

Support de formation - Impression 3D



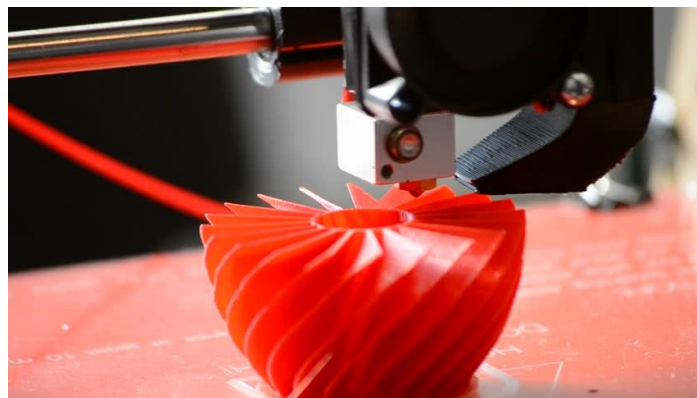
Table des matières

Généralités	2
Principes	2
Workflow	3
Éléments.....	4
Matériaux utilisés à l'Innovation Lab	6
PLA.....	6
PLA+	6
ABS.....	7
PVA (Support)	7
TPU	7
Logiciels – Conception	8
Les logiciels paramétriques	8
Les logiciels de modélisation volumique.....	8
Mesh Modeling	9
Les règles de conceptions inhérentes à l'impression 3D	9
Les paramètres du Slicer.....	11
Orientation de la pièce	11
Matériaux	11
Support.....	11
Radeau (Raft)	11

Température.....	12
Hauteur de couche	12
Remplissage.....	12
Coque (Shell).....	13
Vitesse d'impression.....	14
Rétractation.....	14
Z-Hop	14
Sécurité.....	15

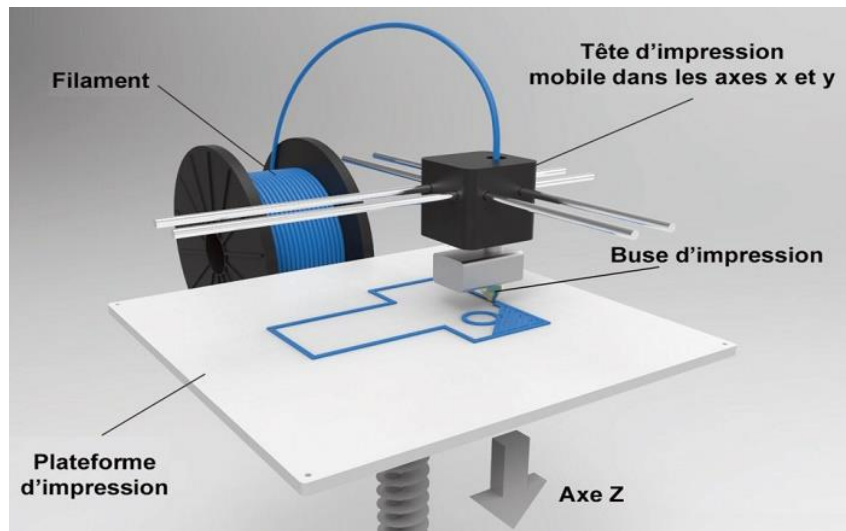
Généralités

L'imprimante 3D est une machine à commande numérique permettant d'imprimer des objets en 3 dimensions. L'objet est réalisé par empilement de couches successives de matière (fabrication additive). C'est une machine très présente dans les Fablab, du fait de la finesse et de la complexité des objets qu'elle permet de réaliser, mais également par sa facilité d'utilisation. Elle reste néanmoins fragile et demande des ajustements et des réglages réguliers. Le temps de prise en main des logiciels de conception 3D est également non négligeable.



