



Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté de Technologie



Département de Génie Électrique

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de  
MASTER

**FILIERE : Automatique**

**SPECIALITE : Automatique et système**

**THEME**

**contrôle d'une imprimante 3D  
avec Microcontrôleur**

**Dirigé par :**

**D. Aib Abdalghani**

**Présenté par :**

**Ouanani Ahmed**

**Mazaach Mohemmd**

**Promotion: 2019/2020**





# ***Dédicaces***

***Nous dédions ce travail à ... ma  
mère et mon père qui me  
soutiennent toujours***

***À nos frères et sœurs qui nous ont  
aidés***

***À nos amis et collègues qui ont été  
le meilleur soutien pour nous***

***Pour l'enseignant superviseur qui  
était le meilleur supporter***

***Pour tous les enseignants,  
employés et la famille  
universitaire***



# Résumé

## ملخص :

هذا المشروع مهم جدا لانه يسهل علينا انجاز وطباعة عدة عينات قبل التصنيع النهائي ومن المهم أيضا توفير الوقت ... لذلك بعد سنوات ، سوف تغزو الطابعات ثلاثية الأبعاد العالم ، حتى نتمكن من استخدامها في العديد من الأماكن مثل المنازل والمصانع والمحلات التجارية. ... الخ

تم الانتهاء من هذا المشروع وهدفه الرئيسي هو تصنيع طابعات ثلاثية الأبعاد عالية الجودة وفعالة.

مبدأ عمل الطابعة هو التحكم في محاورها تلقائياً بواسطة لوحة Arduino ، بالإضافة إلى بعض الدوائر الكهربائية وبرامج الكمبيوتر.

للقيام بذلك ، قمنا بإجراء دراسة نظرية وعملية على الطابعة ثلاثية الأبعاد .

**الكلمات المفتاحية :** محرك خطوي , الطابعة ثلاثية الأبعاد , بطاقة الطاقة شيلد , تحسين , بطاقة أردوينو , تطوير .

## Résumé :

Ce projet très important qui nous facilite la réalisation et l'impression et d'imprimer plusieurs échantillons avant la fabrication finale et il est également important de gagner du temps ... Ainsi, après des années, les imprimantes 3D vont conquérir le monde, afin que nous puissions les utiliser dans de nombreux endroits tels que les maisons, les usines et les magasins. ... etc.

Ce projet est terminé et son objectif principal est de fabriquer des imprimantes 3D performantes et de haute qualité.

Le principe de fonctionnement de l'imprimante est que ses axes sont automatiquement contrôlés par la carte Arduino, ainsi que par certains circuits électriques et logiciels informatiques.

Pour ce faire, nous avons réalisé une étude théorique et pratique sur l'impression 3D.

**Mots clés :** Impression 3D, Arduino mega, Extruder, moteurs pas à pas, Conception.

## Abstract :

This project is very important because it makes it easy for us to complete and print several samples before the final manufacturing and it is also important to save time ... So after years, 3D printers will conquer the world, so that we can use them in many places such as homes, factories and shops. ... etc.

This project has been completed and its main objective is to manufacture high quality and efficient 3D printers.

The working principle of the printer is that its axes are automatically controlled by the Arduino board, along with some electrical circuits and computer software.

To do this, we have performed a theoretical and practical study on 3D printing.

**Word key:** 3D printer, Arduino mega, Extruder, stepper motors, Bed, Arduino shield...

# Sommaire

---

	<b>la Page</b>
Dédicaces .....	I
Résumé.....	II
Sommaire .....	III-VI
Liste des figures.....	VII-XII
Liste des tableaux.....	XIII
Nomenclature et Glossaire .....	XIV-XV
<b>Introduction générale.....</b>	<b>A-B</b>
<b>CHAPITRE I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.....</b>	<b>1-18</b>
I.1 Introduction.....	2
I.2 La Définition .....	3-4
I.2.1 L'impression 3D.....	3
I.2.2 L'imprimante 3D.....	3-4
I.3 Histoire de l'impression 3D .....	5-7
I.3.1 Naissance de l'impression 3D.....	5-7
I.3.2 Les dates clés de l'impression.....	7
I.4 Les types techniques d'imprimantes 3D .....	7-10
I.4.1 Stereolithography.....	7-8
I.4.2 Fused Deposition Modeling (FDM).....	8-9
I.4.3 Selective Laser Sintering (SLS).....	9-10
I.5 Les types d'imprimantes 3D Fused Deposition Modeling (FDM).....	11-14
I.5.1 La Prusa i3 (RepRap).....	11
I.5.2 Mecro Delta.....	11-12
I.5.3 Darwin.....	12-13
I.5.4 Ormerod.....	13-14
I.6 Applications d'impression 3D .....	14-16
I.6.1 Impression 3D pour Architecture et Designer.....	14-15

# Sommaire

---

I.6.2 La fabrication additive médicale.....	15-16
I.6.3 L'industrie.....	16
I.7 Architecture d'un système automatique de production.....	17
I.8 Conclusion.....	18
<b>CHAPITRE II: Aspect Hardware</b> .....	<b>19-57</b>
II.1 Introduction.....	20
II.2 Architecture hardware d'une imprimante 3D.....	21
II.3 partie électrique et électronique .....	22-43
II.3.1 La partie commande(électronique).....	22-31
II.3.2 La partie opérative (électrique).....	31-42
II.3.3 Alimentation.....	42-43
II.4 partie Mécanique.....	43-47
II.4.1 Généralités.....	43-44
II.4.2 Transformation du mouvement.....	44-47
II.5 partie Chauffer et fondre .....	48-54
II.5.1 Généralités.....	48
II.5.2 La tête d'impression.....	48-49
II.5.3 Composition de la tête d'impression.....	49-53
II.5.4 Lit chauffant.....	53-54
II.6 Les matériaux plastiques (Filmant).....	54-56
II.6.1 PLA.....	54-55
II.6.2 ABS.....	55
II.6.3 PVA et HIPS : LES MATERIAUX DE SUPPORT.....	55-56
II.7 Conclusion.....	57
<b>CHAPITRE III: Aspect Software</b> .....	<b>58-79</b>
III.1 Introduction.....	59
III.2 Architecture software d'une imprimante 3D .....	60

# Sommaire

---

III.3 Les logiciels utilisés en programmation et simulation .....	61-65
III.3.1 Arduino IDE.....	61-65
III.3.2 Labview.....	65
III.4 Logiciel utilisé pour l'impression 3D .....	66-74
III.4.1 Les logiciels utilisés en modélisation 3D.....	66-74
III.5 Programme de découpe 3D .....	74-76
III.5.1 Cura.....	74-75
III.5.2 sli3er.....	75-76
III.6 Programme de communication directe avec l'imprimante 3D... ..	76-78
III.6.1 <i>Pronterface</i> .....	76-78
III.7 <i>Conclusion</i> .....	79
<b>CHAPITRE IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation .....</b>	<b>80-116</b>
IV.1 Introduction.....	81
IV.2 Modèle GRAFCET pour la commande de l'imprimante 3D.....	82-83
IV.3 Modélisation de l'imprimante 3D.....	84-95
IV.3.1 Représentation cinématique de l'imprimante 3D.....	85-86
IV.3.2 Modélisation géométrique de l'implémente 3D.....	86-93
IV.3.3 Modélisation cinématique de l'implémente 3D.....	94-95
IV.4 Réalisation de l'imprimante 3D.....	96-105
IV.4.1 la structure.....	96-97
IV.4.2 Installer des pièces électriques et mécaniques.....	97-98
IV.4.3 Connexions électroniques et électriques.....	99-100
IV.4.4 Télécharger Le code Dans les microcontrôleurs.....	101-103
IV.4.5 Diagramme de fonctionnement de l'imprimante 3D.....	104
IV.4.6 Principe de fonctionnement.....	105
IV.5 Utilisation l'imprimante 3D.....	105-114
IV.5.1 Conception de formes 3D.....	106-110

# Sommaire

---

IV.5.2 Tranchage de forme 3D(Convertir le fichier STL au format de code).....	110-112
IV.5.3 Calibrage et impression.....	113-114
IV.6. Projet terminé.....	115
<i>IV.7 Conclusion</i> .....	116
<b>Conclusion générale</b> .....	117
<b><i>BIBLIOGRAPHIQUE</i></b> .....	118-119
<b>ANNEXE</b> .....	120-125

## Liste des Figure

Num	Titre	la Page
<b>CHAPITRE.I</b>		
Figure.I.1	Imprimante 3D.	<b>4</b>
Figure.I.2	Les dates clés de l'impression.	<b>7</b>
Figure.I.3	Imprimante 3D avec technologie Stereolithography.	<b>8</b>
Figure.I.4	Imprimante 3D avec technologie Fused Deposition Modeling (FDM).	<b>9</b>
Figure.I.5	Imprimante 3D avec technologie Selective Laser Sintering (SLS).	<b>10</b>
Figure.I.6	La Prusa i3(RepRap).	<b>11</b>
Figure.I.7	Mecro Delta.	<b>12</b>
Figure.I.8	Darwin.	<b>13</b>
Figure.I.9	Ormerod.	<b>14</b>
Figure.I.10	Impression 3D pour Architecture et Designer.	<b>15</b>
Figure.I.11	La fabrication additive médicale.	<b>16</b>
Figure.I.12	Impression 3D dans L'industrie.	<b>16</b>
Figure.I.13	Architecture d'un système automatique.	<b>17</b>
<b>CHAPITRE.II</b>		
Figure.II.1	Architecture hardware d'une imprimante 3D.	<b>21</b>
Figure.II.2	Fonctionnement hardware d'une imprimante 3D	<b>21</b>
Figure.II.3	La carte Arduino UNO.	<b>23</b>
Figure.II.4	La carte Arduino Lenardo.	<b>23</b>
Figure.II.5	La carte Arduino Mega ADK.	<b>24</b>
Figure.II.6	La carte Arduino Due.	<b>25</b>

## Liste des Figure

Figure.II.7	La carte Arduino Nano.	<b>25</b>
Figure.II.8	La carte Arduino Yun.	<b>26</b>
Figure.II.9	La carte Arduino Mega 2560.	<b>26</b>
Figure.II.10	La constitution de la carte Arduino MEGA 2560.	<b>27</b>
Figure.II.11	Ramps Pour arduino MEGA .	<b>29</b>
Figure.II.12	Ramps 1.4.	<b>29</b>
Figure.II.13	stepstick DRV8825.	<b>30</b>
Figure.II.14	Fin de course.	<b>31</b>
Figure.II.15	Stepper Moteur.	<b>32</b>
Figure.II.16	Conception de rotor, stator et circuit.	<b>32</b>
Figure.II.17	LA Position du rotor en fonction de l'alimentation de phase.	<b>33</b>
Figure.II.18	le chronogramme .	<b>34</b>
Figure.II.19	Types de steppers.	<b>36</b>
Figure.II.20	Taille du moteur.	<b>37</b>
Figure.II.21	Nombre de pas.	<b>38</b>
Figure.II.22	Engrenage.	<b>39</b>
Figure.II.23	Câblage.	<b>39</b>
Figure.II.24	Bobines et phases.	<b>40</b>
Figure.II.25	Moteur à 5 fils.	<b>40</b>
Figure.II.26	Moteur à 6 fils.	<b>41</b>
Figure.II.27	Moteur à 8 fils.	<b>41</b>

## Liste des Figure

Figure.II.28	moteur pas à pas 42HS34.	<b>42</b>
Figure.II.29	Power supply	<b>43</b>
Figure.II.30	Mécanisme l'imprimante 3D.	<b>44</b>
Figure.II.31	Système vis-écrou.	<b>45</b>
Figure.II.32	La forme de système vis-écrou.	<b>45</b>
Figure.II.33	Système transmissions par poulies et courroies.	<b>46</b>
Figure.II.34	la forme de système transmissions par poulies et courroies.	<b>46</b>
Figure.II.35	Douille à billes .	<b>47</b>
Figure.II.36	Douille à billes.	<b>47</b>
Figure.II.37	Axes.	<b>47</b>
Figure.II.38	La tête d'impression.	<b>48</b>
Figure.II.39	<i>Vue de coupe de la tête E3D V6.</i>	<b>49</b>
Figure.II.40	Extrudeur.	<b>50</b>
Figure.II.41	Types d'extrudeuses .	<b>50</b>
Figure.II.42	Stepper Moteur de Extrudeur .	<b>51</b>
Figure.II.43	Buse (Nozzle).	<b>51</b>
Figure.II.44	chauffage.	<b>52</b>
Figure.II.45	Tube chauffant.	<b>52</b>
Figure.II.46	ventilateur.	<b>53</b>
Figure.II.47	Lit chauffant.	<b>53</b>
Figure.II.48	Les matériaux plastiques (Filmant).	<b>54</b>
Figure.II.49	LES MATERIAUX DE SUPPORT.	<b>54</b>
	<b>Chapitre.III</b>	
Figure.III.1	Architecture software d'une imprimante 3D.	<b>60</b>

## Liste des Figure

Figure.III.2	Fonctionnement software d'une imprimante 3D	<b>60</b>
Figure.III.3	Interface IDE Arduino.	<b>62</b>
Figure.III.4	Boutons de contrôle.	<b>62</b>
Figure.III.5	Étapes pour l'impression 3D.	<b>66</b>
Figure.III.6	TinkerCAD.	<b>67</b>
Figure.III.7	FreeCAD.	<b>68</b>
Figure.III.8	BlocksCAD.	<b>69</b>
Figure.III.9	CREO.	<b>70</b>
Figure.III.10	Fusion 360°.	<b>70</b>
Figure.III.11	Solidworks.	<b>71</b>
Figure.III.12	4D_Additive.	<b>72</b>
Figure.III.13	OpenSCAD.	<b>73</b>
Figure.III.14	AutoCAD.	<b>74</b>
Figure.III.15	Cura.	<b>75</b>
Figure.III.16	sl3er.	<b>75</b>
Figure.III.17	<i>Pronterface.</i>	<b>76</b>
	<b>Chapitre.IV</b>	
Figure.IV.1	Le système est complet.	<b>82</b>
Figure.IV.2	GRAFCET de system.	<b>83</b>
Figure.IV.3	Représentations cinématiques de l'imprimante 3D	<b>85</b>
Figure.IV.4	les repères.	<b>89</b>
Figure.IV.5	Méthode de création de valeur ( $\alpha$ ).	<b>90</b>
Figure.IV.6	Méthode de création de valeur ( $\theta$ i)	<b>91</b>

## Liste des Figure

Figure.IV.7	Méthode de création de valeur (d i).	<b>92</b>
Figure.IV.8	la forme de système transmissions par poulies et courroies.	<b>93</b>
Figure.IV.9	La structure de l'imprimante 3D.	<b>96</b>
Figure.IV.10	La conception de l'imprimante et son déplacement à l'aide du programme Labview.	<b>97</b>
Figure.IV.11	Pièces électriques et mécaniques.	<b>97</b>
Figure.IV.12	Lieux d'installation des pièces électriques et mécaniques.	<b>98</b>
Figure.IV.13	Pièces électroniques séparées.	<b>99</b>
Figure.IV.14	Pièces électroniques sont connectés	<b>99</b>
Figure.IV.15	Le principe de la connexion des pièces électriques au panneau de commande(design).	<b>100</b>
Figure.IV.16	Le principe de la connexion des pièces électriques au panneau de commande (Réel).	<b>100</b>
Figure.IV.17	Code Merlin dans le programme Arduino IDE.	<b>101</b>
Figure.IV.18	Interface du programme <i>Pronterface</i> .	<b>102</b>
Figure.IV.19	Code Merlin dans le programme Arduino IDE.	<b>103</b>
Figure.IV.20	Diagramme de fonctionnement de l'imprimante 3D.	<b>104</b>
Figure.IV.21	Principe de fonctionnement l'imprimante 3D.	<b>105</b>
Figure.IV.22	Étapes pour convertir une conception en modèle 3D.	<b>105</b>
Figure.IV.23	Logo.	<b>105</b>
Figure.IV.24	Interface d'installation du programme.	<b>106</b>
Figure.IV.25	L'interface du programme AUTOCAD 2016.	<b>107</b>
Figure.IV.26	L'interface du programme AUTOCAD 2016.	<b>108</b>
Figure.IV.27	L'interface du programme AUTOCAD 2016.	<b>109</b>
Figure.IV.28	L'interface du programme AUTOCAD 2016.	<b>109</b>

## Liste des Figure

---

Figure.IV.29	Tranchage de forme 3D.	<b>110</b>
Figure.IV.30	L'interface du programme Slic3e.	<b>110</b>
Figure.IV.31	Téléchargez le fichier dans un programme <i>Pronterface</i> .	<b>111</b>
Figure.IV.32	Le point de départ d'une imprimante.	<b>112</b>
Figure.IV.33	point de départ d'une imprimante Reel.	<b>112</b>
Figure.IV.34	point primaire et de la température dans le programme Prontface.	<b>113</b>
Figure.IV.35	Imprimante 3D.	<b>115</b>
Figure.IV.36	Impresson 3D.	<b>115</b>

## Liste des tableaux

---

<b>Num</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>la Page</b>
	<b>Chapitre.II</b>	
Tableau.II.1	CONFIGURATION DE LA RÉOLUTION DES ÉTAPES.	<b>30</b>
Tableau.II.2	La table de vérité des différentes phases.	<b>34</b>
Tableau.II.3	Table de vérité pour un tour complet.	<b>35</b>
Tableau.II.4	Caractéristique de moteur pas à pas 42HS34.	<b>42</b>
	<b>Chapitre.IV</b>	
Tableau.IV.1	Tableau DH.	<b>90</b>
Tableau.IV.2	Tableau DH.	<b>90</b>
Tableau.IV.3	Tableau DH.	<b>91</b>
Tableau.IV.4	Tableau DH.	<b>92</b>

## Glossaire

**SLA** : Stéréolithographie.

**FDM**: Fused Deposition Modeling.

**SLS**: Selective Laser Sintering.

**RepRap** : *replicating rapid* .

**Ramps** : RepRap Arduino Mega Polulu Shield

**PLA** : Poly Lactic Acid.

**ABS** : Acrylonitrile Butadiene Styrene.

**PVA** : Polyvinyl Alcohol.

**HIPS** : High Impact Polystyrene.

**IDE** : integrated development environment .

**CAO** : conception assistée par ordinateur.

**GRAFCET** : **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape-**T**ransition.

**MGD** : Modèle Géométrique Direct.

**MGI** : Modèle Géométrique Inverse.

**MCD** : Modèle Cinématique Direct.

**MCI** : Modèle Cinématique Inverse

# Nomenclature et Glossaire

---

## Nomenclature

**$V_{2/0}$**  : vitesse linéaire (m/s) Système vis-écrou.

**$\omega_{1/0}$**  : vitesse angulaire (rad/s) .

**$V_p$**  : la vitesse linéaire (m/s) transmissions par poulies et courroies .

**$D$**  : Périmètre poulie.

**$f$**  : fréquence de rotation

**$T_e$**  : Température de la tête d'impression .

**$dx$**  : La distance parcourue par la tête le long de l'axe X.

**$dy$**  : La distance parcourue par la tête le long de l'axe Y.

**$dz$**  : La distance parcourue par la tête le long de l'axe Z.

**$C_{ext}$**  : Contrôle du moteur de l'extrudeuse.

**$M_x$**  : Moteur pour l'axe X.

**$M_y$**  : Moteur pour l'axe Y.

**$M_z$**  : Moteur pour l'axe Z.

**$M_{ext}$**  : Moteur d'extrudeuse .

**$M$**  : Matrice homogène .

**$R$**  : Matrice de rotation 3X3.

**$T$**  : Vecteur de translation.



# **Introduction générale**

# Introduction générale

---

## Introduction générale:

L'univers des imprimantes 3D et autres RepRap exerce une réelle attraction, pour ne pas dire fascination, car il répond à un désir et une attente réelle de bon nombre d'entre nous : pouvoir simplement fabriquer une pièce mécanique à partir de sa simple conception graphique, ni plus ni moins ! Au pays des imprimantes 3D, comme pour la plupart des solutions techniques, on a le choix entre :

1-Des imprimantes 3D commerciales, "clé en main", qui fonctionnent tout de suite... c'est "le plaisir tout de suite... les ennuis ensuite"... au moindre problème, "Allô, le support ? "

2- Des imprimantes 3D open source/open hardware, à construire soi-même, soit à partir d'un kit, soit à partir de pièces achetées séparément... c'est "les ennuis tout de suite... le plaisir ensuite... et pour longtemps !"... au moindre problème, c'est la communauté qui peut aider, un autre possesseur d'imprimante qui va faire une pièce cassée de la vôtre, etc ...

Dans notre projet, nous avons fait le deuxième choix, qui consiste à fabriquer une imprimante 3D open source, et le projet est passé par plusieurs étapes, que nous apprendrons A travers 4 chapitres dans cette mémoire.

### **En premier chapitre:**

- Définition de l'impression 3D et de l'imprimante 3D
- L'histoire, les débuts et le développement de l'impression 3D
- Types de technologies utilisées en impression 3D pour les transférer vers certains types d'imprimantes
- Enfin, les applications d'imprimante 3D et un aperçu de leur fonctionnement

### **La deuxième chapitre**

explique les différents Hardware utilisés dans la fabrication de l'imprimante 3D

- Partie Electrique et Electronique (Service Contrôle - Section Pratique).
- Partie mécanique (systèmes de transmission)
- Partie thermique (système de chauffage et d'extrusion en plus des matériaux utilisés)
- Alimentation électrique.

# Introduction générale

---

**Dans le chapitre trois**, vous trouverez les différents programmes utilisés dans l'imprimante 3D

- Programmation du panneau de commande de l'imprimante et du logiciel de simulation
- Programmes de conception 3D
- Logiciel spécial pour le déchetage
- Programme de contrôle direct de la machine

**Dans le chapitre quatre**, on détaille comment fabriquer l'impression 3D et étudions son mouvement en détail, ainsi que son utilisation:

- Une étude détaillée du système automatique et cinétique de l'imprimante 3D
- Comment construire l'imprimante en détail (installation de différentes pièces)
- Comment lier le software et le hardware
- Expliquer comment utiliser l'imprimante de la conception à la forme physique

L'industrie des imprimantes 3D connaît un grand développement, qui est la technologie du futur qui permettra à quiconque de transformer l'industrie.

# **CHAPITRE.I:**



## **Définition et aperçu historique des imprimantes 3D**

# **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

## **I.1. Introduction :**

Comme chaque designer le sait, transformer une grande idée en un objet concret et pouvoir le tenir dans sa main est quelque chose de magique. Cet idéal est en fait une réalité mondiale pour les designers et ingénieurs exigeants et avertis. Des prototypes à la demande, disponibles en deux heures grâce à une machine d'impression propre et dans des bureaux classiques et calmes .

l'impression 3D révolutionnant la production et la consommation, elle a le potentiel de transformer de manière importante notre environnement industriel, économique, scientifique, social et sociétal .

# **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

## **I.2. Définitions:**

### **2.1. L'impression 3D :**

L'impression 3D ou fabrication additive regroupe les procédés de fabrication de pièces en volume par ajout ou agglomération de matière, par empilement de couches successives<sup>1</sup>. L'impression 3D permet de réaliser un objet réel : un concepteur dessine l'objet 3D grâce à un outil de conception assistée par ordinateur (CAO). Le fichier 3D obtenu est traité par un logiciel spécifique qui organise le découpage en tranches des différentes couches nécessaires à la réalisation de la pièce. Le découpage est envoyé à l'imprimante 3D qui dépose ou solidifie la matière couche par couche jusqu'à obtenir la pièce finale. Le principe reste proche de celui d'une imprimante 2D classique à cette grande différence près : c'est l'empilement des couches qui crée le volume.

Historiquement l'impression 3D commence au début des années 2000, par l'utilisation de résine chauffée et sert au prototypage rapide. Les années 2010 voient émerger des techniques innovantes utilisant une panoplie de matériaux nouveaux : le plastique (PLA ou ABS), la cire, le métal (aluminium, acier, titane, platine)<sup>2</sup>, le plâtre de Paris, les céramiques et même le verre<sup>3,4</sup>. Des gains en durée et en précision de fabrication permettent la réalisation de pièces en petites séries.

Les applications de l'impression 3D sont multiples. D'abord cantonnée au prototypage, et à la visualisation d'ergonomie pour l'architecture ou les études de design. puis à l'appareillage et à la prothèse, elle gagne peu à peu des secteurs industriels qui vont de la production de pièces de voitures<sup>5</sup>, d'avions<sup>2,6</sup>, de bâtiments<sup>7</sup>, de biens de consommation, etc. Le prix d'une imprimante 3D performante, son utilité limitée et la maîtrise technique nécessaire à sa mise en œuvre freinent son apparition comme appareil d'usage domestique. {2}

### **2.2. L'imprimante 3D:**

L'imprimante 3D est simplement une machine qui crée un objet solide en trois dimensions sur la base d'un fichier numérique soumis précédemment au pilote, et le fichier contient toutes les informations requises sur l'objet à réaliser.

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

Les objets sont créés à l'aide de processus successifs. L'objet est créé en plaçant des couches successives de matériau jusqu'à obtention du corps entier. Ces couches apparaissent sous la forme de fines tranches successives de la section transversale du corps.

L'imprimante 3D peut fabriquer presque n'importe quoi, des tasses en céramique aux jouets en plastique, aux pièces d'usinage des métaux, aux vases en pierre, au chocolat fin, aux parties du corps humain.

Ainsi, avec un seul appareil, nous nous passerons des lignes de production traditionnelles, et toute votre usine sera une pièce domestique facile à utiliser comme toute imprimante à jet d'encre domestique, mais nous remplacerons la bouteille d'encre et le papier d'impression par des types de matières premières et un support pour le refroidissement et le séchage.{3}

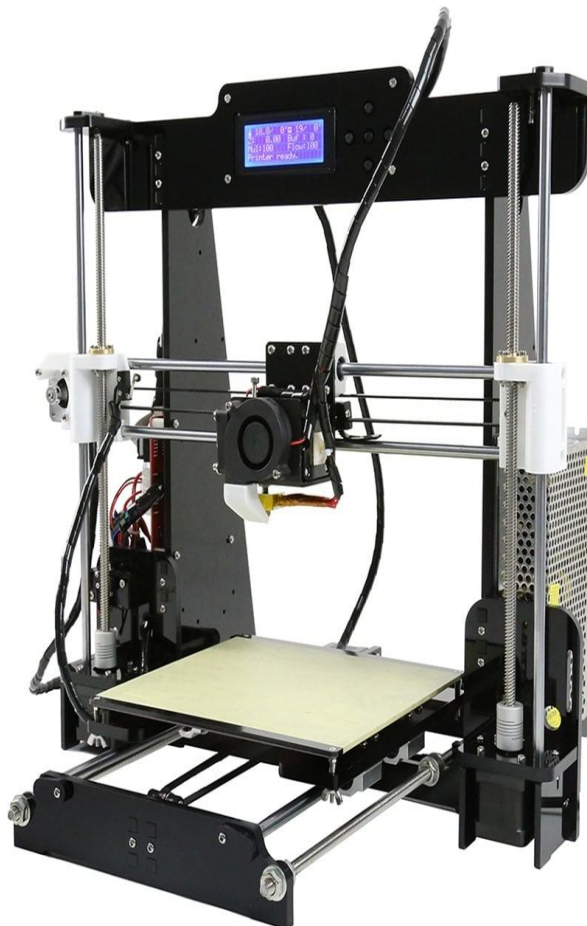


Figure. I.1: Imprimante 3D.

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

### **I.3. Histoire de l'impression 3D:**

#### **3.1. Naissance de l'impression 3D :**

C'est le 16 juillet 1984 que le 1er brevet sur l'impression 3D (dite « fabrication additive ») est déposé. Les déposataires sont français : Jean-claude André, Olivier de Witte, et Alain le Méhauté pour le compte de l'entreprise CILAS ALCATEL. La même année, aux Etats-Unis, le 1<sup>er</sup> août 1984, c'est l'américain Chuck Hull qui dépose le brevet sur la technique d'impression 3D de stéréolithographie (SLA pour StéréoLithographie Apparatus). Ce brevet donnera non seulement le nom de l'extension du fichier d'impression .STL, mais donnera aussi naissance à une entreprise leader : **3D Systems**, géant de la fabrication d'imprimantes 3D. **3D Systems** lancera fin 1988 la première imprimante 3D, la SLA-250.

**En 1987**, le procédé de frittage laser sélectif (ou SLS pour Sintering Laser System) est inventé par l'entreprise DTM corp. Ce nouveau procédé de fabrication additive consiste en la fabrication couche par couche de poudres polymères par frittage laser.

**En 1988**, une autre entreprise américaine, la société **Stratasys** fondée par Scott Crump, lance sur le marché une nouvelle technologie reposant elle aussi sur le dépôt couche par couche en fabrication additive : le procédé FDM pour Fused Deposition Modeling ou dépôt de fil fondu en français. Cette technique donnera naissance par la suite aux imprimantes domestiques personnelles telles que nous les connaissons aujourd'hui.

**En 1995**, c'est la technologie d'impression 3D métallique ou DMLS (Direct Metal Laser Sintering) qui fait son apparition. La technologie est similaire à celle du frittage laser sélectif mais adaptée au métaux, avec un laser encore plus puissant.

**En 2003**, la société MCor technologies présente un nouveau procédé, le 3DPP (3D Paper Printing). L'impression 3D utilise du papier de format A4 agrégé en couches successives avec une colle spéciale, et couplé avec un lame en pointe de tungstène pour couper la forme.

**En 2005** la société ZCorporation lance la première imprimante couleur, fonctionnant sur le même principe de quadrichromie que les imprimantes 2D couleurs que nous connaissons. L'impression sur la hauteur en couches successives est rendu possible grâce à une matière de type minérale agrégée par un liant de colle.

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

---

**En 2006** apparaît pour la première fois un projet d'imprimante 3D open source qui ouvrira la voie aux futures imprimantes domestiques : le projet RepRap a été initié dès 2004 par le Dr Adrian Browyer alors professeur en génie mécanique de l'Université de Bath au Royaume-Uni. L'idée à la base de ce projet est de pouvoir construire par soi-même une imprimante 3d en technologie de dépôt de fil fondu. C'est le début de ce qu'on a pu appeler par la suite le mouvement Makers.

**À partir de 2011**, on voit apparaître des initiatives dans l'impression 3D alimentaire. C'est le cas avec l'impression 3D en sucre rendue possible par des machines fabriquées par exemple par la société américaine The Sugar Lab, rachetée en 2013 par le géant 3D System. En 2012 la firme anglaise Choc Edge lance la première imprimante 3D chocolat.

**En 2014**, l'évolution technologique s'attaque à la contrainte de la taille. La société chinoise Win Su annonce fabriquer des maisons en impression 3D, à bas prix. Le secteur de la construction et de l'immobilier s'intéresse de prêt à ces nouvelles technologies permettant notamment la conception 3D et production de formes difficiles à produire dans des procès de construction traditionnels.

En 2015 la société Carbon3D annonce une nouvelle technologie révolutionnaire permettant de multiplier par 7 la rapidité en impression 3D. Baptisée CLIP, la technologie sur l'utilisation de résine, lumière et d'oxygène pour polymériser l'objet. Ce principe constitue une avancée importante dans le monde de la fabrication additive. Les premières imprimantes 3D sont attendues sur le marché en 2016. Début 2015 c'est aussi Hewlett Packard (HP) qui annonce se positionner sur le marché des imprimantes 3D professionnelles avec une technologie brevetée appelée Multi jet Fusion. Le géant de l'impression souhaite entrer sur le marché avec un procédé mixant les technologie d'impression multicolore et de frittage, ce qui constituerait une révolution dans le secteur. La commercialisation aura aussi lieu courant de l'année 2016, année qui s'annonce charnière dans l'histoire encore courte mais en mouvement perpétuel de l'impression en 3D.{4}

# CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.

## 3.2. Les dates clés de l'impression:

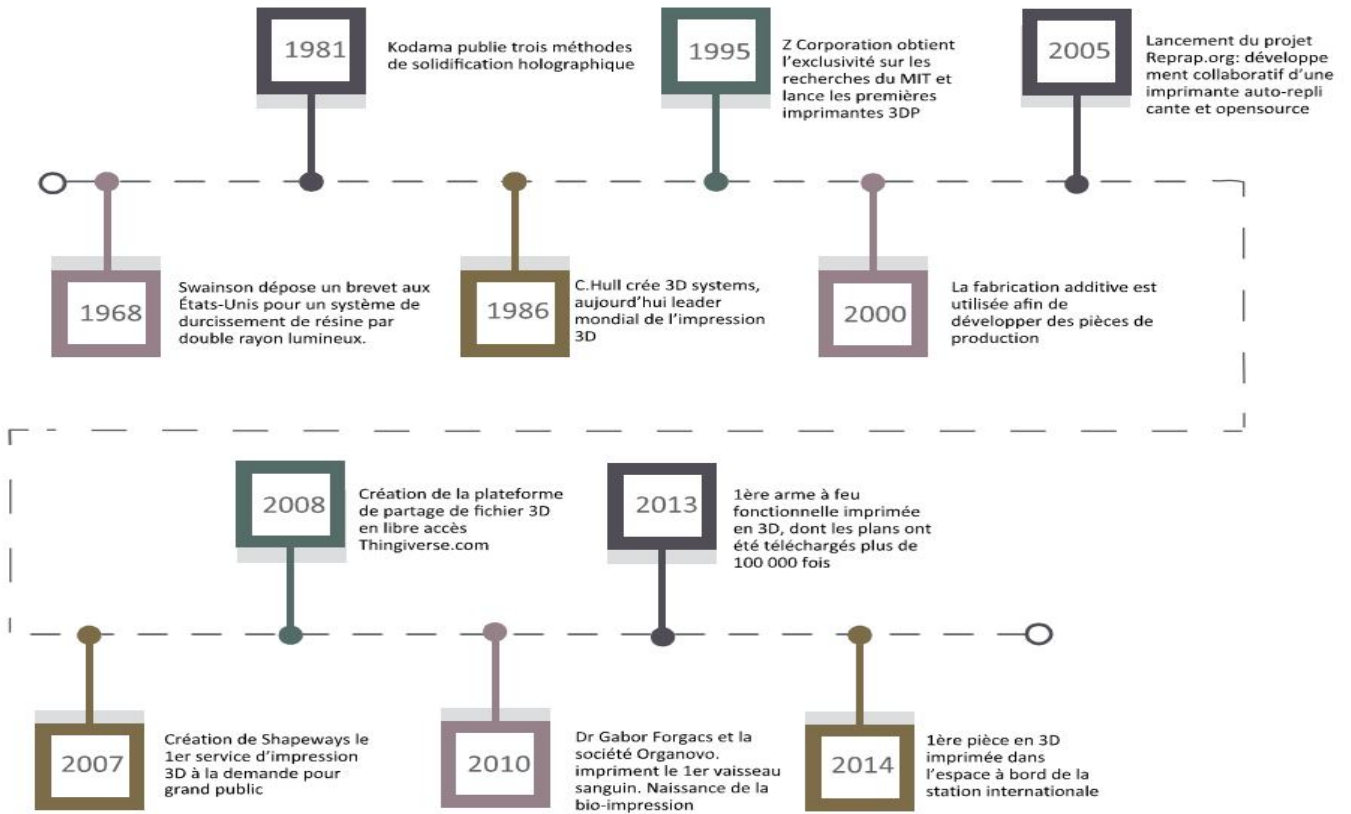


Figure.I.2: Les dates clés de l'impression.

## I.4. Les types techniques d'imprimantes 3D:

Vous retrouverez dans cette partie les principales techniques utilisées par les imprimantes 3D pour créer les objets. 3 grands types se dégagent. Il s'agit de la Stéréolithographie (SLA), le dépôt de matière en fusion (Fused Deposition Modeling – FDM) et le forgeage par application laser (Selective Laser Sintering – SLS).

### 4.1. Stereolithography :

Le procédé de Stéréolithographie a été inventé en 1986 par le fondateur de la société 3D Systems Charles Hull. A l'époque pourtant, on ne parlait pas encore d'impression ou d'imprimantes 3D.

## CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.

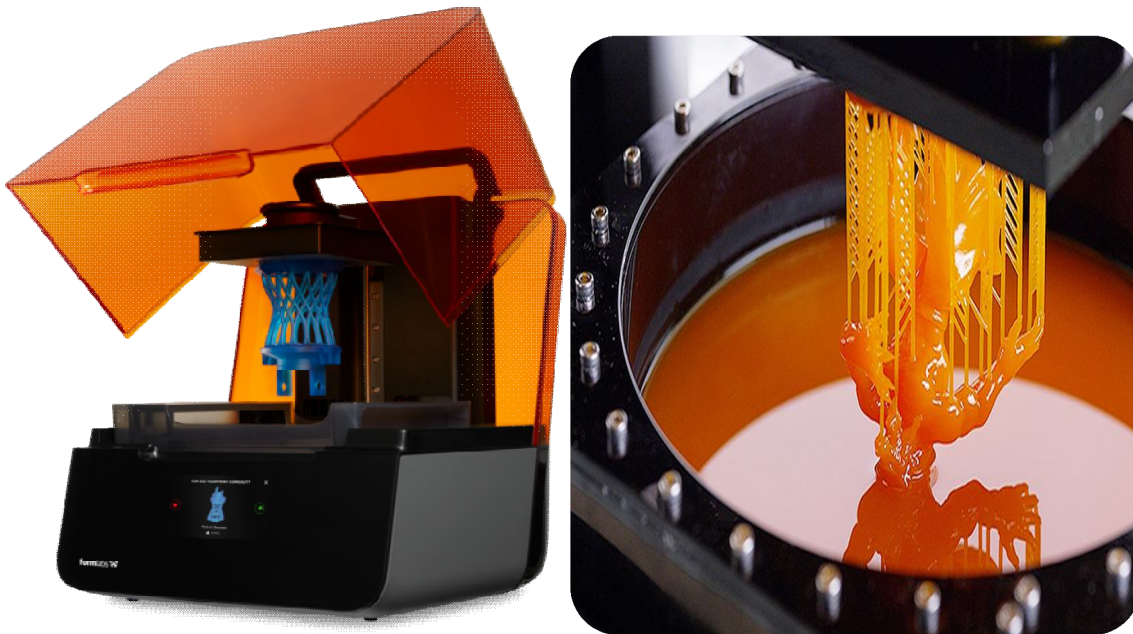


Figure.I.3: Imprimante 3D avec technologie Stereolithography.

Une des formes de la Stéréolithography la plus répandue est la Photopolymérisation (SLA) : on concentre un rayon ultraviolet dans une cuve remplie de photopolymère (un matériau synthétique dont les molécules se modifient sous l'effet de la lumière la plupart du temps ultraviolette).

Le Laser ultraviolet travaille le modèle 3D souhaité couche après couche. Quand le rayon frappe la matière, cette dernière se durcit sous son impact tout en se liant aux couches adjacentes. Au sortir de la cuve, on obtient une forme à la résolution remarquable et, cerise sur la gâteau, la matière non frappée par le laser peut être utilisée pour le prochain objet. L'imprimante 3D grand public la plus connue utilisant ce procédé est FormLabs.

Mais on doit à la Stereolithography autre chose : c'est le fameux format .stl qui est actuellement le format numérique en passe de devenir le standard dans le monde de l'impression 3D. {5}

### **4.2. Fused Deposition Modeling (FDM) :**

Ce procédé a été inventé par Scott Crump à la fin des années 80 pour voir la première sortie commerciale du procédé en 1991.

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**



Figure.I.4: Imprimante 3D avec technologie Fused Deposition Modeling (FDM).

Le FDM consiste à porter à la fusion de petites gouttes de matière plastique (Souvent le plastique de type ABS –celui des Lego-) qui créent la forme couche après couche. Une fois que la goutte quitte l'applicateur, elle durcit de manière quasi-immédiate tout en se fondant avec les couches inférieures.

C'est le procédé de loin le moins coûteux et c'est sur lui que se reposent aujourd'hui la grande majorité des imprimantes 3D grands publics. Outre le plastique ABS, les plastiques PLA (Polylactic Acid) et d'autres polymères biodégradables peuvent être travaillés depuis ce procédé. La plupart des imprimantes 3D « abordables » parmi les plus connues utilisent ce procédé notamment celles à l'initiative de RepRap, Solidoodle, LeapFrog, MakerBot ou l'imprimante CubeX.

Une variante existe sous le nom de Plastic Jet Printing (PJP) : il concerne l'ensemble des imprimantes résolution grand public comme la Cube. {5}

### **4.3. Selective Laser Sintering (SLS) :**

On attribue l'invention de ce procédé à Carl Deckard et Joe Beamanand, chercheurs à l'Université d'Austin, au milieu des années 80.

## CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.

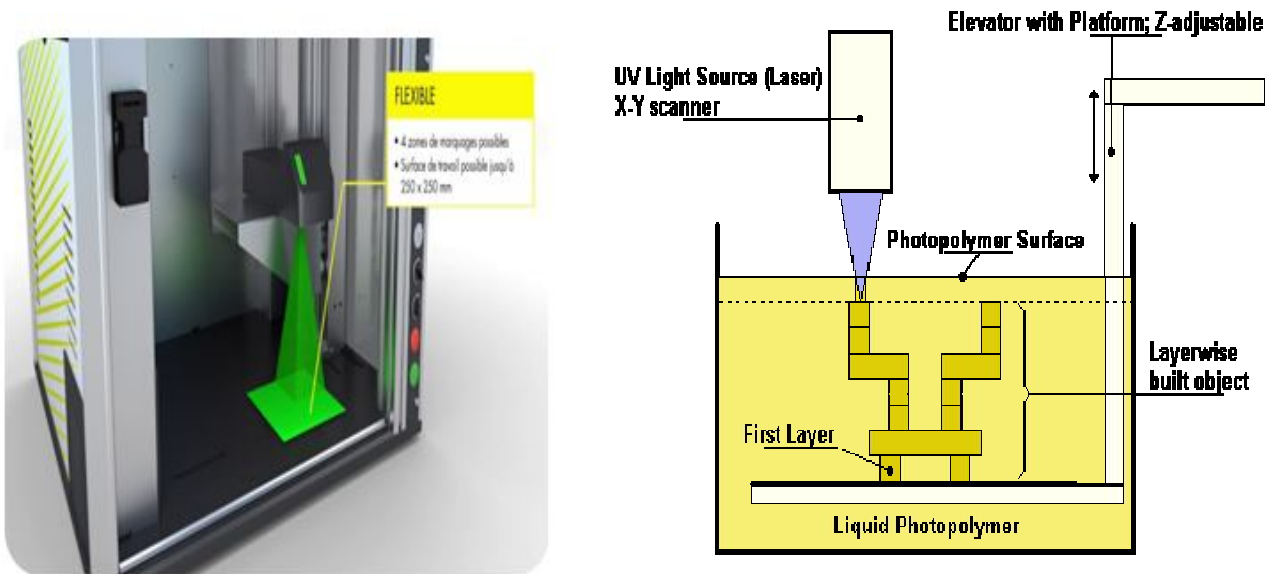


Figure.1.5: Imprimante 3D avec technologie Selective Laser Sintering (SLS).

