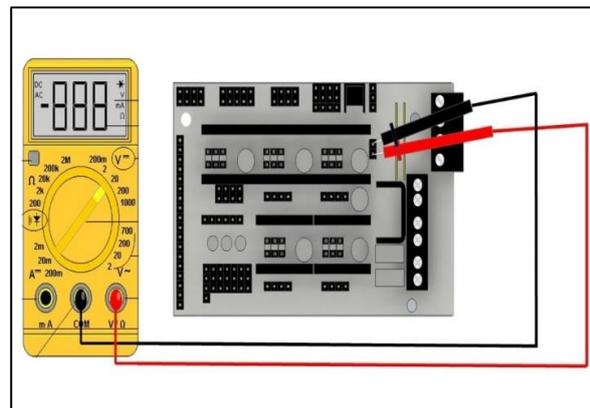


Figure III-61: Mesurer la tension du ventilateur à la carte Shield

III-4-9. Un problème dans le mouvement selon l'axe x :

Si aucune rotation du moteur pas à pas retourner à « III-4-7-1. La probabilité N°1 : problème au moteur pas à pas »

Sinon :

III-4-9-1. La probabilité N°1 /cassage d'une pièce :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier qu'il n'y a pas des pièces cassées dans le système de mouvement selon l'axe x.	Visuelle.	Il y a des pièces cassées.	Mauvais utilisation.	Changer les pièces cassées.
		Les pièces en bon état.		Passer à la probabilité N°2.

Tableau III-30: cassage d'une pièce

III-4-9-2. La probabilité N°2 / problème dans les poulies ou la Courroie :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier l'état de la courroie.	Visuelle. et manuelle.	La courroie n'est pas lier avec les poulies.		Installer bien la courroie.
		La courroie est dilatée.	Exposés à des températures élevées ou la fin de la durée de vie.	Changer la courroie.
		La courroie a été coupée.		Changer la courroie.
		La courroie en bon état		Passer à l'action suivante.
Vérifier si que la Courroie est bien fixée avec le chariot.	Visuelle et manuelle.	La Courroie n'est pas fixer bien.		Fixer bien La Courroie.
		La Courroie est bien fixée.		Passer à l'action suivante.
Vérifier la poulie qui relié avec le moteur pas à pas.	Visuelle et manuelle.	La poulie n'est pas montée bien.	La vibration.	Monter bien la poulie.
		La poulie montée bien.		Passer à l'action suivante.
Vérifier la rotation de l'autre poulie	Visuelle. et manuelle.	La poulie bloquée.		débloquée la poulie.
		La poulie tourne librement.		Passer à la probabilité N°3.

Tableau III-31 : problème dans les poulies ou la Courroie

III-4-9-2. La probabilité N°3 : problème a les roulements linéaires ou les barres lisse :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifiez qu'il n'y a pas de bruit pendant le mouvement de l'axe.	Par manuelle et l'audition.	Il y a de bruit	L'absence de lubrification	Lubrifie les barres lisse et si le problème persiste Passer à l'action suivante.
		Il n'y a pas de bruit		Passer à l'action suivante
Vérifier si que les roulements linéaires sont bien fixée avec le chariot.	Visuelle et manuelle.	Une ou plusieurs roulements linéaires ne sont pas fixés bien.		Fixés bien ces paliers.
		Les paliers linéaires fixés bien.		Passer à l'action suivante.
Démontez les roulements linéaires et vérifiez leur état.	Manuelle.	Une ou plusieurs roulements sont endommagées.	La fin de la durée de vie.	Changer ces roulements.
		Les roulements linéaires en bon état.	Le problème ne dépende pas les roulements linéaires.	