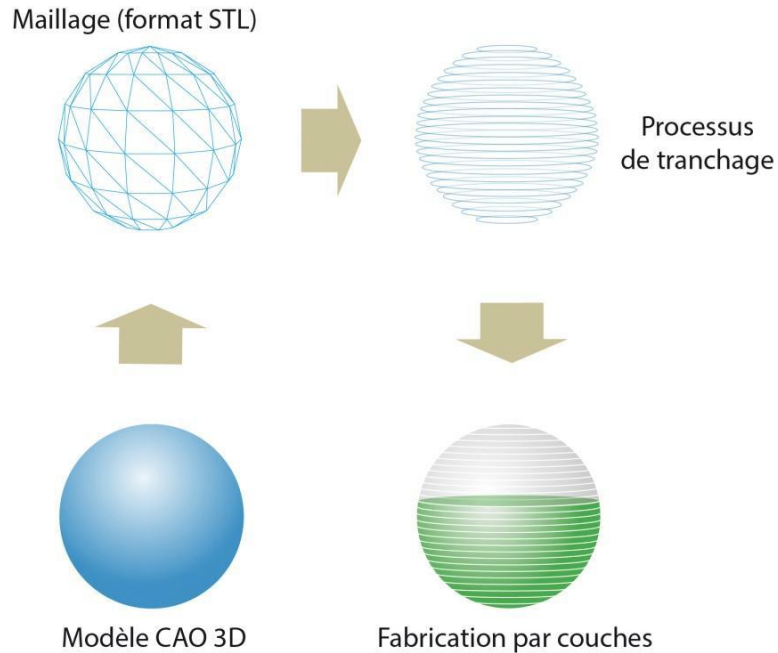
Principes

Les imprimantes 3D disponibles au Fablab sont de type FDM (Fuse Deposition Modeling). L'objet est réalisé par dépôt successif de matériaux préalablement fondu. La plupart du temps, la tête déposant la matière est donc mobile sur 2 axes (X,Y), et l'objet se construit sur un plateau mobile sur le 3eme axe (Z). Il s'agit souvent de matériaux de type plastique (cf. Matériaux). L'objet est donc composé au final de tranches successives de matières. Plus ces tranches seront fines, plus l'objet sera fidèle à modèle initiale.



A noter que du plastique ne faisant pas partie de l'objet peut être ajouté à l'objet car sa fabrication le nécessite (partie de l'objet dans le vide). Les couches de matières étant déposées les unes sur les autres, les parties de votre objet présentant un revers ou un portant vont nécessités d'ajouter un support.

Workflow



CAO

L'utilisateur conçoit un modèle via un logiciel de CAD 3D (Computer Assisted Design ou Conception Assisté par Ordinateur).

Plus de détails sont données au chapitre suivant sur cette étape.

Export en STL

Suite à la conception du modèle, il faut en général exporter le modèle au format STL.

Ce type de fichier décrit l'objet par sa surface externe composée de triangle. Cette surface est nécessairement fermée.

A l'export, les informations concernant la couleur ou la texture de cette surface (initialement présente dans le modèle CAO) sont perdues.

A noter que ce type de fichier est très utilisé dans les banques d'objet 3D. (thingiverse.com)

Tranchage

Le fichier STL est ensuite convertie sous forme de fichier binaire interprétable par l'imprimante 3D (GCode, très utilisé dans la commande de machine de fabrication numérique). Ce type de fichier binaire est obtenu grâce à un slicer, qui est entre autre responsable :

- du découpage du design en tranche et de l'épaisseur de ces tranches
- de l'épaisseur de la coque externe
- du remplissage de l'objet
- de la présence (ou pas) de support ou de radeau

Le slicer est bien souvent livré avec la machine, mais il existe des slicer génériques, compatible avec la plupart des machines comme le Slicer Cura:

<https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>

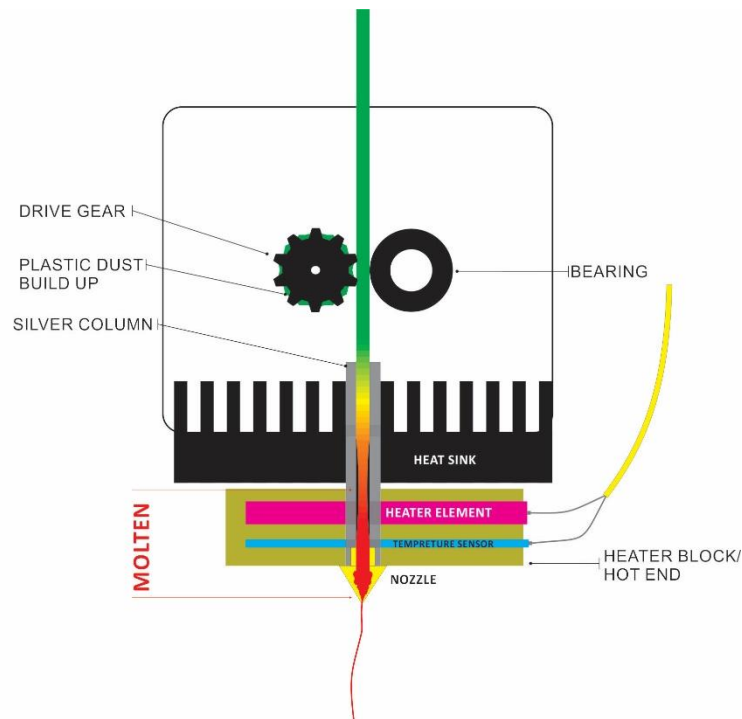
Fabrication

Le Gcode est ensuite transféré à la machine, qui va donc l'exécuter pour fabriquer l'objet, comme décrit au premier chapitre.

Éléments

La tête d'impression

La tête d'impression, ou extrudeur, se compose schématiquement d'un dispositif poussant le fil (1.75 mm de diamètre) vers une partie chauffant ou il va atteindre sa température de fusion et être extrudé à un diamètre de 0.4 mm.

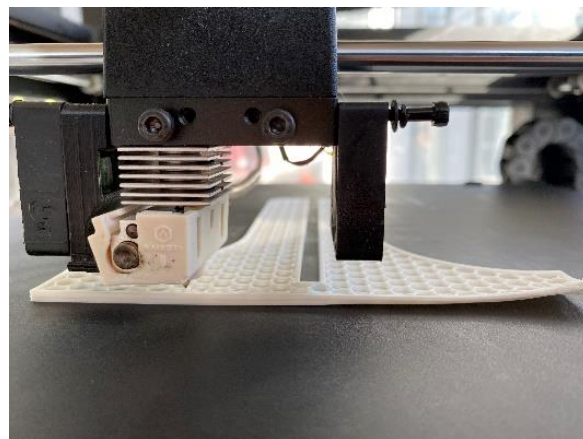


Un dissipateur placé entre la partie chauffante et le moteur permet de protéger ce dernier d'une température trop élevée.

La partie chauffante se compose d'une résistance chauffante permettant d'atteindre la température de fusion du fil et d'une thermistance (capteur de température) permettant de régler finement cette température. Elles sont bien souvent sous forme de sonde. La buse (nozzle) permet la réduction du diamètre du fil lors de son dépôt sur l'objet.

Le plateau

Le plateau est en général chauffant afin de limiter la différence de température du matériau sortant de la buse. Ainsi, il maximise l'adhérence des premières couches, et permet à l'objet d'être solidement accroché. Il existe plusieurs types de revêtement selon les constructeurs. Il peut être amovible, micro percé...



Exemple d'un objet de se décrochant du plateau durant sa fabrication

Matériaux utilisés à l'Innovation Lab

PLA

Polymère d'acide lactique. Matériaux biodégradable, pouvant être issue d'amidon de maïs. Fond à environ 190°. C'est certainement le matériau le plus utilisé car il y a assez peu de surprises dans le rendu final et le taux d'échec d'impression est relativement "bas". Il est également relativement bon marché. Le fait qu'il soit biodégradable le rend sensible à l'humidité.

PLA+

(Edité le 08/01/2020 par Laëtitia SONG)

Le PLA+ se présente exactement comme le PLA classique. Il est assez tonique au niveau de son fil. Il est impératif de le ranger attaché afin que le filament ne se déroule pas sous l'effet de cette tonicité. Il a l'avantage d'être également mieux adhérent que le PLA classique, je ne le recommande cependant pas pour les pièces qui ont vocation à être "jolies" mais plutôt pour des pièces techniques.