Cette technologie est proche de la Stéréolithographie mais sans la cuve remplie de polymère. Des matières dures (sous forme de poudre) comme le polystyrène, le verre, le nylon, certains métaux (dont le titane, l'acier ou l'argent) ou de la céramique sont frappées par un laser.

Là où le laser frappe, la poudre s'assemble pour créer la forme. Toute la poudre non frappée peut être réutilisée pour les prochains objets à imprimer.

L'imprimante la plus connue utilisant ce procédé est la SinterStation Pro SLS 3D printer (Imprimante 3D professionnelle). {5}

### ➤ **Observation :**

La technologie utilisée dans notre projet est la technologie n ° 2

Fused Deposition Modeling (FDM)

### ➤ **Pourquoi :**

Parce que c'est le seul modèle open source et pour ceux qui n'ont pas la technologie pour construire des modèles spéciaux, c'est aussi un modèle facile et ne nécessite pas de technologie complexe ou de logiciel difficile.

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

### **I.5. Les imprimantes 3D Fused Deposition Modeling (FDM):**

#### **5.1. La Prusa i3 (RepRap) :**

La Prusa I3 est l'imprimante 3D RepRap la plus populaire. Il existe de nombreux dérivés. C'est le modèle cartésien le plus efficace au niveau qualité/prix sur le marché.

Facile à prendre en main, elle est très polyvalente car c'est une machine entièrement personnalisable et évolutive.

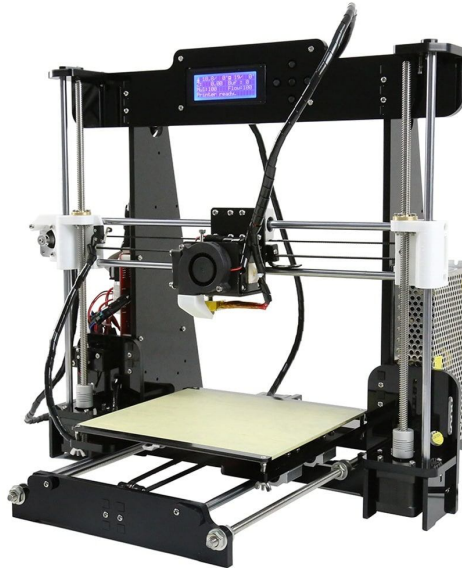


Figure.I.6: La Prusa i3(RepRap).

#### **5.2. Mecro Delta:**

Notre vision est la simplification de l'impression 3D pour aider à sa démocratisation. Cette imprimante a été développée en respectant cette philosophie tout en utilisant la cinématique amusante de type Delta. Les améliorations notables sont les suivantes:

- Un montage intuitif et accessible, en utilisant un minimum de visserie par des emboîtements simples. De plus l'avantage des imprimantes de type Delta est qu'il

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

---

suffit de comprendre une fois le montage d'un axe pour le reproduire sur les 2 autres.

- Electronique simplifiée sans soudure, nous avons utilisé la [Teensylu](#) car cette carte est simple et se suffit à elle-même. La  $\mu$ Delta n'est pas dessinée pour supporter 2 têtes d'extrusions, ce qui explique le choix de l'électronique. Nous préférons aussi rester sur des pilotes moteurs démontables pour faciliter les réparations pour des utilisateurs non confirmés.
- Un plugin de Repetier-Host permettra aussi de simplifier la calibration logicielle de la machine. {6}



Figure.I.7: Mecro Delta.

### **5.3.Darwin:**

"Darwin" est une machine de prototypage rapide capable de fabriquer la majorité de ses propres composants. Les instructions et toutes les données nécessaires sont disponibles gratuitement sous la [licence publique générale GNU](#) à partir de ce site Web pour tout le monde.

Comme RepRap 1.0 "Darwin" peut se copier, une fois que vous en avez un, vous pouvez en faire d'autres pour vos amis; ou s'ils en ont un, vous pouvez leur demander d'en faire un pour vous. Bien sûr, vous pouvez également en faire autant que vous le souhaitez; plus vous en avez, plus vite vous pourrez fabriquer d'autres articles. L'étiquette RepRap vous demande d'utiliser votre machine pour fabriquer les pièces d'au moins deux Darwins supplémentaires pour d'autres

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

personnes à un coût, ainsi que de l'utiliser pour créer tout ce que vous ou quelqu'un d'autre sur Internet pouvez imaginer ...

Darwin se compose d'un cadre composé de tiges et de pièces imprimées. Une plate-forme de construction plate se déplace verticalement dans ce cadre, entraînée sur des filetages par un moteur pas à pas. Au sommet du cadre, il y a deux têtes d'écriture qui se déplacent horizontalement (entraînées par des courroies dentées et deux autres steppers) extrudant un mince flux de plastique fondu pour former de nouvelles couches sur la base de construction. La machine imprime couche par couche pour former un objet solide. La base de construction se déplace ensuite d'un incrément vers le bas, la deuxième couche est extrudée, etc. Il y a deux têtes pour permettre la pose d'un matériau de remplissage ainsi que le plastique. Ce remplissage est utilisé pour supporter les parties en surplomb des objets en cours de construction et est supprimé lorsque le processus est terminé. {6}

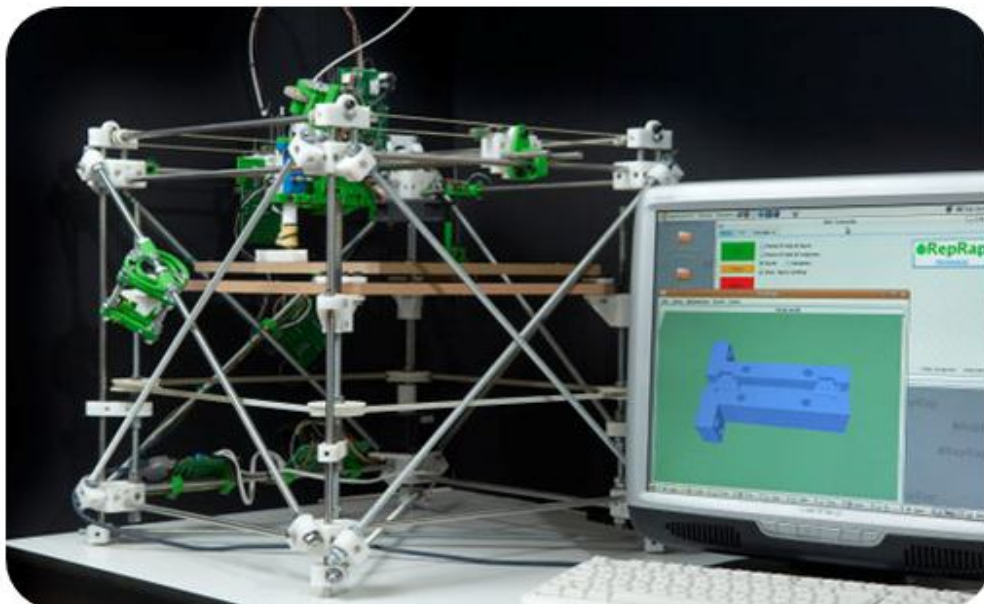


Figure.I.8: Darwin.

### **5.4. Ormerod:**

La conception RepRapPro Ormerod est de RepRapPro. La machine est une imprimante 3D en réseau à assemblage rapide avec une sonde de lit sans contact pour une compensation géométrique complète.

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

Son objectif principal de conception est d'offrir une imprimante dont la fonctionnalité est facile à étendre, rapide à reproduire, rapide à assembler et à mettre en service. Ce nouveau modèle s'appuie sur les conceptions et les avancées techniques déjà établies qui ont subi un développement rapide et des tests intensifs depuis le lancement du projet RepRap en 2004. {6}

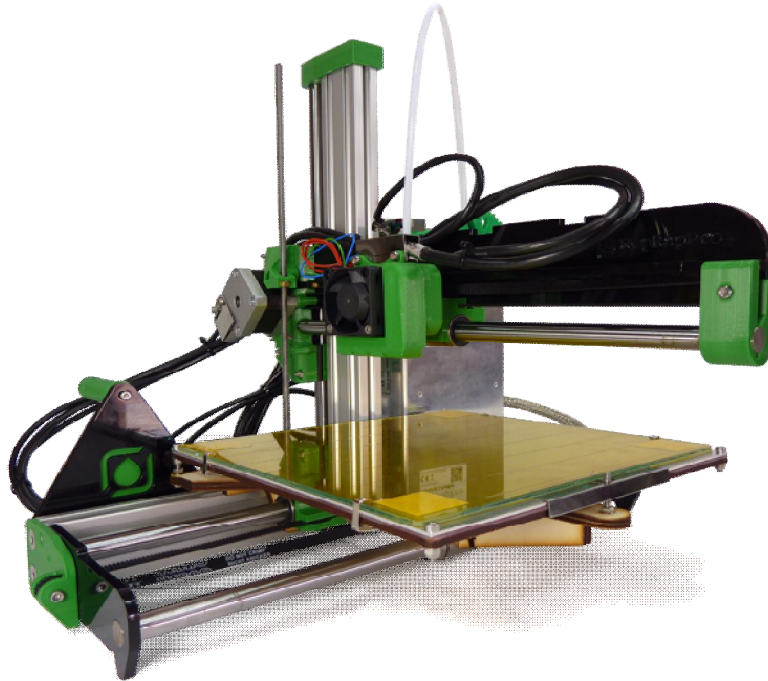


Figure.I.9: Ormerod.

### **I.6. Applications d'impression 3D :**

Aujourd'hui l'impression 3D est devenue accessible à tous, que vous soyez professionnels ou particuliers il vous est possible de vous équiper en imprimantes. Mais l'utilité de cette nouvelle technologie dans certains domaines peut ne pas être évidente pour tout le monde . Nous mettons en évidence les atouts de l'impression 3D dans de multiples domaines.

#### **6.1. Impression 3D pour Architecture et Designer :**

L'impression 3D s'inscrit comme un outil révolutionnaire dans l'architecture et le design. Que ce soit dans le domaine de l'architecture, l'architecture d'intérieure ou le design le principal intérêt à utiliser des imprimantes 3D est de pouvoir matérialiser les projets plus rapidement et le

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

---

plus en amont possible. Elle devient alors un moyen de communiquer ses idées face aux clients. L'utilisation de l'impression 3D présente des atouts non négligeables pour l'architecture ou le design. {7}



Figure.I.10: Impression 3D pour Architecture et Designer.

### **6.2. La fabrication additive médicale:**

Depuis les années 1990, l'impression 3D est de plus en plus utilisée dans le secteur médical; on l'appelle d'ailleurs dans ces cas-là bio-impression. Quelques entreprises sont devenues les pionnières de cette technologie depuis 1999, date à laquelle des scientifiques ont réussi à imprimer une vessie en 3D. L'américain Organovo, par exemple, est le créateur de la première bio-imprimante 3D commercialisée, la NovoGEN MMX. Aujourd'hui, différentes universités et entreprises possèdent des modèles de machines similaires et poussent la recherche dans ce secteur. La technologie croît rapidement et d'ici à 2022, on estime que la valeur de ce marché devrait augmenter de plus de 36%. En France, on peut citer Poietis, qui a récemment développé la bio-imprimante la plus sophistiquée au monde pour imprimer des tissus humains.

Indépendamment de la bio-impression, l'impression 3D permet la fabrication de prothèses. La fabrication additive offre une personnalisation sans limite et impacte donc fortement le domaine chirurgical dans lequel chaque traitement doit être individualisé. Les hôpitaux du monde entier seront bientôt équipés d'imprimantes 3D car elles permettent aussi aux chirurgiens de se préparer

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

aux opérations délicates grâce à des modèles d'organes imprimés en 3D, répliques des organes des futurs patients. {9}



Figure.I.11: La fabrication additive médicale.

### **6.3. L'industrie**

L'industrie dépasse les limites de la conception aux formes géométriques complexes. L'évolution constante dans ce secteur exige des pièces qu'elles soient optimales et réalisées avec la plus grande précision. L'optimisation est donc essentielle au développement de l'innovation dans l'industrie 4.0. Delta 3D Printer sait qu'optimiser un design peut être limité et difficile. Il faut donc se tourner vers l'impression 3D qui permet de réaliser des formes plus complexes ayant l'avantage également de stimuler l'innovation.

L'impression 3D est économique en terme de temps et de coûts . Vous pourrez réaliser plusieurs itérations pour améliorer vos pièces, et ce deux fois plus rapidement qu'avec les autres procédés de fabrication, car vous redesignerez simplement votre modèle sans avoir à recréer un moule ou des outils. Ainsi, en maîtrisant votre processus de prototypage, vous pourrez rapidement vérifier si votre design est imprimable et faire en temps réel les améliorations nécessaires . {9}

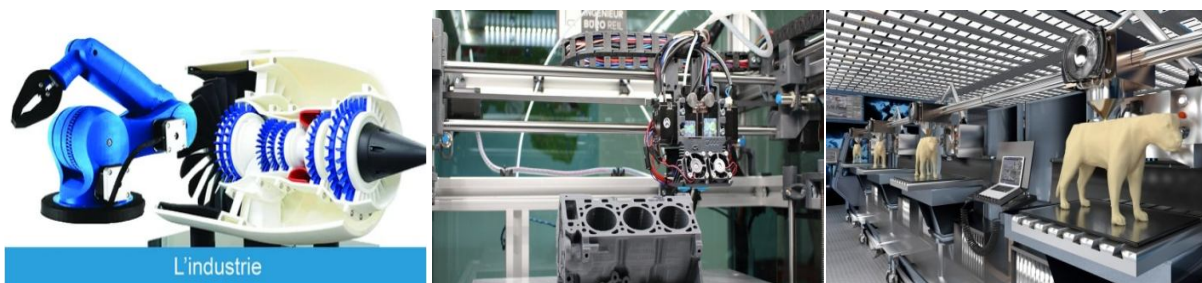


Figure.I.12: Impression 3D dans L'industrie.

## CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.

### I.7.Architecture d'un système automatique de production a base imprimant 3d :

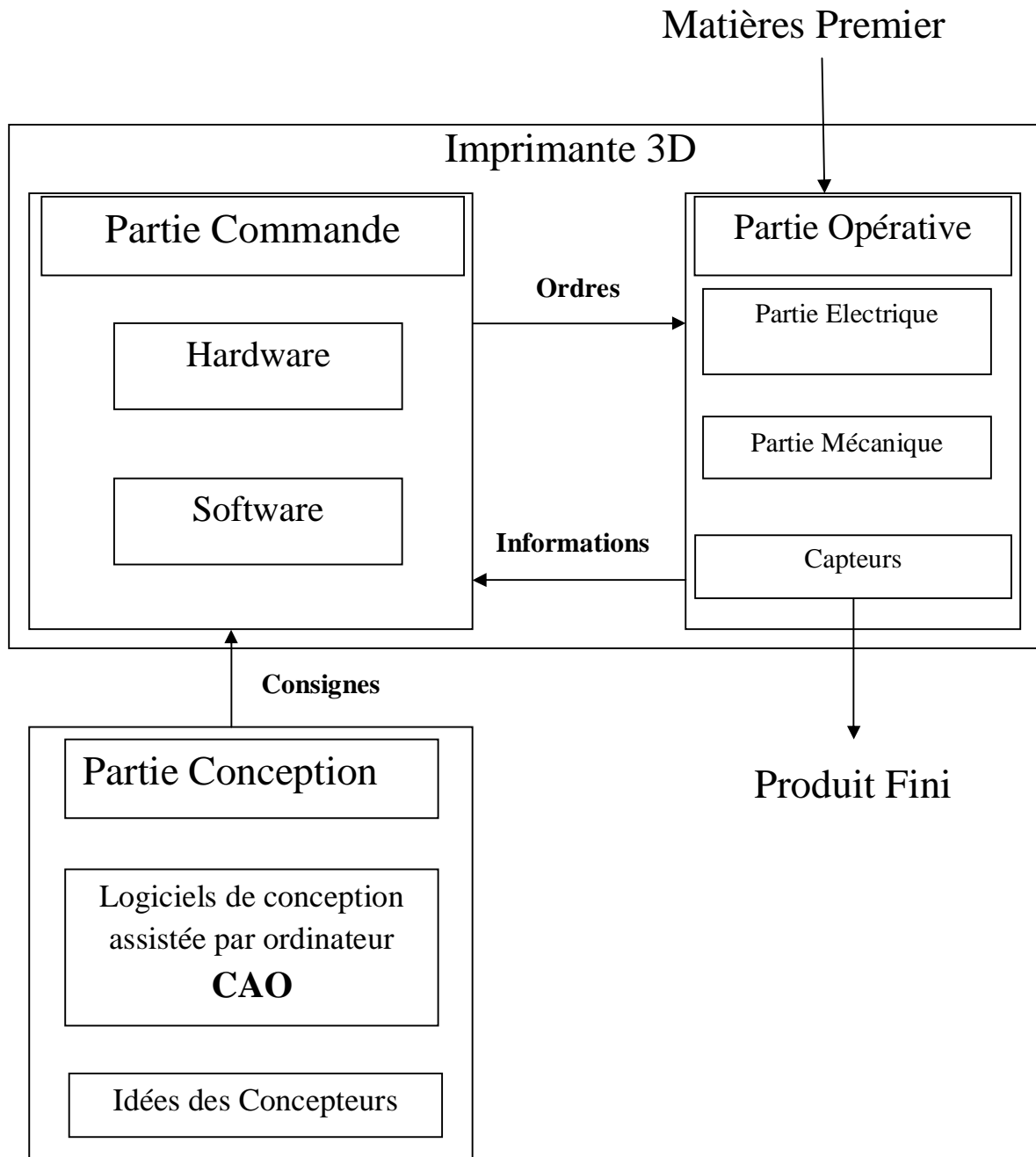


Figure.I.13: Architecture d'un système automatique a base imprimant 3d .

## **CHAPITRE.I: Définition et aperçu historique des imprimantes 3D.**

### **I.8. Conclusion:**

Depuis l'avènement de l'impression 3D, ce domaine a connu un grand développement ces dernières années, donnant un nouveau sens à l'industrie manufacturière.

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.

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.

# **CHAPITRE.II:**



## **Aspect Hardware**



## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

### **II.1. Introduction :**

Aujourd'hui, l'électronique est de plus en plus remplacée par de l'électronique programmée. On parle aussi de système embarquée ou d'informatique embarquée. Son but est de simplifier les schémas électroniques et par conséquent réduire l'utilisation de composants électroniques, réduisant ainsi le coût de fabrication d'un produit. Il en résulte des systèmes plus complexes et performants pour un espace réduit. Depuis que l'électronique existe, sa croissance est fulgurante et continue encore aujourd'hui. L'électronique est devenue accessible à toutes personnes en ayant l'envie : ce que nous allons apprendre dans ce partie est un mélange la carte électronique programmée et le Stepper moteur.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

### II.2.Architecture hardware d'une imprimante 3D :

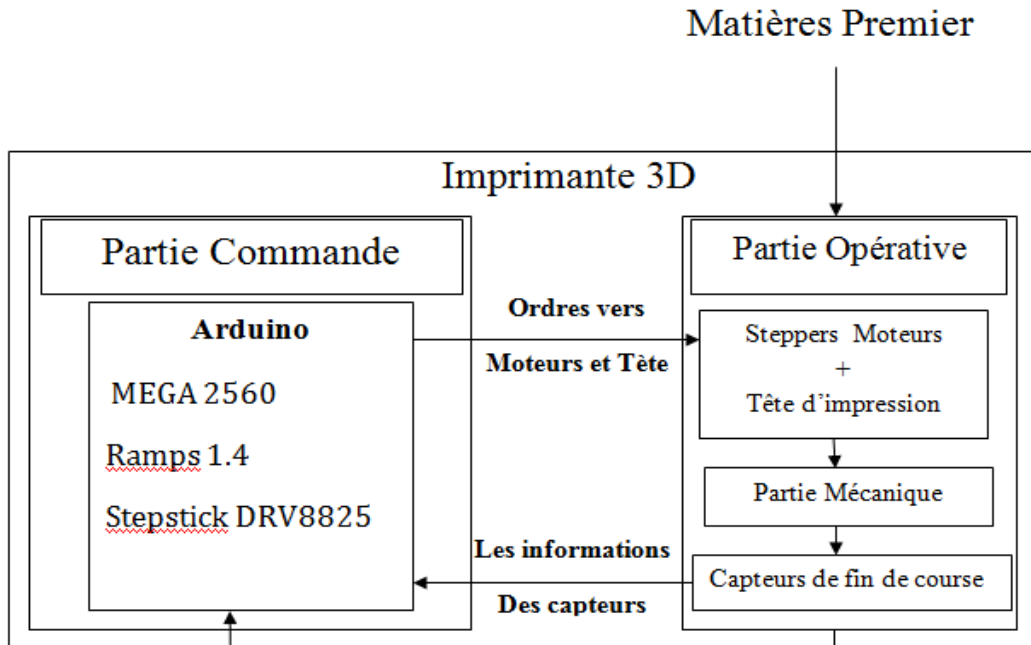


Figure.II.1: Architecture hardware d'une imprimante 3D.

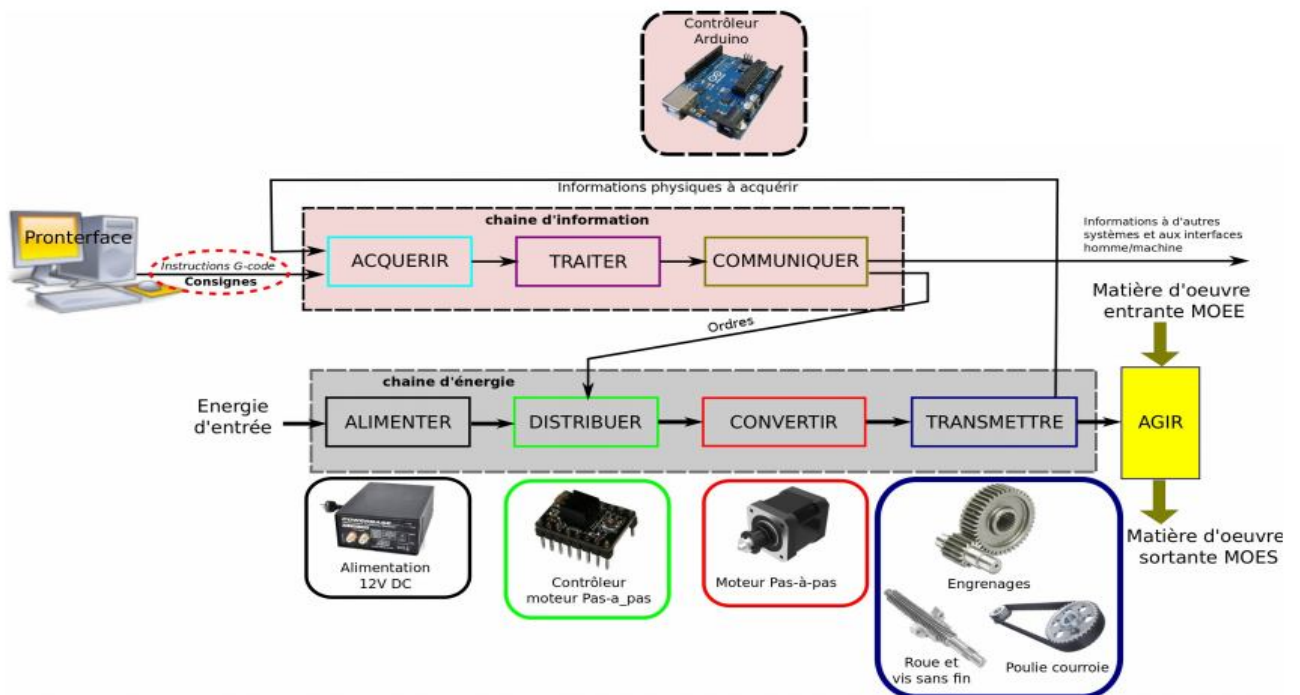


Figure.II.2: Fonctionnement hardware d'une imprimante 3D.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

### II.3. partie électrique et électronique:

Pour former un système capable de contrôler le robot, deux parties de base sont nécessaires: la carte de contrôle ou le microcontrôleur pour un contrôle intelligent des sorties (compresseurs, moteurs, etc.), dans ce cas nous avons choisi la carte Arduino et le Stepper moteur Pour la simplicité et la facilité de fonctionnement. Le système se compose de deux parties:

#### **3.1. La partie commande(électronique):**

##### **3.1.1. Arduino :**

###### **A. Définition :**

Arduino est un circuit imprimé en matériel libre sur lequel se trouve un microcontrôleur qui peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, etc. C'est une plateforme basée sur une interface entrée/sortie simple. Il était destiné à l'origine principalement mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques. C'est une partie de l'explication de la descendance de son interface de programmation de Processing. lui-même inspiré de l'environnement de programmation Wiring.

Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels (exemple : Macromedia Flash, Processing, Max MSP, Usine Hollyhock, Pure Data, SuperCollider).

###### **B. Les Types La carte Arduino:**

- **La carte Arduino UNO:**

C'est la carte idéale pour découvrir l'environnement ARDUINO. Elle permet à tout débutant de se lancer dans tous ses premiers petits projets. Comme c'est la carte la plus utilisée, il est très facile de se référer aux tutoriels très nombreux sur le net et ainsi de ne pas rester seul dans son exploration.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

Sa simplicité devient par contre un handicap lorsqu'il s'agit de multiplier les périphériques, de manipuler des algorithmes lourds ou d'interagir avec les OS Android pour lesquels d'autres cartes arduino sont plus adaptées. .{11}



Figure.II.3: La carte Arduino UNO.

- **La carte Arduino Lenardo:**

C'est la carte qui est prévue pour succéder à la carte Arduino Uno en présentant des caractéristiques équivalentes mais une ergonomie revue et une stabilité plus éprouvée. Sa diffusion moins importante limite le support utilisateur disponible sur le net. .{11}

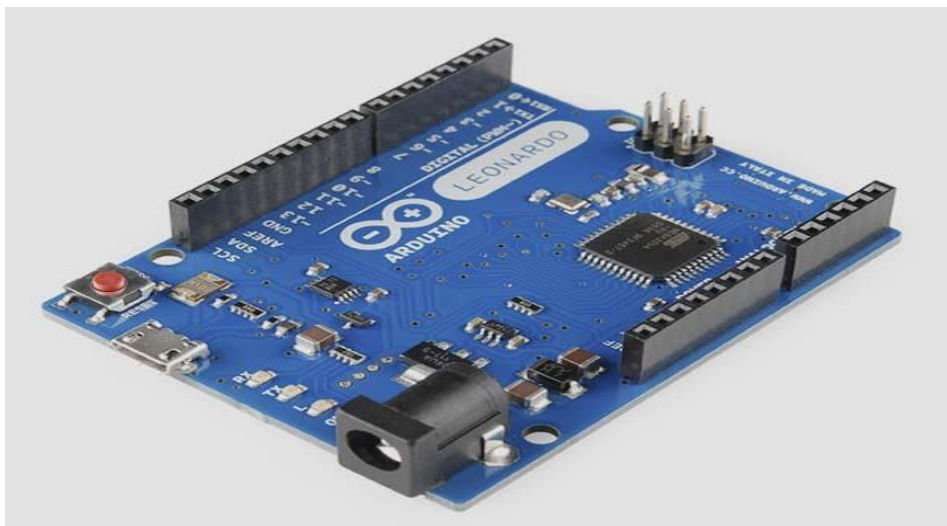


Figure.II.4: La carte Arduino Lenardo.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

- **La carte Arduino Mega:**

La carte Arduino Mega est la carte la plus diffusée après la carte Arduino Uno. Elle offre un nombre d'entrées/sorties beaucoup plus important (54 contre 14), un processeur plus puissant doté d'une mémoire plus vaste qui permet d'exploiter des algorithmes plus complexes. .{ 11 }

- **La carte Arduino Mega ADK:**

La carte Arduino mega ADK offre les mêmes caractéristiques techniques que la carte Arduino mega mais son port USB permet de la connecter avec un environnement Android ouvrant de nouvelles perspectives d'interaction avec le monde des smartphones et des capteurs dont ils sont dotés. Sa mise en oeuvre nécessite par contre de solides connaissances en Java et la capacité à développer ses propres applications. .{ 11 }

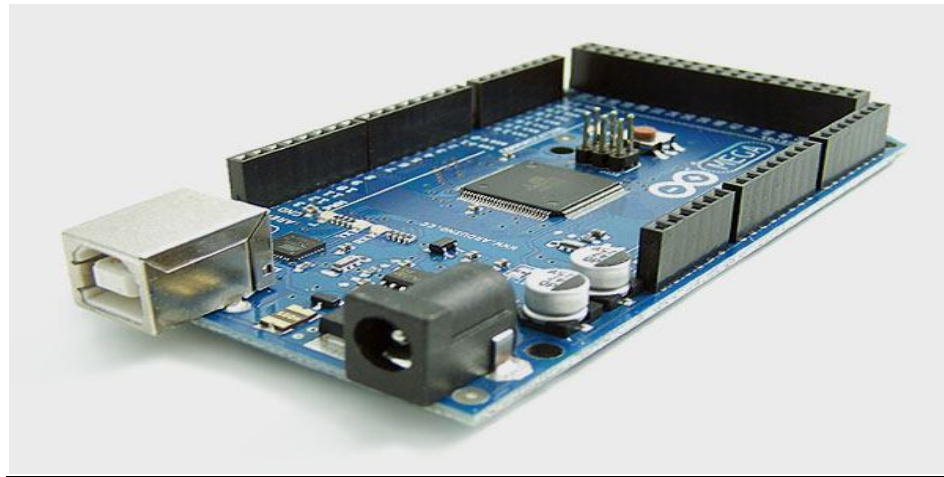


Figure.II.5: La carte Arduino Mega ADK.

- **La carte Arduino Due:**

La carte Arduino Due est une évolution de la carte Arduino Mega et offre des performances réputées 3 fois supérieures. Elle permet de manipuler rapidement des algorithmes lourds particulièrement utiles dans le monde de la robotique par exemple. .{ 11 }

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

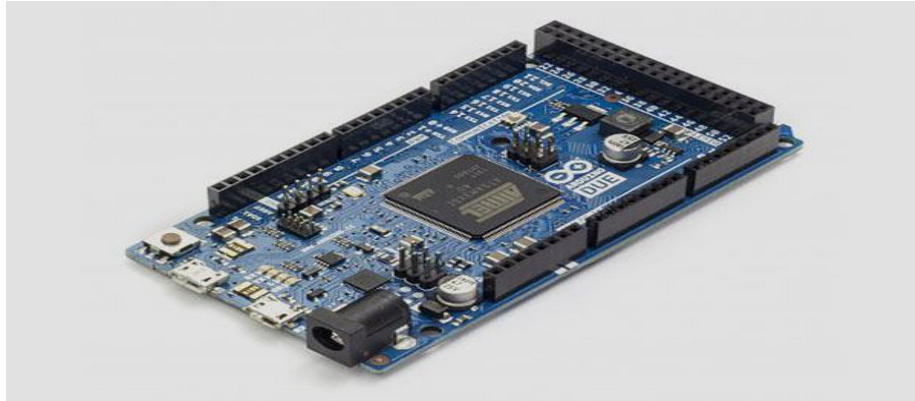


Figure.II.6: La carte Arduino Due.

- **La carte Arduino Nano:**

La carte Arduino nano n'est ni plus ni moins qu'une carte Arduino uno miniaturisée. Sa taille et son poids réduits la destinent à une utilisation dans des espaces réduits (en textile par exemple) ou dans des applications de robotique ou de modélisme pour lesquels le poids et la taille sont des facteurs déterminant (hélicoptères, drones...){ 11 }

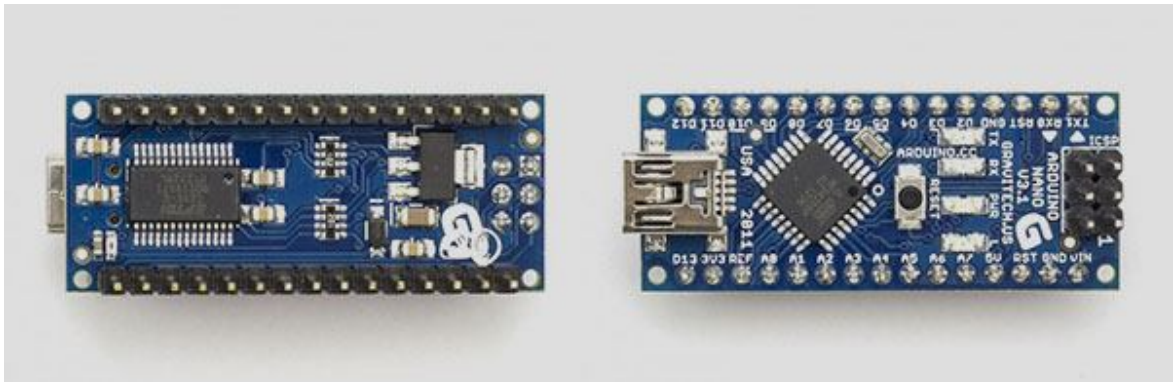


Figure.II.7: La carte Arduino Nano.

- **La carte Arduino Yun:**

La carte Arduino Yun, récemment proposée par Arduino, est conçue pour contrer les avantages de la carte Raspberry. Elle est un dérivé de la carte Leonardo et a pour objectif de combiner la puissance de Linux avec la facilité d'utilisation d'une carte Arduino. Elle est également la première carte Arduino à être dotée nativement d'un wifi intégré.{ 11 }

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---



Figure.II.8: La carte Arduino Yun.

- **La carte Arduino Mega 2560 :**

La carte Arduino Mega 2560, bien qu'elle soit un peu moins connue, est la grande sœur, plus rapide, de la carte Uno. La carte Arduino Mega 2560, dont les capacités équivalent à quatre cartes Uno combinées, comporte un microcontrôleur et est construite autour du puissant microprocesseur ATmega2560. Cette carte robuste résiste à presque tout.



Figure.II.9: La carte Arduino Mega 2560.

➤ **Observation :**

Nous avons choisi dans notre projet La carte Arduino MEGA 2560.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

### ➤ Pourquoi Arduino MEGA 2560 :

Cette carte a été choisie par Arduino car elle est la plus adaptée à l'imprimante car elle est plus durable et compatible avec le logiciel de l'imprimante.

On peut dire qu'il est dédié et compatible avec l'ensemble du matériel.

### C. La constitution de la carte Arduino MEGA 2560 :

Généralement tout module électronique qui possède une interface de programmation est basé toujours dans sa construction sur un circuit programmable ou plus.

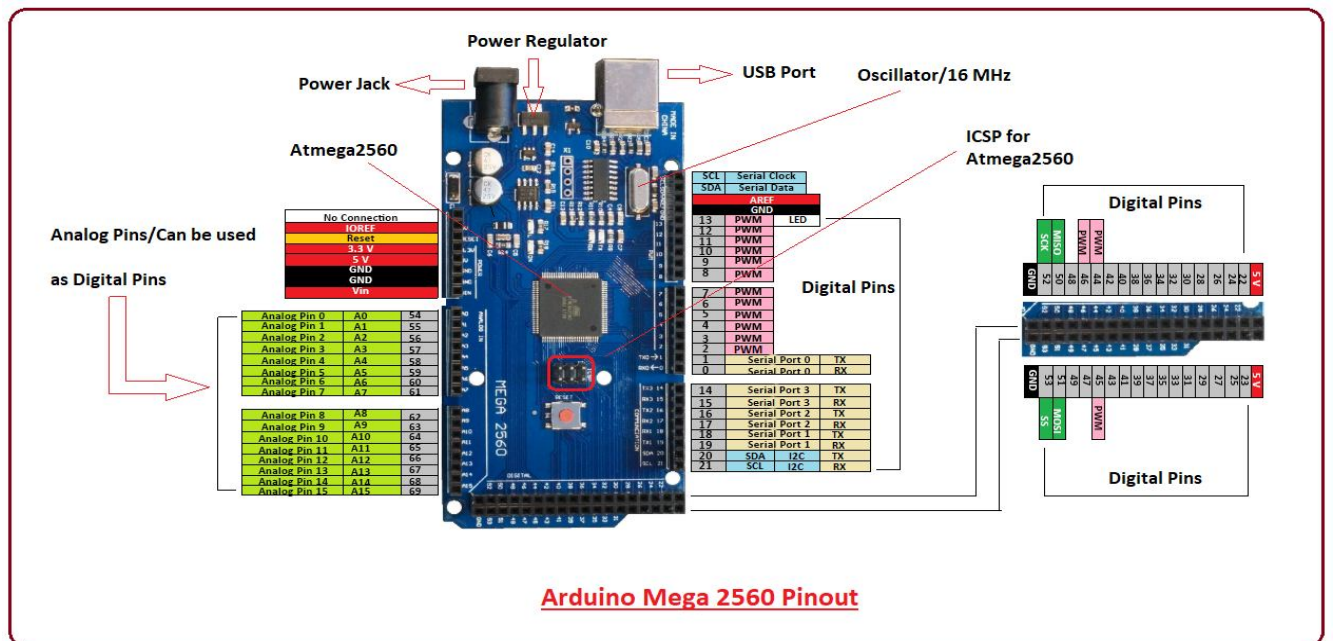


Figure.II.10: La constitution de la carte Arduino MEGA 2560.

### D. Characteristics:

- Microcontrôleur ATmega2560
- Tension de fonctionnement 5V
- Tension d'entrée (recommandée) 7-12 V
- Tension d'entrée (limites) 6-20 V
- Broches d'E / S numériques 54 (dont 14 fournissent une sortie PWM)

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

- Broches d'entrée analogique 16
- Courant CC par broche E / S 40 mA
- Courant CC pour 3,3 V Pin 50 mA
- Mémoire flash 256 Ko dont 8 Ko utilisés par le chargeur de démarrage
- SRAM 8 Ko
- EEPROM 4 Ko
- Vitesse d'horloge 16 MHz

### 3.1.2. Ramps :

RepRap Arduino Mega Polulu Shield, ou RAMPS, est une carte qui sert d'interface entre l'Arduino Mega - l'ordinateur contrôleur - et les appareils électroniques sur une imprimante 3D RepRap. L'ordinateur extrait les informations des fichiers contenant des données sur l'objet que vous souhaitez imprimer et les traduit en événements numériques, comme la fourniture d'une tension à une broche spécifique.

Il faut beaucoup, beaucoup de broches de ce type s'allumer et s'éteindre pour dire à une imprimante quoi faire. Malheureusement, la Mega n'a pas assez de puissance pour faire fonctionner le matériel de l'imprimante. C'est là que la carte RAMPS entre en jeu. Elle organise et amplifie les informations provenant du Mega afin qu'elles soient correctement dirigées vers les bons canaux.

Par exemple, si le chariot d'extrémité chaude doit se déplacer d'un cran vers la gauche, la carte RAMP achemine les signaux du Mega vers le moteur pas à pas de l'axe X via les broches et les fils appropriés.

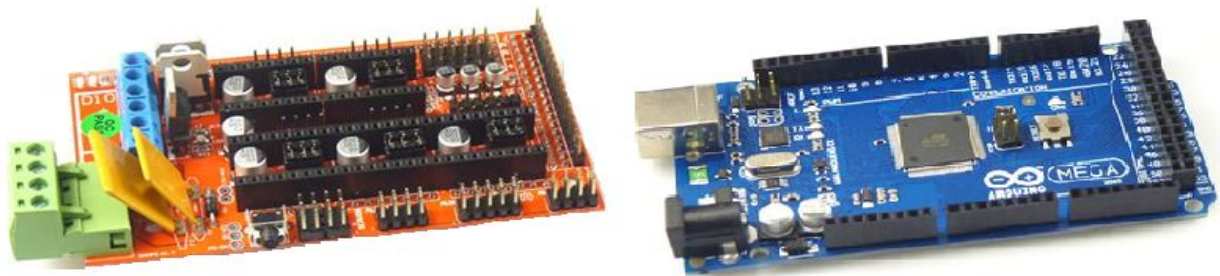


Figure.II.11: Ramps Pour arduino MEGA .

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

### ❖ Ramps 1.4:

RAMPS 1.4 est le fruit d'années de développement par le projet RepRap. Il répondait au besoin d'une seule carte contrôleur utilisant les pilotes pas à pas Arduino Mega et Pololu pour gérer toutes les fonctions d'une imprimante 3D.

Dans l'esprit de RepRap, il a été conçu à l'origine pour permettre la production à domicile. Bientôt, il est devenu trop sophistiqué et le design a basculé pour favoriser les panneaux commerciaux.