Tableau III-32 : problème a les roulements linéaires ou les barres lisse

III-4-10. Un problème dans le mouvement selon l'axe y :

Si aucune rotation du moteur pas à pas retourner à « III-4-7-1. La probabilité N°1 : problème au moteur pas à pas »

Sinon :

III-4-10-1. La probabilité N°1/ problème dans les poulies ou la Courroie :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier l'état de la courroie.	Visuelle et manuelle.	La courroie n'est pas liée avec les poulies.		Installer bien la courroie.
		La courroie est dilatée.	Exposés à des températures élevées ou la fin de la durée de vie.	Changer la courroie.
		La courroie a été coupée.	/	Changer la courroie.
		La courroie en bon état	/	Passer à l'action suivante
Vérifier si que la Courroie est bien fixée avec le Plate-forme inférieure.	Visuelle et manuelle.	La Courroie n'est pas fixée bien.	/	Fixer bien La Courroie.
		La Courroie est bien fixée.	/	Passer à l'action suivante.
Vérifier la poulie qui relié avec le moteur pas à pas.	Visuelle et manuelle.	La poulie n'est pas montée bien.	/	Monter bien la poulie.
		La poulie montée bien.	/	Passer à l'action suivante.
Vérifier la rotation de l'autre poulie.	Visuelle et manuelle.	La poulie bloquée.	/	débloquée la poulie.
		La poulie tourne librement	/	Passer à la probabilité N°2.

Tableau III-33 : problème dans les poulies ou la Courroie

III.4.10.2. La probabilité N°2 /problème aux chariots linéaires ou les guides linéaires :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifiez qu'il n'y a pas de bruit pendant le mouvement.	Par manuelle et l'audition.	Il y a de bruit.	L'absence de lubrification.	Lubrifie les chariots linéaires et si le problème persiste Passer à l'action suivante.
		Il n'y a pas de bruit.		Passer à l'action suivante.
Vérifiez que les guides linéaires sont parallèles.	Utilisation de l'outil de calibrage.	Les guides linéaires ne sont pas parallèles.	La vibration.	Parallèle entre les guides linéaires
		Les guides linéaires sont parallèles.		Passer à l'action suivante.

Tableau III-34 : problème aux chariots linéaires ou les guides linéaires

III-4-11.Un problème dans le mouvement selon l'axe Z :

Si aucune rotation du moteur pas à pas retourner à « III-4-7-1. La probabilité N°1 : problème au moteur pas à pas »

Sinon :

III-4-11-1. La probabilité N°1 : cassage d'une pièce :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifier qu'il n'y a pas des pièces cassées dans le système de mouvement selon l'axe Z.	Visuelle.	Il y a des pièces cassées.	Mauvais utilisation.	Changer les pièces cassées.
		Les pièces en bon état.		Passer à la probabilité N°2.

Tableau III-35 : cassage d'une pièce

III-4-11-2. La probabilité N°2 : problème a les accouplements, ou les tiges filetées et écrous, ou les roulements linéaires et les barres lisse :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifiez que les accouplements sont montés bien avec les moteurs pas à pas	Visuelle et manuelle.	Les accouplements ne sont pas connexion bien.	La vibration.	connexion bien les accouplements.
		Les accouplements sont bien connexion.		Passer à l'action suivante.
Vérifiez qu'il n'y a pas de bruit pendant le mouvement de l'axe Z	Par manuelle et l'audition.	Il y a de bruit.	L'absence de lubrification.	Lubrifie les barres lisse et les tiges filetées et si le problème persiste Passer à l'action suivante.
		Il n'y a pas de bruit.		Passer à l'action suivant
Vérifiez l'équilibrage des chariots de l'axe Z	Utilisation de l'outil de calibrage.	Les chariots sont déséquilibrés.		Calibrer les chariots.
		Les chariots équilibrés		Passer à l'action suivante.
Vérifier si que les roulements linéaires sont bien fixée avec le chariot.	Visuelle et manuelle.	Une ou plusieurs roulements linéaires ne sont pas fixés bien.		Fixés bien ces roulements.
		Les roulements linéaires fixés bien.		Passer à l'action suivante.
Démontez les roulements linéaires et vérifiez leur état.	Manuelle.	Une ou plusieurs roulements sont endommagées.	La fin de la durée de vie	Changer ces paliers.
		Les paliers en bon état.	Le problème ne dépende pas les roulements linéaires.	