Il a un aspect mat et s'assombrit après impression

Le fait qu'il adhère bien le rend difficile à décoller de son support et le retrait de ce dernier laisse des traces qui pourraient s'apparenter à une mauvaise finition. Le support est plus difficile à retirer car il n'est pas très cassant, il faut davantage le déchirer (attention porter des gants est parfois plus prudent notamment parce que nous avons tendance à tirer fort avec la pince un faux mouvement est vite arrivé)

Les plus:

- les filaments tiennent très bien entre eux
- résiste assez bien à l'humidité par rapport au PLA classique
- les bobines ESUN sont démontables, cela rend l'utilisation de certains "supports de bobines" plus simple, de même que cela permet de facilement peser le filament restant (juste deux vis à retirer)
- moins cassant que le PLA classique, se déchire et se coupe plus qu'il ne se casse

les moins:

- bobine un peu plus chère
- ESUN fait des bobines qui sont assez mal enroulées même si je n'ai jamais eu de problème à l'usage
- traces de retrait de support
- support plus difficile à retirer

Note:

Pour un résultat optimal 220°C pour la buse 60°C pour le plateau

Conclusion: Le rendu final au niveau du retrait du support m'a un peu déçu même si cela "donne un style" mais la résistance à la casse est plutôt appréciable. J'ai eu comme retour qu'il était possible de

faire des supports pour des objets lourds sans que cela ne casse ou que les filaments ne cèdent peu importe le sens de tension.

ABS

Polymère thermoplastique. Non biodégradable. Fond à 250° environ. A une résistance mécanique plus élevée que le PLA et est non sensible à l'humidité. Il est par contre plus cher et plus difficile à utiliser, le taux d'échec d'impression est plus élevé qu'avec PLA (décollement, wrapping) car il nécessite une enceinte à température contrôlée. L'ABS est soluble dans l'acétone.

Ce matériau est très présent dans les objets courants comme les appareils électroménagers, les jouets, équipements automobiles...

Autres

<https://www.makershop.fr/content/43-guide-achat-filament-resine-impression-3d>

TPU

Polyuréthane Thermoplastique. Fond à environ 220°, ce matériaux à pour principale propriété d'être flexible, comme du caoutchouc. Idéal pour des objets comme des semelles, pneu, joints... Il est cependant compliqué à imprimer, avec un taux d'échec d'impression plus élevé qu'en PLA.

PVA (Support)

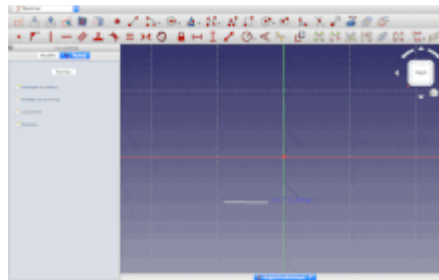
Alcool Polyvinylique. Ce matériaux est soluble dans l'eau et est donc tout indiqué pour être utiliser en tant que support. Il permet donc d'outrepasser les limites inhérentes à l'impression par dépôt de filament en permettant de créer des objets avec des cavités intérieur ou des pièces intriqués. Il est utilisé en combinaison avec le PLA. Etant très sensible à l'humidité, il est nécessaire de le stocker dans un lieu parfaitement sec.

Logiciels – Conception

Il existe de nombreux logiciels de conception 3D, mais on peut distinguer 3 grandes familles. A noter qu'il existe aussi des logiciels "hybride" mêlant les 2 concepts.

Les logiciels paramétriques

Ces logiciels permettent de spécifier des relations de géométrie entre les lignes, les surfaces ou les volumes du design. Ces relations sont comparables à des fonctions. L'utilisateur doit donc rentrer les paramètres de ces fonctions afin d'obtenir le résultat escompté (cotation, angle, rotation, duplication...).