La disposition de base de la carte a commencé avec RAMPS 1.2 et s'est poursuivie (au moins) 1.7. Néanmoins, la version la plus populaire reste la 1.4 (avec des trous traversants ou des composants de montage en surface). Cette carte a été largement copiée et peut être obtenue et assemblée pour moins de 10 \$ auprès de fabricants asiatiques. {13}

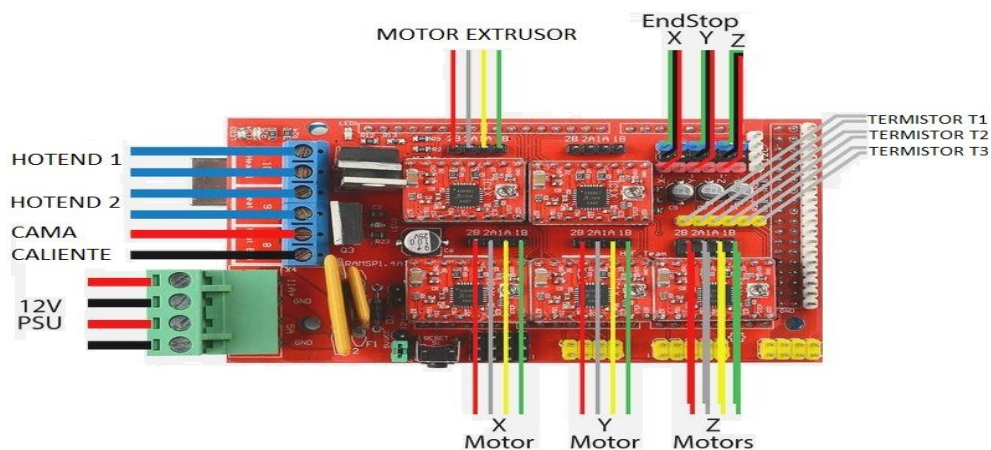


Figure.II.12: Ramps 1.4.

### 3.1.3. stepstick DRV8825:

C'est un contrôleur de moteur pas à pas en micro stepping , ; leur avantage Contrôle en courant ajustable, à l'aide d'un potentiomètre, Protection en cas de surchauffe, court-circuit. {13}

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

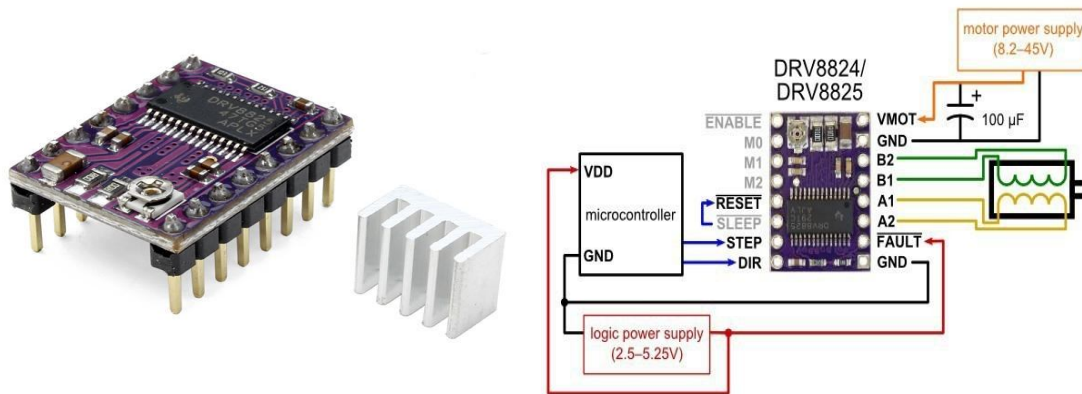


Figure.II.13: stepstick DRV8825.

Le DRV8825 avait six modes de résolution de pas, qui peuvent être configurés en utilisant les broches M0-M2 sur le stepstick DRV8825. Le tableau suivant répertorie les paramètres de résolution des étapes

Tableau.II.1 : CONFIGURATION DE LA RÉOLUTION DES ÉTAPES.

<b>M0</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>Resolution</b>
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Full Step</i>
<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Half Step</i>
<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>1/4 Step</i>
<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>1/8 Step</i>
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>1/16 Step</i>
<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>1/32 Step</i>
<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>1/32 Step</i>
<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>1/32 Step</i>

### 3.1.4. Fin de course:

Ce fin de course ou capteur de position initiale des axes X, Y et Z, équipé d'un coupleur optique à fente, permet une détection facile et précise sans problème. Il nécessite généralement un minimum de 3 capteurs par imprimante 3D. Il fait également partie de la protection car il empêche les pièces mobiles de sortir de leur amplitude de mouvement. Ils sont idéaux pour assembler des machines Reprap ou Cnc, et peuvent être utilisés pour construire n'importe quelle autre machine ou robot. { 13 }

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

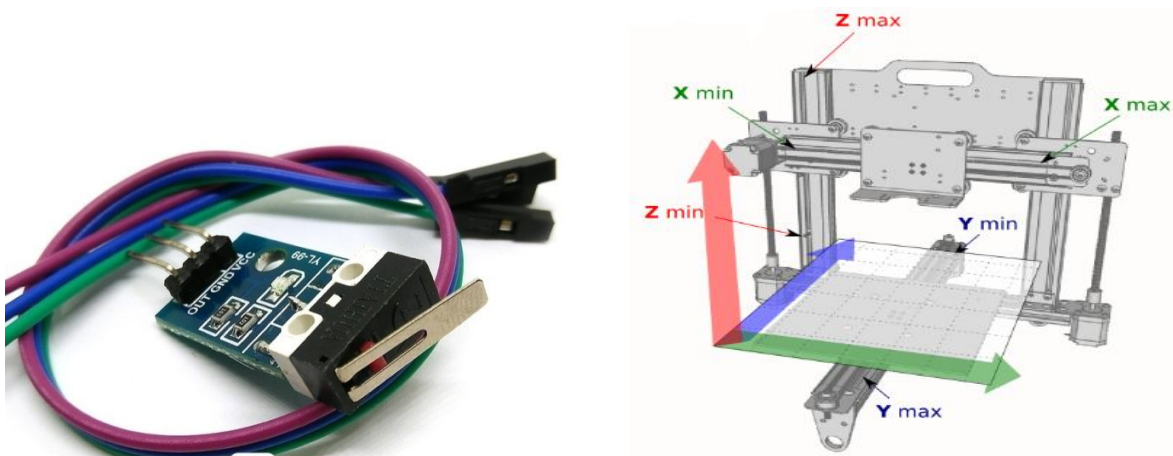


Figure.II.14: Fin de course.

### 3.2. La partie opérative (électrique) :

#### 3.2.1. Définition d'un Stepper Moteur :

Un moteur pas à pas est un moteur électrique synchrone sans frotteurs qui convertit les impulsions numériques en rotation de l'arbre mécanique.

Chaque révolution du moteur pas à pas est divisée en un nombre de pas distincts, 200 pas dans la majorité des cas, et le moteur doit recevoir une impulsion distincte pour chaque pas. Le moteur pas à pas ne peut avoir qu'un seul pas à la fois, et chaque pas est de la même taille. Puisque chaque impulsion fait tourner le moteur à un angle précis, généralement de  $1,8^\circ$ , la position du moteur peut être contrôlée sans aucun mécanisme de rétroaction.

Lorsque les impulsions numériques augmentent en fréquence, le mouvement de pas se transforme en rotation continue, avec une vitesse de rotation directement proportionnelle à la fréquence des impulsions. Les moteurs pas à pas sont utilisés quotidiennement dans les applications industrielles et commerciales en raison de leur faible coût, de leur haute fiabilité, de leur couple élevé à basse vitesse et de leur construction simple et robuste qui fonctionne dans presque n'importe quel environnement {14}

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

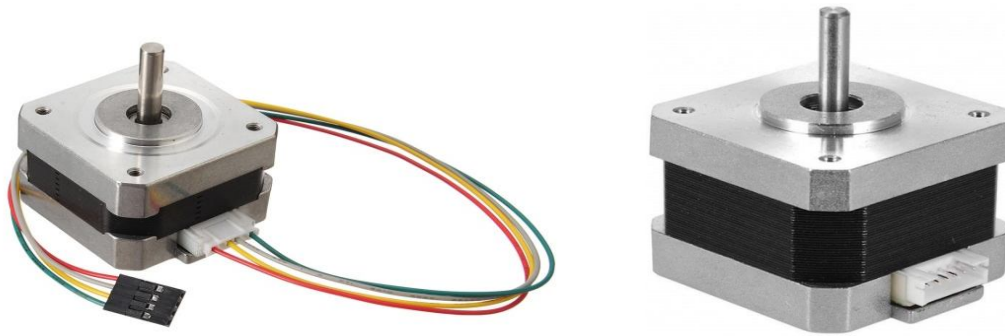


Figure.II.15: Stepper Moteur.

### 3.2.2.principe de stepper motor :

Le moteur pas à pas, représenté à droite, est constitué d'un rotor aimanté (en gris) avec deux pôles, Nord et Sud, ainsi que d'un double-stator (une partie en bleu, l'autre en vert) : à chacune de ces deux parties, est associé un bobinage avec un point milieu et deux phases ; en alimentant l'une ou l'autre des phases, on peut ainsi inverser l'aimantation au niveau du stator correspondant.

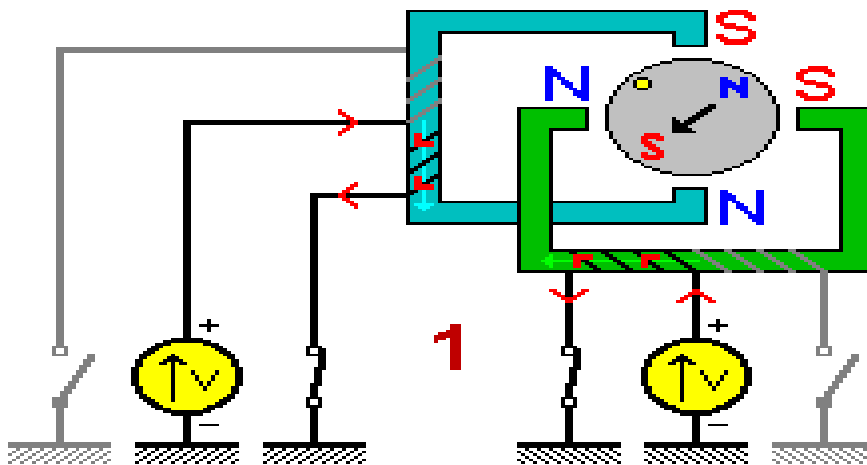
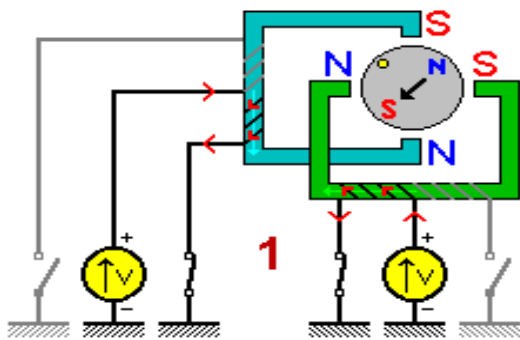


Figure.II.16: Conception de rotor, stator et circuit.

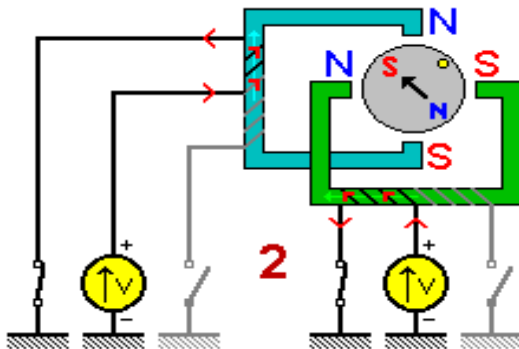
Comme le montre l'animation, une rotation s'effectue en quatre étapes, reprises dans ce qui suit. La flèche noire représente l'aiguille d'une boussole qui serait disposée en place et lieu du rotor ; elle indique l'orientation du champ magnétique (elle pointe vers le nord, qui attire donc le pôle Sud du rotor) et se décale alors d'un quart de tour à chaque étape :

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.



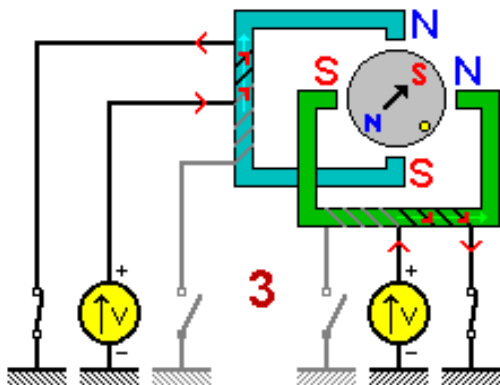
### Etape 1, position 1 :

- Premier bobinage.(stator bleu):
  - Phase 1 (inter gauche) non alimentée.
  - Phase 2 (inter droit) alimentée.
- Second bobinage(stator vert)
  - Phase 1 (inter gauche)alimentée.
  - Phase 2 (inter droit) non alimentée.



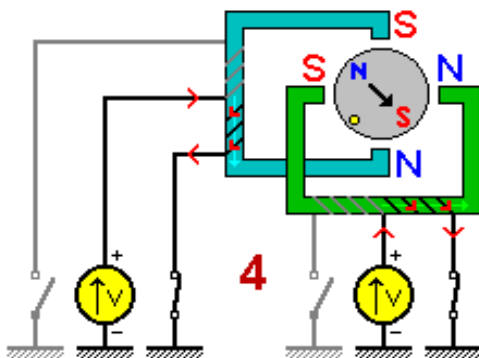
### Etape 2, position 2 :

- Premier bobinage :
  - Phase 1 alimentée.
  - Phase 2 non alimentée.
- Second bobinage :
  - Phase 1 alimentée.
  - Phase 2 non alimentée.



### Etape 3, position 3 :

- Premier bobinage :
  - Phase 1 alimentée.
  - Phase 2 non alimentée.
- Second bobinage :
  - Phase 1 non alimentée.
  - Phase 2 alimentée.



### Etape 4, position 4 :

- Premier bobinage :
  - Phase 1 non alimentée.
  - Phase 2 alimentée.
- Second bobinage :
  - Phase 1 non alimentée.
  - Phase 2 alimentée.

Figure.II.17: LA Position du rotor en fonction de l'alimentation de phase.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

- ❖ La table de vérité ci-dessous résume les états successifs des différentes phases ; l'état logique indique si la phase est alimentée ("1") ou non ("0").

Tableau.II.2: La table de vérité des différentes phases.

	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	Etape 1...
<b>Bobinage 1, Phase 1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bobinage 1, Phase 2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Bobinage 2, Phase 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Bobinage 2, Phase 2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

- Et le chronogramme correspondant :

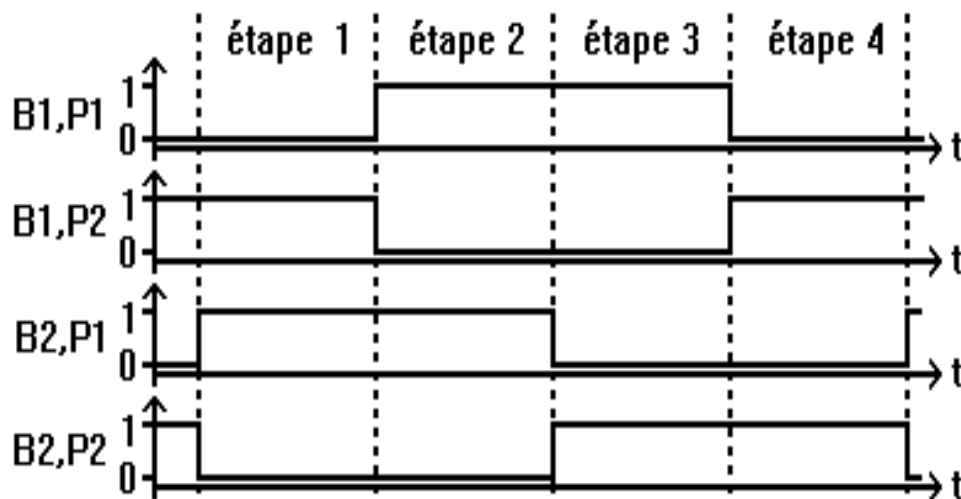


Figure.II.18: le chronogramme .

- Le chronogramme laisse apparaître que pour le bobinage 1, les signaux de contrôle de la phase 1 (B1,P1) et de la phase 2 (B1,P2) sont complémentaires ; il en va de même pour le bobinage 2, concernant (B2,P1) et (B2,P2) ; comme nous le verrons dans l'étude du schéma électrique, la génération des signaux de commande est une opération assez simple...

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

- Il va de soi que les schémas présentés ont simplement pour but de faire comprendre le principe de fonctionnement du moteur pas à pas à 4 phases ; dans la réalité, le moteur est constitué d'une succession d'alternance de pôles : ainsi, l'axe du modèle dont nous disposons fait un tour complet en 48 pas (un pas correspond donc à  $360/48 = 7,5^\circ$ ).
- Le moteur de notre schéma effectue une rotation en quatre pas, il se caractérise par un fonctionnement dit "par pas" ; il existe également un mode de fonctionnement par "demi-pas" : il consiste à intercaler entre deux étapes, une période au cours de laquelle l'on coupe l'alimentation du bobinage du stator dont l'aimantation s'apprête à changer de sens (elle passe donc par zéro); durant cette nouvelle étape, le rotor tourne d'un demi-pas ( $45^\circ$ ) en s'alignant sur le seul stator alimenté ; une rotation totale se produit alors au bout de huit demi-pas :

Tableau.II.3: Table de vérité pour un tour complet.

<b>Numéro de l'étape :</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>1..</b>
<b>Bobinage 1, Phase 1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Bobinage 1, Phase 2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Bobinage 2, Phase 1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>Bobinage 2, Phase 2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

*Je n'ai pas retenu cette solution pour conserver au montage une certaine simplicité...*

Le mouvement s'effectue à la suite d'une inversion du champ magnétique en alimentant l'une ou l'autre des phases d'un bobinage à point milieu ; seule une moitié du bobinage est donc utilisée à un instant donné.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

Un autre type de moteur, dit moteur à deux phases, permet d'obtenir un couple plus important ; son principe consiste à utiliser un bobinage sans point milieu, et à faire circuler le courant dans un sens dans l'autre...

Cela complique néanmoins la partie "puissance" : une simple mise à la masse de l'une des phases ne suffit plus, il faut alors prévoir, par exemple, une structure "en H", ou avoir recours à un circuit spécialisé (beurk !!!) qui intègre cette fonction. { 15 }

### 3.2.3.Types de steppers:

Il existe une grande variété de types de moteurs pas à pas, dont certains nécessitent des pilotes très spécialisés. Pour nos besoins, nous nous concentrerons sur les moteurs pas à pas qui peuvent être entraînés avec des pilotes couramment disponibles. Ce sont: des moteurs pas à pas à aimant permanent ou hybrides, bipolaires biphasés ou unipolaires 4 phases.{ 16 }

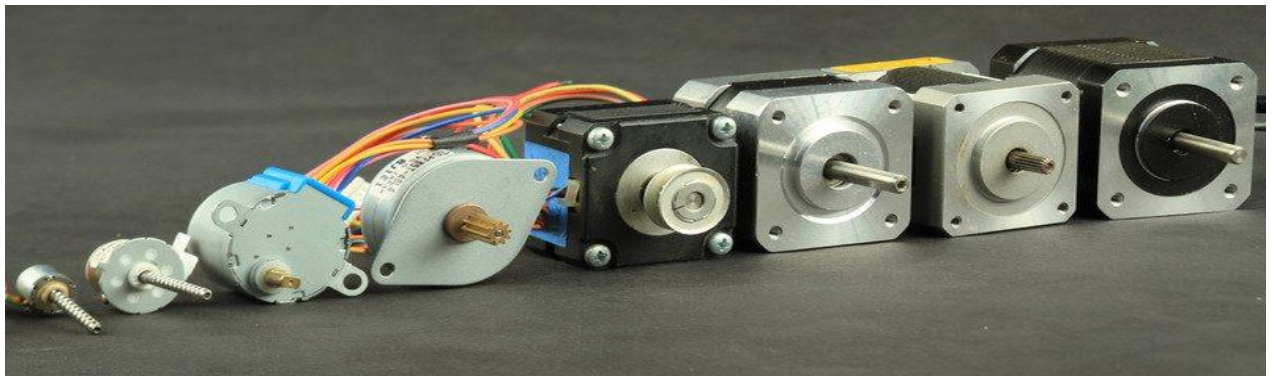


Figure.II.19: Types de steppers.

### 3.2.4.Taille du moteur :

L'une des premières choses à considérer est le travail que le moteur doit faire. Comme vous pouvez vous y attendre, les moteurs plus gros sont capables de fournir plus de puissance. Les moteurs pas à pas sont disponibles dans des tailles allant de plus petite qu'une cacahuète à de gros monstres NEMA 57.

La plupart des moteurs ont des couples nominaux. C'est ce que vous devez regarder pour décider si le moteur a la force de faire ce que vous voulez.

NEMA 17 est une taille courante utilisée dans les imprimantes 3D et les petites usines CNC. Les petits moteurs trouvent des applications dans de nombreuses applications robotiques et

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

animatroniques. Les cadres NEMA plus grands sont courants dans les machines CNC et les applications industrielles.

Les numéros NEMA définissent les dimensions standard de la plaque avant pour le montage du moteur. Ils ne définissent pas les autres caractéristiques d'un moteur. Deux moteurs NEMA 17 différents peuvent avoir des spécifications électriques ou mécaniques entièrement différentes et ne sont pas nécessairement interchangeables.

**NEMA** : National Electrical Manufacturers Association {16}

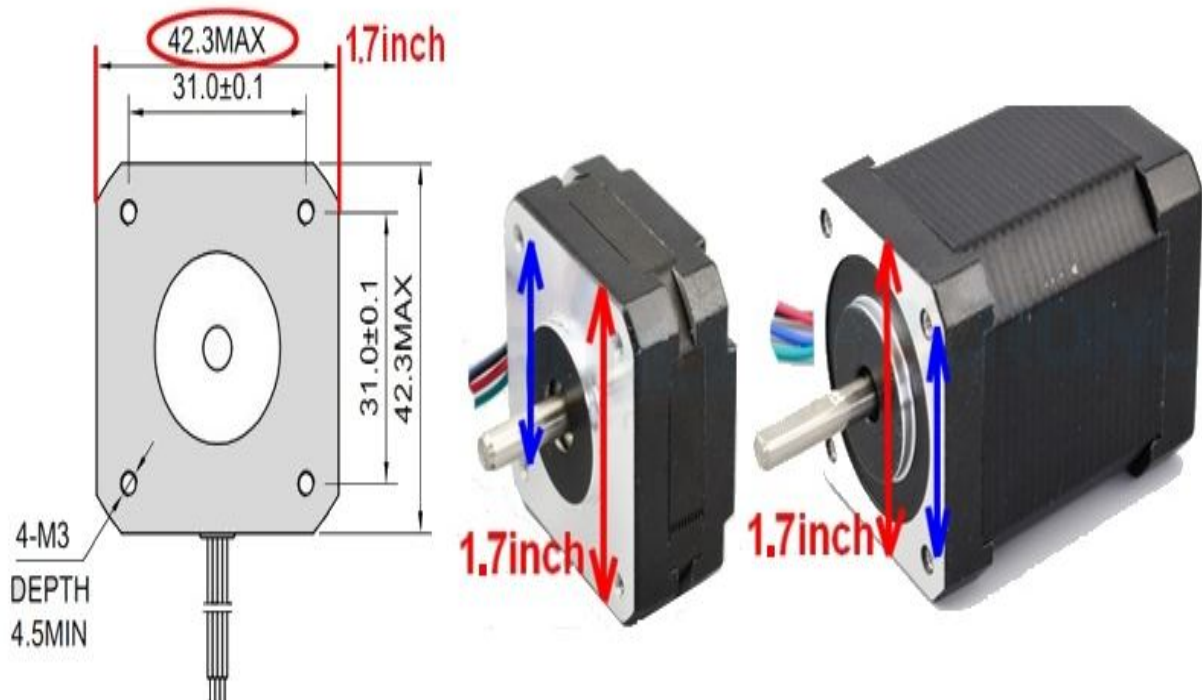


Figure.II.20: Taille du moteur.

### 3.2.5.Nombre de pas:

La prochaine chose à considérer est la résolution de positionnement dont vous avez besoin. Le nombre de pas par tour varie de 4 à 400. Les nombres de pas couramment disponibles sont 24, 48 et 200.

La résolution est souvent exprimée en degrés par pas. Un moteur de 1,8 ° équivaut à un moteur à 200 pas / tour.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

Le compromis pour une haute résolution est la vitesse et le couple. Les moteurs à nombre de pas élevé atteignent un régime inférieur à un régime inférieur à une taille similaire. Et les taux de pas plus élevés nécessaires pour faire tourner ces moteurs entraînent un couple inférieur à un moteur à faible nombre de pas de taille similaire à des vitesses similaires. {16}

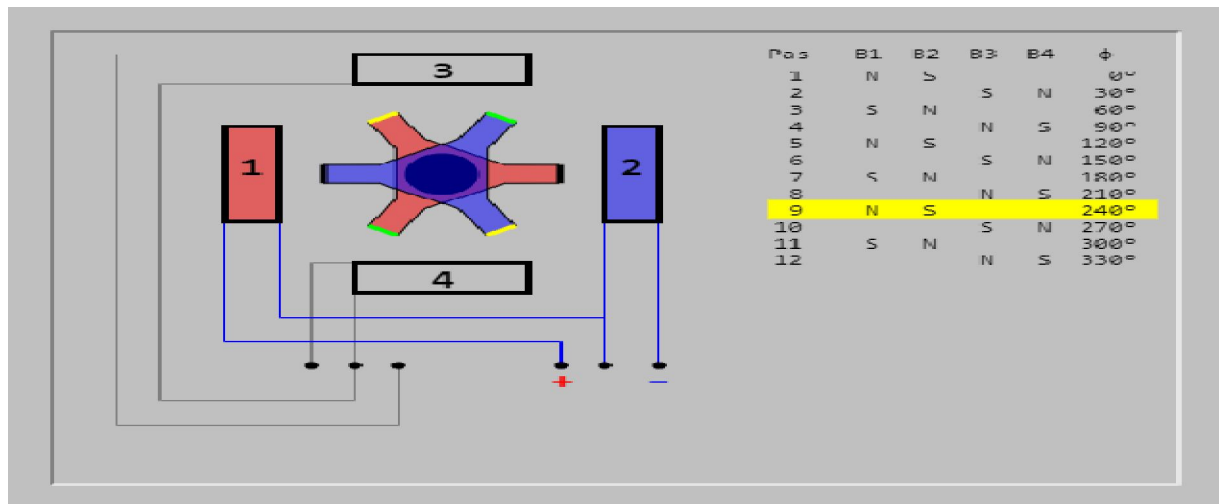


Figure.II.21: Nombre de pas.

### 3.2.6.Engrenage:

Une autre façon d'obtenir une résolution de positionnement élevée est avec l'engrenage. Un train d'engrenages de 32: 1 appliqué à la sortie d'un moteur à 8 étapes / tour donnera un moteur à 256 étapes.

Un train d'engrenages augmentera également le couple du moteur. De minuscules moteurs pas à pas sont capables d'un couple impressionnant. Mais le compromis est bien sûr la vitesse. Les moteurs pas à pas à engrenages sont généralement limités aux applications à bas régime.

Le jeu est un autre problème avec les motoréducteurs. Lorsque le moteur inverse la direction, il doit reprendre tout mou qu'il pourrait y avoir dans le train d'engrenages. Cela peut affecter la précision du positionnement. {16}

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

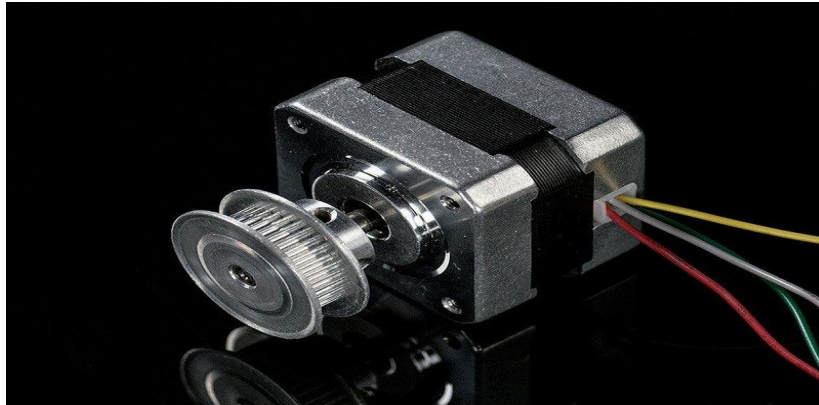


Figure.II.22: Engrenage.

### 3.2.7.Câblage:

Il existe de nombreuses variantes dans le câblage du moteur pas à pas. Pour nos besoins, nous nous concentrerons sur les moteurs pas à pas pouvant être conduits avec des pilotes couramment disponibles. Ce sont des steppers à aimant permanent ou hybrides câblés en bipolaire biphasé ou unipolaire 4 phases.{16}

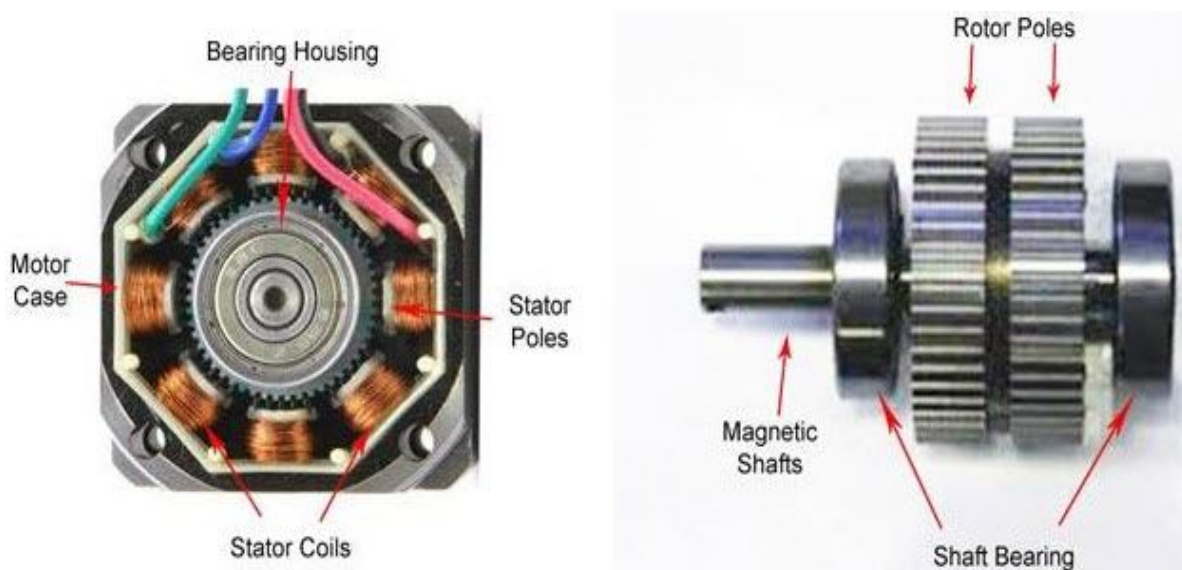


Figure.II.23: Câblage.

### 3.2.8.Bobines et phases:

Un moteur pas à pas peut avoir un nombre quelconque de bobines. Mais ceux-ci sont connectés en groupes appelés «phases». Toutes les bobines d'une phase sont alimentées ensemble.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

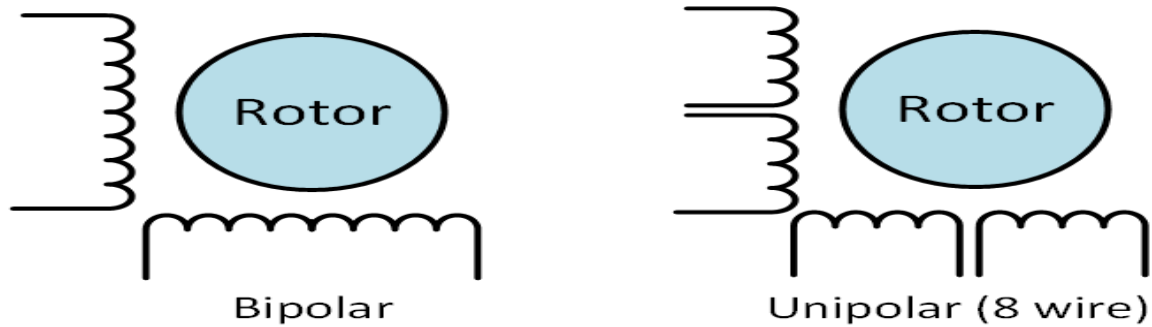


Figure.II.24: Bobines et phases.

### 3.2.8.1. Unipolaire contre bipolaire:

- **Les pilotes unipolaires**, alimentent toujours les phases de la même manière. Une piste, la piste «commune», sera toujours négative. L'autre piste sera toujours positive. Les pilotes unipolaires peuvent être mis en œuvre avec de simples circuits à transistors. L'inconvénient est qu'il y a moins de couple disponible car seule la moitié des bobines peut être excitée à la fois.
- **Les pilotes bipolaires** utilisent des circuits en pont H pour inverser le flux de courant à travers les phases. En excitant les phases avec alternance de la polarité, toutes les bobines peuvent être mises à contribution en tournant le moteur.

Un moteur bipolaire biphase a 2 groupes de bobines. Un moteur unipolaire 4 phases en a 4. Un moteur bipolaire biphase aura 4 fils - 2 pour chaque phase. Certains moteurs sont livrés avec un câblage flexible qui vous permet de faire fonctionner le moteur comme bipolaire ou unipolaire.

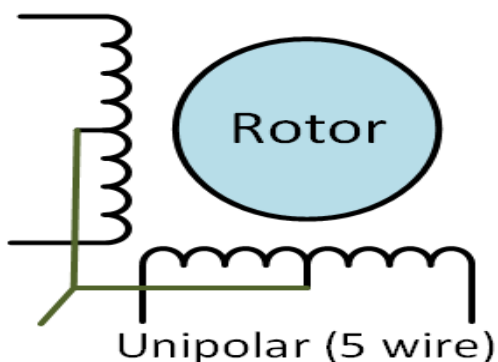


Figure.II.25: Moteur à 5 fils.

Ce style est courant dans les petits moteurs unipolaires.

Tous les fils de bobine communs sont attachés ensemble en interne et sortis comme 5ème fil. Ce moteur ne peut être entraîné que comme un moteur unipolaire.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

Ce moteur rejoint uniquement les fils communs de 2 phases appariées. Ces deux fils peuvent être joints pour créer un moteur unipolaire à 5 fils.

Ou vous pouvez simplement les ignorer et les traiter comme un moteur bipolaire!

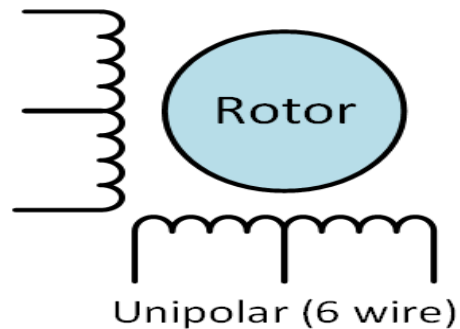


Figure.II.26: Moteur à 6 fils.

L'unipolaire à 8 fils est le moteur le plus polyvalent de tous. Il peut être piloté de plusieurs manières:

**Unipolaire 4 phases :** Tous les fils communs sont connectés ensemble - tout comme un moteur à 5 fils.

**Série 2 biphasée bipolaire:** Les phases sont connectées en série - tout comme un moteur à 6 fils.

**Bipolaire parallèle biphasé :**

- Les phases sont connectées en parallèle. Cela se traduit par la moitié de la résistance et de l'inductance - mais nécessite deux fois le courant pour fonctionner.

L'avantage de ce câblage est un couple et une vitesse de pointe plus élevés. {16}

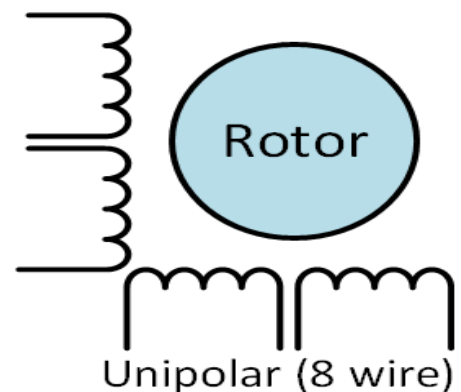


Figure.II.27: Moteur à 8 fils.

### ➤ Observation :

Nous avons choisi dans notre projet **42HS34** moteur pas à pas 1.7A NEMA 17.

### ➤ Pourquoi:

bonne qualité avec un couple de 35 oz-in et NEMA 17 est une taille courante utilisée dans les imprimantes 3D et les petites usines CNC. Les petits moteurs trouvent des applications dans de

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

nombreuses applications robotiques et animatroniques. Les cadres NEMA plus grands sont courants dans les machines CNC et les applications industrielles.

### ❖ Caractéristique :

Tableau.II. 4: Caractéristique de moteur pas à pas 42HS34

Modèle.	Angle de pas (°)	Tension / Phase (V)	Courant / Phase (A)	Résistance / Phase (Ω)	Phase d'inductance (mH)	Couple de maintien (kg.cm)	Couple de détente (g.cm.Max)	Inertie du rotor (g.cm <sup>2</sup> )	Longueur du moteur (mm)	Fils de connexion N°	Poids du moteur (kg)
42HS34-1704	1.8	2.2	1.7	1.3	1.8	2.8	200	34	34	4	0.22



Figure.II.28: moteur pas à pas 42HS34.

### 3.3. Alimentation :

#### 3.3.1 Une source d'alimentation (Power supply) :

Une source d'alimentation est un appareil électrique qui fournit de l'énergie électrique avec une charge électrique. La fonction principale d'une alimentation est de convertir le courant électrique d'une source en tension, courant et fréquence corrects pour faire fonctionner la charge.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

En conséquence, les sources d'énergie sont parfois appelées transformateurs de puissance électrique. Certains blocs d'alimentation sont des équipements autonomes séparés, tandis que d'autres sont inclus dans des chargeurs qui les entraînent. Des exemples de ces derniers incluent les blocs d'alimentation que l'on trouve dans les ordinateurs de bureau et les appareils électroniques grand public comme notre imprimante 3D. Les autres fonctions que les alimentations peuvent remplir comprennent la limitation du courant absorbé par la charge à des niveaux sûrs, l'arrêt du courant en cas de panne électrique, le conditionnement de l'alimentation pour empêcher le bruit électronique ou les pics de tension sur l'entrée d'atteindre la charge, les facteurs de correction de puissance, et stocker l'énergie pour qu'elle puisse continuer à faire fonctionner la charge en cas de panne temporaire de l'alimentation électrique (alimentation sans coupure).

Le boîtier d'alimentation est prévu pour une sortie 220V- 50Hz et 60Hz norme française. Il peut servir pour toutes les utilisations qui nécessitent une transformation 12V.



Figure.II.29: Power supply.

### II.4. partie Mécanique :

#### 4.1. Généralités:

Dans tout projet, il y a des pièces mobiles Le mouvement est divisé en deux types, droit et courbe, prenant l'état du mouvement circulaire Les appareils qui fournissent ces mouvements sont les moteurs et la vérin Le type de mouvement dans l'imprimante 3D est le retrait Mais les appareils qui fournissent le mouvement sont les StepperMotor Par conséquent, nous avons besoin de techniques mécaniques pour convertir un mouvement circulaire en mouvement droit .

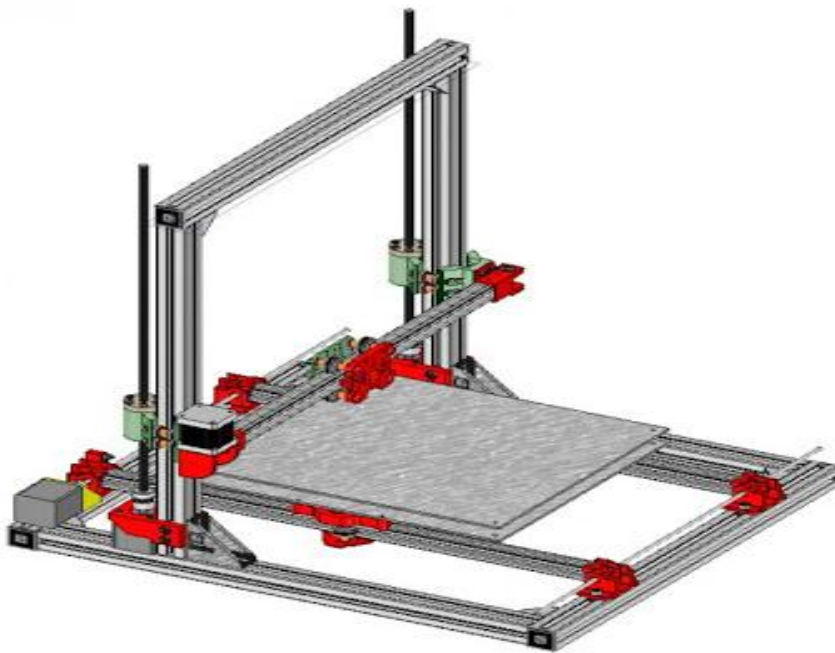


Figure.II.30: Mécanisme l'imprimante 3D.

#### 4.2. Transformation du mouvement:

Les systèmes présentés ci-dessous permettent de transformer un mouvement de rotation en translation ou inversement. Le système est dit réversible si le mouvement de sortie peut entraîner le mouvement d'entrée.

##### 4.2.1. Système vis-écrou:

Les transmissions par système vis-écrou utilisent une liaison hélicoïdale ayant pour base une vis et un écrou à un ou plusieurs filets, et ayant des pas identiques. Cette liaison conduit à une

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

transformation de mouvement de rotation en translation, ou de translation en rotation, avec un élément moteur qui peut être soit la vis soit l'écrou selon le cas et selon la [réversibilité](#) de la liaison. {17}



Figure.II.31: Système vis-écrou.

La vis tournant autour de son axe principal qui entraîne un écrou en translation.