Tableau III-36 : problème a les accouplements, ou les tiges filetées et écrous, ou les paliers linéaires et les barres lisse.

III-4-12. Après de choix de « AUTO HOME » le moteur pas à pas d'une axe (X ou Y ou Z) n'est pas s'arrête, malgré l'arrivée de la fin de course :

Action	Méthode de détection	Remarque	Cause	Solution
Vérifiez que le système de mouvement clique sur le capteur de fin de course.	Visuelle.	Le système n'est pas cliqué sur le capteur (il y a une obstruction dans le mouvement).	Obstruction dans le mouvement.	Retourner à « Un problème dans le mouvement selon l'axe X ou Y ou Z »
		La buse empêche l'arrivée du système de mouvement selon l'axe Z à la fin de course.	La buse n'est pas étalonner.	Retourner à l'étalonnage de la buse.
		Le système clique sur le capteur		Passer à l'action suivante.
Vérifiez que le LED de capteur signaler lorsque vous cliquez sur le capteur.	Visuelle.	Le LED de capteur est signalé.	Problème à la carte Shield ou la carte Arduino.	Retourner au tableau III-23.
		Le LED de capteur n'est signalé.		Passer à l'action suivante.
Vérifier si le câble est branché bien au capteur et à la carte Shield.	Visuelle.	Le câble n'est pas branché bien.		Brancher bien le câble
		Le câble est branché bien.		Passer à l'action suivante.
Mesurer la tension entre VCC et GND a le capteur (Attention aux de causer de court-circuit)	Par voltmètre (DC). (Figure III-62)	La tension mesure est presque égale à 5 V.	Le capteur endommagé.	Changer le capteur.
		La tension est différente de 5 V.		Passer à l'action suivante.
Mesurer la tension entre les bornes du capteur (+ et -) à la carte Shield (Attention aux de causer de court-circuit).	Par voltmètre (DC) X, Y, Z Figure III-63	La tension mesure est presque égale à 5V	Le câble endommagé.	Changer le câble.
		La tension est différente de 5V		Retourner au tableau III-23.

Tableau III-37 : Après de choix de « AUTO HOME » le moteur pas à pas d'un axe (X ou Y ou Z) ne s'arrête pas, malgré l'arrivée de la fin de course