Ce type de logiciel permet d'assurer la maintenabilité et l'évolution du design car l'objet est décrit de façon "mathématique". Ils demandent à l'utilisateur d'être rigoureux et conscient des propriétés de son modèle. Ce type de logiciel est recommandé pour du design de pièce manufacturée ou technique. Le temps de prise en main peut être assez long.

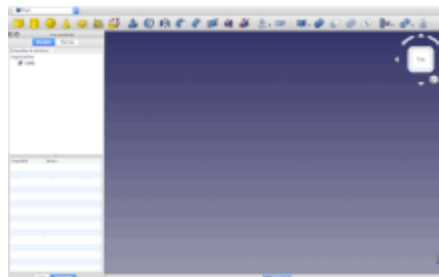
Solidworks Un des logiciels les plus utilisés dans l'industrie, il est disponible au Fablab.

Fusion 360

Onshape CAD en ligne

Les logiciels de modélisation volumique

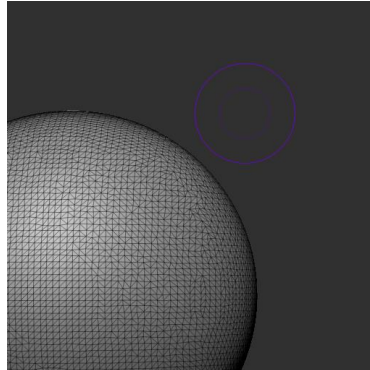
Ces logiciels ont une prise en main plus rapide, car ils sont relativement intuitif. L'utilisateur manipule des primitives simples (cubes, sphères, cylindres...) qui, après des opérations booléennes (union, intersection, soustraction), formeront des solides plus complexes.



Tinkercad, CAD gratuit et en ligne, est un très bon outil pour commencer rapidement à concevoir des objets en 3D.

Mesh Modeling

Ce dernier type de modélisation se destine plus à un usage "artistique" comme la création de personnages ou de textures. Le concepteur a directement la main sur le maillage (mesh) qui compose l'objet, agissant comme un sculpteur sur l'objet. On parle alors de mesh modeling.



Blender, 3D studio Max.

Les règles de conceptions inhérentes à l'impression 3D

L'impression par dépôt de filament implique quelques limites concernant votre objet. Afin de faciliter le travail du slicer, il est important d'avoir en tête ses limites.

La principale est dû au fait que les couches de matières étant déposées les unes sur les autres, les parties de votre objet présentant un devers ou un portant vont nécessitées un support, qui sera généré par votre slicer.

Le support est donc du plastique n'appartenant pas à votre objet, mais ajouter par le slicer pour supporter certaines parties de votre objet.

Moins vous avez de support, mieux c'est ! Le chapitre sur les paramètres du slicer indiquent comment limiter la présence de support.

Règles générales :



3D HUBS

DESIGN RULES FOR 3D PRINTING

	Supported walls	Unsupported walls	Support & overhangs	Embossed & engraved details	Horizontal bridges	Holes	Connecting /moving parts	Escape holes	Minimum features	Pin diameter	Tolerance
	Walls that are connected to the rest of the print on at least two sides.	Unsupported walls are connected to the rest of the print on less than two sides.	The maximum angle a wall can be printed at without requiring support.	Features on the model that are raised or recessed below the model surface.	The span a technology can print without the need for support.	The minimum diameter a technology can successfully print a hole.	The recommended clearance between two moving or connecting parts.	The minimum diameter of escape holes to allow for the removal of build material.	The recommended minimum size of a feature to ensure it will not fail to print.	The minimum diameter a pin can be printed at.	The expected tolerance (dimensional accuracy) of a specific technology.
Fused deposition modeling	0.8 mm	0.8 mm	45°	0.6 mm wide & 2 mm high	10 mm	Ø2 mm	0.5 mm		2 mm	3 mm	±0.5% (lower limit ±0.5 mm)
Stereo-lithography	0.5 mm	1 mm	support always required	0.4 mm wide & high		Ø0.5 mm	0.5 mm	4 mm	0.2 mm	0.5 mm	±0.5% (lower limit ±0.15 mm)
Selective laser sintering	0.7 mm			1 mm wide & high		Ø1.5 mm	0.3 mm for moving parts & 0.1 mm for connections	5 mm	0.8 mm	0.8 mm	±0.3% (lower limit ±0.3 mm)
Material jetting	1 mm	1 mm	support always required	0.5 mm wide & high		Ø0.5 mm	0.2 mm		0.5 mm	0.5 mm	±0.1 mm
Binder jetting	2 mm	3 mm		0.5 mm wide & high		Ø1.5 mm		5 mm	2 mm	2 mm	±0.2 mm for metal & ±0.3 mm for sand
Direct metal Laser sintering	0.4 mm	0.5 mm	support always required	0.1 mm wide & high	2 mm	Ø1.5 mm		5 mm	0.5 mm	1 mm	±0.1 mm