**Relation** : Pour un tour de vis, l'écrou avance du pas de l'hélice.

$$V_{2/0} = \frac{\text{Pas}}{2.\pi} \times \omega_{1/0}$$

- $v$  : vitesse linéaire (m/s)
  - Pas: en (m)
  - $\omega$  : vitesse angulaire (rad/s)
- {18}

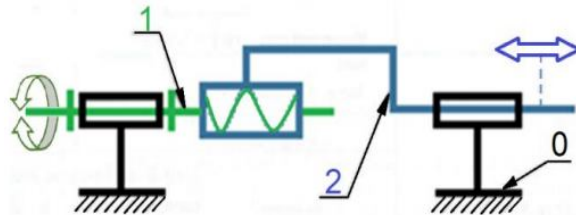


Figure.II.32: la Forme de Système vis-écrou.

### 4.2.2. Système transmissions par poulies et courroies:

**A. - Fonction** : Transmettre par **adhérence**, à l'aide d'un lien flexible « courroie », un mouvement de rotation continu entre deux arbres éloignés. Silencieuses, elles sont surtout utilisées aux vitesses élevées avec de grands entraxes possibles entre poulies. La tension initiale des courroies est indispensable pour garantir l'adhérence et assurer la transmission du mouvement.

**B. - PRINCIPAUX TYPES DE COURROIES:** Un système à entraxe réglable ou un dispositif annexe de tension (galet enrouleur, etc.) est souvent nécessaire pour régler la tension initiale et compenser l'allongement des courroies au cours du temps. À l'exception des courroies crantées,

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

en fonctionnement normal, il existe un léger glissement de la courroie sur les poulies amenant une imprécision du rapport de transmission ; celui-ci n'est pas exactement égal au rapport des diamètres des deux poulies. {19}



Figure.II.33: Système transmissions par poulies et courroies.

Calculer la vitesse linéaire  $V_p$  de point  $P$  de la courroie si la fréquence de rotation de la poulie.

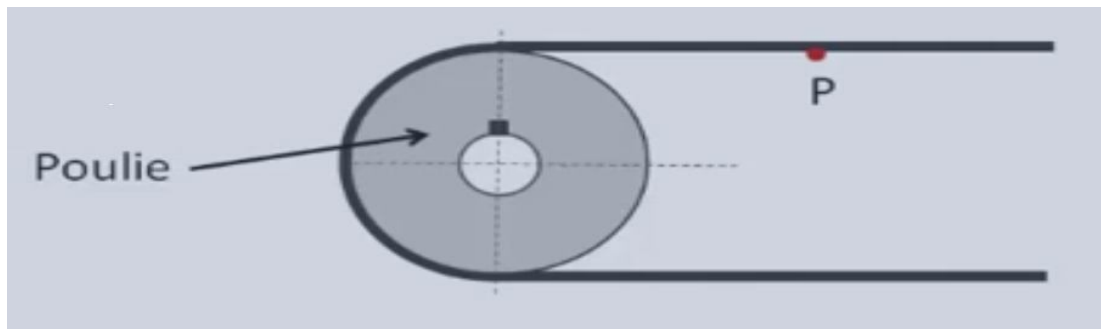


Figure.34: la forme de système transmissions par poulies et courroies.

$$V_p = \pi * D * f / 60$$

- ❖ D : Périmètre poulie.
- ❖ f : fréquence de rotation.

Et nous utilisons dans ce système :

### 4.2.2.1 -Douille à billes :

Les douilles massives sont les plus communément utilisées sur le marché car elles permettent un mouvement linéaire souple avec un faible coefficient de frottement (0.002) et se déclinent en deux versions, représenté par la figure 35.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---



Figures.II.35 : Douille à billes .

- **composition**

La douille à billes se compose d'un cylindre extérieur et d'une cage à billes guidant la circulation des billes produisant ainsi un mouvement linéaire homogène

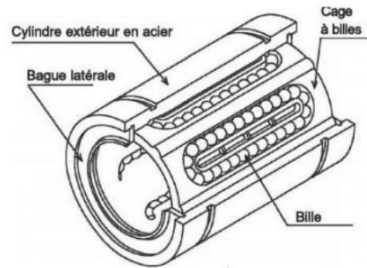


Figure.II.36 : Douille à billes.

### 4.2.2.2–Axes:

Les essieux sont en acier inoxydable et sont utilisés pour le mouvement des axes X, Y et Z, et des douille à billes sont installés sur eux pour se déplacer librement représenté par la figure 37.

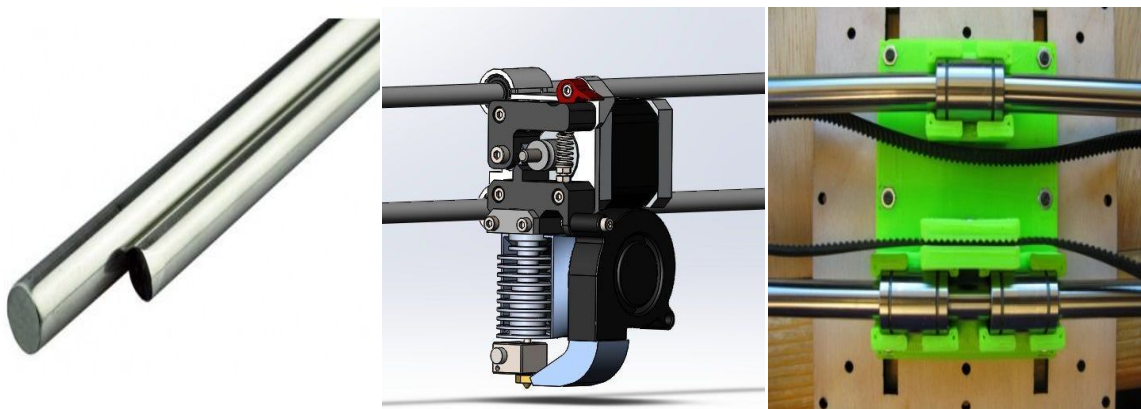


Figure.II.37 : Axes.

### **II.5. partie Chauffer et fondre:**

#### **5.1. Généralités:**

Dans cet partie, on va en apprendre Plastique utilisé dans l'impression 3D et sur les têtes d'impression que l'on retrouve le plus couramment sur le marché de l'impression 3D. Cela nous permettra de voir plus en détail qu'est-ce qui compose une tête d'impression sur une imprimante 3D.

Comprendre comment fonctionne une tête d'impression vous permettra de trouver rapidement des solutions aux problèmes de bouchage et de purge lors de vos impressions.

#### **5.2. La tête d'impression:**

Toutes les têtes d'impressions ne se ressemblent pas. Pourtant leur principe de fonctionnement reste identique d'une imprimante FDM à l'autre. Pour mes explications, je vais donc me baser sur la tête d'impression la plus répandue sur le marché : **la tête E3D V6**. Cette tête d'impression a été créée par la société **E3D**, du site [E3D-online.com](http://E3D-online.com). Elle a été victime de son succès. C'est pour cela qu'on retrouve de nombreuses copies chinoises de cette tête (qui fonctionnent parfaitement bien pour la plupart d'entre elles !).



Figure.II.38: La tête d'impression.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

On retrouve sur cette tête un certain nombre de composants standards que l'on retrouve dans de nombreuses têtes d'impression 3D. À savoir : un **dissipateur de chaleur** au niveau de l'entrée du filament (tube en téflon), un **heatbreak** qui fait le lien entre le dissipateur et le **bloc de chauffe**, ce fameux bloc muni de sa **cartouche chauffante** et sa **thermistance** et enfin la **buse** qui va venir déposer le filament fondu sur notre pièce/plateau.

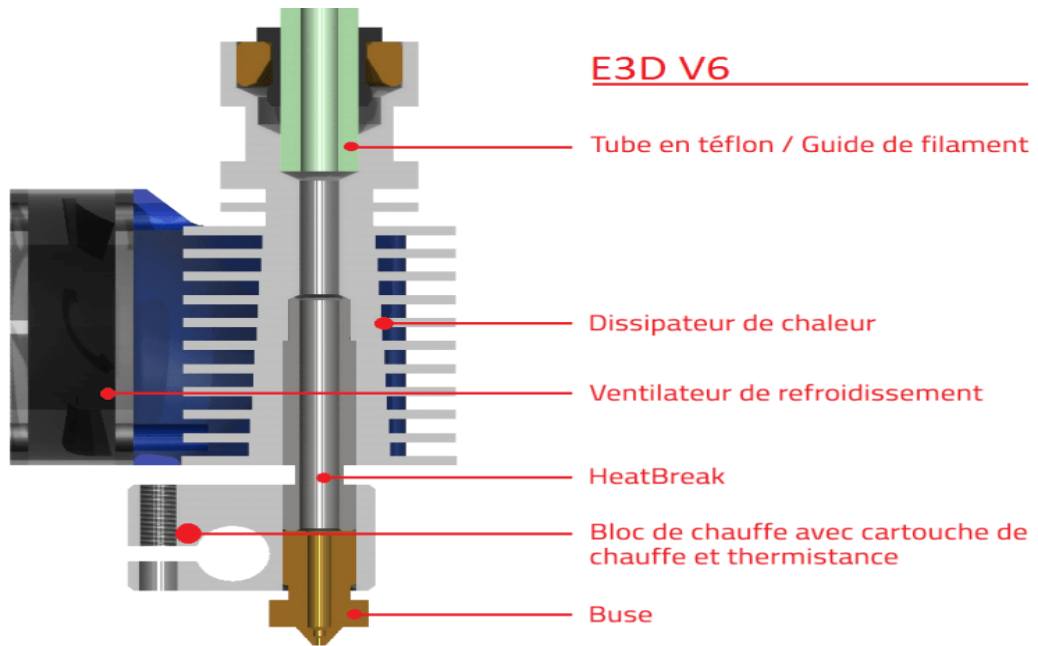


Figure.II.39: Vue de coupe de la tête E3D V6.

À cette tête, on ajoute souvent **un second ventilateur** qui va venir refroidir le plastique qui vient d'être déposé au niveau de la buse. On retrouve également des têtes d'impression à double flux d'air venant souffler sur l'impression pour maximiser l'efficacité du refroidissement. {20}

### 5.3. Composition de la tête d'impression:

Je vais maintenant décomposer chacun de ses éléments pour définir leur rôle au sein de la tête.

#### 5.3.1. Extrudeur :

La plupart des imprimantes sont équipées d'un seul outil d'éjection. L'extrudeuse est la partie responsable de la traction du matériau brut et fondu puis soufflé sur la plate-forme de construction. L'extrudeuse se compose de plusieurs parties: un moteur l'extrudeuse

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

pousse les cordes vers l'extrémité chaude, où l'extrémité chaude est constituée d'un élément chauffant **chauffage, Buse , thermistance** Pour voir à quel point la surface est chaude .

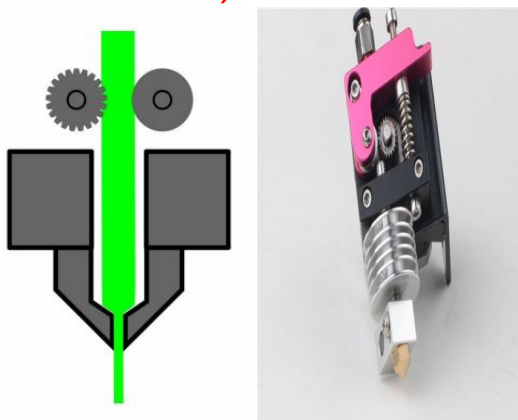


Figure.II.40: Extrudeur.

Le fait d'avoir une extrudeuse vous permet d'imprimer le stéréoscope en utilisant une seule couleur (ou une seule texture) le même temps. Ainsi, pour pouvoir changer la couleur pendant l'impression, l'imprimante doit être éteinte remplacez le rouleau métallique par une autre couleur (ou un autre matériau.) Alors que certaines autres imprimantes contiennent sur deux extrudeuse, vous pourrez imprimer les figures en utilisant deux matériaux (ou Deux couleurs ) ensemble.

### 5.3.1.1. Types d'extrudeuses

Extrudeuse directe  
drive extruder)



Un autre style d'extrudeuse est (direct-  
connu sous le nom de (Bowden)

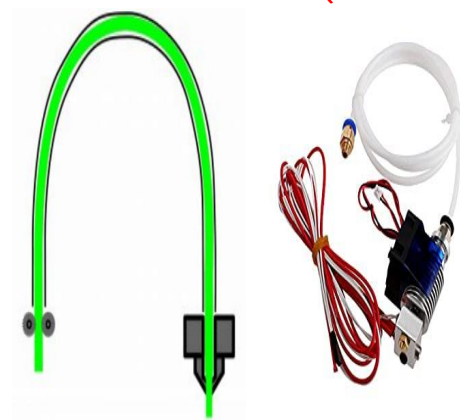


Figure.II.41: Types d'extrudeuses .

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

### 5.3.2. Stepper Moteur :

Sa fonction est de tirer la matière première et de la pousser dans le tube chauffant avec l'engrenage de filature. Le moteur est contrôlé depuis le panneau de commande pour définir la quantité à tirer et Vitesse de traînée et La fusion et Montant de retour .

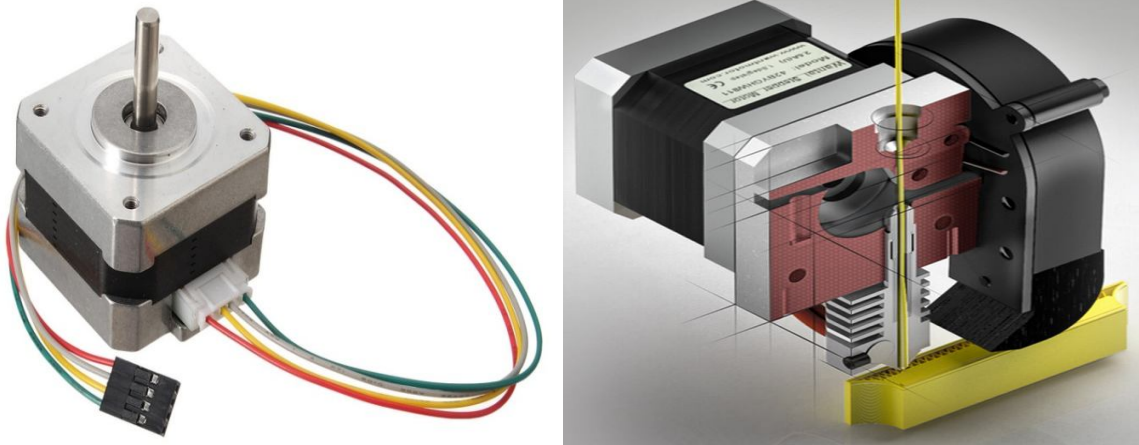


Figure.II.42: Stepper Moteur de Extrudeur .

### 5.3.3. Buse (Nozzle) :

La buse est l'une des pièces les plus importantes de l'imprimante. La buse a un petit trou de sortie le matériau fondu. Dans une certaine mesure, la buse et les matériaux de qualité déterminent quels matériaux l'imprimante peut faire fondre en toute sécurité. Une buse de bonne qualité peut gérer le polycarbonate Nylon et autres plastiques à haute température .



Figure.II.43: Buse (Nozzle).

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

Les buses sont interchangeables, le diamètre des buses varie en fonction de la taille du produit, de la précision et de la vitesse de production . Habituellement, la buse mesure 0,4 mm, tandis qu'une buse plus petite peut être utilisée pour plus de détails Micro buse ou plus pour une impression plus rapide

### 5.3.4. chauffage:

Il soulève la matière première au point de fondre pour la rendre facile à verser. Le radiateur a besoin d'un capteur de température pour contrôler et connaître la température à partir du panneau de commande.



Figure.II.44: chauffage.

### 5.3.5. Tube chauffant :

La matière première est poussée par le moteur pour atteindre le chauffage . Il est très important de s'assurer que la chaleur ne transfère pas au plastique et de le faire fondre avant qu'il n'atteigne la buse. Ce phénomène est appelé la chaleur à rampé.

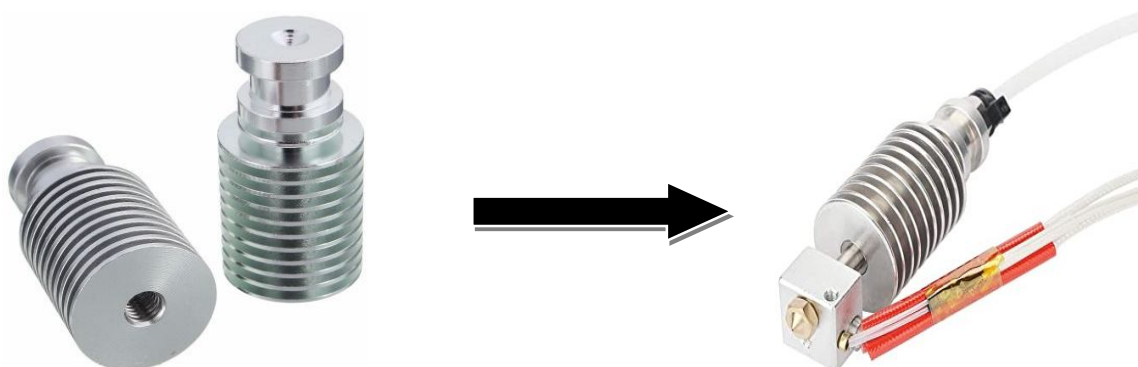


Figure.II.45: Tube chauffant.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

### 5.3.6. Liquide de refroidissement ou ventilateur:

La conception du tube chauffant seul n'est pas suffisante, car le tube doit souvent être refroidi pour garantir la rigidité de la partie au-dessus de lui et non affecté par la chaleur du chauffage.

Le ventilateur fonctionne chaque fois que l'extrémité du tube est chaude .

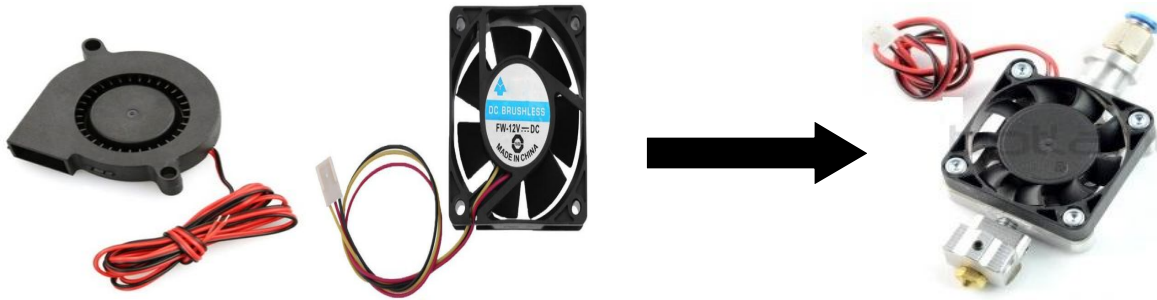


Figure.II.46: ventilateur.

### 5.4 Lit chauffant

Est la table de l'imprimante est représenté par la figure 52, contient un circuit chauffant fixé sous le plan de travail, il permet une bonne répartition de la chaleur sur la plaque de travail. Cette chauffe est obligatoire ou très conseillé pour avoir une bonne accroche du filament et éviter le phénomène de Wrapping (les bords des pièces se décollent). L'impression sur un lit chauffé permet à la partie imprimée de rester chaude pendant le processus d'impression et permet plus même le rétrécissement de la matière plastique. Le lit chauffant donne généralement une qualité supérieure fini construit avec des matériaux tels que l'ABS et PLA.



Figure.II.47: Lit chauffant.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

### 5.4.1- Description:

- Couleur : noire
- Taille : 255 mm x 227 mm
- Alimentation : 12V ou 24V
- Résistance entre 1,0 et 1,2 ohm
- la puissance est 144W
- courant maximal 5A
- température maximale 130 °C

### II.6. Les matériaux plastiques (Filmant):

Parmi les plastiques les plus utilisés pour l'impression 3D FDM (dépôt de matière fondue), il y a 2 consommables dominants : le PLA et l'ABS qui sont des polymères et des [thermoplastiques](#) qui deviennent mous et malléables lorsqu'ils sont chauffés et qui reviennent à un état solide lorsqu'il sont refroidis.



Figure.II.48.Les matériaux plastiques (Filmant).

### 6.1. PLA:

Il est le consommable le plus couramment utilisé pour les imprimantes personnelles qui fonctionnent par dépôt de fil. Ecologique car d'origine végétale (amidon de maïs, racine de manioc et betterave) ce filament est biodégradable, non toxique et sa fusion dégage une légère odeur sucrée. Si le PLA est pur et que l'Extrudeur de l'appareil est en acier inoxydable, alors celui-ci peut être utilisé pour imprimer des objets destinés à être en contact avec des aliments tels que des bols ou des tasses par exemple.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

Une bobine de 1kg de **PLA** de 1,75 mm mesure en moyenne 330 mètres et 115 mètres en 3mm.

Température d'impression : entre 190 et 210 °C / Plateau chauffant optionnel

Densité:1,25g/cm<sup>3</sup>

Points forts : Ne dégage pas de mauvaise odeur et facile à imprimer

Points faibles : Sensible à l'humidité et à la chaleur. {21}

### 6.2. ABS :

Fabriqué à base de pétrole il s'agit du matériau le plus polyvalent car compatible avec presque toutes les imprimantes 3D, y compris les dérivés de RepRap et ceux de MakerBot, Ultimaker, Bits de Bytes, Airwolf3D, Makergear, Printrobot, Bukobot... L'ABS qui est soluble dans l'acétone permet de souder les pièces métalliques avec une goutte ou deux, ou de lisser et créer un effet brillant par brossage ou trempage pièces entières dans l'acétone. Sa force, sa souplesse et sa meilleure résistance à la température font de lui le matériau préféré pour les ingénieurs, et les applications professionnelles.

Une bobine de 1kg d'**ABS** de 1,75 mm mesure en moyenne 410 mètres et 140 mètres en 3 mm.

Température d'impression : entre 220 et 260 °C / Plateau chauffant entre 60 et110°C.

Densité:1,01g/cm<sup>3</sup>

Points forts : Matériau polyvalent et particulièrement résistant, supporte bien les écarts de température.

Points faibles : Odeurs pendant l'impression et parfois sujet au phénomène dit de warping (décollement des bords de la pièce et déformation).{21}

### 6.3. PVA et HIPS : LES MATERIAUX DE SUPPORT:

Pour une impression 3D de type FDM (dépôt de matière fondue), il faudra prévoir ce que l'on appelle un raft (ou ratier). Il s'agit d'un support qui permet de soutenir la pièce sur le plateau pendant l'impression pour qu'elle reste stable. Celui-ci se présente sous la forme d'une grille qui permet une meilleure accroche, ou d'une sorte d'échafaudage afin de soutenir certains éléments tels que le bras d'une figurine ou la base d'une fusée. Les matériaux les plus utilisés sont le PVA et l'**HIPS** (high-impact polystyrene) qui tous deux peuvent se dissoudre dans de l'eau ou avec du D-Limonene (un solvant) en l'espace de 24h. Ce dernier s'utilise avec de l'ABS qui possède les mêmes températures d'extrusion et de plateau, de ce fait ce matériau ne concerne que les imprimantes 3D à double extrudeur.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

Température d'impression du PVA : entre 190 et 210 ° C / plateau chauffant optionnel.

Points forts : facile à imprimer et inodore.

Points faible : sensible à l'humidité.

Température d'impression de l'HIPS : entre 220 et 260 ° C / plateau chauffant entre 60 et 110 ° C.

Points forts : Bonne finition et généralement moins cher que le PVA.

Points faibles : Parfois sujet au warping .{21}

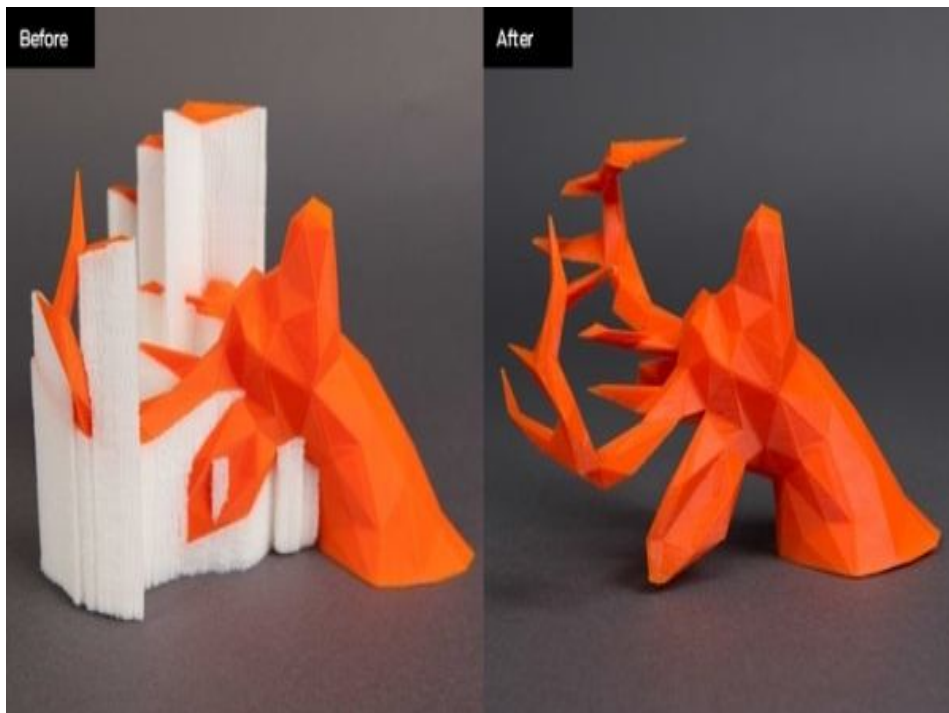


Figure.II.49: LES MATERIAUX DE SUPPORT.

## CHAPITRE.II : Aspect Hardware.

---

### **II.7. Conclusion:**

Avant de démarrer un projet, il est nécessaire de s'assurer de tout l'équipement et de sa compatibilité entre eux et de sa qualité, et aussi il doit être testé au préalable avant d'installer toute pièce pour assurer sa sécurité et son bon fonctionnement, comme les moteurs pas à pas, les capteurs, le système d'extrusion, ainsi que les systèmes de transmission, et à un autre niveau, possibilité Remplacez n'importe quelle pièce s'il y a un défaut ou s'il n'y a pas assez d'espace pour cela, et comme nous utilisons une électronique programmable, il faut également l'essayer avec des codes simples .

# CHAPITRE.III:



# Aspect Software



## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

### **III.1. Introduction:**

Le matériel seul n'est pas suffisant pour fabriquer une imprimante 3D, donc un programme compatible doit être utilisé afin de transférer un achat de contrôle à tous les composants installés dans le châssis, tels que les moteurs pas à pas et les éjecteurs, et de collecter des informations à partir de capteurs tels que température du capteur et fin de course.

Dans ce chapitre, nous trouverons plusieurs programmes nécessaires pour accomplir tout cela, en plus d'autres programmes de conception et de découpe, car le modèle à imprimer est principalement conçu avec l'un des programmes

## CHAPITRE.III: Aspect Software

### III.2.Architecture software d'une imprimante 3D :

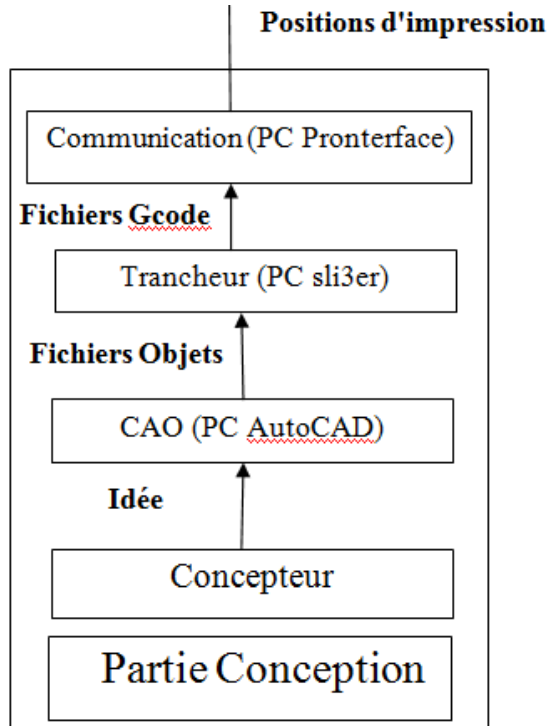


Figure.III.1: Architecture software d'une imprimante 3D.

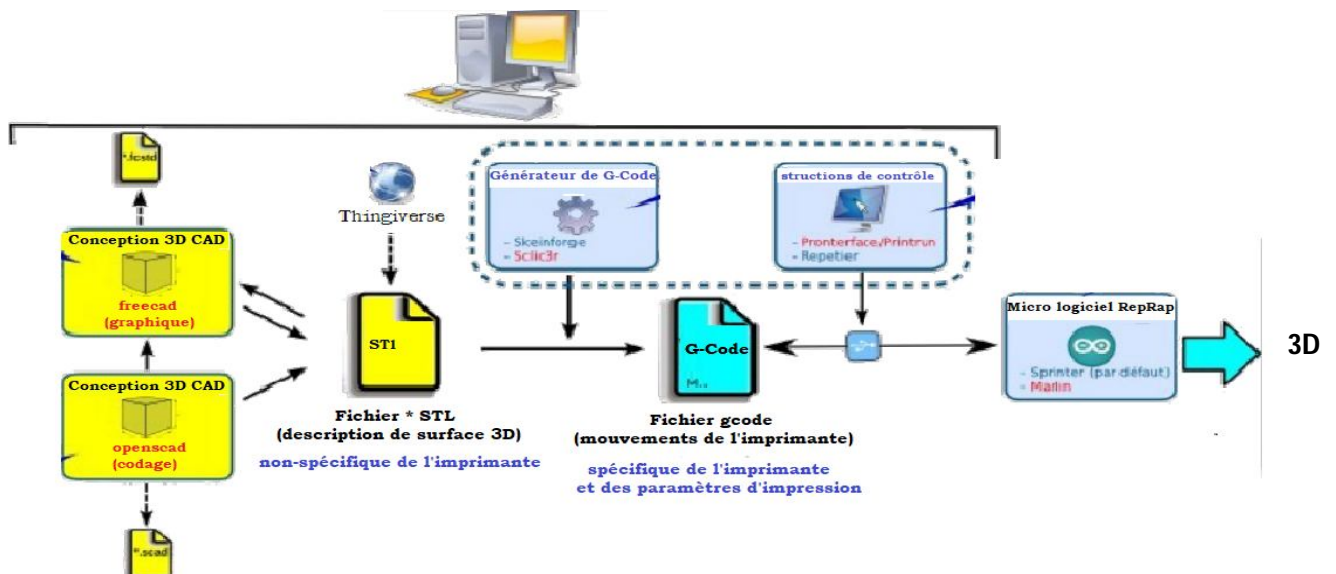


Figure.III.2: Fonctionnement software d'une imprimante 3D.

### **III.3. Les logiciels utilisés en programmation et simulation:**

Pour former un système capable de contrôler le imprimant 3D façon intelligente, nécessaires deux étapes sont: logiciel de programmation le contrôleur, et logiciel de simulation le mouvement du imprimant 3d , nous vous expliquera en la suite :

#### **3.1. Arduino IDE:**

Le projet Arduino était destiné à l'origine principalement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques. C'est une partie de l'explication de la descendance de son interface de programmation de Procession.

Procession est une librairie java et un environnement de développement libre. Le logiciel fonctionne sur Mac, Windows, Linux, et Android.

##### **3.1.1. Définition Arduino IDE :**

C'est un logiciel de programmation par code, code qui contient une cinquantaine de commandes différentes. A l'ouverture, l'interface visuelle du logiciel ressemble à ceci: des boutons de commande en haut, une page blanche vierge, une bande noire en bas. {22}

##### **3.1.2. L'interface l'Arduino IDE :**

L'interface du logiciel Arduino se présente de la façon suivante :

## CHAPITRE.III: Aspect Software

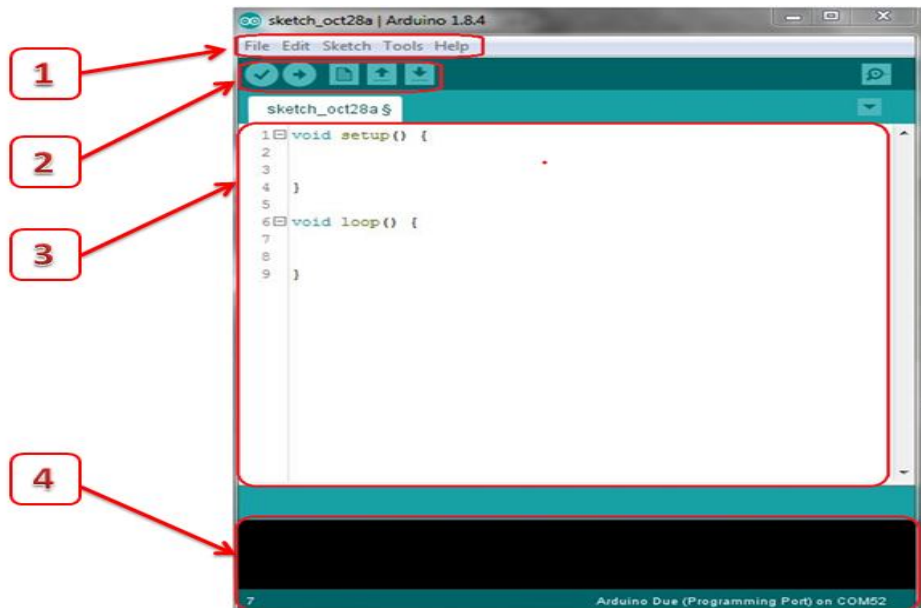


Figure.III.3: Interface IDE Arduino.

1. options de configuration du logiciel
2. boutons pour la programmation des cartes.
3. programme à créer.
4. débogueur (affichage des erreurs de programmation).{22}

- **Les boutons:**



Figure.III.4: Boutons de contrôle.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

1. permet de vérifier le programme, il actionne un module qui cherche les erreurs dans le programme.
2. Compiler et envoyer le programme vers la carte.
3. Créer un nouveau fichier .
4. Charger un programme existant.
5. Sauvegarder le programme en cours.
6. Recevoir et envoyez les données entre la carte et l'ordinateur.
7. Liste d'ajouter ou supprimer ou renommer page.{22}

### 3.1.3. Description du programme:

Un programme Arduino est une suite d'instructions élémentaires sous forme textuelle(ligne par ligne). La carte lit puis effectue les instructions les unes après les autres dans l'ordre défini par les lignes de codes.

- **Commentaires :**

Les commentaires sont, en programmation informatique, des portions du code source ignorées par le compilateur ou l'interpréteur, car ils ne sont pas censés influencer l'exécution du programme. Il ya deux méthodes de commentaire :

// (Commentaire simple ligne).

/\* \*/ (Commentaire multi-lignes).

- **Les bibliothèques :**

Les bibliothèques sont un ensemble de codes qui vous permettent de vous connecter facilement à un capteur, un écran, un module, etc. Par exemple, la bibliothèque Stepper(#include<Stepper.h>) intégrée facilite la communication avec servomoteurs à caractères. Il existe des centaines de bibliothèques supplémentaires disponibles sur Internet. Les bibliothèques intégrées et certaines de ces bibliothèques supplémentaires sont répertoriées dans la référence. Pour utiliser les bibliothèques supplémentaires, vous devrez les installer.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

- **Définition des variables.**

Pour notre montage, on va utiliser une sortie numérique de la carte, qui est par exemple la 13 ème sortie numérique. Cette variable doit être définie et nommée ici: on lui donne un nom arbitraire BrocheLED . Le mot de la syntaxe est pour désigner un nombre entier est **int**. Il ya plusieurs types de variables :

- char (variable 'caractère').
- int (variable 'nombre entier').
- long (variable 'nombre entier de grande taille').
- string (variable 'chaine de caractères').
- array (tableau de variables).
- #define (donner une valeur à un nom).{23}

- **Configuration des entrées-sorties:**

**voidsetup()** : Les broches numériques de l'Arduino peuvent aussi bien être configurées en entrées numériques ou en sorties numériques. Ici on va configurerBrocheLED en sortie.

pinMode (nom, état) : est une des quatre fonctions relatives aux entrées-sorties numériques :

- pinMode(broche, état) (configuration des broches)
- digitalWrite(broche, état) (écrire un état sur une broche num.)
- digitalRead(broche) (lire un état sur une broche num)
- unsigned long pulseIn(broche, état) (lire une impulsion sur une brochenum.)
- Il yadeux fonctions pour configurer les entrées-sorties analogiques :
- intanalogRead(broche) (lire la valeur d'une broche analogique.)
- analogWrite(broche, valeur) (PWM : écrire une valeur analogique sur la broche). {23}

- **Programmation des interactions:**

**voidloop()**: Dans cette boucle, on définit les opérations de la programme. Chaque ligne d'instruction est terminée par un point virgule Ne pas oublier les accolades, qui encadrent la boucle.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

### 3.1.4. Les étapes de téléchargement du programme:

Une simple manipulation enchaînée doit être suivie afin d'injecter un code vers la carte Arduino via le port USB.

- On conçoit ou on ouvre un programme existant avec le logiciel IDE Arduino.
- On vérifie ce programme avec le logiciel Arduino (compilation).
- Si des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- On charge le programme sur la carte.
- On câble le montage électronique.
- L'exécution du programme est automatique après quelques secondes.
- On alimente la carte soit par le port USB, soit par une source d'alimentation autonome.
- On vérifie que notre montage fonctionne. {23}

### 3.2. Labview :

**LabVIEW** (contraction de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) est le cœur d'une plate-forme de conception de systèmes de mesure et de contrôle, fondée sur un environnement de développement graphique de **National Instruments**. Le **langage graphique** utilisé dans cette plate-forme est appelé «G». Créé à l'origine sur **Apple Macintosh** en 1986, LabVIEW est utilisé principalement pour la mesure par **acquisition de données**, pour le contrôle d'instruments et pour l'automatisme industriel. La plate-forme de développement s'exécute sous différents systèmes d'exploitation comme **Microsoft Windows**, **Linux** et **MacOSX**. LabVIEW peut générer du code sur ces systèmes d'exploitation mais également sur des plates-formes **temps réel**, des **systèmes embarqués** ou des composants reprogrammables **FPGA**. Depuis 2009, LabVIEW évolue au rythme d'une version majeure millésimée par an. {26}

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

### III.4. Logiciel utilisé pour l'impression 3D:

La création et l'impression de modèles 3D uniques nécessitent trois types de logiciels :

1. Logiciel de modélisation 3D.
2. Logiciel de découpage de formules.
3. Logiciel de communication directe avec la machine.



Figure.III.5:Étapes pour l'impression 3D.

### 4.1. Les logiciels utilisés en modélisation 3D:

#### 4.1.1 TOP 8 des logiciels de CAO pour l'impression 3D :

Le logiciel que vous devez utiliser quand vous concevez une pièce imprimée en 3D dépend entièrement de sa nature. La complexité de votre objet influencera votre choix final. En général, les logiciels de modélisation peuvent être séparés en deux catégories : logiciel de CAO et logiciel de modélisation 3D. Le plus souvent, le logiciel de CAO sera utilisé pour créer des objets industriels qui intègrent des mécanismes plus ou moins complexes. Le logiciel de modélisation 3D est quant à lui préféré quand on veut obtenir plus de liberté artistique et conceptuelle – historiquement, il est utilisé dans le secteur des jeux vidéos et de l'animation. Nous vous avons d'ailleurs présenté quelques logiciels 3D pour les débutants.

Mais qu'est-ce qu'un logiciel de CAO ? L'acronyme signifie **Conception Assistée par Ordinateur** et suggère qu'il vient faciliter la génération, modification et optimisation d'un design pour une pièce ou une série de pièces plus ou moins complexes. Un logiciel de CAO peut être très spécifique, que ce soit pour de la conception industrielle, mécanique, de l'architecture ou de l'ingénierie pour l'aéronautique. Nous nous concentrerons aujourd'hui sur les logiciels de

## CHAPITRE.III: Aspect Software

CAO qui servent à modéliser de futures pièces imprimées en 3D. Compte tenu des multiples fonctionnalités qu'un logiciel peut avoir, nous les avons séparés par niveau d'expertise – débutant, intermédiaire, professionnel.

- **TOP 1– TinkerCAD:**

TinkCAD est l'application en ligne de design 3D pour débutant d'Autodesk. Le logiciel repose sur une construction de blocs, vous permettant de développer des modèles à partir d'un ensemble de formes de base. Il intègre une bibliothèque de millions de fichiers que les utilisateurs peuvent utiliser pour trouver les formes qui leur conviennent le mieux et les manipuler à leur guise.

C'est un logiciel assez simpliste qui comportera donc des limites pour certaines conceptions. Cependant, il est idéal pour toute personne qui n'a aucune expérience en modélisation 3D. {24}

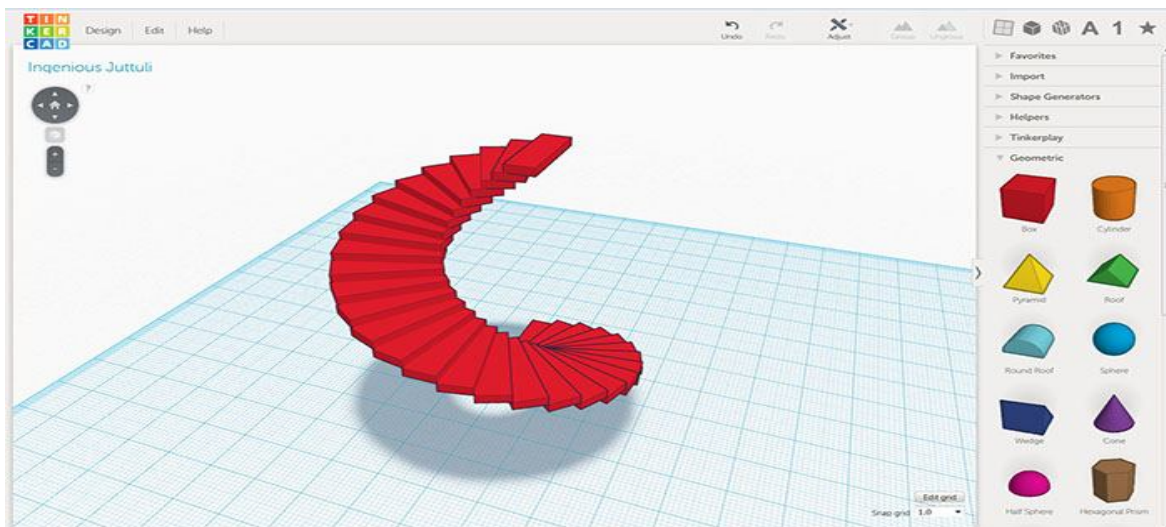


Figure.III.6: TinkerCAD.