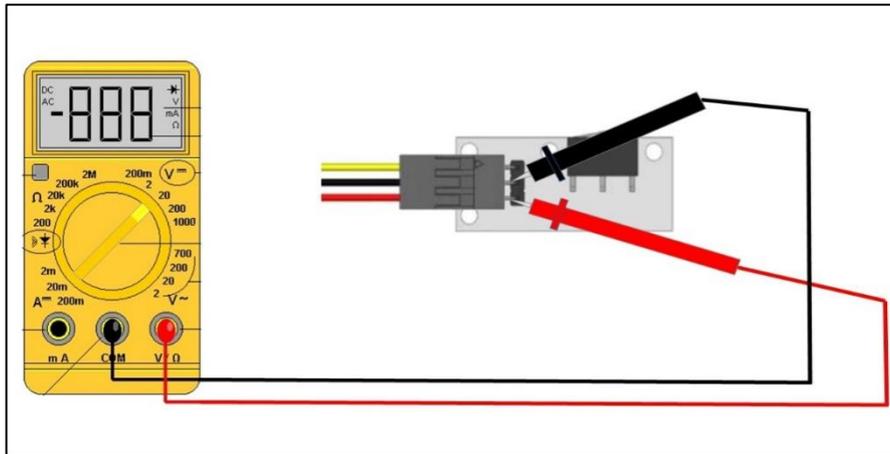


Figure III-62 : Mesurer la tension du capteur

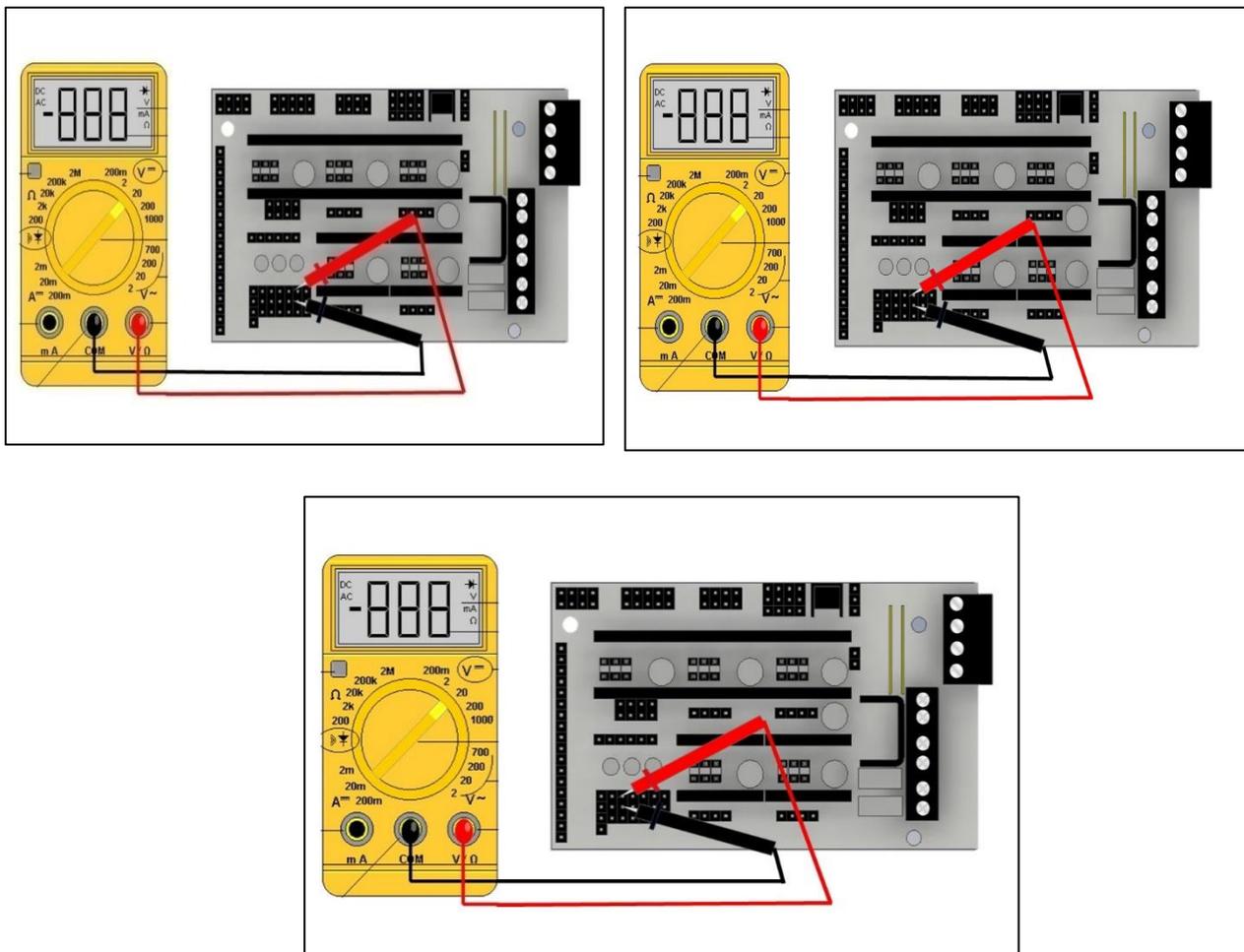


Figure III-63 : Mesurer la tension à la carte Shield du capteur

III-4-13. Pannes électrique lors de l'impression :

Pendant l'impression, souvent nous avons des coupures d'électricité du réseau électrique, l'imprimante s'arrête définitivement ensuite quand le courant électrique est rétablie, l'imprimante ne peut pas continuer l'impression parce qu'elle ne dispose pas de mémoire pour enregistrer sa dernière position.