Les paramètres du Slicer

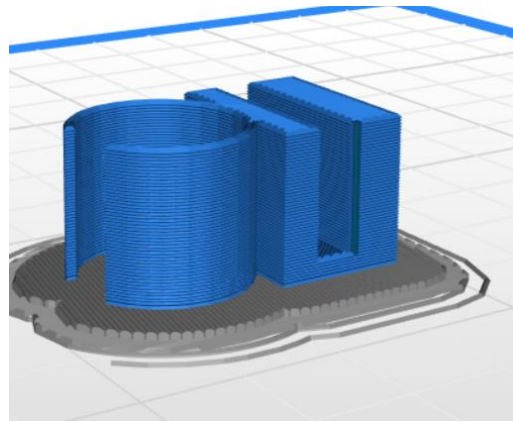
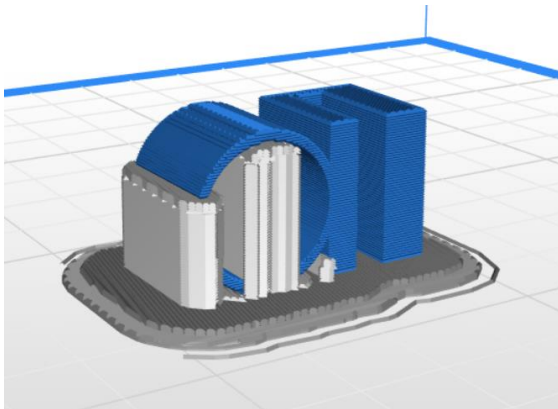
Les paramètres listés ci-dessous sont les paramètres sur lesquels l'utilisateur a en général une influence. Un mauvais paramétrage, surtout lorsque l'on utilise des matériaux différents de ceux recommandés par le fabricant de la machine, risque de compromettre la réussite de votre impression.

Orientation de la pièce

Le fait de construire l'objet par couche en fait un objet anisotrope (contraire d'isotropique). Cela signifie que ses propriétés mécaniques ainsi que la qualité de sa fabrication dépendent de son orientation.

Afin de limiter la présence de support, il faut réfléchir à l'orientation de votre pièce lors de son impression. Dans l'exemple ci-dessous, une rotation de 90° en Y permet de limiter l'ajout de support.

Pièce avec support - Pièce après une rotation de 90° en Y



Matériaux

N'oubliez surtout pas de renseigner correctement dans votre slicer le matériau qui est monté sur la machine. Il n'est pas rare de voir des impressions lancées avec le mauvais réglage de matériaux!

Support

Les supports sont générés de façon automatique par le slicer, il est vivement recommandé de les laisser.

Radeau (Raft)

Comme le plateau chauffant, le raft vous permet d'augmenter l'adhérence de votre pièce au plateau. Il est généré de façon automatique par le slicer, il est vivement recommandé de le laisser.

Température

Température extrudeur

Celle-ci varie selon le type de matériau utilisé. La température recommandée est en général inscrite sur la bobine.

Une température trop basse pourrait amener la buse à se boucher et donc à un échec de l'impression. Une température trop haute pourrait donner un aspect "coulant" aux couches de votre objet.