- **TOP 2 – FreeCAD:**

FreeCAD est un outil de modélisation 3D paramétrique totalement gratuit et open-source qui vous permet de concevoir des objets réels, de toutes tailles. Le côté paramétrique facilite

## CHAPITRE.III: Aspect Software

l'édition. Vous pouvez consulter l'historique de votre modèle et en modifier ses paramètres pour en obtenir un différent.

Ce logiciel n'est pas conçu pour un usage professionnel mais constitue un bon outil de formation. Les options proposées sont assez basiques et seront un bon point de départ pour tout débutant.

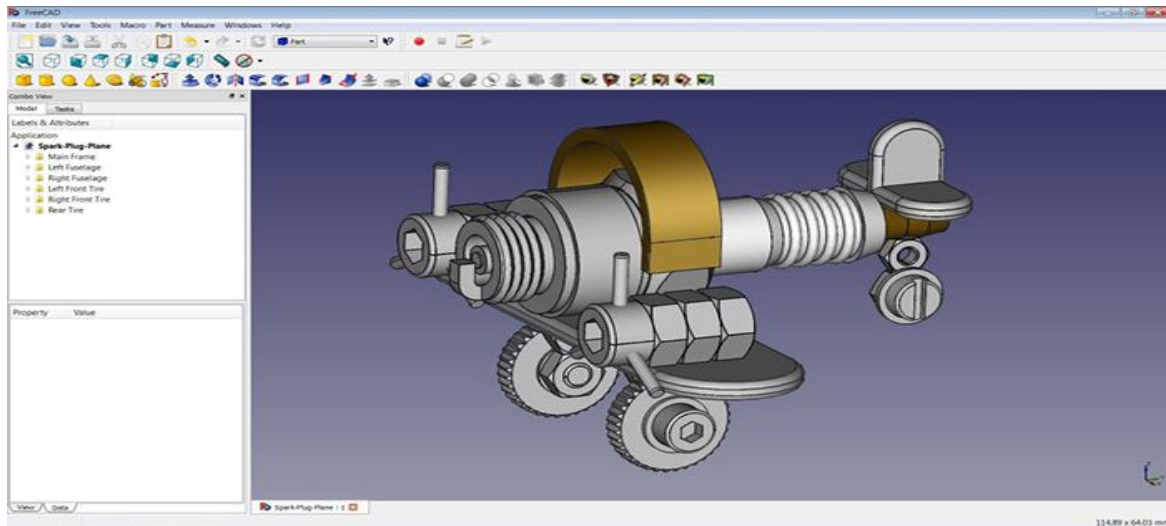


Figure.III.7: FreeCAD.

- **TOP 3 – BlocksCAD:**

Ce logiciel 3D a spécialement été pensé pour l'éducation. Il a été conçu pour que tout le monde puisse utiliser OpenSCAD, un logiciel de CAO plus professionnel. Les commandes pour créer des objets et les transformer sont représentées par des blocs de couleurs, ce qui nous rappelle le jeu de construction bien connu, LEGO.

Le code de Blockscad est compatible avec celui d'OpenSCAD afin que vous puissiez donner la touche finale à vos modèles. Les formats d'exportation peuvent être OpenSCAD ou STL. Pour que tout le monde puisse apprendre à utiliser le logiciel, Blockscad dispose d'une chaîne Youtube avec différents tutoriels sur la modélisation 3D.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

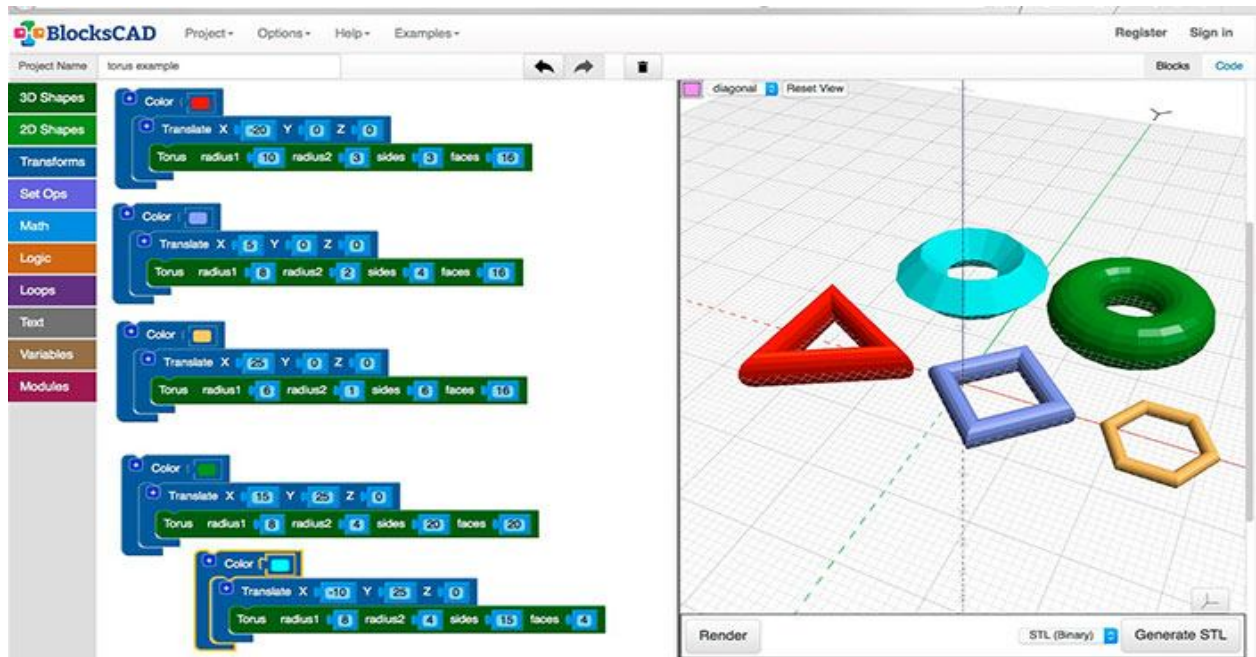


Figure.III.8: BlocksCAD.

- **TOP 4 – CREO :**

Le logiciel de CAO Creo est l'un des leaders du marché pour la conception de produits, développé par Parametric Technology Corporation il y a maintenant plus de 30 ans. Il intègre de nombreuses fonctionnalités que ce soit l'analyse thermique, de structure, du mouvement, une génération de surfaces paramétriques et de style libre ou encore de la modélisation directe.

C'est un outil complet, idéal pour la fabrication additive, qui vous permettra de réaliser tous vos calculs de dimensionnement tout en modélisant votre idée finale. La dernière version Creo 5.0 est sortie en 2018 et présente notamment une interface utilisateur améliorée, repensée pour une meilleure prise en main. Une version d'essai de 30 jours est disponible gratuitement.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

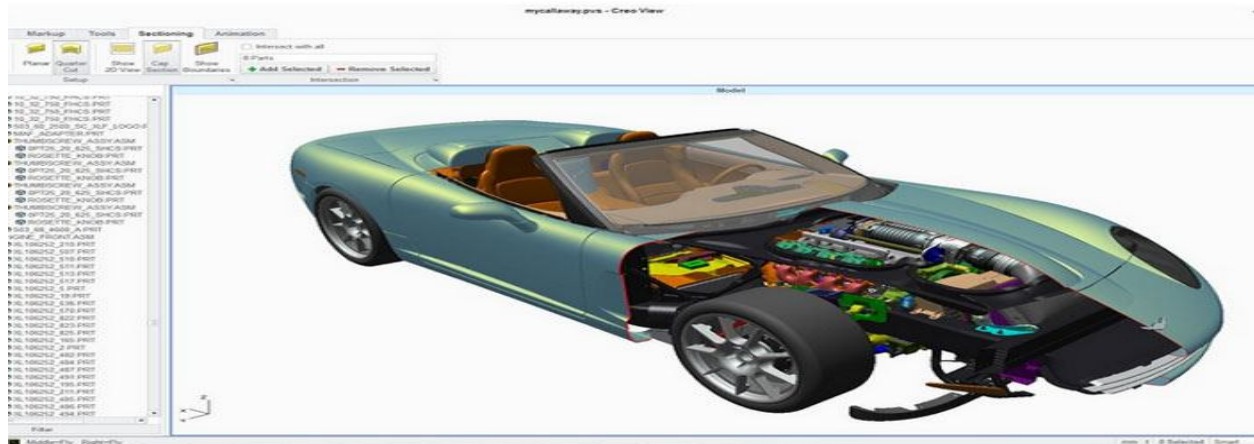


Figure.III.9: CREO.

- **TOP 5 – Fusion 360°:**

Fusion 360° est un logiciel de CAO basé dans le Cloud. Il utilise la puissance du cloud pour rassembler des équipes de design afin qu'elles collaborent ensemble sur des projets complexes. Le logiciel peut conserver tout l'historique d'un modèle, comprenant toutes ses itérations.

Il a également différentes options de design, notamment la modélisation de formes libres, de solides et de structures réticulaires.

Il fonctionne sur un abonnement payant mensuel. Les développeurs mettent régulièrement à jour ses fonctionnalités, offrant alors davantage de nouveautés.

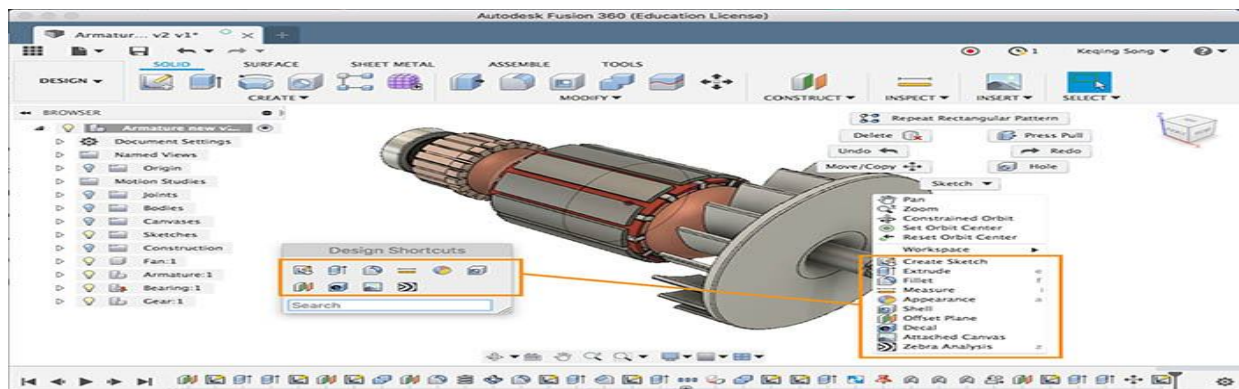


Figure.III.10: Fusion 360°.



## CHAPITRE.III: Aspect Software

4D\_Additive intègre également différents outils d'analyses pour l'impression 3D comme une analyse de la qualité de surface, l'orientation de la pièce, etc.

Le logiciel de CAO propose également de créer des supports d'impression quand ceux-ci sont nécessaires.

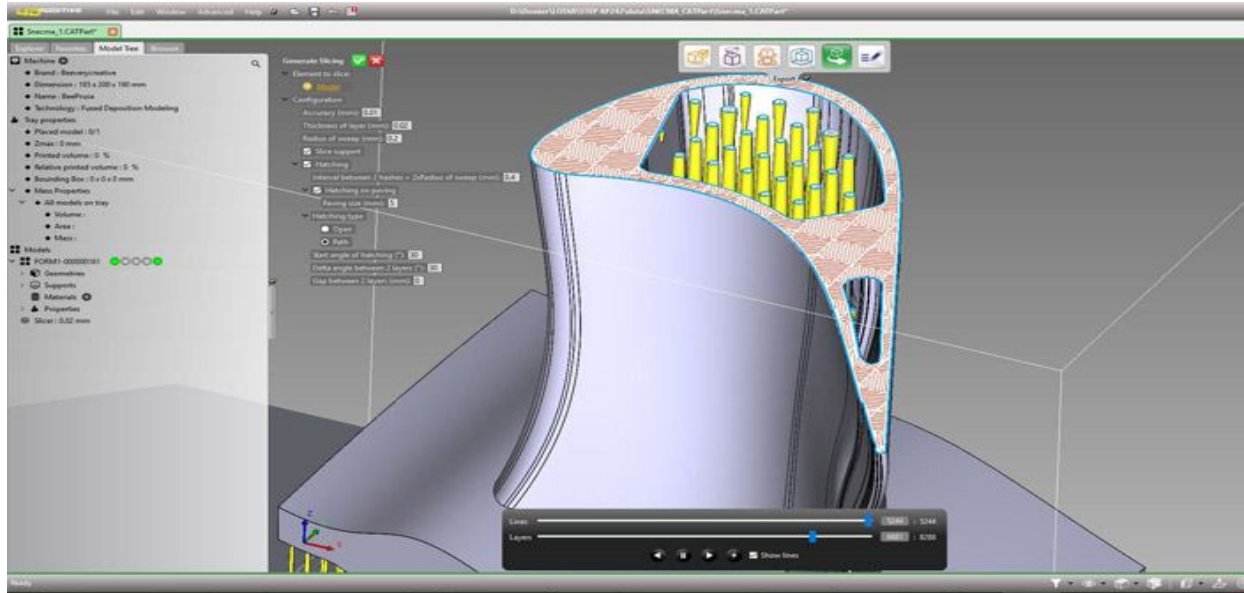


Figure.III.12: 4D\_Additive.

- **TOP 8 – OpenSCAD:**

OpenSCAD est un logiciel de CAO gratuit open-source destiné à créer des modèles 3D solides. Il convient aux utilisateurs expérimentés à la recherche d'une plate-forme pour un projet élaboré. De plus, étant donné sa géométrie solide constructive et son extrusion de contours 2D, ce logiciel est intuitif pour les codeurs et programmeurs.

Il convient aux formes simples déjà définies de manière paramétrique.

Comme il est complètement basé sur le langage de description, le programme ne sera pas intuitif pour tout le monde.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

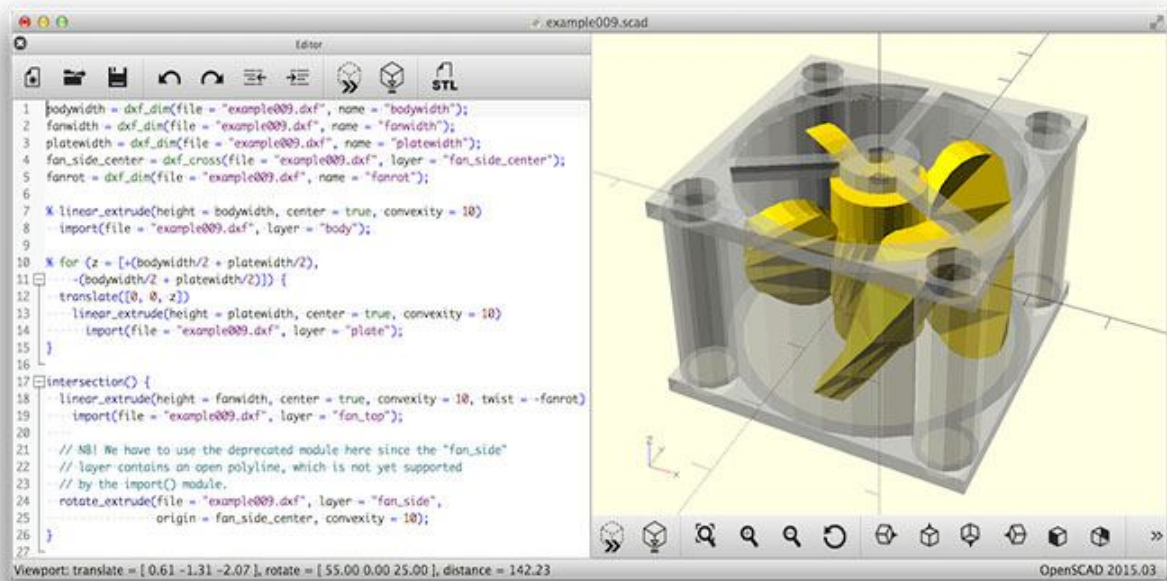


Figure.III.13: OpenSCAD.

Après avoir terminé la conception stéréoscopique en prenant les programmes de conception, il doit s'agir d'un autre programme qui coupe le stéréoscope en lignes avec des valeurs numériques faciles à utiliser pour l'imprimante 3D.

- **TOP9 – AutoCAD**

AutoCAD permet la création et l'édition professionnelles de géométries 2D et de modèles 3D avec des solides, des surfaces et des objets. C'est l'un des logiciels de CAO les plus reconnus internationalement en raison de la grande variété de possibilités d'édition qu'il offre. C'est pourquoi c'est un outil largement utilisé par les architectes, ingénieurs et designers industriels, entre autres. Actuellement, le logiciel est développé et commercialisé par Autodesk, un leader sur le marché des logiciels de conception, d'ingénierie et d'animation 3D. Fondée en 1982, Autodesk, société multinationale, a commencé son aventure avec le développement d'AutoCAD avant de passer à d'autres solutions logicielles, dont certaines spécialisées dans la fabrication additive.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

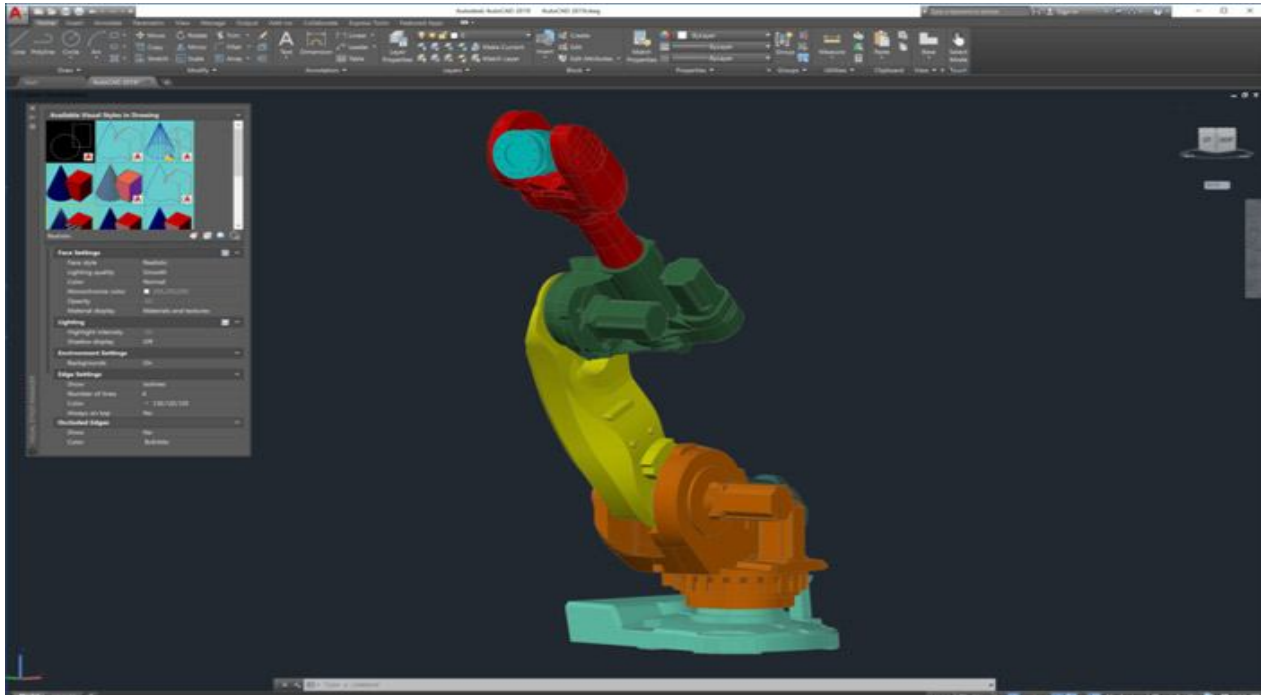


Figure.III.14: AutoCAD.

❖ **Observation** : Nous avons choisi AutoCAD dans notre projet.

**Pourquoi** : Choisissez le logiciel AutoCAD car il est facile à utiliser et donne également des conceptions précises et des dimensions réelles, il est également facile de couper des conceptions dans le programme de découpe

### **III.5. Programme de découpe 3D :**

#### **5.1 Cura :**

Ultimaker, fabricant d'imprimantes 3D, a développé le logiciel Cura Open source, et son utilisation n'est pas limitée aux imprimantes 3D Ultimaker. Avec Intuitif, rapide et facile à utiliser. Il convient aux débutants pour utiliser facilement l'interface L'extrémité avant , Il permet un contrôle plus précis des paramètres de l'imprimante.{30}

## CHAPITRE.III: Aspect Software

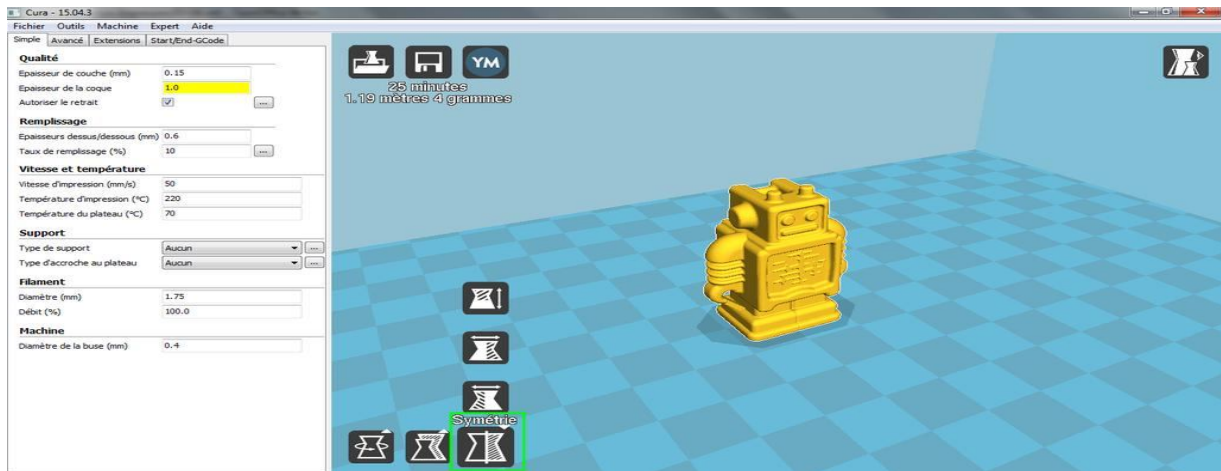


Figure.III.15: Cura.

### 5.2. slic3er:

Slic3r est l'outil dont vous avez besoin pour convertir un modèle 3D numérique en instructions d'impression pour votre imprimante 3D. Il coupe le modèle en tranches horizontales (couches), génère des parcours d'outils pour les remplir et calcule la quantité de matériau à extruder. Le projet a démarré en 2011 à partir de zéro: le code et les algorithmes ne sont basés sur aucun autre travail antérieur. La lisibilité et la maintenabilité du code font partie des objectifs de conception. {27}

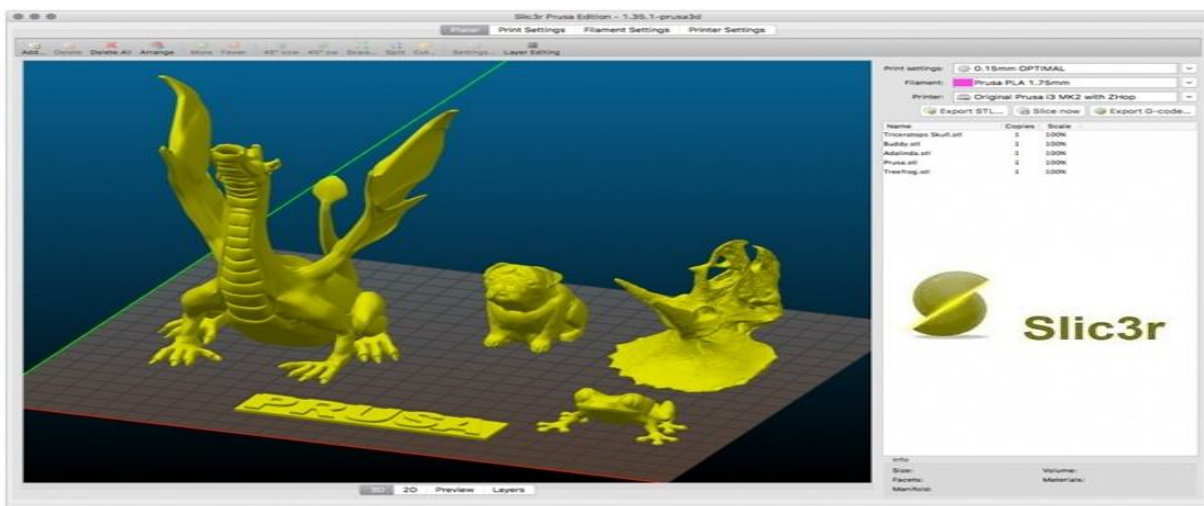


Figure.III.16: slic3er.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

### 5.2.1 Disponibilité :

*Slic3r est disponible dans des packages précompilés pour MacOS X, Windows et Linux.*

*Il est également possible de git cloner et d'exécuter Slic3r à partir de là pour rester à jour; un seul script est fourni pour installer automatiquement toutes les dépendances via CPAN. {27}*

## III.6. Programme de communication directe avec l'imprimante 3D:

### 6.1. Pronterface:

*Pronterface est un hôte GUI pour l'impression 3D: il peut gérer votre imprimante ainsi que préparer, découper et imprimer vos fichiers STL. Ainsi, vous pouvez utiliser son environnement graphique pour configurer et contrôler facilement votre imprimante 3D via un câble USB.*

*Fonctionnant sur le code source Python, Pronterface est devenu très populaire depuis sa sortie grâce à sa configuration rapide et à son interface facile à utiliser. Malgré son aspect simpliste, avec le strict minimum en termes de graphismes et d'interface utilisateur, il reste très utile et occupe une position forte dans la communauté de l'impression 3D. {28}*

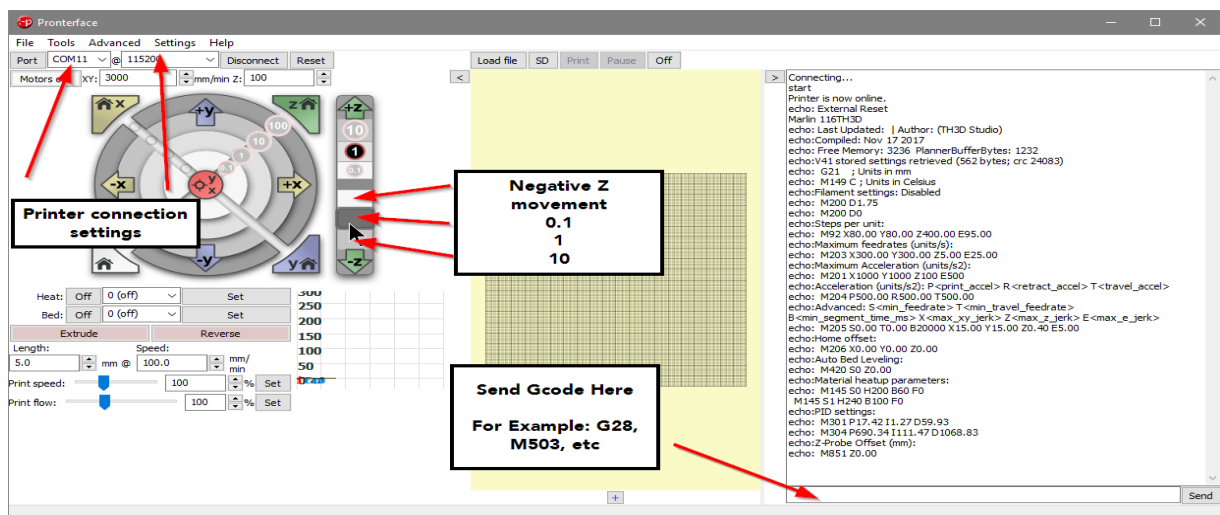


Figure.III.17: Pronterface.

#### 6.1.1 Avantages:

Voici quelques-unes des raisons pour lesquelles vous pourriez envisager d'utiliser Printron:

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

- **Package entièrement intégré:** Printron est une chaîne d'outils puissante et complète. Lorsque vous téléchargez et installez le package Printron, vous obtenez tout ce dont vous avez besoin pour commencer à imprimer vos fichiers STL. La suite est complète, avec de nombreux paramètres réglables par l'utilisateur que vous pouvez utiliser (ou ignorer) pour obtenir une impression rapidement ou pour modifier le processus d'impression comme bon vous semble. Cela en fait un outil idéal non seulement pour les imprimeurs commerciaux, mais également pour ceux qui conçoivent et construisent eux-mêmes. Chaque paramètre est accessible et comporte des boîtes d'aide contextuelles qui expliquent ce que fait le paramètre.
- **GUI simple:** L'interface utilisateur graphique est facile à utiliser et vous donne accès à tous les paramètres et mouvements importants (mouvement des axes X, Y et Z, mouvement du filament, extrémité chaude et température du lit, pour n'en nommer que quelques-uns). Une fonctionnalité particulièrement utile est la possibilité de créer des boutons contrôlés par l'utilisateur qui peuvent envoyer n'importe quelle commande M ou G (ou série de commandes) en cliquant simplement sur ce bouton. Par exemple, on peut définir des boutons qui envoient l'effecteur d'extrémité d'une imprimante à divers endroits sur le lit pour s'assurer qu'il est de niveau. Alors que la plupart d'entre nous utiliseraient l'interface graphique, Printron permet un contrôle total à l'aide d'une interface de ligne de commande, une fonctionnalité particulièrement unique.
- **Opération de slicer de premier plan et d'arrière-plan:** on peut exécuter le slicer installé, généralement Slic3r, en arrière-plan ou passer directement à l'outil. Les fichiers STL sont automatiquement découpés, mais les fichiers g-code sont chargés tels quels et ne sont plus manipulés. Cela peut être un avantage si vous effectuez des impressions répétitives, car vous n'avez pas à découper le fichier STL à chaque fois que vous le chargez. Le Slic3r fourni avec Printron permet l'insertion de code avant et après le changement d'outils, avant et après le changement de calque, et au début et à la fin d'une impression.
- **Manipulation facile des objets:** à l'aide du plateau, vous pouvez charger et organiser des objets pour les adapter à votre plaque de construction. Vous pouvez enregistrer la plaque entière en tant que fichier STL ou, avec le plateau g-code, en g-code.

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

Pris en charge par tous les principaux systèmes d'exploitation: Enfin, un avantage considérable de Printron est qu'il fonctionne sur toutes les plates-formes OS (Linux, Windows et MacOS) et se comporte de manière identique sur les trois. Des versions précompilées sont disponibles pour Mac et Windows. Certaines plates-formes Linux, telles que Ubuntu, ont des versions de package de Printron mais permettent également la compilation à partir des sources. {28}

### 6.1.2 Désavantages:

- **Ensemble de paramètres stupéfiant:** Printron n'est pas pour les faibles de cœur. Avec autant de paramètres réglables, cela peut submerger un débutant. Ceci est résolu en ayant des modèles pour certaines imprimantes standard qui vous permettent de démarrer avec un minimum de tracas, mais si vous avez une imprimante qui n'a pas de modèle, prévoyez de passer du temps à entrer et à modifier les paramètres. .
- **Ajout manuel de Slic3r à MacOS et Linux:** "dit Nuff. Vous devez télécharger Slic3r séparément pour ces systèmes d'exploitation. Pour MacOS, assurez-vous que Pronterface et Slic3r se trouvent dans le dossier Applications.
- **Pas de reprise de panne de courant:** la perte de courant tue l'impression. Il ne se souviendra plus de l'endroit où il se trouvait lorsque les lumières se sont éteintes, vous devrez donc recommencer.
- **Framework légèrement obsolète:** comme nous le verrons ci-dessous, Printron est stocké dans un référentiel GitHub. Si vous regardez attentivement, vous verrez que de nombreux fichiers qui composent la chaîne d'outils Printron n'ont pas été modifiés depuis 2015. Cependant, la version 2015 est antérieure à de nombreuses options désormais incluses dans des offres logicielles plus «modernes». Bien qu'en cours de développement, la version 2.0.X de Printron est disponible pour les utilisateurs souhaitant compiler le code à partir des sources.
- **Graphiques obsolètes:** les graphiques sont plus simples que les offres plus récentes, mais cela peut également être un avantage si vous n'avez pas besoin de graphiques à très haute résolution ou si vous utilisez un ordinateur ou un ordinateur portable plus ancien comme ordinateur principal de votre imprimante. {28}

## CHAPITRE.III: Aspect Software

---

### **III.7. conclusion:**

Après avoir préparé une imprimante 3D à partir d'un périphérique matériel, il est nécessaire d'équiper son logiciel, c'est-à-dire l'utilisation des programmes qui y sont utilisés, ainsi que certaines particularités nécessaires au fonctionnement de l'imprimante, car le matériel ne suffit pas à lui seul et l'utilisation de programmes professionnels signifie que l'imprimante donnera d'excellents résultats. Mais tout cela passe par plusieurs étapes, du fonctionnement de l'imprimante elle-même au produit final.

# **CHAPITRE.IV:**



**Modélisation ,  
Réalisation et  
Utilisation**



### **IV.1. Introduction:**

Avant de passer sur le terrain, tout appareil nécessite une étude théorique détaillée de toutes ses parties, surtout s'il dépend de nombreuses équations et calculs précis. Comme c'est le cas dans l'imprimante 3D, cela nécessite une haute précision d'orientation, une fabrication précise, un mouvement fluide et une facilité logicielle jusqu'à ce que nous obtenions enfin le produit souhaité .

L'étude théorique nécessite la création d'un modèle bidimensionnel et tridimensionnel et la modélisation des circuits électriques et l'étude du mouvement mécanique puis de passer au travail pratique qui est l'achèvement de la machine et la faire fonctionner efficacement, flexibilité et précision dans la conception et la direction, et nous essaierons d'expliquer tout cela en partie .

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

### IV.2. Modèle GRAFCET pour la commande de l'imprimante 3D :

Notre système contient des moteurs pas à pas et ce mouvement circulaire est converti en mouvement linéaire au moyen de systèmes de transmission. Chaque moteur tourne un certain nombre d'étapes, donc une partie spécifique de la machine se déplace, et le mouvement est basé sur les commandes du service de contrôle, et ce que nous voyons ici est un cahier des charges qui peut être représenté par **GRAFCET** .

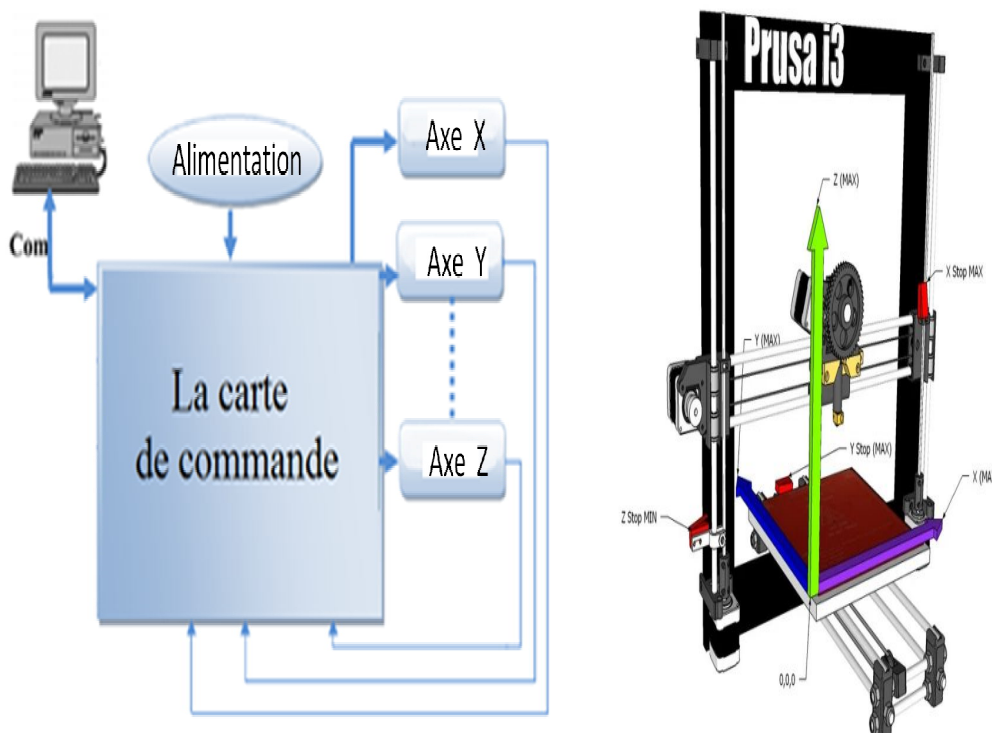


Figure.IV.1 : Le système est complet.

#### ❖ GRAFCET ( à effacer)

Un **GRAFCET**(**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape-**T**ransition) est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme. C'est un **outil graphique** de description du comportement de la *partie commande*. Il décrit les interactions informationnelles à travers la frontière d'isolement : partie de commande, partie opérative d'un système isolé **GRAFCET** De notre système :

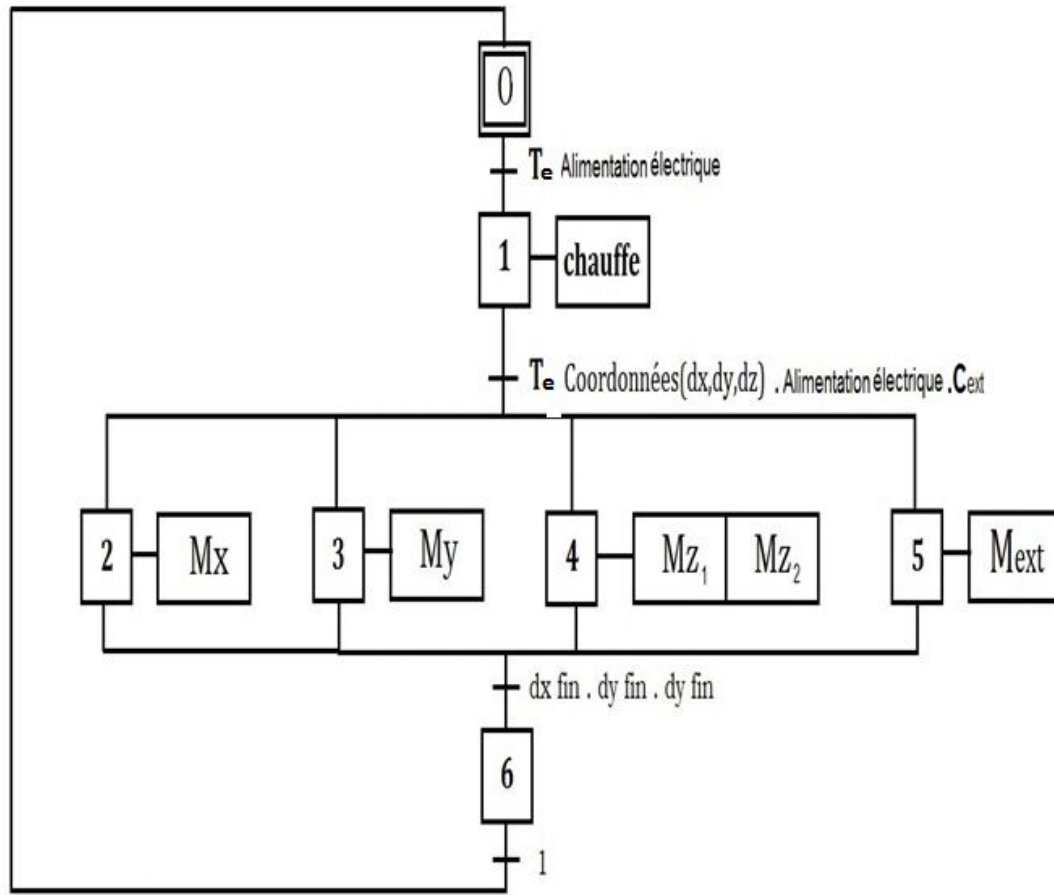


Figure.IV.2 : GRAFCET de system.

- **$T_e$**  : Température de la tête d'impression
- **$dx$**  : La distance parcourue par la tête le long de l'axe X
- **$dy$**  : La distance parcourue par la tête le long de l'axe Y
- **$dz$**  : La distance parcourue par la tête le long de l'axe Z
- **$C_{ext}$**  : Contrôle du moteur de l'extrudeuse
- **$M_x$**  : Moteur pour l'axe X
- **$M_y$**  : Moteur pour l'axe Y
- **$M_z$**  : Moteur pour l'axe Z
- **$M_{ext}$**  : Moteur d'extrudeuse

### **IV.3.Modélisation de l'imprimante 3D :**

La conception et la commande des robots nécessitent le calcul de certains modèles mathématiques, tels que :

- les modèles de transformation entre l'espace opérationnel (dans lequel est définie la situation de l'organe terminal) et l'espace articulaire (dans lequel est définie la configuration du robot). On distingue :
  - les modèles géométriques direct et inverse qui expriment la situation de l'organe terminal en fonction des variables articulaires du mécanisme et inversement .
  - les modèles cinématiques direct et inverse qui expriment la vitesse de l'organe terminal en fonction des vitesses articulaires et inversement .
- les modèles dynamiques définissant les équations du mouvement du robot, qui permettent d'établir les relations entre les couples ou forces exercés par les actionneurs et les positions, vitesses et accélérations des articulations ou Les axes. [29] .

