



Manuel pour le laboratoire d'impression 3D : Conseils pratiques et règles de sécurité



Co-funded by
the European Union

Table des matières

Introduction.....	3
Modèles d'imprimantes 3D.....	3
Composants d'une imprimante 3D.....	4
Axes d'une imprimante 3D : Comment l'imprimante 3D se déplace pour fabriquer un objet en trois dimensions.....	4
Les filaments pour imprimante 3D : Matériaux utilisés pour imprimer un objet en trois dimensions.....	5
Extrudeur et élément chauffant : Interconnectés.....	5
Diamètre de la buse : Équilibre entre précision et vitesse d'impression.....	6
Lit d'impression : Les couches de l'objet 3D.....	7
Écran d'affichage : Interface entre humain et machine.....	8
Installation et utilisation de votre imprimante 3D : Informations importantes à prendre en compte.....	8
1. Où placer votre imprimante 3D.....	8
2. Bien choisir le matériau pour votre imprimante 3D.....	8
3. Offrir la formation adéquate.....	8
4. Quels outils et fournitures sont nécessaires.....	9
5. Calibration: Nivelage et hauteur de la buse.....	9
6. Réglages de la température du lit d'impression et de l'élément chauffant.....	10
7. Supports.....	11
8. Traitement ultérieur : Ce qu'il se passe une fois que vous avez imprimé votre objet 3D.....	13
Règles de sécurité.....	14
Références.....	15

Introduction

Durant la formation de 20 heures «Module STEM sur l'impression 3D» développée dans le cadre du projet Numeric[All], nous avons appris les bases de la modélisation 3D, ainsi que comment préparer votre modèle 3D pour l'impression. Cependant, connaître les consignes et mesures de sécurité en matière d'impression 3D est également essentiel. C'est pourquoi ce **Manuel de Laboratoire** présente des informations sur les fonctions techniques et l'installation d'une imprimante 3D, dans le but d'assurer le meilleur résultat d'impression possible.

Modèles d'imprimantes 3D

Il existe plusieurs modèles d'imprimantes 3D. Ces derniers sont utilisés différemment en fonction de l'industrie et de l'utilisation prévue. Dans le matériel pédagogique du projet Numeric[All], et plus spécifiquement dans ce manuel, nous nous concentrerons sur le dépôt de fil fondu (DFF). L'image ci-dessous présente d'autres types d'imprimantes 3D et leur utilisation.

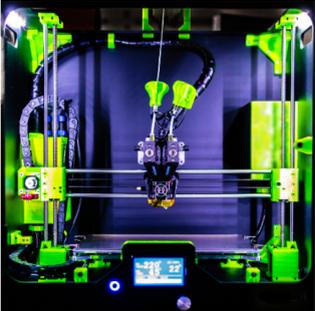
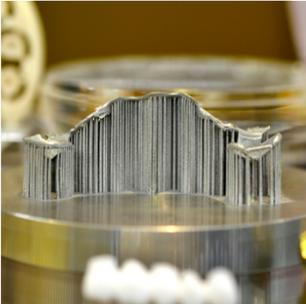
Dépôt de fil fondu (DFF)	Stéréolithographie (SLA)	Frittage sélectif par laser (FSL)
Ce modèle crée l'objet en fondant et déposant le filament couche par couche.	Ce modèle crée l'objet grâce à un laser qui solidifie la résine photopolymère couche par couche.	Ce modèle crée l'objet et utilisant un laser à haute puissance afin de fusionner les grains de céramique, de verre ou de plastique en couches.
		

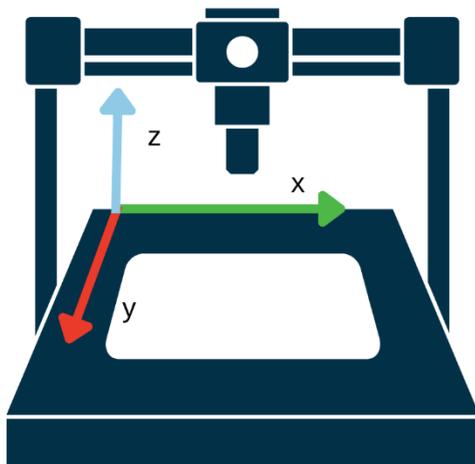
Figure 1. Résumé des principaux modèles d'imprimante 3D

Composants d'une imprimante 3D

Afin d'être capable de remarquer les éventuelles anomalies lors de votre impression 3D, il est essentiel de connaître les principaux composants d'une imprimante 3D. Il existe plusieurs sortes d'imprimantes 3D, mais l'imprimante à dépôt de fil fondu (DFF) est la plus courante, surtout chez les débutants. Les composants suivants se retrouvent habituellement dans la plupart des imprimantes 3D.