Pour remédier à ce problème nous avons utilisé un onduleur, mais une puissance d'environ 200 watts est demandée.

La solution que nous proposons est l'utilisation d'un groupe électrogène et un onduleur en même temps vu le retard dans le démarrage du groupe électrogène.

III-5. Diagnostic de la qualité d'impression:

Cette partie traite de la plupart des défauts d'impression que l'on peut rencontrer en impression 3D et les correctifs proposés.

III-5-1. Le filament bave entre des points distants :

De fins filaments sont tissés dans le vide entre différentes parties de la pièce.

- **Les causes possibles :**

Du plastique continue de s'écouler de la tête lors des déplacements de celle-ci, en raison de la pression résiduelle dans le corps de chauffe et de la fluidité du plastique fondu.

- **Les solutions proposées :**

- Augmenter la vitesse de déplacement de la tête. Cela laisse moins de temps au plastique fondu pour s'écouler.
- Diminuer la température d'extrusion. Celle-ci est peut-être trop élevée conduisant à un plastique plus fluide s'échappant plus rapidement par l'orifice de la tête.



Figure III-64 : Le filament bave entre des points distants

III-5-2. La pièce s'effondre pendant l'impression :

Effondrement ou mauvaise qualité d'une surface en surplomb.

- **Les causes possibles :**

La solidification du plastique déposé en périphérie du surplomb n'est pas assez rapide et le filament déposé bouge avant solidification. Le phénomène se répète ou s'accroît d'une couche à l'autre.

- **Les solutions proposées :**

- Diminuer la vitesse d'impression
- Imprimer plusieurs pièces en même temps (d'autant plus vrai si les pièces sont petites)
- Créer des supports
- Changer l'orientation de la pièce

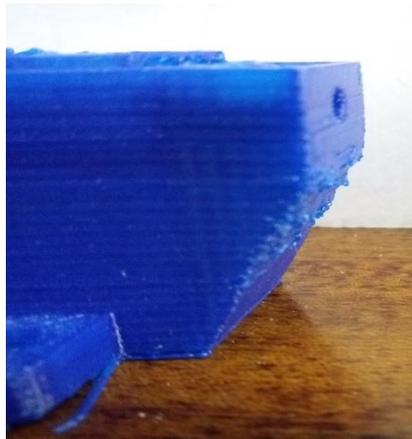


Figure III-65 : La pièce s'effondre

III-5-3. Délaminage latéral sur périmètre ou face horizontale :

- Les périmètres sont insuffisamment liés entre eux, provoquant un délaminage de parois verticales.
- Les faces planes ne sont pas couvertes.

- **Les causes possibles :**

- Pas suffisamment de matière déposée. Trop étroit, le cordon déposé ne touche pas suffisamment, et donc ne colle pas au cordon voisin.

- Présence d'impureté dans la buse qui gêne le passage de la matière fondue.
- La température d'extrusion est trop faible entraînant un défaut de collage au cordon voisin.
 - **Les solutions proposées :**
 - Calibrer l'extrudeur pour avoir un débit de matière conforme aux données du slicer.
 - Déboucher la buse.
 - Augmenter la température d'extrusion.

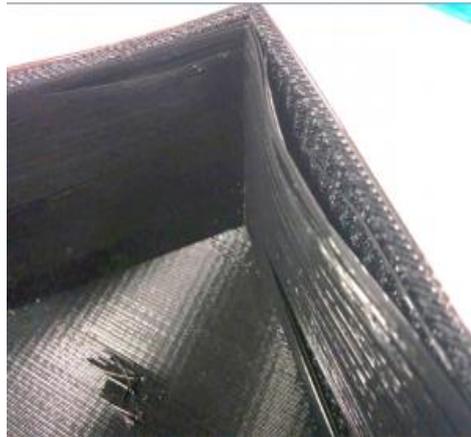


Figure III-66: Délaminage latéral

III-5-4. Manque de matière dans une section mince :

Section fine très mal remplie au niveau du trou dans la colonne

- **Les causes possibles :**
- Mauvaise solidification du fil.
- Glissement de l'entraînement du filament lors des rétractes.
- **Les solutions proposées :**
- Augmenter la vitesse du ventilateur de solidification.