**3.1. Représentation cinématique de l'imprimante 3D :**

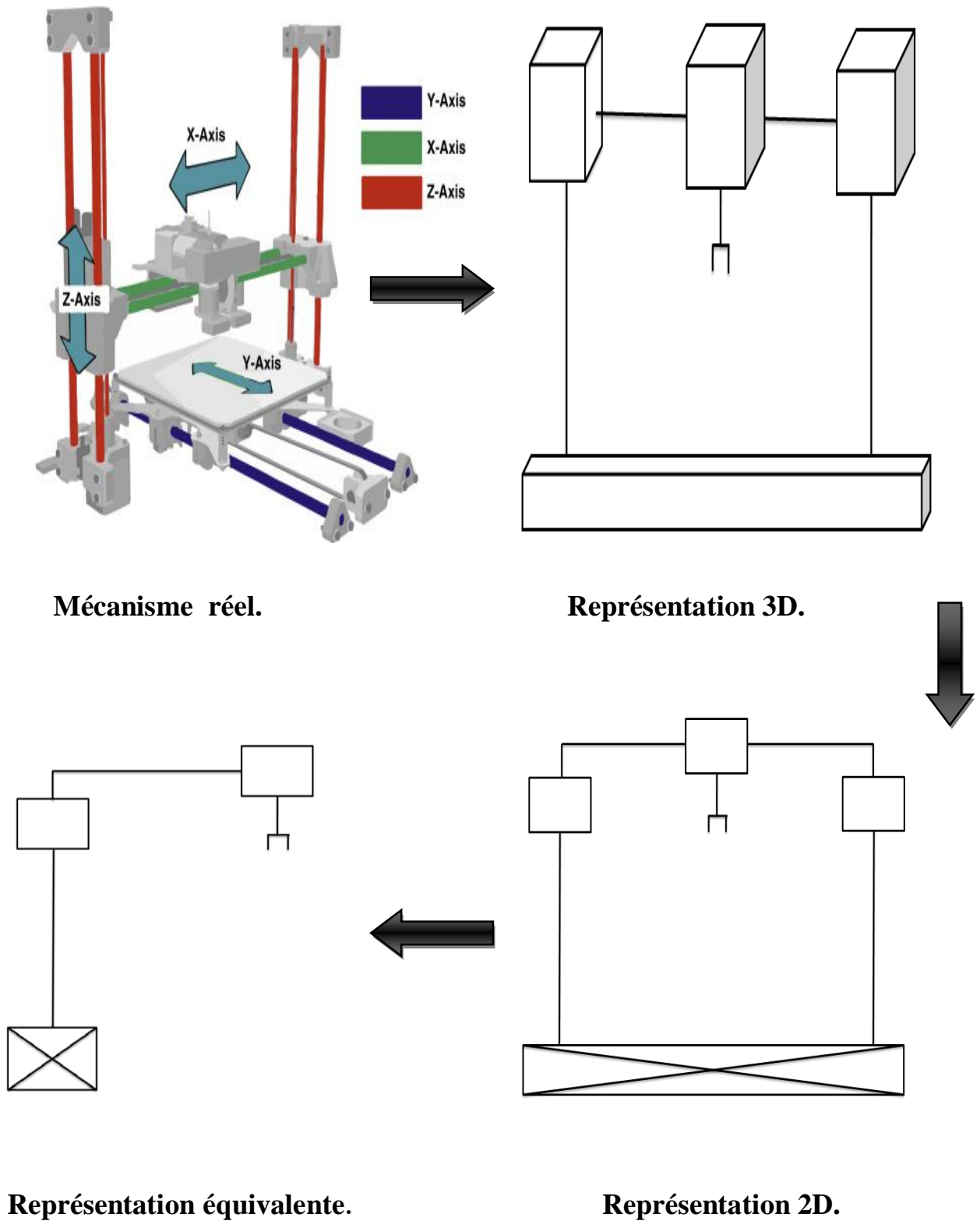


Figure .IV.3. Représentations cinématiques de l'imprimante 3D.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

La représentation équivalente peut remplacer le system mécanique articulé parallèle (chaîne cinématique fermée) de l'imprimante 3D par une chaîne cinématique ouverte (série) seulement pour le calcul des modèles géométriques et cinématiques de l'implémente 3D et non pas pour le modèle dynamique de système.

### 3.2 Modélisation géométrique de l'implémente 3D

La modélisation géométrique de l'implémente 3D permet d'exprimer la position de la tête d'impression en fonction des positions des différents articulations de l'imprimante 3D et inversement.

#### 3.2.1 Modèle géométrique direct

Permettre le calcul de la position de la tête d'impression en fonction des positions de différentes articulations de l'imprimante 3D par rapport une repère fixe liée à la base de l'imprimante.

La position de la tête d'impression peut être représentée par une Matrice de transformation homogène de la forme :

$$M = \begin{bmatrix} R & T \\ 000 & 1 \end{bmatrix} \longrightarrow M = \begin{bmatrix} r11 & r12 & r13 & Tx \\ r21 & 22 & 23 & Ty \\ r31 & 32 & 33 & Tz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

**R : Matrice de rotation 3X3**

**T : Vecteur de translation**

L'étude du modèle géométrique permet d'établir le lien entre les coordonnées articulaires et les coordonnées cartésiennes et angulaires de l'extrémité de la tête d'écriture. Les coordonnées articulaires sont les valeurs des variables de commande du robot sur lesquelles on peut intervenir par l'intermédiaire des actionneurs (moteurs) an de déplacer l'organe terminale.

Définir les différentes tâches d'un robot réclame de pouvoir positionner l'organe terminal par rapport à un repère de référence. En effet.

Les informations proprioceptives (issues du S.M.A.) sont généralement définies dans des repères liés aux différents solides du robot.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

La position à atteindre est souvent définie dans un repère lié au socle du robot, - L'objet à saisir peut être défini dans un repère mobile indépendant du robot (par exemple, des pièces à prendre sur un tapis roulant), - Les informations extéroceptives (issues de l'environnement) sont définies dans divers repères. Aussi, il faut un référentiel commun afin de "ramener" les diverses informations dans un même référentiel, notamment pour concevoir les consignes des actionneurs.

Le modèle géométrique direct peut être calculé par la procédure suivante:

- 1) Définir le repère associé à chaque articulation
- 2) Déterminer la transformation homogène entre deux repères consécutifs  $T_i^{i-1}$
- 3) Déterminer d'une façon récursive la transformation totale entre le repère de la tête d'écriture et le repère de la base:  $T_n^0 = T_1^0 \times T_2^1 \dots \dots \dots \times T_n^{n-1}$

Mais comment définir les repères et les transformations avec des manipulateurs complexes et avec un grand nombre d'articulations ?

Solution: Convention de Denavit-Hartenberg

### 3.2.1.1 Convention de Denavit-Hartenberg

**Problème** : déterminer les repères associés à deux segments consécutifs et calculer la transformation de coordonnées entre les deux repères.

#### a) Fixage des repères

L'axe  $i$  dénote l'axe de l'articulation qui relie le segment  $i - 1$  au segment  $i$  La convention de Denavit Hartenberg (DH) est adoptée pour définir : **le repère du segment  $i$ :**

1. Choisir l'axe  $Z_i$  le long de l'axe de l'articulation  $i + 1$
2. Placer l'origine  $O_i$  à l'intersection de l'axe  $z$ , avec la normale commune aux axes  $Z_{i-1}$  et  $Z_i$ . Placer aussi  $O_i$  à l'intersection de la normale commune avec l'axe  $Z_{i-1}$
3. Choisir l'axe  $X_i$  le long de la normale commune aux axes  $Z_{i-1}$  et  $Z_i$   
avec sens de l'articulation  $i$  à l'articulation  $i + 1$
4. Choisir l'axe  $Y_i$  pour compléter la triplet d'un repère direct (on utilise la règle de la main droite).

## **CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation**

### **b) Les paramètres de Denavit –Hartenberg (DH)**

Une fois que les repères des segments ont été fixés, la position et l'orientation du repère  $i$  par rapport au repère  $i - 1$  est complètement spécifiée par les quatre paramètres géométriques suivants :

- $a_i$  : distance entre  $Z_{i-1}$  et  $Z_i$  le long de  $X_{i-1}$  .
  - $\alpha_i$  : angle entre les axes  $Z_{i-1}$  et  $Z_i$  correspondant à une rotation autour de  $X_{i-1}$
  - $\theta_i$  : angle entre l'axe  $X_{i-1}$  et  $X_i$  correspondant à une rotation autour de  $Z_i$  .
  - $d_i$  .distance entre  $X_{i-1}$  et  $X_i$  le long de  $Z_i$  .
- Deux des quatre paramètres ( $a_i$  and  $\alpha_i$ ) sont toujours constants et ils dépendent que de la géométrie de connexion des articulations consécutives
  - Des paramètres restants, seulement un est variable et dépend du type d'articulation qui relie le segment  $i - 1$  avec segment  $i$ .

En particulier:

- Si l'articulation  $i$  est rotoïde, la variable est  $\theta_i$
- Si l'articulation  $i$  est prismatique, la variable est  $d_i$

### **c) La transformation de coordonnées entre les deux repères consécutifs**

En conclusion, on peut exprimer la transformation des coordonnées entre les repères  $R_{i-1}$  et  $R_i$  par :

$$M_{i-1i} = R_{(z_{i-1}, \theta_i)} T_{(z_{i-1}, d_i)} T_{(x_i, a_i)} R_{(x_i, \alpha_i)}$$

Ou

$$M_{i-1i} = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i c\alpha_i & s\theta_i s\alpha_i & a_i c\theta_i \\ s\theta_i & c\theta_i c\alpha_i & -c\theta_i s\alpha_i & a_i s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

### 3.2.1.2. Application de la Convention de Denavit-Hartenberg pour l'imprimante 3D:

#### a) Fixage des repères

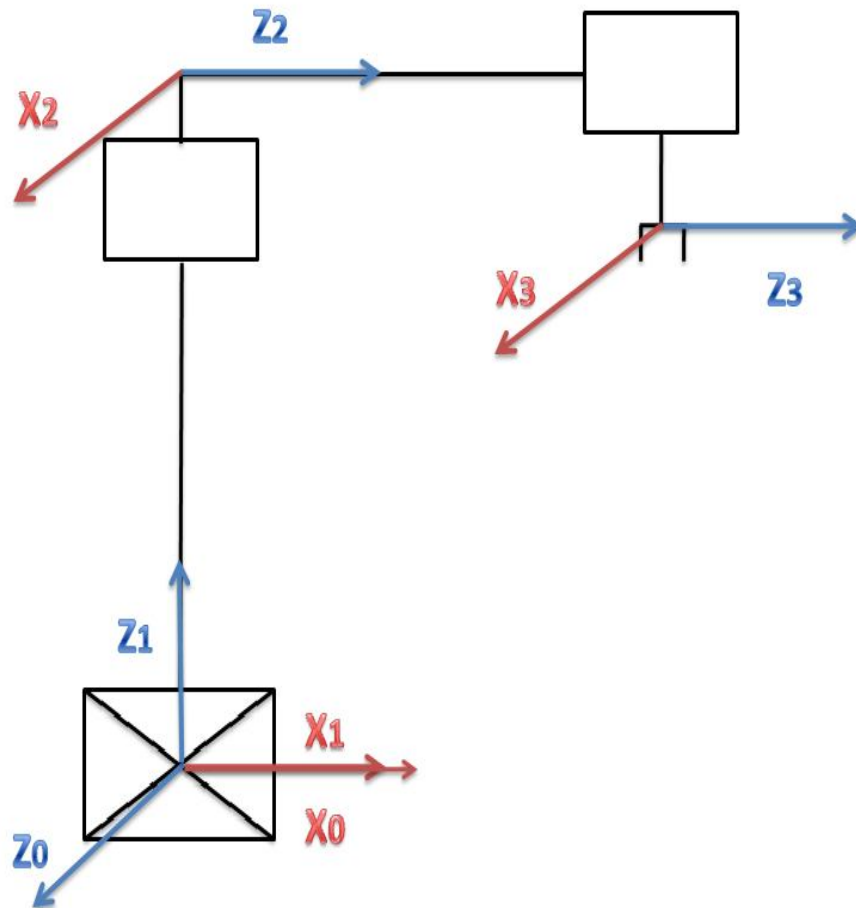


Figure.IV.4. les repères.

#### b) Les paramètres de Denavit –Hartenberg (DH)

Les paramètres de Denavit –Hartenberg sont regroupés dans un tableau nommé le tableau de Denavit –Hartenberg.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

i. Il n'y a pas des normales communes donc  $\mathbf{a_i=0}$

Tableau.IV.1: Tableau DH.

Link	A <sub>i</sub>	α <sub>i</sub>	d <sub>i</sub>	θ <sub>i</sub>
<b>1</b>	<b>0</b>			
<b>2</b>	<b>0</b>			
<b>3</b>	<b>0</b>			

ii. Définition des α<sub>i</sub>

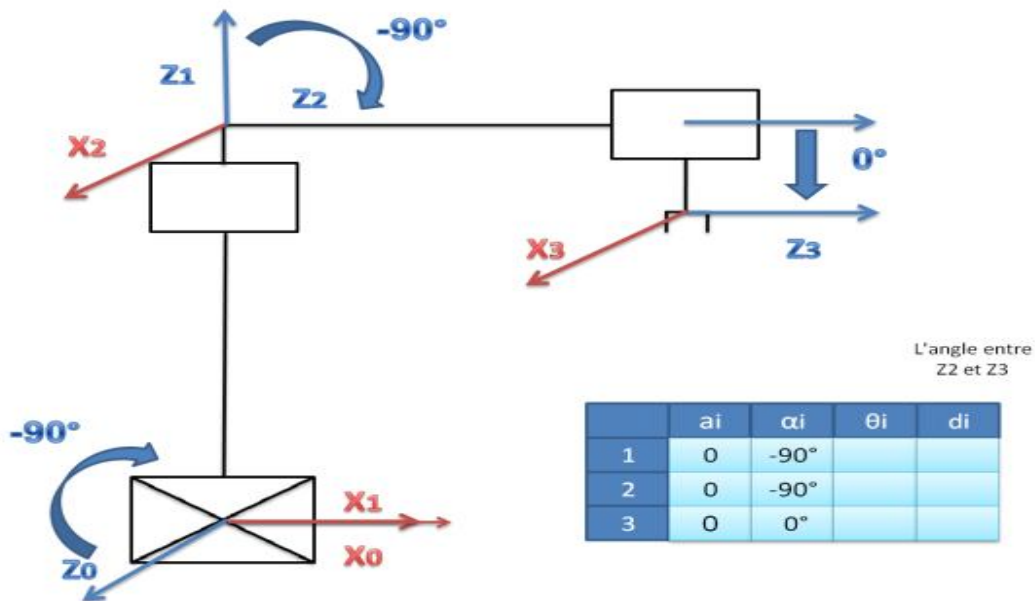


Figure.IV.5: Méthode de calcul des (α<sub>i</sub>).

Tableau.IV.2. Tableau DH.

Link	A <sub>i</sub>	α <sub>i</sub>	d <sub>i</sub>	θ <sub>i</sub>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>-90°</b>		
<b>2</b>	<b>0</b>	<b>-90°</b>		
<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

### iii. Calcul des $\theta_i$

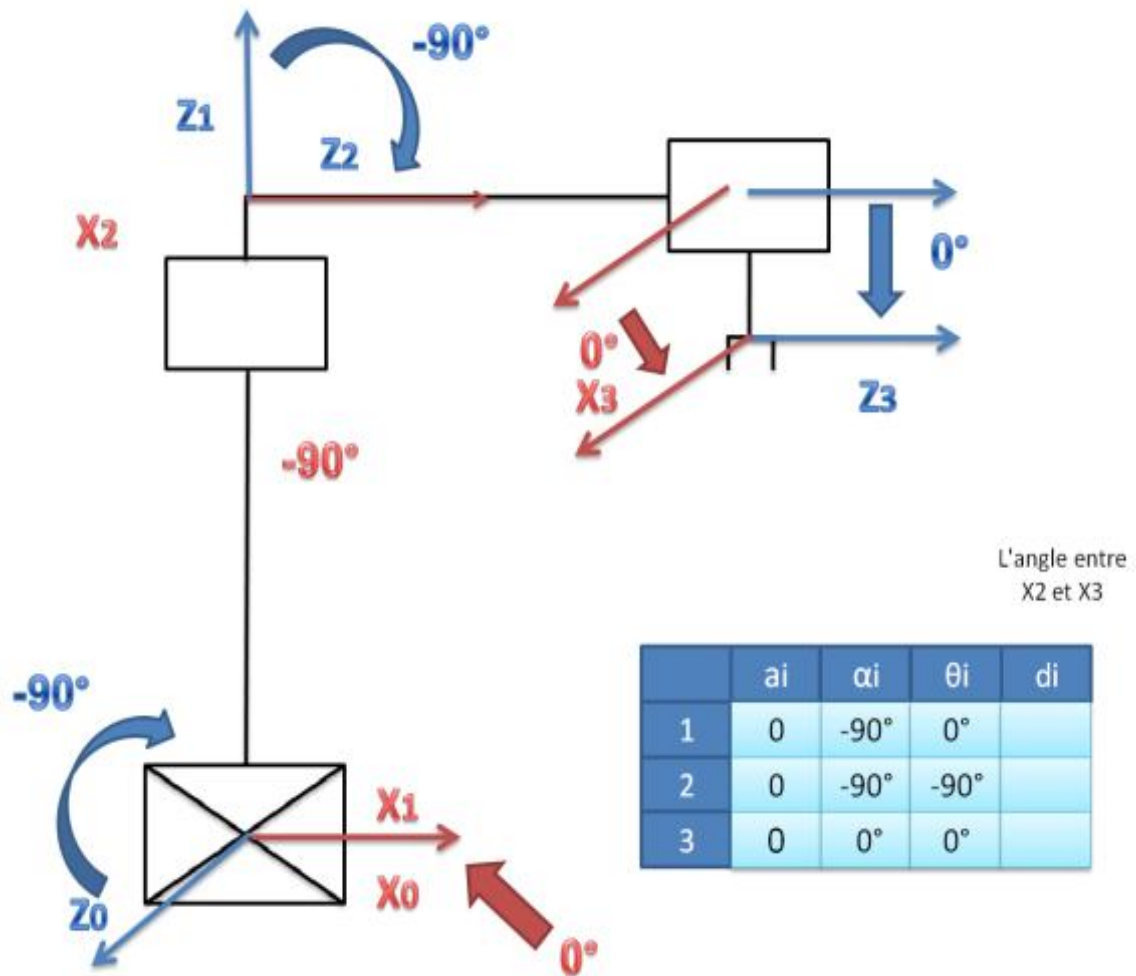


Figure.IV.6: Méthode de calcul des ( $\theta_i$ ).

Tableau.IV.3. Tableau DH.

	<b>A<sub>i</sub></b>	<b><math>\alpha_i</math></b>	<b>d<sub>i</sub></b>	<b><math>\theta_i</math></b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b><math>-90^\circ</math></b>		<b>0</b>
<b>2</b>	<b>0</b>	<b><math>-90^\circ</math></b>		<b><math>-90^\circ</math></b>
<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

### i. Détermination des $d_i$

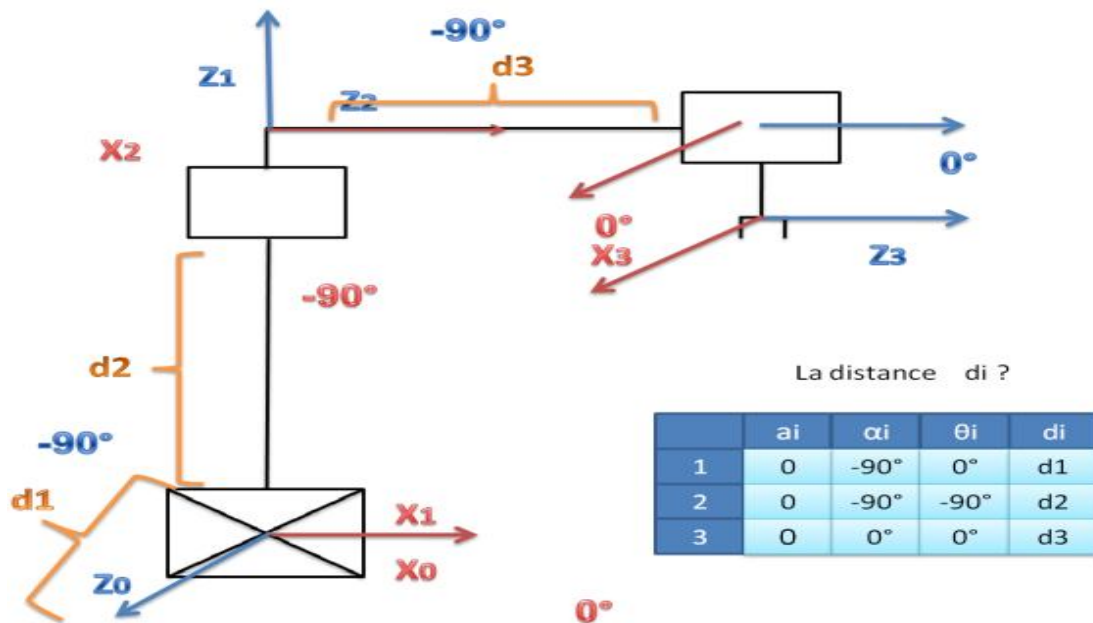


Figure.IV.7: Méthode de création de valeur ( $d_i$ ).

Tableau.IV.4: Tableau DH.

Link	$A_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$
1	0	$-90^\circ$	$d_1$	0
2	0	$-90^\circ$	$d_2$	$-90^\circ$
3	0	0	$d_3$	0

### c) La transformation de coordonnées entre les deux repères consécutifs

$$M_{01} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{23} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{02} = M_{01} M_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_2 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$M_{03} = M_{02} M_{23} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & d_3 \\ 0 & -1 & 0 & d_2 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



$$\begin{aligned} X_d &= d_3 \\ Y_d &= d_2 \\ Z_d &= d_1 \end{aligned}$$

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

Tel que  $(X_d, Y_d, Z_d)$  est la position cartésien(en mm) de la tête d'impression en fonction des translations des différents axes( $d_1, d_2$  et  $d_3$ ).

On peut exprimer  $d_1, d_2$  et  $d_3$  en fonction de nombre d'impulsions des moteurs pas à pas et le rapport de transmission entre le mouvement angulaire des moteurs et le mouvement linéaire des axes de l'imprimante.

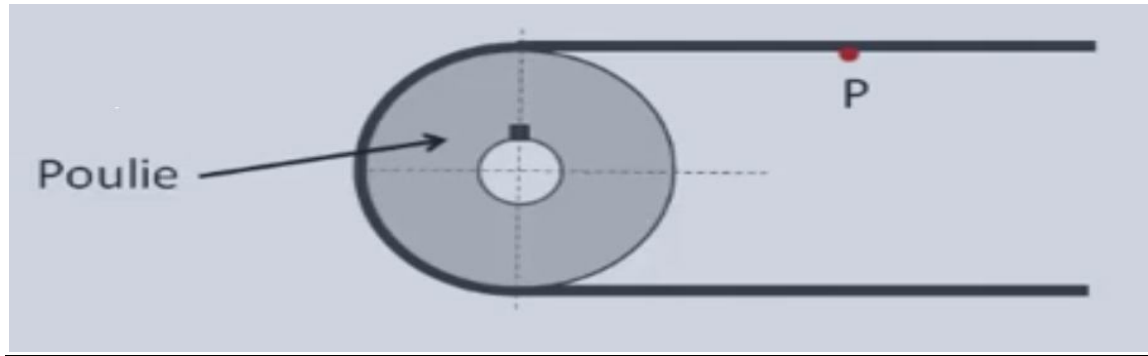


Figure.IV. 8: la forme de système transmissions par poulies et courroies.

On a:

- 1mm  $\longrightarrow$  14 impulsions Par rapport à l'axe X ( $X_d$ )
- 1mm  $\longrightarrow$  14 impulsions Par rapport à l'axe Y ( $Y_d$ )
- 1mm  $\longrightarrow$  510 impulsions Par rapport à l'axe Z ( $Z_d$ )

D'où:

$$X_d(\text{en mm}) = 1/14 * \text{nombre d'impulsions moteur de l'axe X}$$

$$Y_d(\text{en mm}) = 1/14 * \text{nombre d'impulsions moteur de l'axe Y}$$

$$Z_d(\text{en mm}) = 1/510 * \text{nombre d'impulsions moteur de l'axe Z}$$

### 3.2.2 Modèle géométrique inverse

Permettre le calcul des positions de différentes articulations de l'imprimante 3D pour imposé une position arbitraire de la tête d'impression.

Dans notre cas l'imprimante 3D le modèle géométrique inverse exprime le nombre des impulsions nécessaires pour chaque moteur pour imposé des positions désirés de la tête de l'imprimante.

$$\text{nombre d'impulsions pour moteur de l'axe X} = 14 * X_d \text{ désiré (en mm)}$$

$$\text{nombre d'impulsions pour moteur de l'axe Y} = 14 * Y_d \text{ désiré (en mm)}$$

$$\text{nombre d'impulsions pour moteur de l'axe Z} = 510 * Z_d \text{ désiré (en mm)}$$

### 3.3 Modélisation cinématique de l'implémente 3D

La modélisation cinématique de l'implémente 3D permet d'exprimer la vitesse de la tête d'impression en fonction des vitesses des différents articulations de l'imprimante 3D et inversement.

#### 3.3.1 Modèle cinématique direct

Permettre le calcul de la vitesse de la tête d'impression en fonction des vitesses de différentes articulations de l'imprimante 3D par rapport une repère fixe liée à la base de l'imprimante. Le modèle cinématique direct de l'imprimante peut être décrit par:

$$\dot{X} = J(q) \dot{d}$$

Tel que:

$\dot{X}$  Est la vitesse opérationnelle de la tête d'impression.

$\dot{d} = \begin{pmatrix} \dot{d1} \\ \dot{d2} \\ \dot{d3} \end{pmatrix}$  sont les vitesses articulaires de l'imprimante.

$J(q)$  : Est la matrice jacobéenne.

Le jacobéenne peut être calculé à partir de la modèle géométrique de l'imprimante par la formule suivante:

$$J(q) = \begin{bmatrix} z_0 \times (p_3 - p_0) & z_1 \times (p_3 - p_1) & z_2 \times (p_3 - p_2) \\ z_0 & z_1 & z_2 \end{bmatrix}$$

D'où

$$J(q) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow j(q) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (\text{la matrice jacobéenne})$$

Alors :

$$\begin{bmatrix} Ve X \\ Ve Y \\ Ve Z \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} Vd3 \\ Vd2 \\ Vd1 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} Ve X \\ Ve Y \\ Ve Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Vd3 \\ Vd2 \\ Vd1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Ve X \\ Ve Y \\ Ve Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Vd3 \\ Vd2 \\ Vd1 \end{bmatrix}$$

## **CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation**

Dans l'imprimante, la vitesse maximale de chaque axe est déterminée, qui est la vitesse de la tête de buse, puis en fonction de la forme et de l'endroit où l'impression est effectuée, la vitesse est automatiquement sélectionnée.

### **3.3.2 Modèle cinématique inverse**

Permettre le calcul des vitesses de différentes articulations de l'imprimante 3D pour imposé une vitesse arbitraire de la tête d'impression.

Le modèle cinématique inverse établit une relation liant le vecteur des vitesses articulaires au vecteur des vitesses opérationnelles.

La matrice jacobienne inverse établit la relation entre les vitesses cartésiennes et angulaires opérationnelles et les vitesses articulaires.

Par simple dérivation on peut en déduire la matrice jacobienne inverse pour toute représentation de l'orientation. La matrice jacobienne inverse est déterminée analytiquement est donnée par la relation :

$$\frac{dq}{dt} = J^{-1} \frac{dX}{dt}$$

$$J^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial q_1}{\partial x} & \frac{\partial q_1}{\partial y} & \frac{\partial q_1}{\partial z} \\ \frac{\partial q_2}{\partial x} & \frac{\partial q_2}{\partial y} & \frac{\partial q_2}{\partial z} \\ \frac{\partial q_3}{\partial x} & \frac{\partial q_3}{\partial y} & \frac{\partial q_3}{\partial z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2P_x + e_6}{2q_1} & \frac{2P_y}{2q_1} & \frac{2P_z}{2q_1} \\ \frac{2P_x - e_7}{2q_2} & \frac{2P_y - e_4}{2q_2} & \frac{2P_z}{2q_2} \\ \frac{2P_x - e_8}{2q_3} & \frac{2P_y - e_5}{2q_3} & \frac{2P_z}{2q_3} \end{bmatrix}$$

La matrice jacobienne inverse ainsi obtenue est utilisée pour l'étude des positions singulières du manipulateur parallèle, pour l'évaluation de sa manœuvrabilité et aussi pour l'optimisation de son architecture.

Dans notre cas  $J = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow J^{-1} = J = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Alors :

$$\begin{bmatrix} Vd3 \\ Vd2 \\ Vd1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ve X \\ Ve Y \\ Ve Z \end{bmatrix}$$

### IV.4. Réalisation de l'imprimante 3D:

Après avoir terminé la conception du modèle et l'avoir étudié en détail, l'étape après laquelle la modélisation proprement dite consiste à fabriquer la structure et à assembler les équipements électroniques et électriques tels que la partie de commande, les moteurs et les pièces mécaniques en mouvement

#### 4.1.la structure :

Le châssis est le cadre extérieur qui relie toutes les parties de l'imprimante entre elles, ouvertes ou fermées. Et l'imprimante doit être robuste et durable pour imprimer avec précision. Si le cadre tourne, vous ne pourrez pas obtenir une impression précise car les moteurs se déplacent rapidement et si vous dépassez une certaine limite, l'imprimante commence à vibrer, ce qui affecte les résultats d'impression.

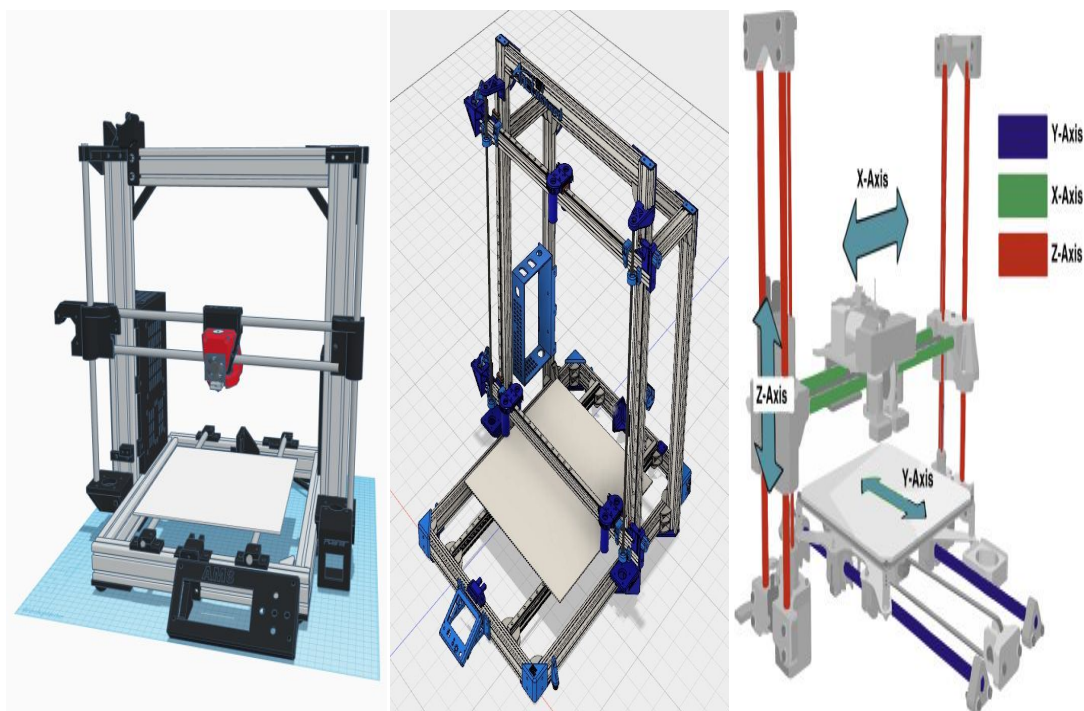


Figure.IV.9: La structure de l'imprimante 3D.

#### 4.1.1.Le design est la structure du labview :

Le programme Lab View peut être utilisé pour concevoir la forme de l'imprimante que vous souhaitez fabriquer, et le programme nous permet d'imaginer la structure et les

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

pièces mobiles et même de tester son fonctionnement. C'est un programme facile à utiliser qui répond à toutes les exigences de conception.

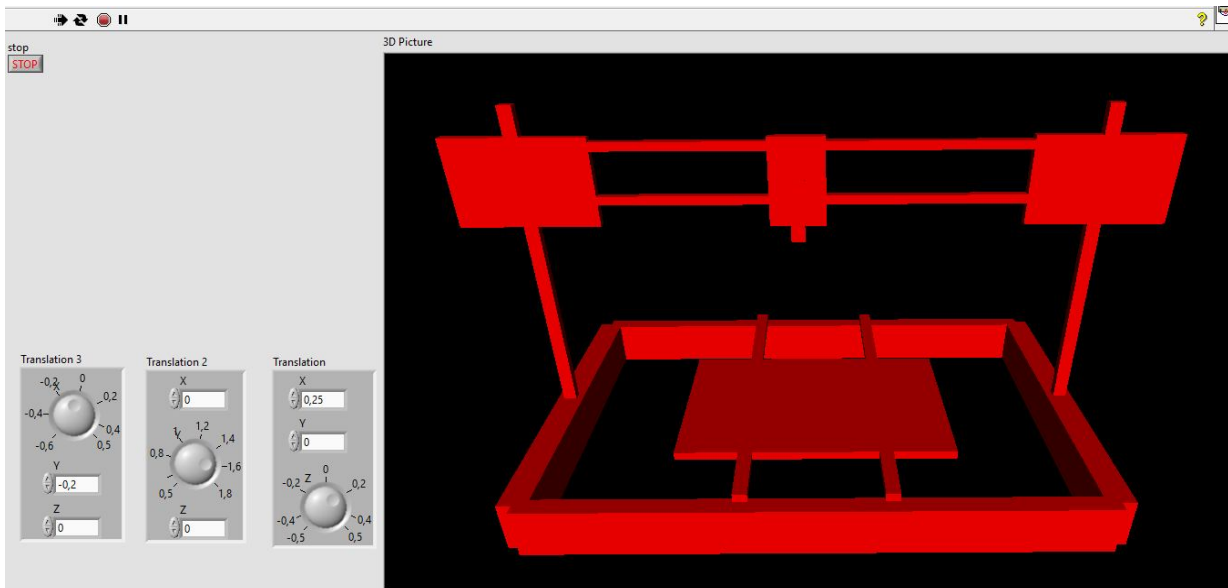


Figure.IV.10: La conception de l'imprimante et son déplacement à l'aide du programme Labview.

### 4.2.Installer des pièces électriques et mécaniques:

Cette partie comprend l'installation de moteurs pas à pas et de capteurs de fin de course, ainsi que l'installation de systèmes de transmission tels que la transmission par courroie et hélicoïdale. ainsi que le système d'extrusion complet.



Figure.IV.11 : Pièces électriques et mécaniques.

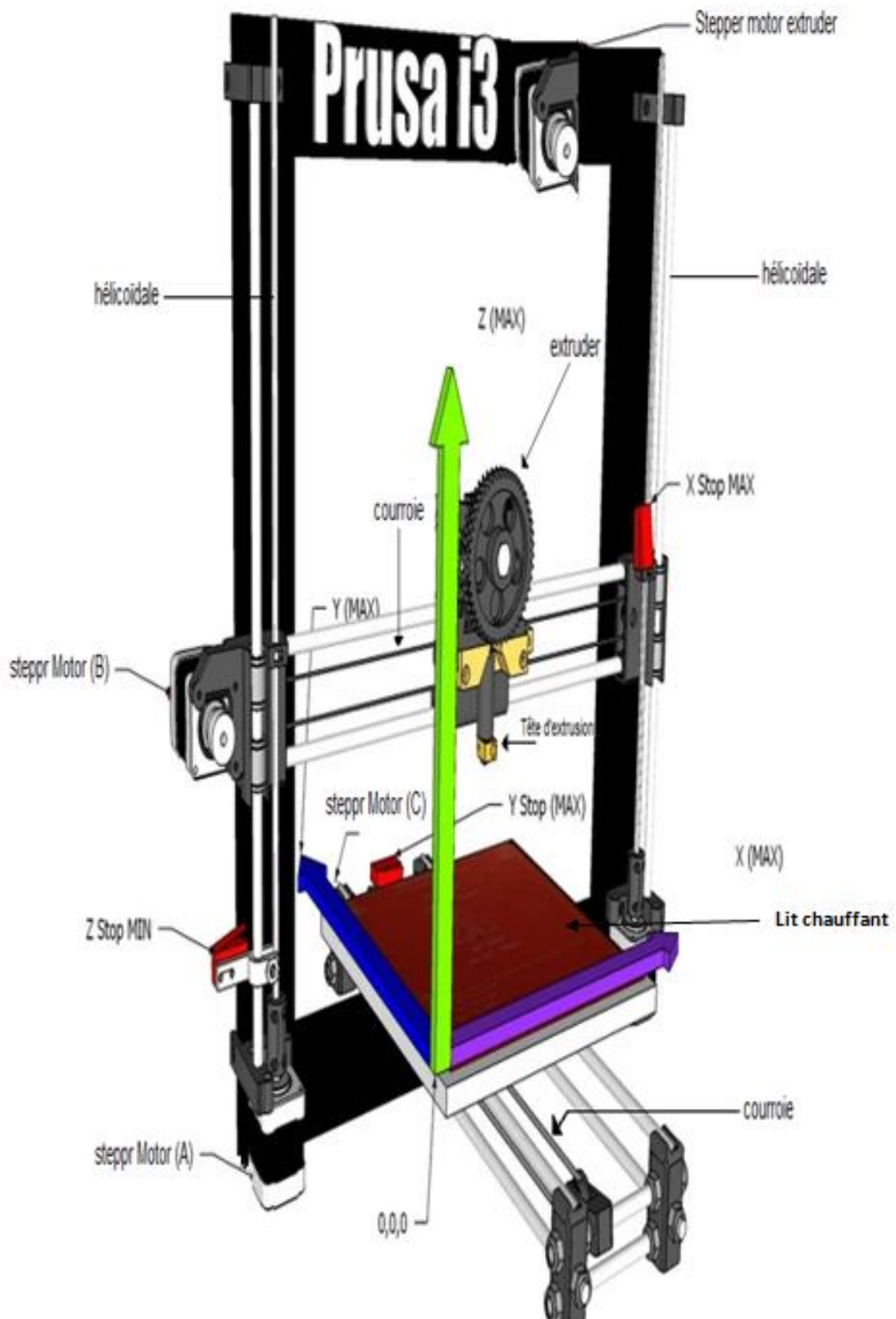


Figure.IV.12 : Lieux d'installation des pièces électriques et mécaniques.

### 4.3. Connexions électroniques et électriques:

#### 4.3.1.Connexions électroniques :

La section de contrôle contient plusieurs composants que nous avons mentionnés précédemment dans le chapitre Hardware (2) Depuis Micro Control, Driver et StepStick . Il est nécessaire qu'ils soient assemblés de manière correcte et stable pour que chaque élément remplisse pleinement sa fonction, comme dans les images suivantes.