Température plateau

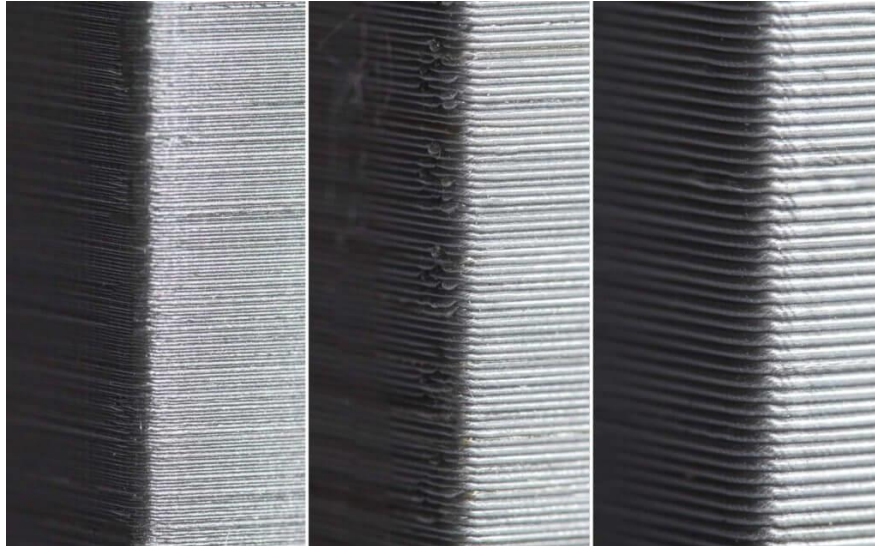
Un plateau chauffé permet une meilleure adhérence de la pièce sur celui-ci. Une pièce qui se décroche en cours d'impression mènera à l'échec de cette impression.

50°C est un bon point de départ.

Hauteur de couche

Plus les couches seront fines, plus l'objet sera fidèle au modèle. Par contre, le temps d'impression s'en trouve rallongé.

Il est intéressant de voir sur la photo ci-dessous que les couches les plus fines donneront certes plus de détails, mais présenteront également plus d'irrégularité.



Pour une buse de 0.4 mm, 0.3 mm donne de bon résultat.

De gauche à droite: 0.1mm, 0.2mm et 0.4 mm

Remplissage

Densité

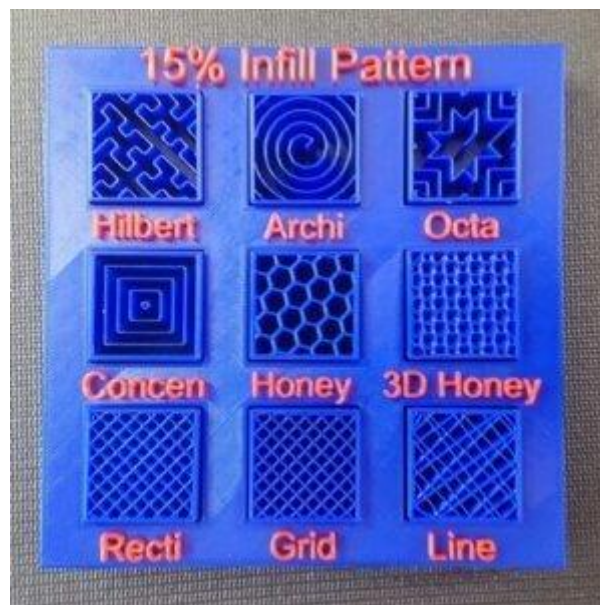
Le remplissage d'une pièce se choisit selon la solidité que l'on souhaite. La contre partie est le temps d'impression.

10%-15% est un bon point de départ. Sauf exception, il n'est en général pas nécessaire de dépasser 30%.