Figure III-67 : Manque de matière dans une section mince

III-5-5. Boursoufflures :

Boursoufflures, géométrie non conforme, en particulier dans les sections de faible surface.

- **Les causes possibles :**

- Filament trop chaud ou refroidissement inefficace.

- **Les solutions proposées :**

- Diminuer la température d'extrusion.
- Augmenter la vitesse du ventilateur de solidification.
- Mettre plus de pièces sur le plateau (l'impression d'une couche est alors plus longue, laissant au filament déposé le temps de refroidir et se solidifier avant le dépôt de la couche suivante).

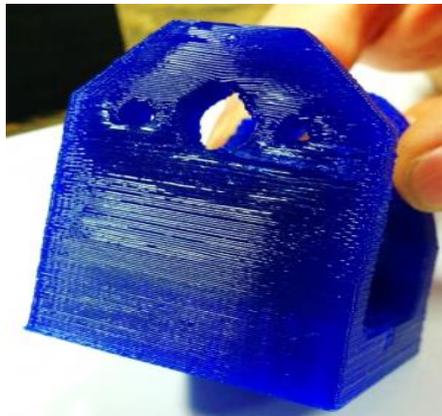


Figure III-68 : Boursoufflures

III-5-6. Décalage horizontal d'une couche :

Décalage d'une couche suivant X ou Y.

- **Les causes possibles :**

- Défaut de déplacement de la buse ou du plateau.

- **Les solutions proposées :**

- Diminuer la vitesse de l'impression.
- Vérifier le ventilateur de refroidissement des driver de moteur.
- Vérifier les driver de moteur.



Figure III-69 : Décalage horizontal

III-5-7. Cintrage vers le haut :

Déformation dans la direction z lors de l'impression, en particulier des zones à fort surplomb.

- **Les causes possibles :**

- Mauvaise solidification, effet bilame (rétractation) dû à la différence de température du fil déposé sur la couche précédente déjà plus froide.

- **Les solutions proposées :**

- Augmenter la pente au niveau du dessin de la pièce, de manière à atténuer le surplomb
- Refroidir davantage le plastique déposé.
- Mettre des supports.

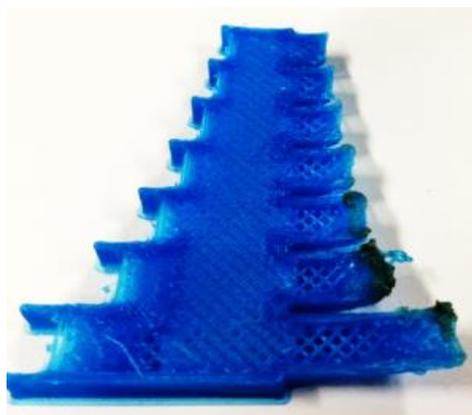


Figure III-70 : Cintrage vers le haut

III-5-8. Décollement des angles (warping) :

Les coins de la pièce se décollement du plateau et la base de la pièce n'est pas plane.

- **Les causes possibles :**

- Mauvaise adhérence de la pièce au plateau.
- Première couche pas assez « écrasée ».

- **Les solutions proposées :**

- Mettre de l'adhésif (colle, 3Dlaque, ruban adhésif...).
- Régler correctement la hauteur du plateau.
- Chauffer le plateau.
- Nettoyer, dégraisser le support.

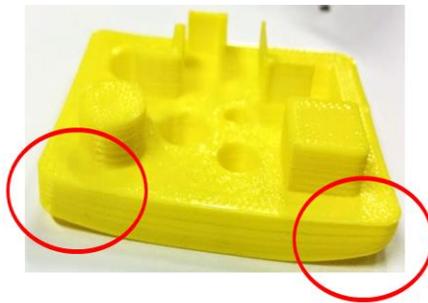


Figure III-71 : Décollement des angles

III-5-9. Densité d'extrusion faible :

Densité de matière non conforme.