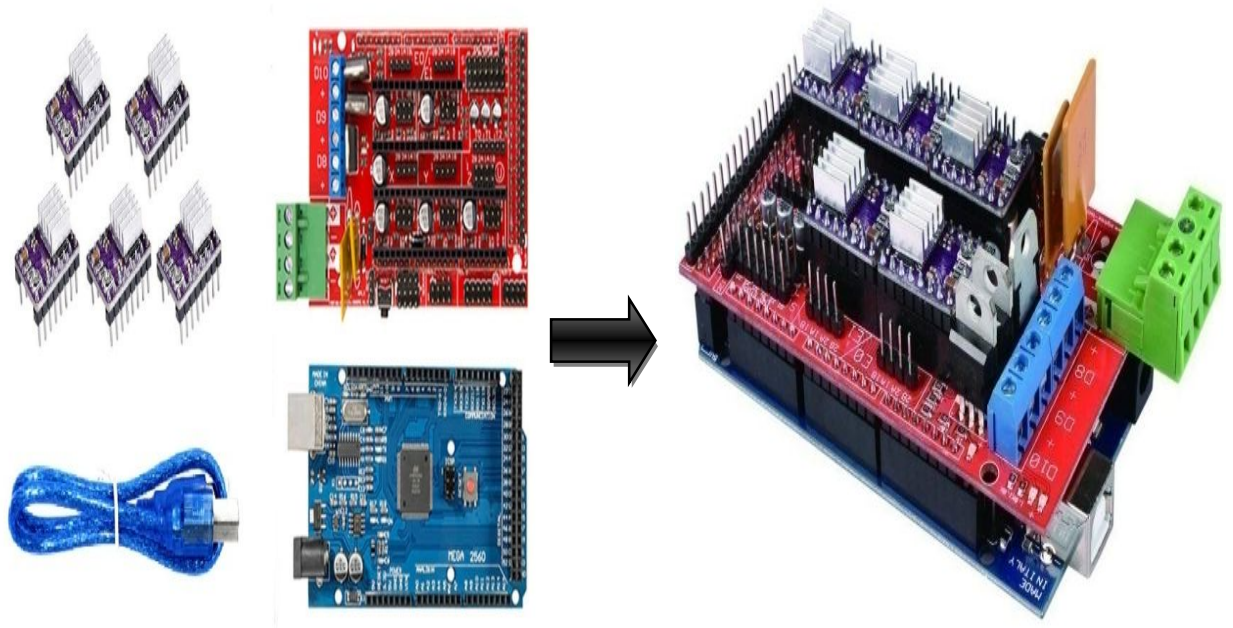


Figure.IV .13: Pièces électroniques séparées. Figure.IV.14:Pièces électroniques sont connectés

#### 4.3.2.Connexions électriques :

Une fois la connexion des circuits électroniques terminée, tous les éléments restants inclus dans la section de fonctionnement, tels que les moteurs, les extrudeuses et les capteurs fin de cours, sont connectés au tableau de commande, en s'assurant que l'alimentation est connectée à la tension appropriée.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

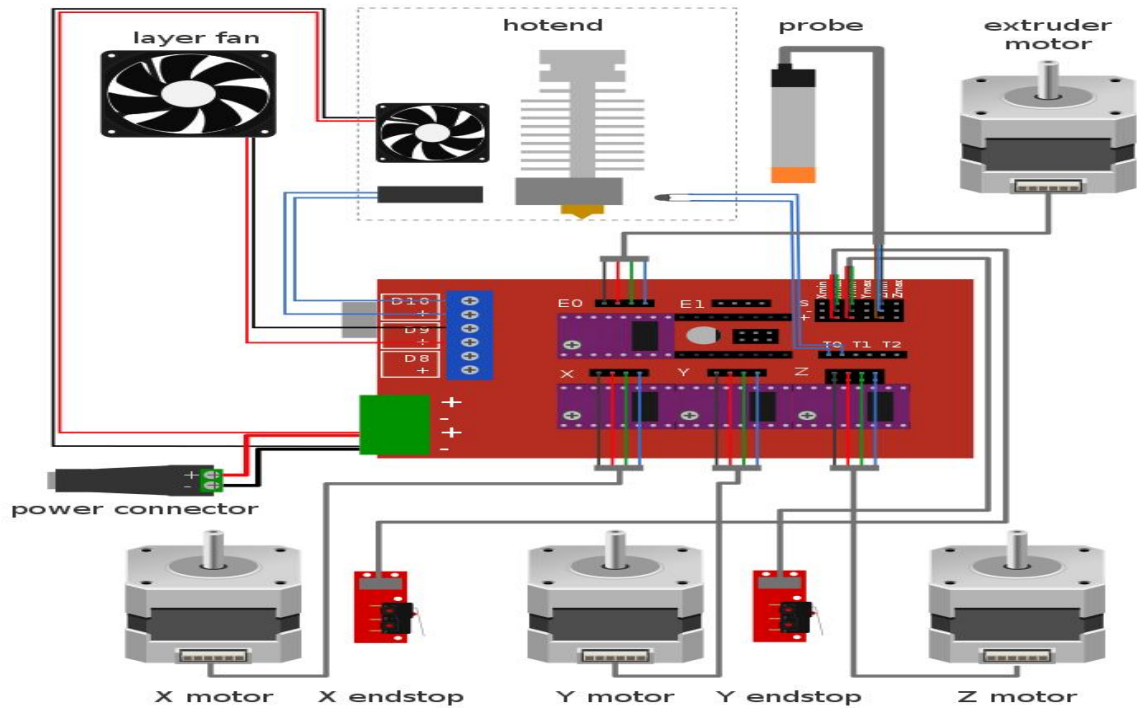


Figure.IV.15: Le principe de la connexion des pièces électriques au panneau de commande(design).

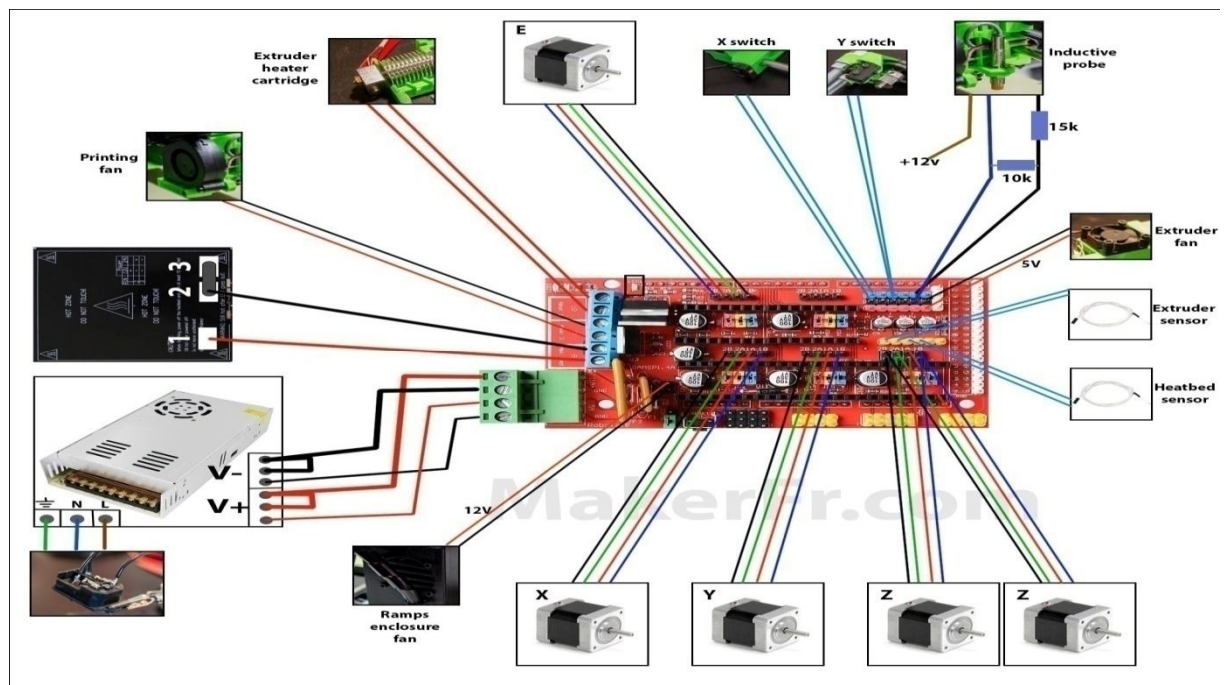
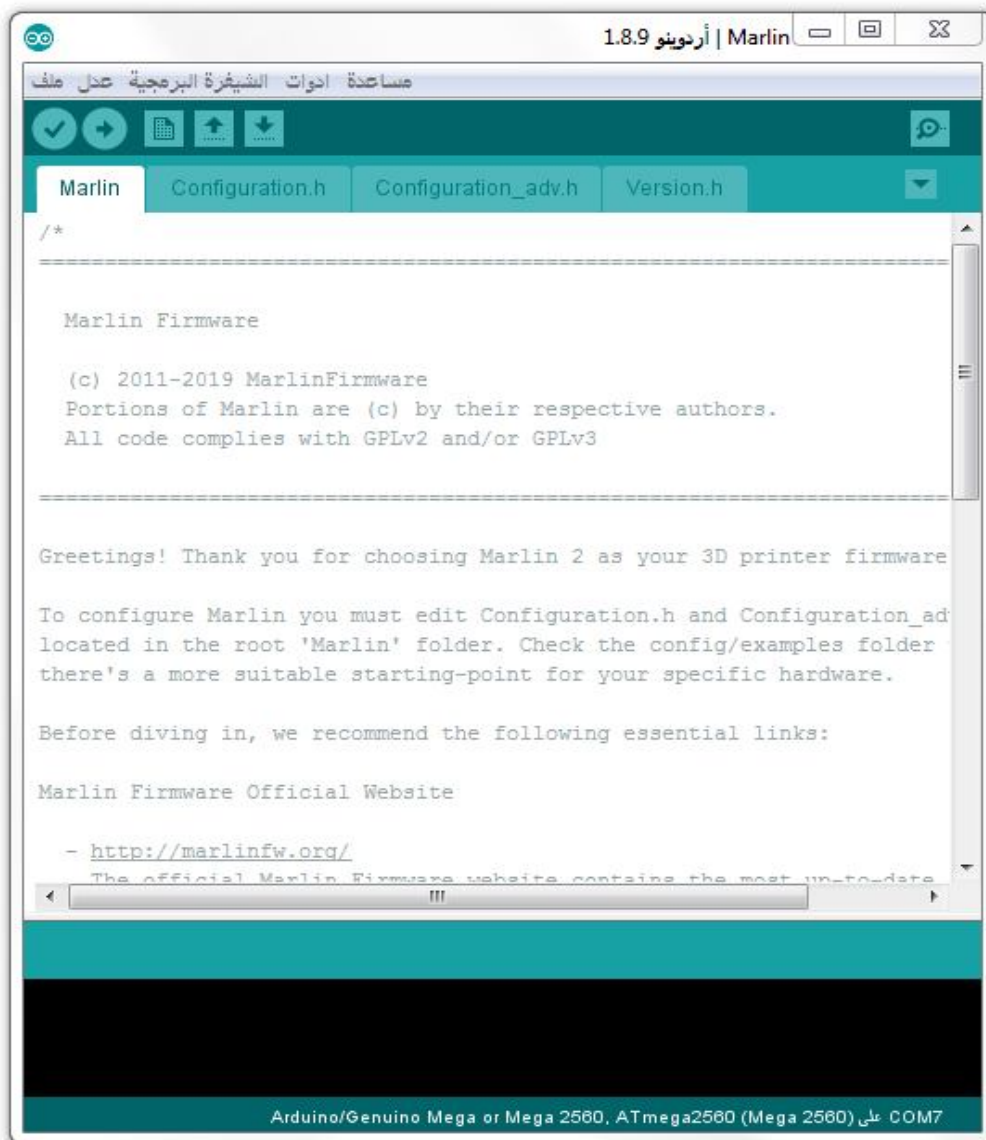


Figure.IV.16: Le principe de la connexion des pièces électriques au panneau de commande (Réal).

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

### 4.4. Télécharger Le code Dans les microcontrôleurs :

Le microcontrôleur utilisé est l'Arduino qui communique avec le programme IDE, et à partir de là, un code est chargé dans la carte de contrôle . Bien sûr, le code est un ensemble de définitions pour le programme utilisé dans la séquence avec l'imprimante, il est donc téléchargé à partir du site Web <https://marlinfw.org/meta/download/> et téléchargé sous forme de fichier IDE . Il est chargé sur la carte Arduino .



```
1.8.9 | Arduino | Marlin
مساعدة ادوات الشيفرة البرمجية عدل ملف
Marlin Configuration.h Configuration_adv.h Version.h
/*
-----
Marlin Firmware
(c) 2011-2019 MarlinFirmware
Portions of Marlin are (c) by their respective authors.
All code complies with GPLv2 and/or GPLv3
-----
Greetings! Thank you for choosing Marlin 2 as your 3D printer firmware
To configure Marlin you must edit Configuration.h and Configuration_adv.h
located in the root 'Marlin' folder. Check the config/examples folder
there's a more suitable starting-point for your specific hardware.
Before diving in, we recommend the following essential links:
Marlin Firmware Official Website
- http://marlinfw.org/
The official Marlin Firmware website contains the most up-to-date
-----
Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) على COM7
```

Figure.IV.17:Code Merlin dans le programme Arduino IDE.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

L'étape suivante consiste à s'assurer que l'imprimante fonctionne en la liant à un programme **Pronterface** Et déplacer tous les moteurs pour assurer leur sécurité et leur mouvement fluide, et les ajuster à la distance qu'ils doivent parcourir à chaque fois .

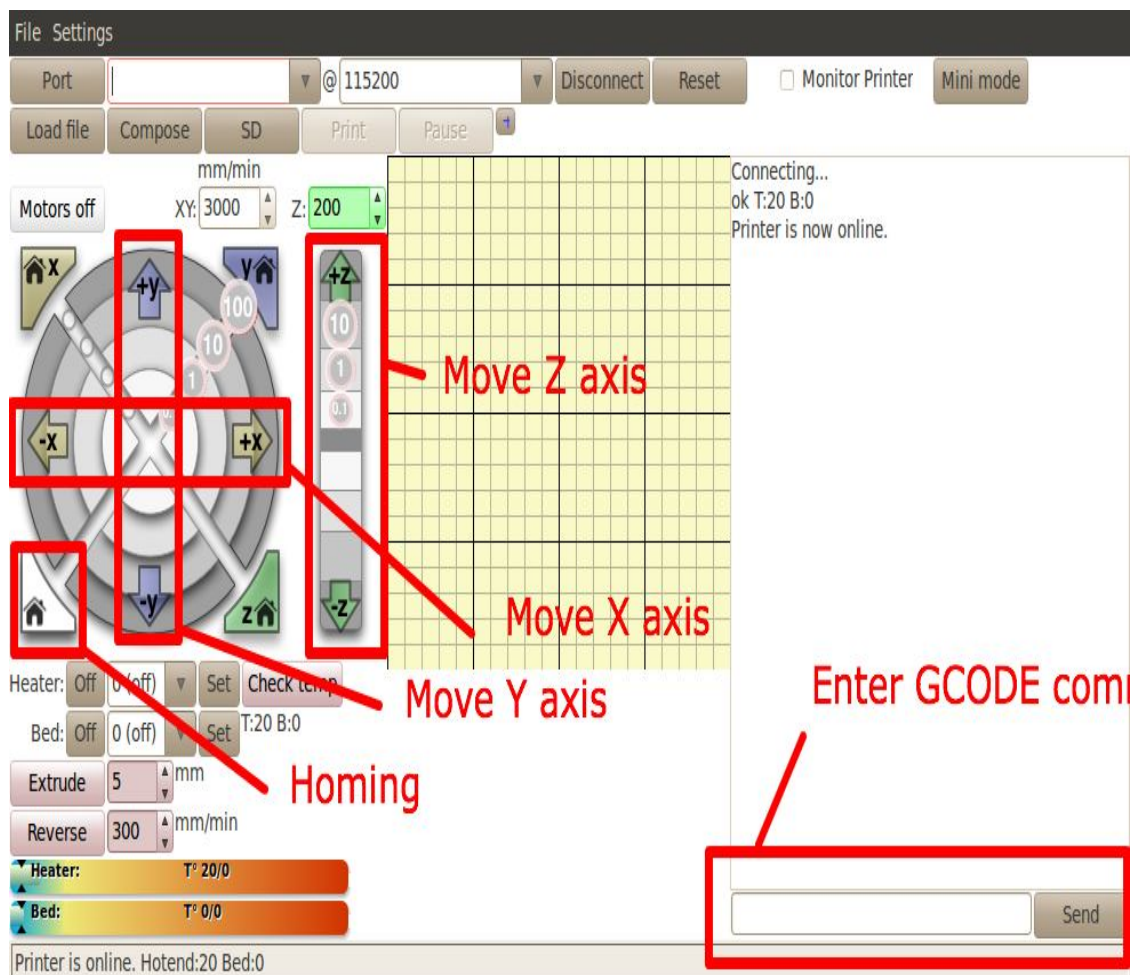


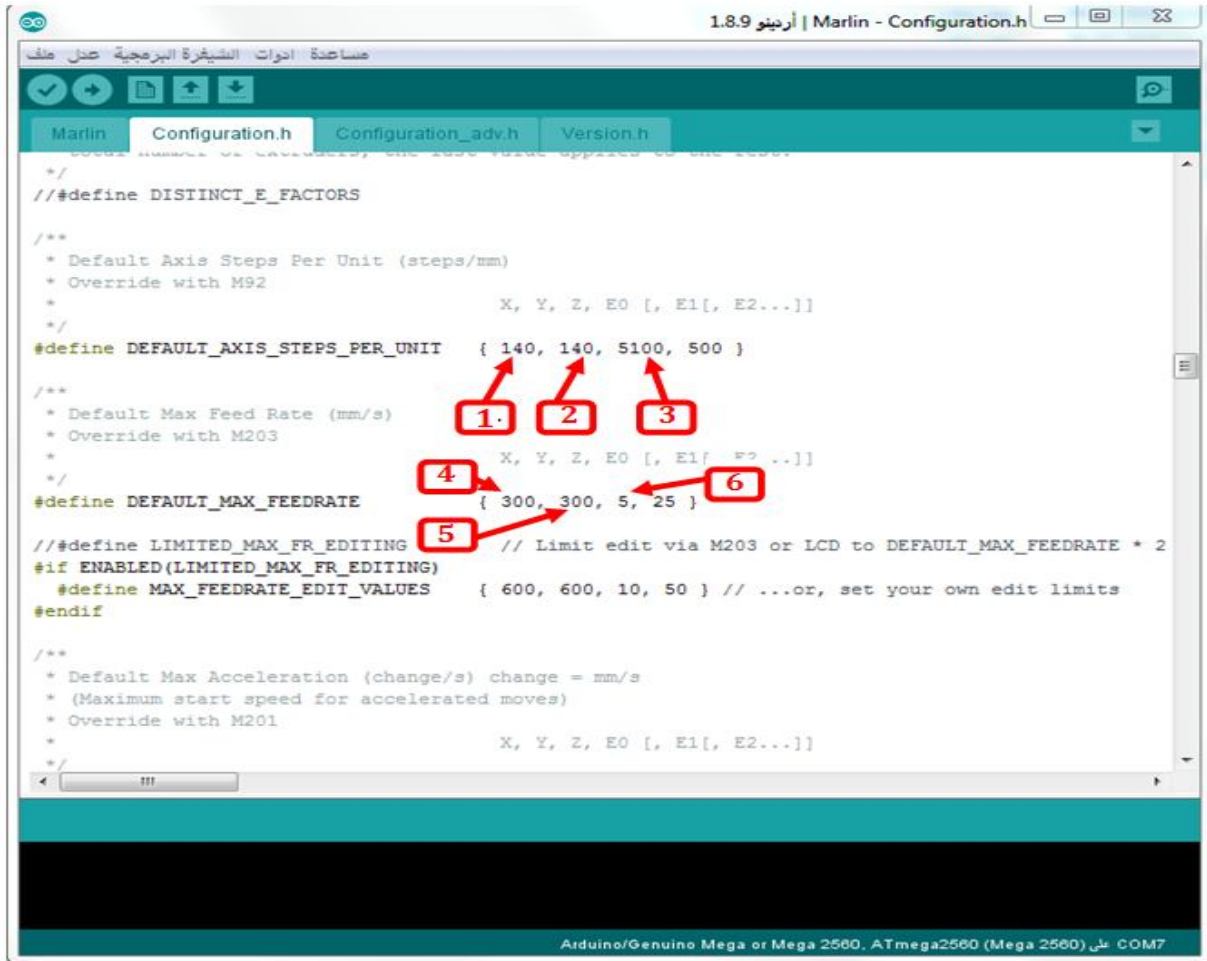
Figure.IV.18:Interface du programme *Pronterface*.

### 4.4.1. Connaître et ajuster le nombre d'impulsions :

Vous devez savoir comment ajuster la distance et vitesse de déplacement de la tête dans toutes les directions et comment l'ajuster dans le code pour l'adapter au modèle conçu avec des dimensions spécifiques .

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

Le lieu de modification dans le code :



```
1. 2. 3.
4. 5. 6.
// #define DISTINCT_E_FACTORS
/**
 * Default Axis Steps Per Unit (steps/mm)
 * Override with M92
 *
 * X, Y, Z, E0 [, E1[, E2...]]
 */
#define DEFAULT_AXIS_STEPS_PER_UNIT { 140, 140, 5100, 500 }
/**
 * Default Max Feed Rate (mm/s)
 * Override with M203
 *
 * X, Y, Z, E0 [, E1[, E2...]]
 */
#define DEFAULT_MAX_FEEDRATE { 300, 300, 5, 25 }
// #define LIMITED_MAX_FR_EDITING // Limit edit via M203 or LCD to DEFAULT_MAX_FEEDRATE * 2
#if ENABLED(LIMITED_MAX_FR_EDITING)
  #define MAX_FEEDRATE_EDIT_VALUES { 600, 600, 10, 50 } // ...or, set your own edit limits
#endif
/**
 * Default Max Acceleration (change/s) change = mm/s
 * (Maximum start speed for accelerated moves)
 * Override with M201
 *
 * X, Y, Z, E0 [, E1[, E2...]]
 */
```

Figure.IV.19 :Code Merlin dans le programme Arduino IDE.

- 1) Le nombre d'impulsions sur l'axe des **X** proportionnel à **1 cm**
- 2) Le nombre d'impulsions sur l'axe des **Y** proportionnel à **1 cm**
- 3) Le nombre d'impulsions sur l'axe des **Z** proportionnel à **1 cm**
- 4) Vitesse de la tête sur l'axe **X**
- 5) Vitesse de la tête sur l'axe **Y**
- 6) Vitesse de la tête sur l'axe **Z**

Pour savoir combien d'étapes sont appropriées pour les moteurs d'imprimante, nous nous appuyons sur le site Web

[https://blog.prusaprinters.org/calculator\\_3416/](https://blog.prusaprinters.org/calculator_3416/) Et puis entrez toutes les

informations sur les pièces requises d'une imprimante .

### 4.5.Diagramme de fonctionnement de l'imprimante 3D :

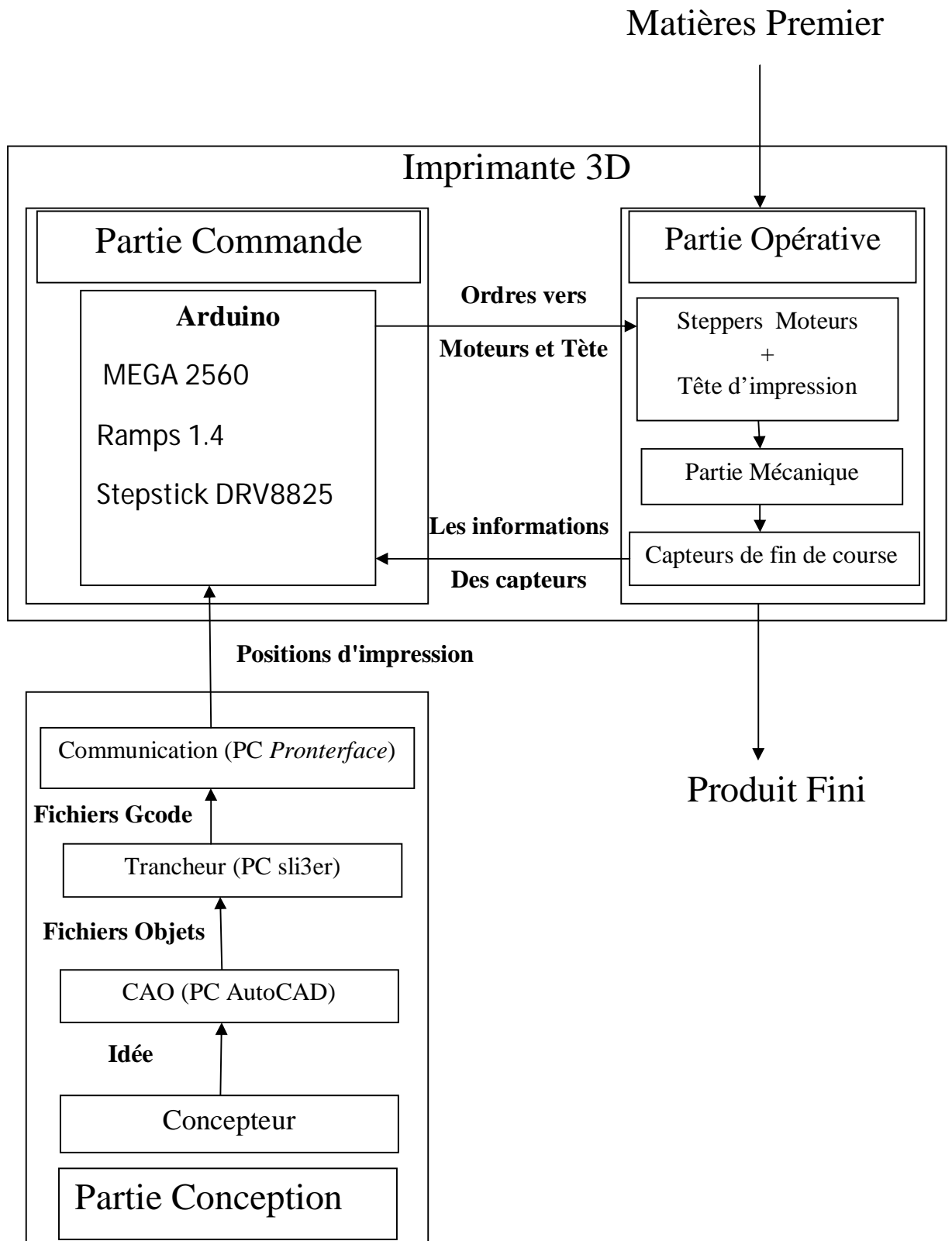


Figure.IV.20: Diagramme de fonctionnement de l'imprimante 3D.

### 4.6.Principe de fonctionnement :

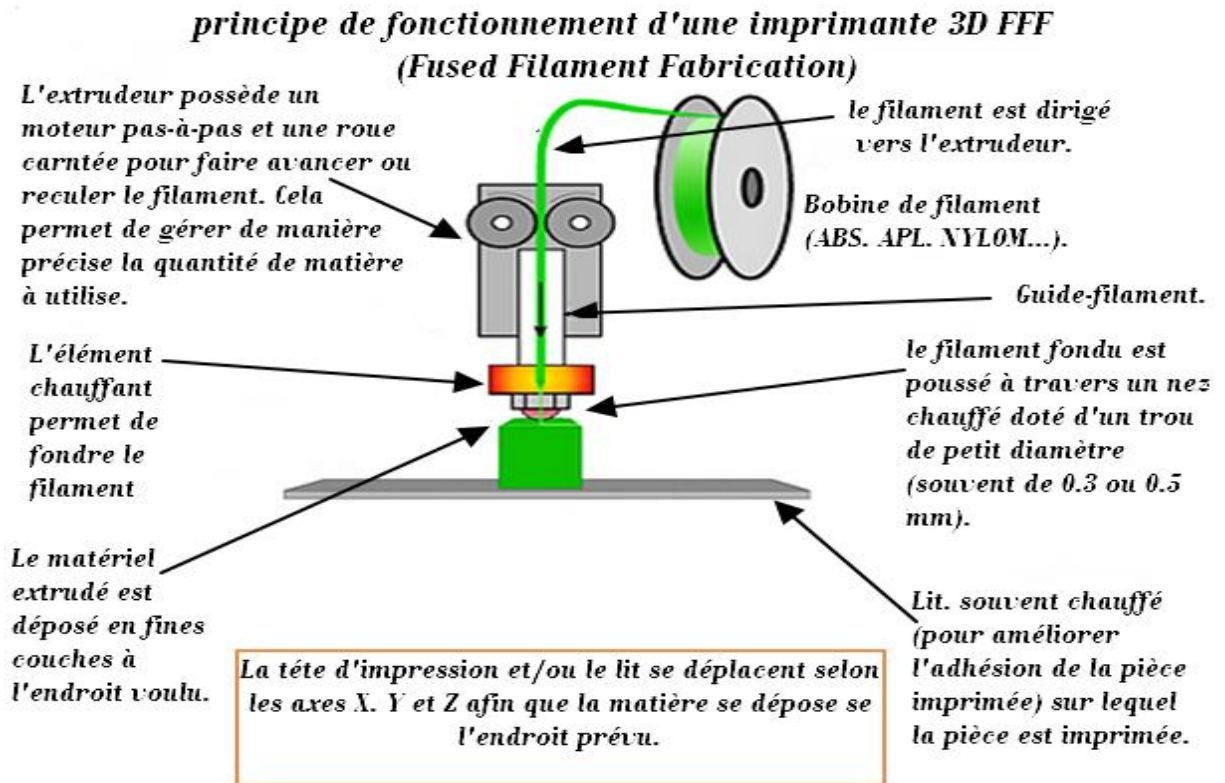


Figure.IV.21 : Principe de fonctionnement l'imprimante 3D.

### IV.5. Utilisation l'imprimante 3D :

Afin d'obtenir une figure tangible grâce à l'impression 3D, il est nécessaire de passer par plusieurs étapes de base après s'être assuré de la précision et du bon fonctionnement de l'imprimante.

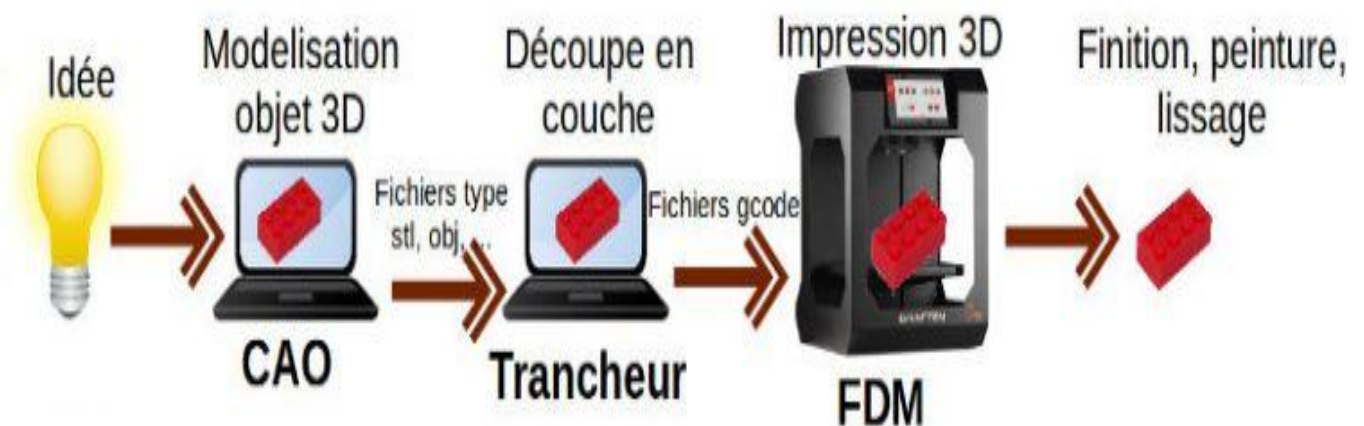


Figure.IV.22: Étapes pour convertir une conception en modèle 3D

### **5.1. Conception de formes 3D :**

Il existe un grand nombre de programmes qui peuvent être utilisés pour concevoir l'objet imprimé, comme le programme AutoCAD.

#### **5.1.1. AutoCAD :**

est un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO) créé e décembre 1982 par Autodesk .

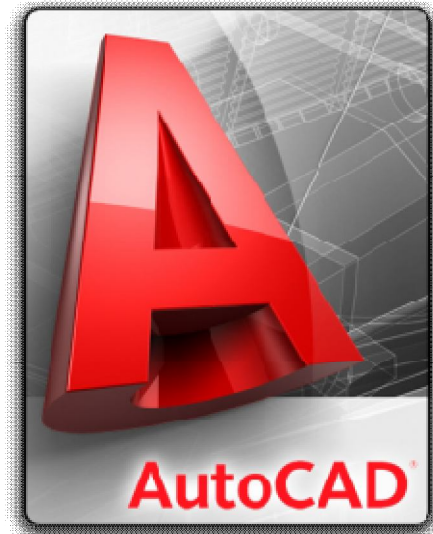


Figure.IV.23: logo AutoCAD.

#### **5.1.2.Fonctionnalités:**

Bien qu'il ait été développé à l'origine pour les ingénieurs en mécanique, il est aujourd'hui utilisé par de nombreux corps de métiers. Il est actuellement, selon Forbes, le logiciel de DAO le plus répandu dans le monde<sup>2</sup>. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire :

- industrie,
- système d'information géographique, cartographie et topographie,
- électronique,
- électrotechnique (schémas de câblage),
- architecture et urbanisme,
- mécanique.

La version utilisé pour réaliser ce travail est 2016.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation



Figure.IV.24: Interface d'installation du programme.

### 5.1.3.Le principe d'utilisation d'un programme AUTOCAD 2016

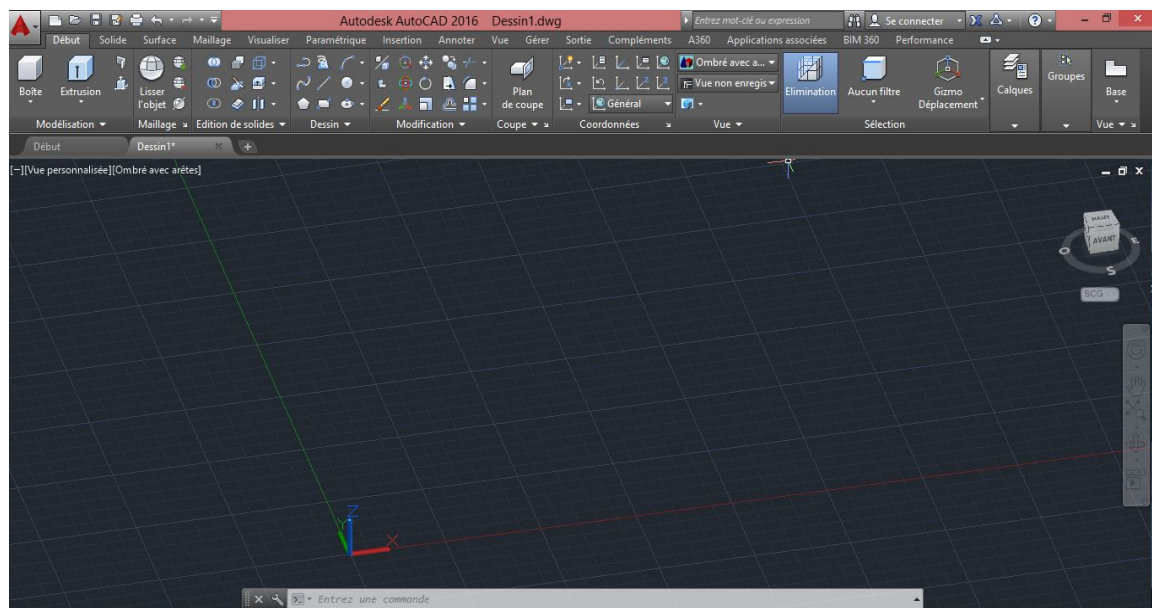


Figure.IV.25: L'interface du programme AUTOCAD 2016.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

---

- **L'outil utilisé /Le balayage**

L'opération de balayage permet de créer un solide (ou une surface) en procédant au balayage d'un profil (ou courbe pour une surface) le long d'une trajectoire 2D ou 3D fermée ou ouverte.

Elle permet de définir un solide (ou une surface) à partir du profil spécifié le long de la trajectoire définie.

Il est possible de réaliser le balayage de plusieurs objets à condition qu'ils figurent tous sur le même plan.

Le profil peut être une polyligne 2D, une spline 2D, un cercle, une ellipse, une face plane 3D, une région, une surface plane ou encore une ou plusieurs faces d'un solide (une ligne, un arc, un arc elliptique pour la création de surface).

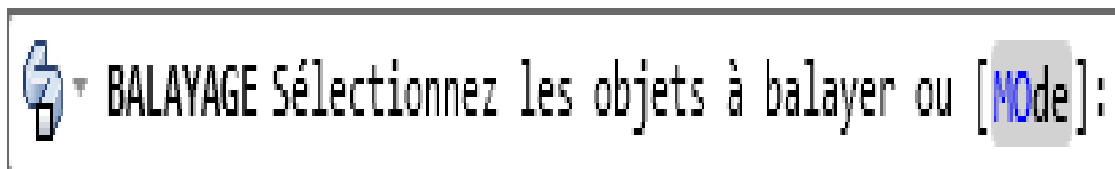
La trajectoire peut être une ligne, un arc, un arc elliptique, une polyligne 2D, une spline 2D, un cercle, une ellipse, une spline 3D, une polyligne 3D, une hélice ou des arêtes de solides ou de surface.

La sélection cyclique (avec la touche [Ctrl]) permet de sélectionner des sous-objets de solides.

Dans le groupe de fonctions Modélisation, choisissez le bouton Balayage.



Le message suivant est affiché :



## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

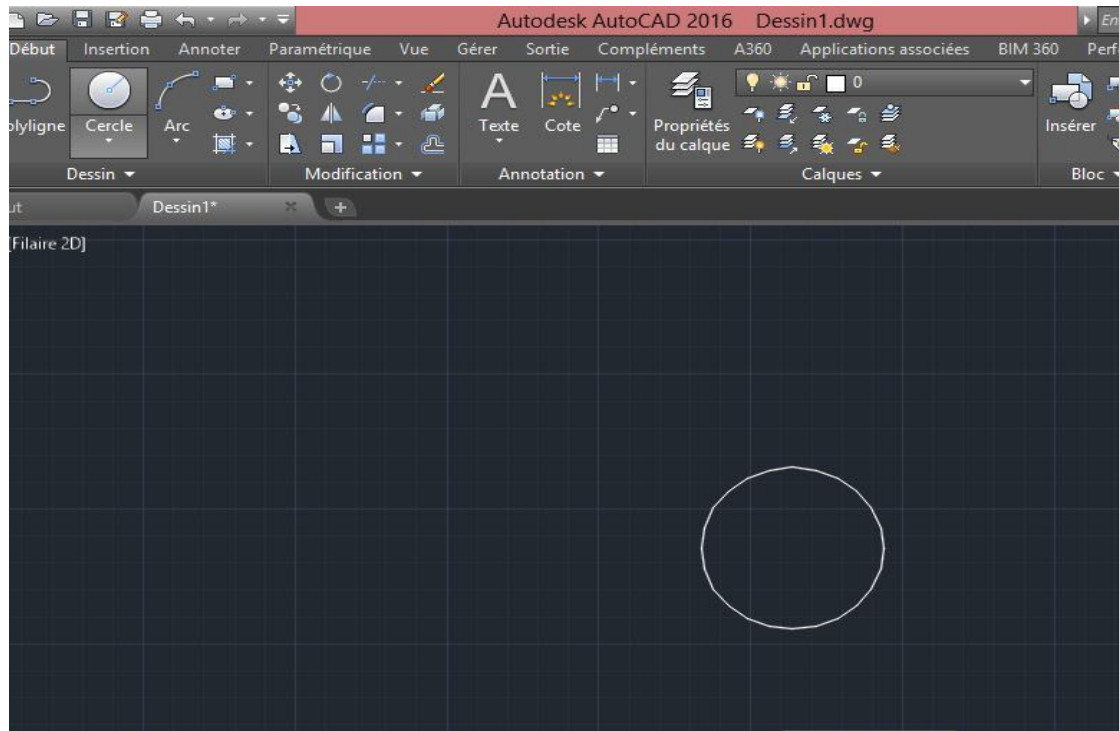


Figure.IV.26 : L'interface du programme AUTOCAD 2016.

L'option Mode permet le choix de la création d'une surface ou d'un solide.

Sélectionnez le profil à balayer et validez par [Entrée].

Le message suivant est affiché :



Sélectionnez la trajectoire pour créer le balayage ou choisissez une option parmi ...

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

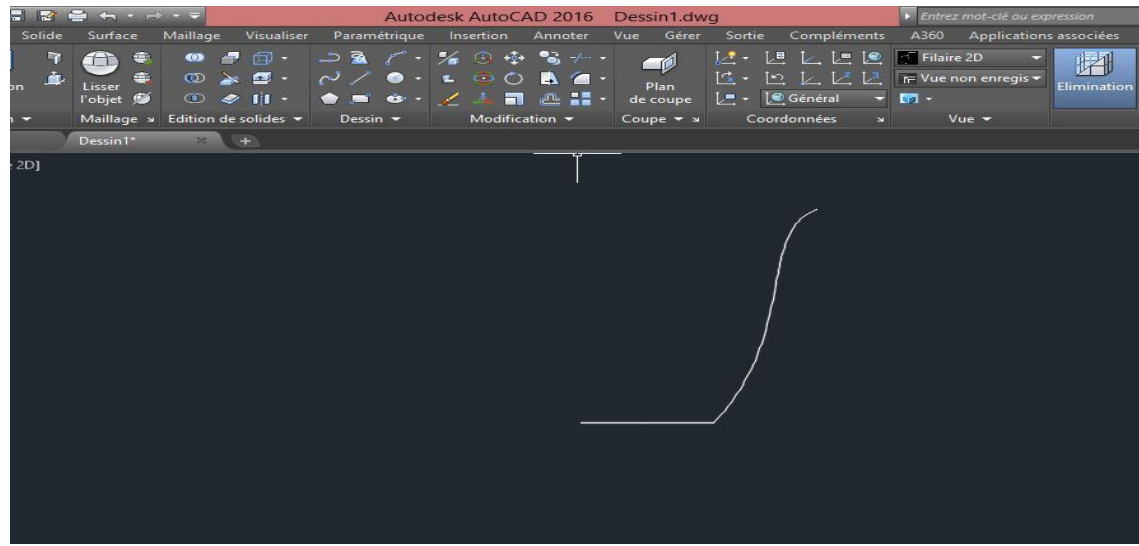


Figure.IV.27: L'interface du programme AUTOCAD 2016.

### ❖ Résultat finale:

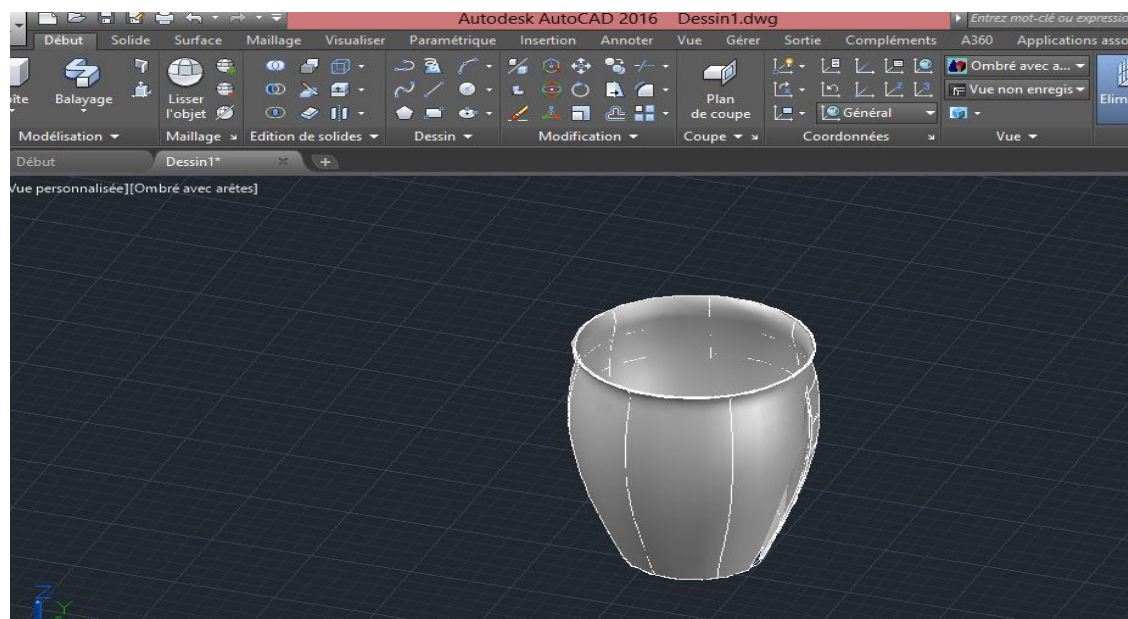


Figure.IV.28: L'interface du programme AUTOCAD 2016.