Pattern

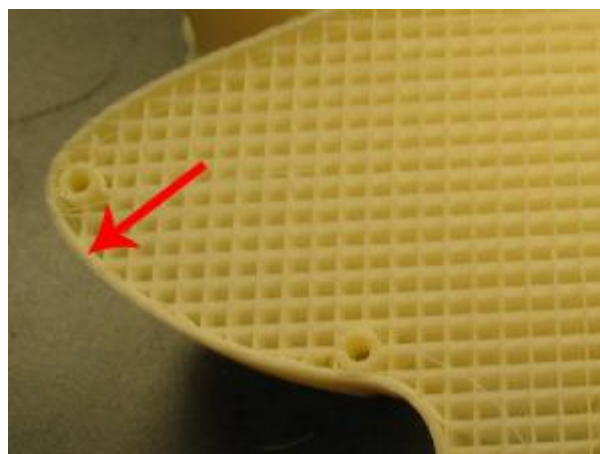
Le pattern de remplissage a également une influence sur la solidité et le temps d'impression. Même si le pattern en nid d'abeille donne le plus de solidité, il sera plus rapide d'utiliser un pattern rectiligne.

Différents motifs de remplissage, certains sont étonnants !



Coque (Shell)

Épaisseur de la paroi externe de l'objet. Elle se mesure en nombre de passage. En général elle est égale à 2. Par exemple, si votre buse est de 0,4 mm et si le slicer à pour épaisseur de coque 2, la coque de votre objet aura une épaisseur de 0.8 mm.



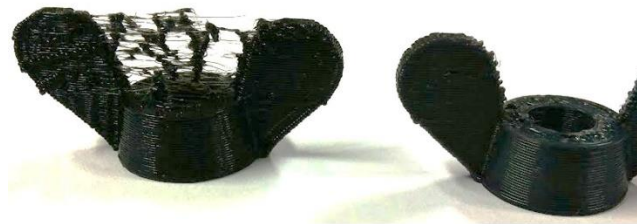
Vitesse d'impression

Elle se mesure en mm/s, et est en moyenne de 50 mm/s. La vitesse est à corrélée à la température d'extrusion.

La limitation vient surtout du temps du filament à se solidifier.

Rétractation

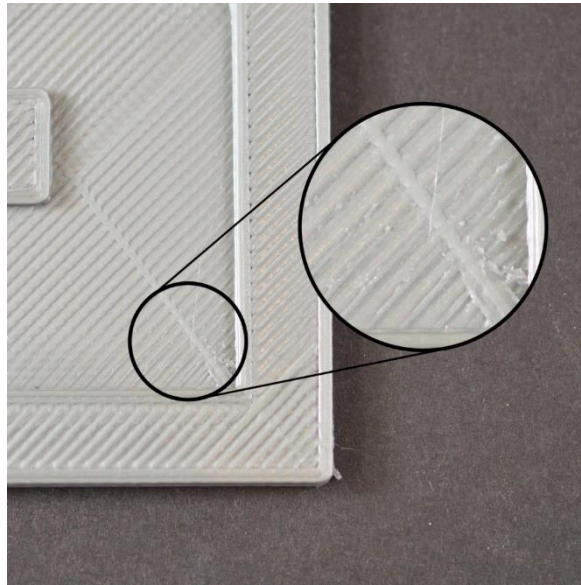
Le moteur pas à pas peut rétracter le fil lorsque la tête d'impression passe d'un endroit à l'autre de l'objet surplombant un un vide. Cela permet d'éviter ce que l'on observe à gauche de la photo ci dessous.



Ceci dit, certains filament (de basse qualité en général) s'use prématurément au niveau du moteur pas à pas si il y a beaucoup de rétractation. Le filament aura tendance à se creuser empêchant donc d'être entraîné, voir se rompre.

Z-Hop

La buse peut se déplacer sans extruder du plastique. Ces déplacements, souvent rapides pour atteindre un autre point de la pièces peuvent engendrer des rayures, surtout quand le déplacement se fait au dessus d'une surface. En effet, la buse peut toucher le plastique déjà présent et abimer la pièce. Pour éviter ce problème, on peut dans le slicer ajuster le "z-hop", qui est un offset en Z lorsque la buse se déplace.



Sécurité

Sécurité = Sécurité de la machine + Sécurité des personnes + Votre propre sécurité

La cartouche de chauffe monte à plusieurs centaines de degré, attention aux brûlures lors des opérations de maintenance par exemple.

Une imprimante 3D ne doit pas être laissée en fonctionnement sans surveillance.