- **Les causes possibles :**

- Flux de matière trop faible.

- **Les solutions proposées :**

- Déboucher la buse.
- Fil bloqué en amont de l'extrudeur.
- Revoir l'entraînement du fil (problème sur le serrage).
- Comprimer plus les ressorts de pression sur le galet.

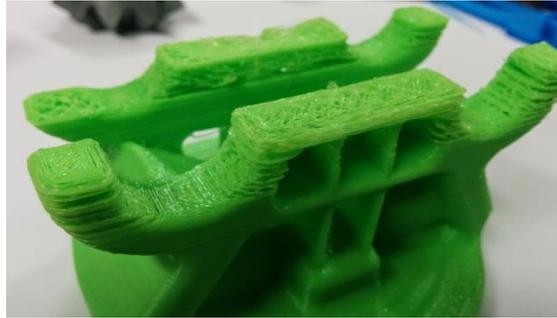


Figure III-72 : Densité d'extrusion faible

III-5-10. Gouttes noires :

Présence de plastique brûlé.

- **Les causes possibles :**
 - PLA brûlé qui s'écoule autour de la buse.
- **Les solutions proposées :**
 - Nettoyer la buse.

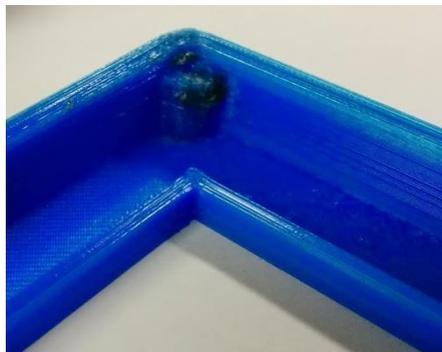


Figure III-73 : Gouttes noires

III-5-11. Couches mal soudées :

Pièce cassante au niveau de l'interface entre deux couches.

- **Les causes possibles :**
 - Refroidissement trop important, la couche déposée n'adhère pas bien à la couche précédente.

- **Les solutions proposées :**
 - Diminuer la vitesse du ventilateur.
 - Augmenter la vitesse d'impression.
 - Changer de matériau



Figure III-74 : Couches mal soudées

III-5-12. Bulles :

Première couche qui se décolle localement du plateau sous forme de bulles.

- **Les causes possibles :**
 - Présence dans le matériau d'humidité qui se vaporise progressivement au contact du plateau chauffant.
 - Peut-être température insuffisante du heatbed pour ce type de PLA.
- **Les solutions proposées :**
 - Stocker ses bobines de matériau brut au sec, sous emballage fermé, avec le sachet de desséchant.
 - Sécher le matériau incriminé : passage au four à chaleur tournante à 40°C pendant 3h environ. Attention à ne pas chauffer au-delà de 45 ou 50°C: risque d'adhérence des fils les uns sur les autres dans la bobine, ou de perte de la cylindricité du fil.
 - Augmenter la température du heatbed.

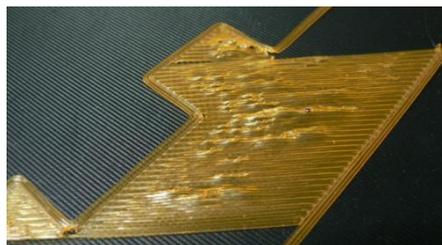


Figure III-75 : Bulles

III-5-13. Dessus-dessous fragile :

Faces horizontales trop fines et fragiles.

- **Les causes possibles :**

Manque d'épaisseur de matière sur ou sous un remplissage peu dense. Les fils déposés ont trop peu de points d'appui et s'effondrent entre les nervures du remplissage.

- **Les solutions proposées :**

- Augmenter la densité de remplissage intérieur.
- Modifier sur les paramètres de remplissage de la pièce par logiciel slis3r.