### 5.2. Tranchage de forme 3D (Convertir le fichier STL au format de code)

La création d'un fichier STL est la première partie du processus d'impression 3D. L'étape suivante, diviser ou découper le modèle en couches, peut être créée par l'imprimante. Le logiciel de découpage 3D doit prendre en compte les propriétés physiques de l'imprimante et la géométrie du modèle en cours d'impression. La

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

dernière étape consiste à générer un fichier G-Code qui représente les commandes pour piloter l'imprimante .



Figure.IV.29: Tranchage de forme 3D.

Le programme de découpe 3D doit définir un certain nombre de paramètres différents, dont les plus importants sont: la température de fusion de la matière première, qui varie d'un matériau à l'autre, l'épaisseur d'une couche, le nombre de couches utilisées, la taille de l'objet, le nombre de copies nécessaires et la vitesse d'impression.

Nous utilisons le programme Slic3e Ce que nous savions auparavant au **chapitre 3** :

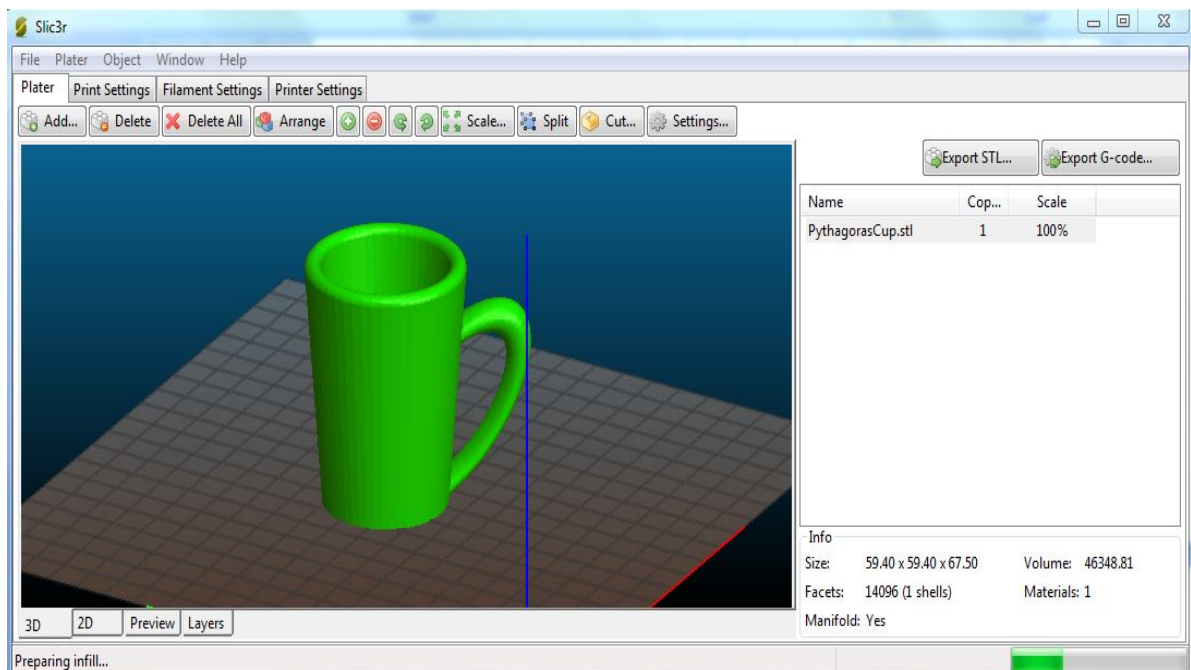


Figure.IV.30: L'interface du programme Slic3e.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

C'est un logiciel open source et fonctionne sur tous les systèmes d'exploitation. C'est l'un des outils logiciels d'impression 3D les plus utilisés parmi les fabricants. Où vous convertissez le modèle 3D en instructions d'impression pour votre imprimante 3D. Il découpe le motif en tranches horizontales (couches). Il génère de bons et rapides résultats, car il génère un fichier G-code qui représente les commandes pour piloter l'imprimante.

### 5.3. Calibrage et impression :

Soyez prêt à exécuter une mission pour créer les modèles 3D. Ce n'est pas un processus en une seule étape. La machine doit être préréglée, assurez-vous donc que la plate-forme de construction est installée et que la température, le débit d'alimentation et la vitesse du G -code doivent être soigneusement calibrés avec une bobine d'extrudeuse pour obtenir le résultat souhaité.

Téléchargez le formulaire dans le programme Pronterface :

Nous nous sommes déjà familiarisé avec le programme Pronterface, qui est un programme de communication directe avec l'imprimante, et un fichier au format G-code y est téléchargé.

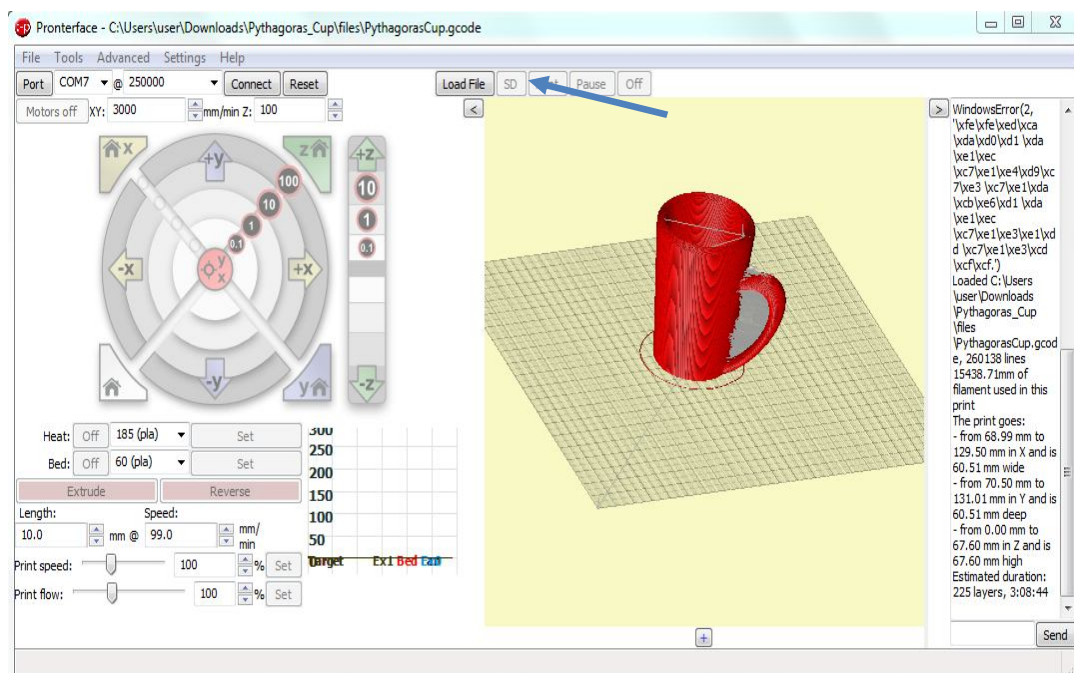


Figure.IV.31: Téléchargez le fichier dans un programme *Pronterface*.

### 5.3.1.Calibrage

Définissez le point de départ et la température :

Le point de départ d'une imprimante doit être déterminé, et la question ici dépend des capteurs fin de course installés sur l'imprimante selon les trois axes XYZ .

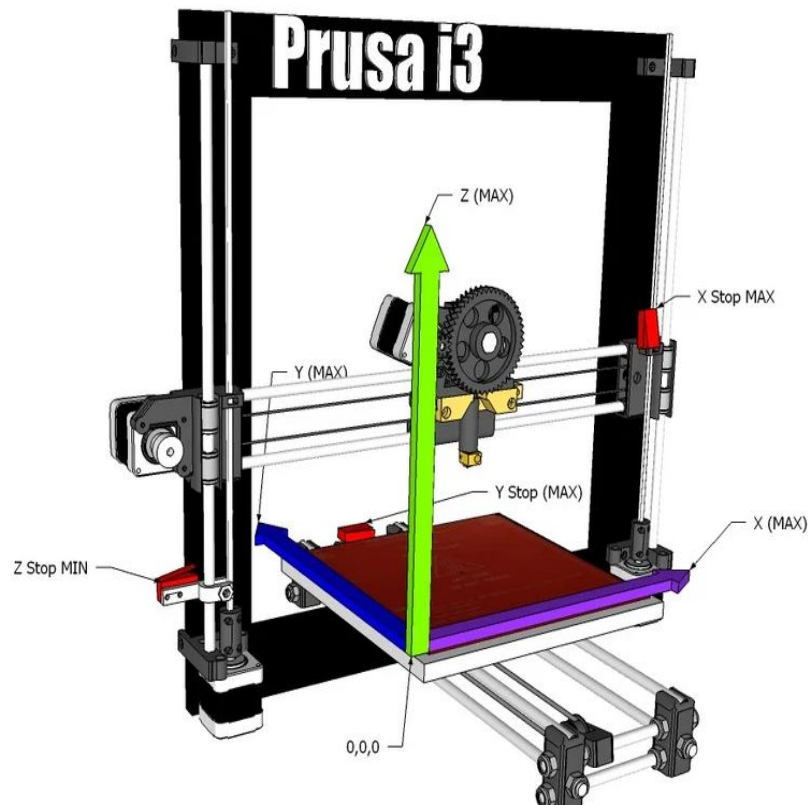


Figure.IV.32: Le point de départ d'une imprimante.

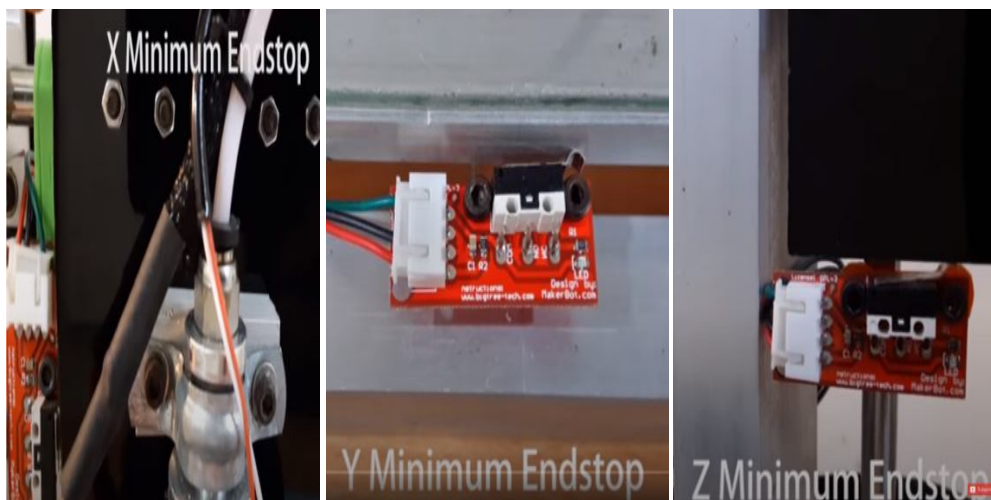


Figure.IV.33: point de départ d'une imprimante Reel.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

### 5.3.2.impression

Le point primaire et la température sont déterminés dans le programme Prontface sur la figure :

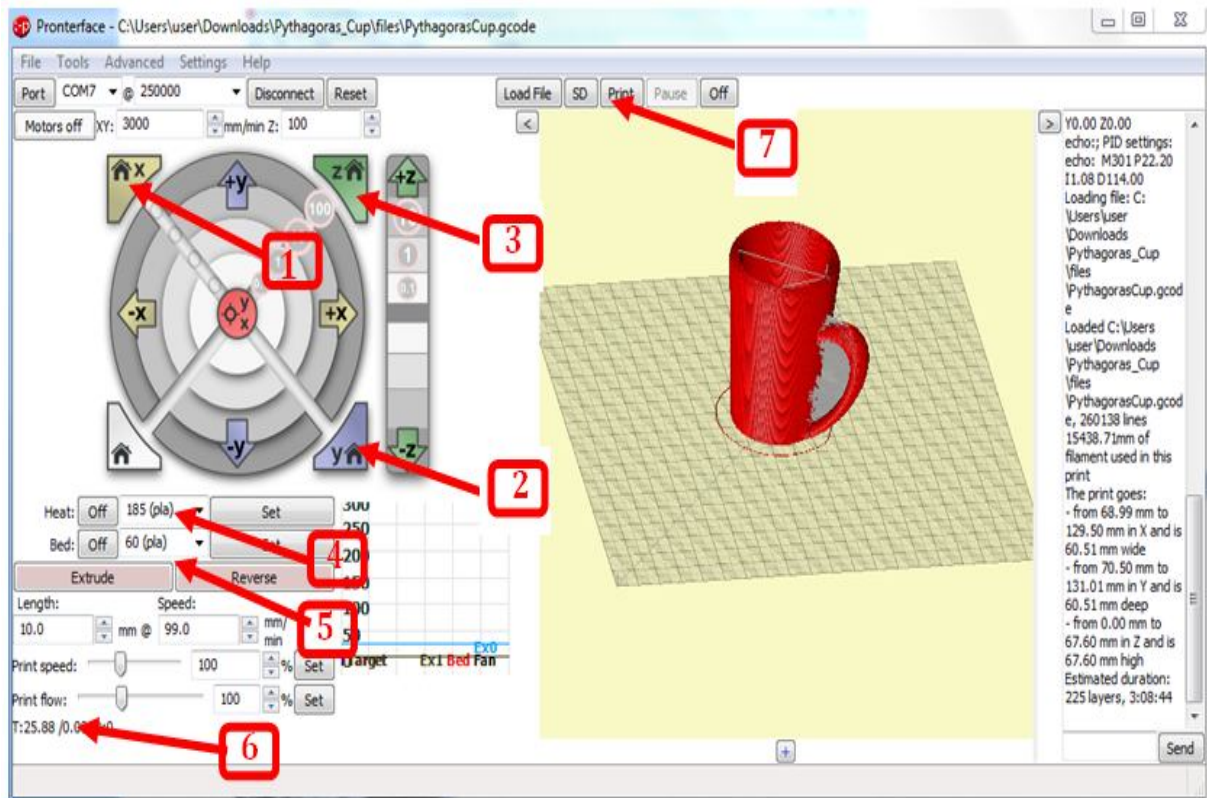


Figure.IV.34: point primaire et de la température dans le programme Prontface.

1. point initial de la tête dans l'axe X.
2. point initial de la tête dans l'axe Y.
3. point initial de la tête dans l'axe Z.
4. Température en fonction du type de matériau (PLA ou ABS).
5. Vitesse en fonction du type de matériau (PLA ou ABS).
6. Échelle de température à venir.
7. Bouton de démarrage de l'impression.

Après avoir déterminé le point initial de la tête de l'imprimante 3D, nous sommes prêts à démarrer l'impression stéréoscopique que nous avons précédemment téléchargé le fichier pour l'étape restante en appuyant sur le bouton Print dans le programme Prontface.

## CHAPITRE.IV: Modélisation , Réalisation et Utilisation

- ❖ **Observation :** La tête d'impression doit être à 0,7 mm au-dessus de la plateforme.

### IV.6.Projet terminé

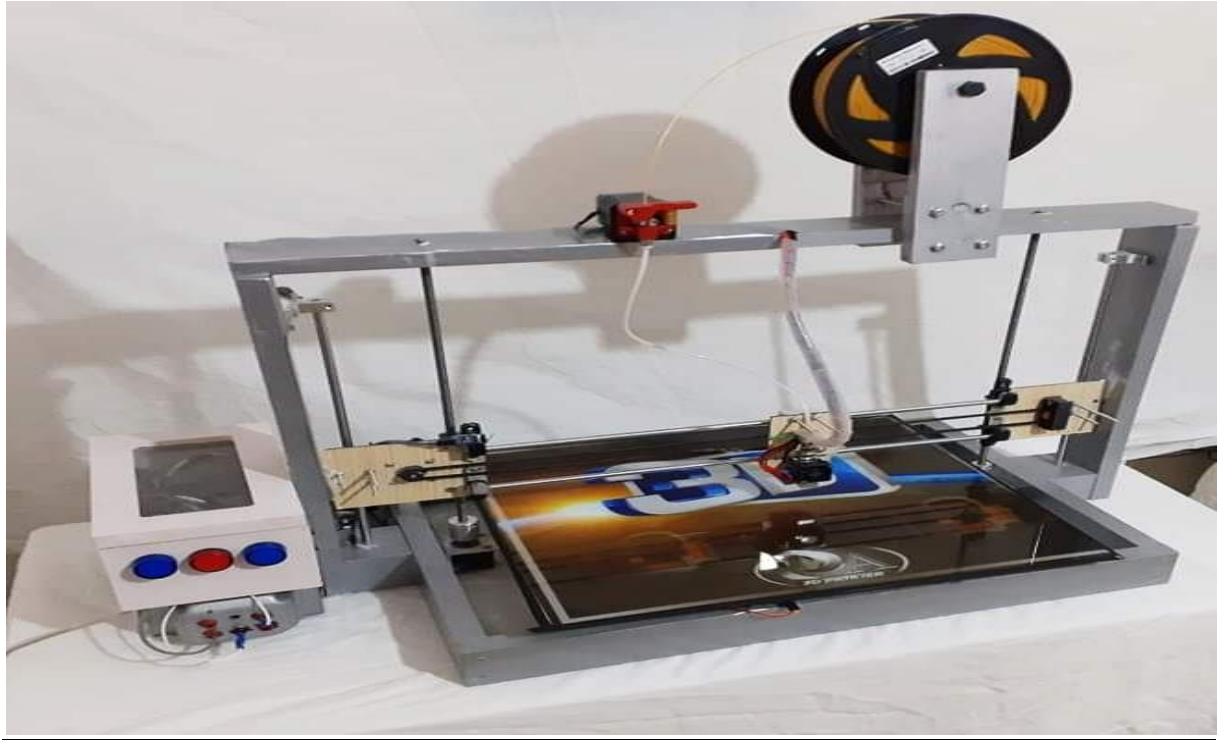


Figure.IV.35: Imprimante 3D.

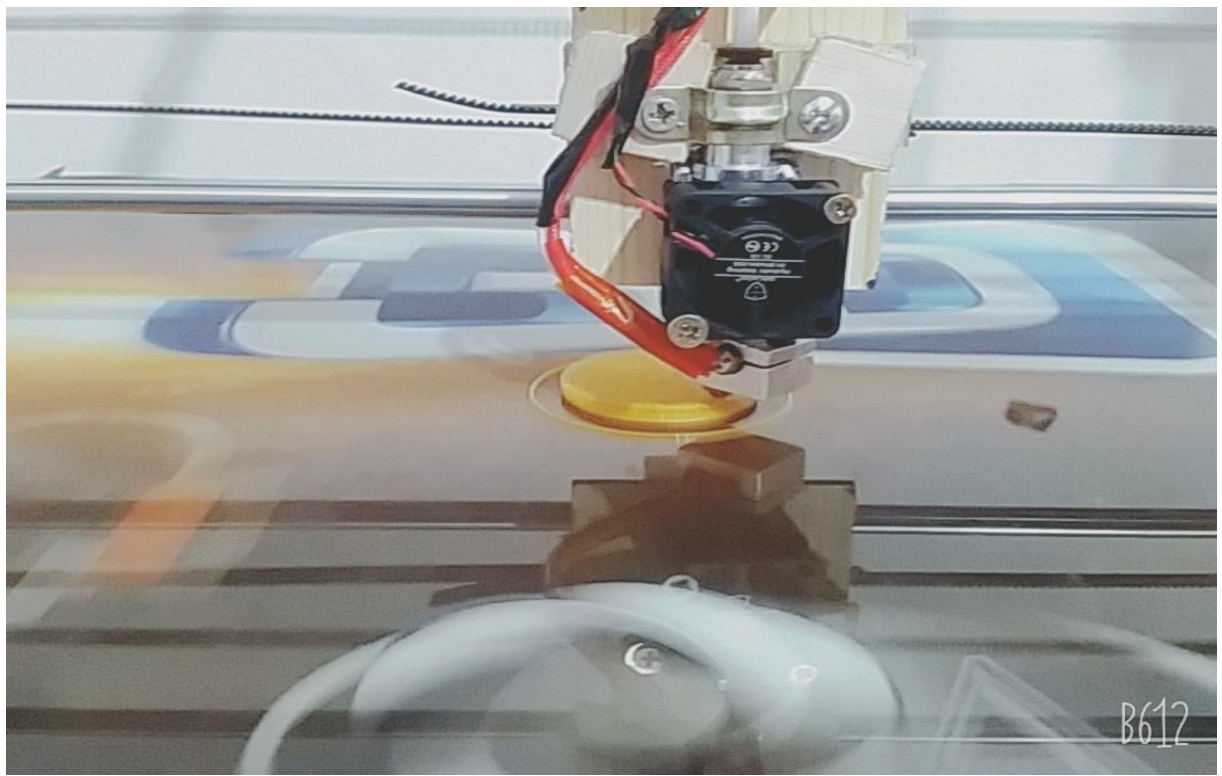
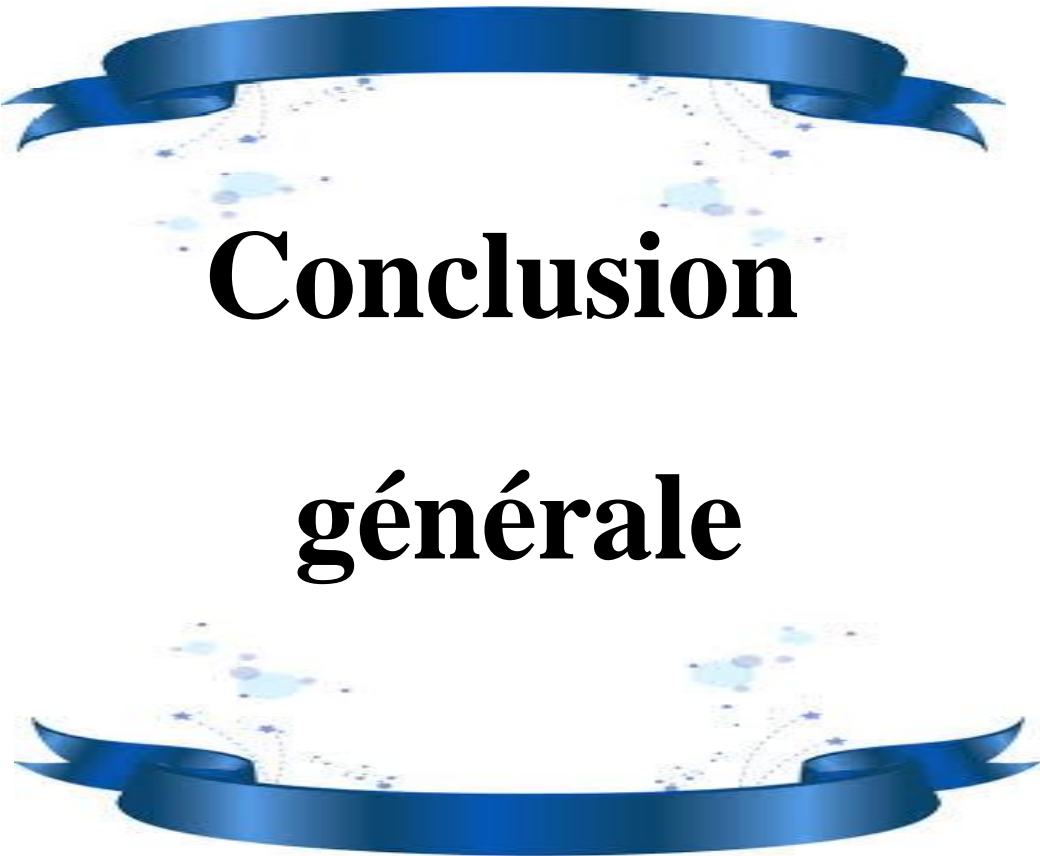


Figure.IV.36: Impression 3D.

### **IV .7. Conclusion:**

Pour modéliser un robot série, il faut représenter le comportement de ce robot sous la forme d'un modèle, une telle approche s'appelle la modélisation, en général, on recherche toujours le modèle le plus simple qui puisse expliquer, de manière satisfaisante, le comportement du processus dans le domaine de son application; Modèles de transformation entre espace opératoire et espace articulé. On distingue: - Des modèles d'ingénierie qui expriment l'état du membre terminal en fonction de la formation du mécanisme. - Les modèles cinétiques vous permettent de contrôler la vitesse du mouvement du robot pour connaître la durée de la tâche. Pour développer ces deux modèles, une approche systématique est nécessaire. Il s'agit de la méthode Denavit-Hartenberg, qui reste la méthode à long terme la plus utilisée en robotique en série.

En conclusion, comment assembler les pièces de l'imprimante 3D et comment l'utiliser de la bonne manière.



**Conclusion**  
**générale**

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale:

L'impression 3D vous permet de créer des produits couche par couche et de travailler directement à partir de nombreux matériaux.

L'un des avantages de l'impression 3D par rapport aux autres méthodes de fabrication «traditionnelles» est sa capacité à permettre aux créatifs, concepteurs et ingénieurs des entreprises d'imaginer de nouveaux designs.

C'est un projet passionnant dans lequel je voulais vraiment être bon. Lors de la mise en œuvre du projet, j'ai vraiment aimé travailler et j'ai pu gagner plus d'idées, à la fois en théorie et en pratique.

J'ai rencontré plusieurs problèmes:

Manque de matériaux de fabrication.

Il existe des différences entre le niveau théorique et le niveau pratique.

Il est parfois difficile de se connecter à une imprimante 3D. Parfois, il y a un problème avec l'alimentation ou un composant sans raison apparente.

J'ai fabriqué une imprimante 3D à la fin du projet d'étude, j'ai compris son mécanisme précis et je suis passé de la partie théorique telle que la conception, l'analyse du mouvement, la modélisation, le code et les logiciels utilisés dans l'impression à la partie appliquée où j'ai installé chaque pièce dans l'imprimante avec précision et soin jusqu'à ce que j'atteigne la forme finale qui fonctionne correctement et avec précision. .

# BIBLIOGRAPHIQUE

---

## **BIBLIOGRAPHIQUE:**

1. S. BOUGOUR << L'IMPRIMANTE 3D COMME MOYEN D'EVOLUTION DES PROCESSUS DE PRODUCTION>> [Mémoire](#) , UNIVERSITÉ DU LITTORAL CÔTE D'OPALE Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation , Boulogne - Calais – France , Janvier 2015 <https://riifr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2015/01/doc-288.pdf> / [10/03/2020.00:00 pm ]
2. [10/03/2020.00:00pm] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Impression\\_3D](https://fr.wikipedia.org/wiki/Impression_3D) .
3. Majad Albasha [10/05/2020.00:00pm] <https://www.ibelieveinisci.com/?p=15906>
4. [10/03/2020.00:00pm] , <https://www.fabulous.com.co/guide-impresion-3d/en-bref/histoire/>
5. +Francois , [10/03/2020.00:00pm] <http://www.monunivers3d.com/guide/types/>
6. [10/03/2020.00:00pm], Définitions, [https://reprap.org/wiki/RepRap\\_Options](https://reprap.org/wiki/RepRap_Options)
7. [10/03/2020.00:00pm], Définitions, <https://www.atome3d.com/pages/vos-besoins-nos-suggestions>
8. [10/03/2020.00:00pm], Définitions, <https://www.delta-3dprint.fr/cbx/erreur404.htm>
9. [10/03/2020.00:00pm], Définitions, <https://www.3dnatives.com/applications-3d-par-secteur/>
10. [09/04/2020.00:00pm], Définitions, <https://instrumentic.info/fr/hardware/arduino.html#gsc.tab=0>
11. M. DUMONT [09/04/2020 .00:00pm], Définitions [https://www.academia.edu/39339945/Les\\_diff%C3%A9rents\\_type\\_dArduino](https://www.academia.edu/39339945/Les_diff%C3%A9rents_type_dArduino)
12. Arduino [09/04/2020 .00:00pm], Définitions, <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3/>
13. R.Morse [09/04/2020 .00:00pm], Définitions, <https://all3dp.com/2/ramps-1-4-review-the-specs-of-this-controller-board/>
14. [09/04/2020 .00:00pm] , Définitions, <https://www.omega.fr/prodinfo/Moteur-pas-a-pas.html>
15. M .PHILIPPIN [09/04/2020 .00:00pm],Explication, [http://col2000.free.fr/pasapas/pap\\_mot.htm](http://col2000.free.fr/pasapas/pap_mot.htm).
16. [09/04/2020 .00:00pm] ,Explication, <https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors/types-of-steppers>
17. [09/04/2020 .00:00pm] ,Explication, [http://colbertserv.lyceecolbert-tg.org:3007/cours\\_transformateurs\\_et\\_transmetteurs/viewer/visu.php?f=194](http://colbertserv.lyceecolbert-tg.org:3007/cours_transformateurs_et_transmetteurs/viewer/visu.php?f=194)
18. [09/04/2020 .00:00pm] ,Explication, [https://cours-examens.org/images/An\\_2015\\_1/Etudes\\_superieures/Mecanique/Eloued/ChapitreII.pdf](https://cours-examens.org/images/An_2015_1/Etudes_superieures/Mecanique/Eloued/ChapitreII.pdf)
19. [09/04/2020 .00:00pm] ,Explication, [https://cours-examens.org/images/An\\_2015\\_1/Etudes\\_superieures/Mecanique/Eloued/ChapitreVI.pdf](https://cours-examens.org/images/An_2015_1/Etudes_superieures/Mecanique/Eloued/ChapitreVI.pdf)
20. [09/04/2020 .00:00pm] ,Explication, <https://bentek.fr/tete-dimpresion-problemes-solutions/>
21. [09/04/2020 .00:00pm] ,Explication, <http://www.primante3d.com/materiaux/>

## BIBLIOGRAPHIQUE

---

22. [18/05/2020 .00:00pm] Documentation Arduino ,  
<http://web.csulb.edu/~hill/ee400d/Technical%20Training%20Series/02%20Intro%20to%20Arduino.pdf>
23. **A .Reungoat** [18/05/2020 .00:00pm] ,Explication,  
<http://web.csulb.edu/~hill/ee400d/Technical%20Training%20Series/02%20Intro%20to%20Arduino.pdf>
24. **R. Mélanie** [18/05/2020 .00:00pm] , Définitions, <https://www.3dnatives.com/logiciel-de-cao-18032019/#!>
25. .
26. [18/05/2020 .00:00pm] Définitions, <https://fr.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>
27. [18/05/2020 .00:00pm] Définitions, <https://reprap.org/wiki/Slic3r>
28. **D.Lzgorevic** [18/05/2020 .00:00pm] <https://all3dp.com/2/pronterface-how-to-download-install-and-set-it-up/>
29. **Khalil W., Dombre E.,** Modelisation, identification and control of robots, Hermes Penton Science, London, ISBN 1-90399-613-9, 2002, 480 p. [18/05/2020 .00:00pm]
30. **Ultimake** [18/05/2020 .00:00pm] <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>

# ANNEXE

## ANNEXE:

### 1 Propriétés du fil PLA :

- Robuste, facile à utiliser et durable.
- Idéal pour les produits de consommation, les petits jeux.
- La flexibilité est très limitée et un peu fragile.
- insoluble.

Moins puissant que .ABS

- Il ne nécessite pas de plateforme chauffée

<b>La température de la buse</b>	<b>185 à 235 ° C</b>
<b>La température de la plate-forme de construction</b>	<b>60 ° C</b>
<b>Surface d'impression</b>	<b>Ruban bleu, ruban adhésif, verre chaud Kapton, vinyle coupé</b>

Températures du filament PLA

### 2 Propriétés du fil ABS :

- Ce qui distingue ce type est sa grande durabilité, sa bonne résistance et sa résistance aux chocs.

- Idéal pour les pièces mobiles, les pièces de machines et les jouets pour enfants.

Soluble dans l'acétone.

- Il n'est pas considéré comme sûr pour une utilisation avec des denrées alimentaires.

- Facile à traiter après l'impression.

<b>Température de la buse</b>	<b>250 à 215 ° C</b>
<b>Température de la plate-forme de construction</b>	<b>90 à 115 ° C</b>
<b>Surface d'impression</b>	<b>Bande Kapto</b>

Températures du filament ABS

# ANNEXE

## 3 Propriétés du fil HIPS :

- Haute durabilité.

Faible élasticité.

Soluble dans divers solvants.

- Il n'est pas considéré comme sûr pour une utilisation avec des denrées alimentaires

<b>Température de la buse</b>	<b>220 à 235 ° C</b>
<b>Température de la plate-forme de construction</b>	<b>115 ° C</b>
<b>Surface d'impression</b>	<b>Bande Kapto</b>

Températures du filament **HIPS**

## 4 Contrôle de la qualité du fil:

Avec le développement et la croissance du marché des filaments pour les imprimantes 3D, le contrôle de la qualité s'améliore, mais parfois des incohérences persistent. Les diamètres de filetage courants sont de 3 mm et 1,75 mm. Cependant, ce sont des diamètres nominaux et le diamètre réel peut varier. De nombreux experts ont un pied à coulisse vernier pour mesurer le diamètre réel de chaque plante et vérifier le diamètre du filetage. Si le diamètre est différent de la conception du diamètre de la buse de l'extrudeuse, l'imprimante calera ou l'extrudeuse sera arrêtée.

Le logiciel de contrôle de l'imprimante calcule le volume d'extrusion en fonction du diamètre du filament et du diamètre de la buse de l'extrudeuse ainsi que de la vitesse d'extrusion (extrudeuse) appelée débit (mm / s) L'imprimante 3D contrôle le volume de plastique qui est poussé hors de la buse en faisant tourner la roue d'extrudeuse et en poussant une certaine longueur de Fils en dessous de l'extrémité chaude Si le diamètre des fils n'est pas uniforme, la taille du plastique extrudé variera et la longueur d'extrusion ne pourra pas être ajustée via le programme pour compenser cette différence, ce qui conduit à une extrusion incohérente.

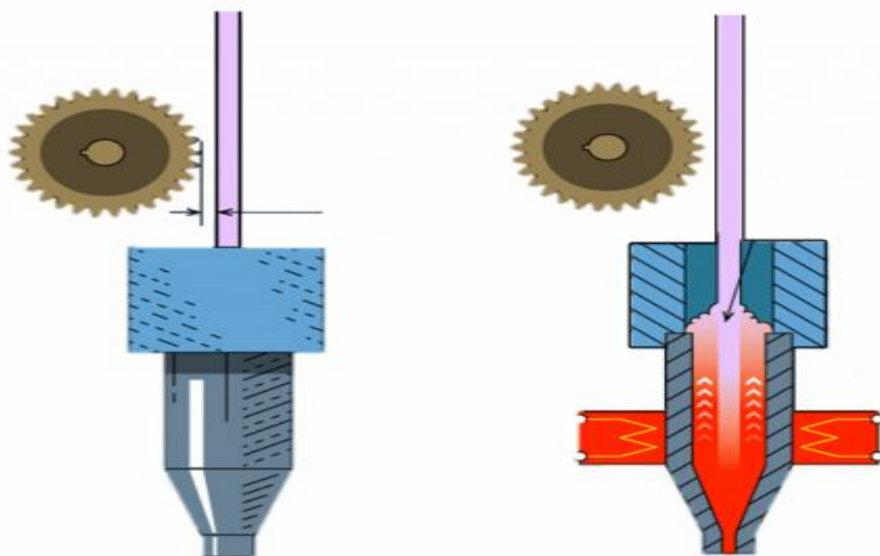
Idéalement, les fils doivent conserver un diamètre constant sur toute la longueur de la bobine de filament, mais il existe toujours un taux de tolérance en raison de petites imperfections dans le processus de fabrication du filament. Le rapport de tolérance de

## ANNEXE

---

fil décrit la différence de diamètre du fil que vous utilisez. Par exemple, nous avons des fils de 1,75 mm avec une tolérance de  $\pm 0,05$  mm.

Des problèmes graves peuvent survenir en raison de diamètres de filetage incohérents. Un exemple typique est la défaillance de l'extrudeuse, auquel cas l'extrudeuse ne parvient pas à livrer le plastique ou les matériaux utilisés à l'extrémité chaude. Cela se produit si le fil est trop fin pour le mécanisme de tension de l'extrudeuse, ce qui entraîne une pression de fil insuffisante.

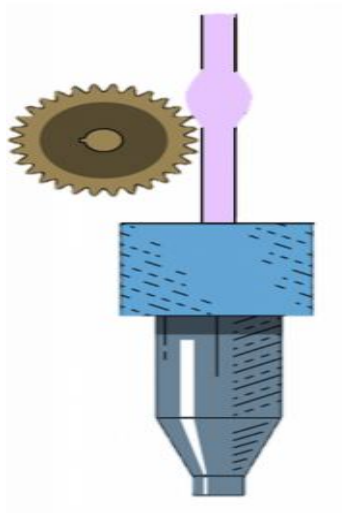


### Répartition de la chaleur dans la buse

Lorsque le diamètre du fil est soudainement trop large, le moteur de l'extrudeuse n'aura pas assez de force pour le pousser à travers, et il peut ne pas s'adapter à l'ouverture de l'extrémité chaude. Les engrenages de l'extrudeuse peuvent déchirer la surface en plastique en raison de l'augmentation du diamètre, provoquant un dysfonctionnement de l'extrudeuse

## ANNEXE

---



**la buse**

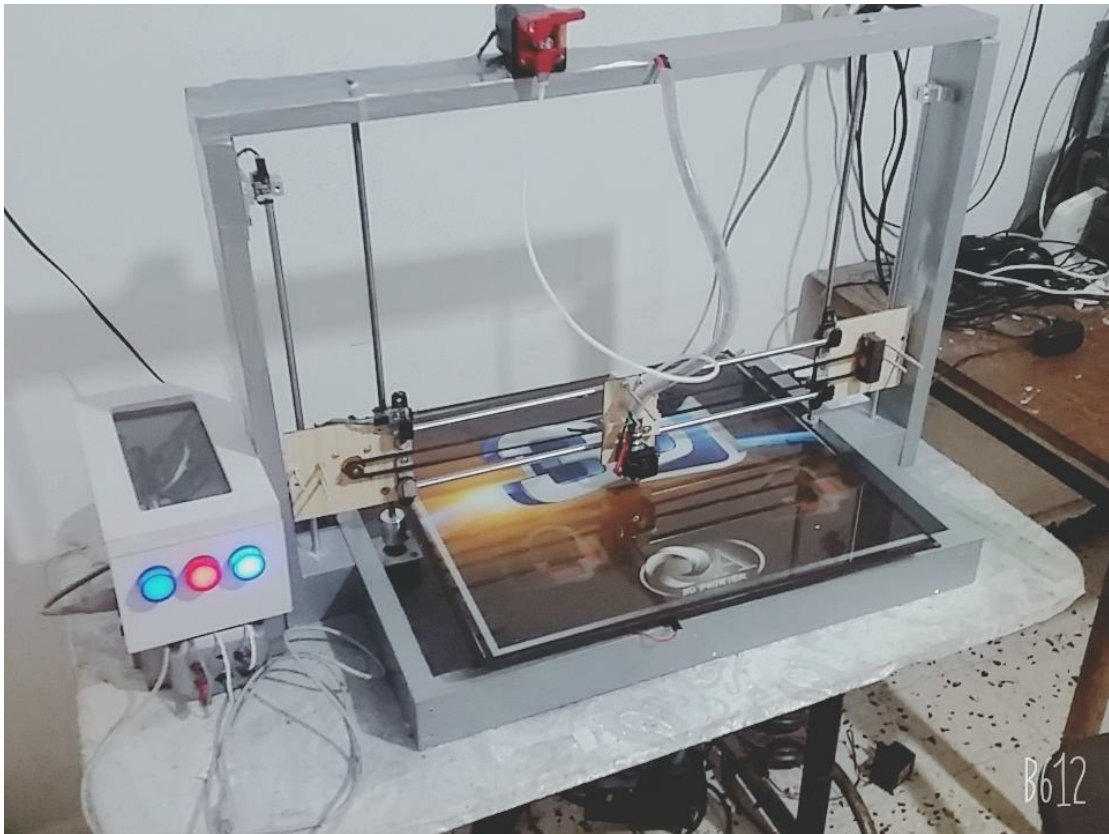
Pour vérifier le diamètre du filetage, utilisez un pied à coulisse ( Vernier caliper ), un pied à coulisse comme indiqué dans l'image suivante ou un micromètre pour mesurer le diamètre à plusieurs endroits et assurez-vous qu'il respecte la tolérance déclarée.



**Vernier caliper**

Les filaments de mauvaise qualité contiennent des bulles d'air, ce qui entraînera une qualité d'impression irrégulière. Pire encore, les particules contaminées peuvent obstruer la buse de l'extrudeuse. Lorsque des problèmes d'extrusion / extrusion surviennent pendant le processus d'impression, la cause doit être un diamètre de filament irrégulier ou la présence de contaminants de filament. Assurez-vous d'utiliser le filament d'une imprimante 3D destiné à votre imprimante, et non quelque chose de similaire.

**Projet terminé :**



# ANNEXE

---