Figure III-76 : Dessus-dessous fragile

Conclusion :

En conclusion, après cette chapitre, nous pouvons dire que l'imprimante 3D est une révolution en effet à travers des principes de fonctionnements. La maintenance permet d'améliorer les performances de l'imprimante 3D et aussi à de nouvelles innovations.

Conclusion générale

Conclusion générale :

A travers de ce projet de master, nous avons eu la chance de découvrir ce monde merveilleux de prototypage rapide et d'apporter notre contribution à la recherche dans ce domaine de prototypage rapide avec des chercheurs du laboratoire IPSIL (ENP Oran).

L'impression en 3D est très récente et les machines continuent de se développer et de s'améliorer, les avancées scientifiques permettront de pousser ses capacités au maximum permettant d'imprimer n'importe quelle taille et toutes les formes possibles et inimaginables, d'autres outils comme les logiciels de modélisation suivront aussi cette évolution.

La maintenance est considéré comme la chose la plus importante dans le développement des technologies modernes et surtout dans les machines qui nécessitent une précision et la qualité y compris une imprimante en trois dimensions qui ont besoin d'entretien après chaque utilisation et après chaque panne et grâce à cela, au niveau du laboratoire IPSIL nous avons établi une liste de toutes les défaillances possibles après leurs apparitions et avant qu'ils ne se produisent et en soustrayant des questions aux gens de compétence, de la recherche et de l'expérience et grâce à ces expériences, nous avons conclu que l'imprimante a besoin de toute urgence le développement et au programme, qui souligne ce que nous avons essayé d'accomplir au cours de la période de préparation de ce mémoire.

En conclusion, après l'étude de notre mémoire, nous pouvons dire que l'imprimante 3D est une révolution en effet a travers des principes de fonctionnements. la maintenance permet d'améliorer les performances de l'imprimante 3D et aussi a de nouvelles innovations.

Bibliographe :

- [1] Patrice Dubois. et Ameziane Aoussat. et Robert Duchamp, Prototypage rapide généralités, Laboratoire Conception de Produits Nouveaux et Innovation à l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Paris, 2000.
- [2] Charline Choisnard. et Romain Elineau, Impression 3D (Magazine) , Juin 2011.
- [3] Amel Mahamedi, Etude de réalisation d'un système à production de matière première pour une machine de prototypage rapide, mémoire de Magister, ENSET d'Oran, 2012.
- [4] Florent Zariatti, Les différents procédés de prototypage rapide, Centre d'Animation Régional en Matériaux Avancés, 2001.
- [5] JANOD Marc, Imprimante 3D Projet de deuxième année de DUT GMP Soutenance finale de projet, 11/04/2013.
- [6] Institut de l'entreprise, Les nouvelles technologies de production, mai 2014.
- [9] Laboratoire IPSIL, Présentation DGRSDT (2014).
- [11] Grira Abderraouf, Impression d'une main 3D à partir de camera 3D Kinect, Mémoire Pour l'obtention du diplôme de Master, IMSI Oran, 2016.
- [12] Patrick Marcel, Imprimante 3D, 2012.
- [13] NF- X- 60- 01 0, L'association française de normalisation (AFNOR) ,1994.
- [14] Alain Villemeur, Sécurité de fonctionnement des systèmes industriels, Paris, Eyrolles, coll. « Collection de la direction des études et recherches d'Électricité de France », juillet 1988

Sitographie :

[7] <http://www.primante3d.com/principe>

[8] <https://www.a3dm-magazine.fr/limpression-3d-par-depot-de-matiere-fondue>

[10] <https://www.bcn3dtechnologies.com>

[15] <http://www.ydspower.com/switching-power-supply/12v-switching-power-supply/yds12-360.html>

[16] http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.MaterielMega2560

[17] <https://prototype3d.fr/99-ramps-14.html>

[18] <https://www.reprap-france.com>

[19] <http://www.smartautomation.com.cn>