Axes d'une imprimante 3D : Comment l'imprimante 3D se déplace pour fabriquer un objet en trois dimensions

Pareillement à la modélisation 3D, une imprimante 3D se déplace dans un espace en trois dimensions pour créer un objet. De ce fait, ses mouvements s'inscrivent sur les axes x, y et z. Les déplacements sur les axes x et y sont horizontaux, tandis que ceux sur l'axe z sont verticaux.



- L'axe z est responsable des mouvements de bas en haut 
- L'axe x est responsable des mouvements de gauche à droite 
- L'axe y est responsable des mouvements d'avant en arrière 

Figure 2. Les axes x,y et z sur une imprimante 3D

Le filament d'impression 3D : Matériau utilisé pour imprimer un objet en 3 dimensions

En fonction de vos besoins, différents types de matériaux bruts peuvent être utilisés pour une impression 3D. Le filament le plus populaire est l'acide polylactique (PLA). Certaines des raisons qui expliquent cela sont qu'il ne requiert pas de hautes températures ou un lit d'impression chauffé, ce qui limite le rétrécissement. De plus, il n'est pas cher, facile à imprimer, existe en de nombreuses couleurs et possède de nombreux usages dans des domaines différents, comme l'industrie ou la réalisation de prototypes.



Figure 3. Filament PLA (Source: Canva)

Si cela vous intéresse, consultez cette liste exhaustive des [Filaments d'impression 3D, leurs avantages et inconvénients.](#)

Extrudeur et élément chauffant : Interconnectés

Ces deux parties sont généralement vues comme un ensemble appelé extrudeur. Même si elles sont interconnectées, elles ont chacune un rôle très important. D'une part, l'extrudeur sert à faire passer le filament de la bobine à l'élément chauffant. D'autre part, l'élément chauffant fait fondre le filament et le pousse à travers la buse, qui est attachée à son bout.

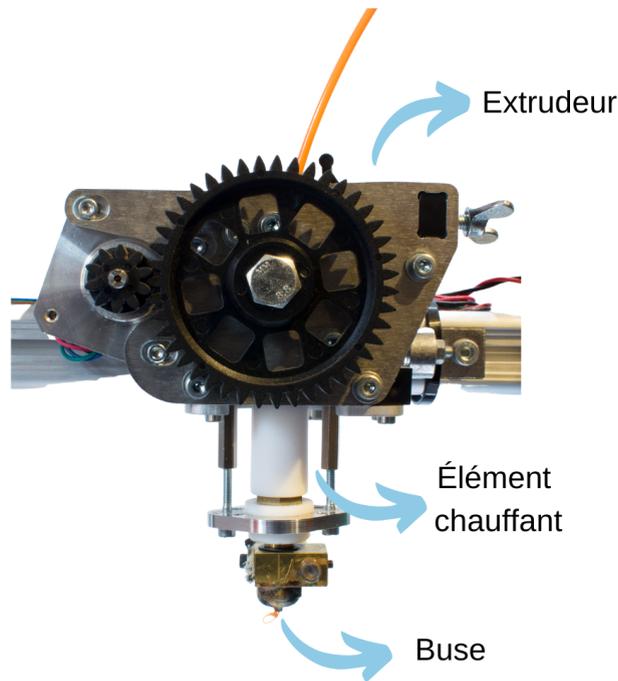


Figure 4. Extrudeur, élément chauffant et buse

Diamètre de la buse : Équilibre entre précision et vitesse d'impression

La buse est attachée à l'élément chauffant et est responsable de l'extrusion du filament 3D. Le diamètre de la buse affecte principalement la résolution de l'objet 3D, qui dépend de la hauteur de couche et de la vitesse d'impression. Les diamètres varient de 0.1mm à 1.0mm, comme le montre l'image ci-dessous. Le diamètre standard utilisé pour les imprimantes 3D est 0.4mm car il permet d'équilibrer la qualité et la vitesse d'impression.

0.2mm 0.3mm 0.4mm 0.5mm 0.6mm 0.8mm 1.0mm



Figure 5. Variété de diamètres de buse (Source: <https://top3dshop.com/blog/3d-printer-nozzle-guide>)

Conseil: La hauteur de couche doit être équivalente à maximum 80% du diamètre de la buse. Par exemple, 0.32mm est la hauteur de couche maximum recommandée pour une buse de 0.4mm de diamètre.

Lit d'impression : Les couches de l'objet 3D

Le lit d'impression d'une imprimante 3D est la surface plane et solide sur laquelle les couches de plastique fondu forment l'objet 3D. En fonction de votre modèle d'imprimante 3D, cette surface peut être fixe ou se déplacer dans une direction spécifique. À partir de la première couche déposée sur le lit d'impression, vous pouvez déceler un éventuel problème et empêcher l'objet de bouger pendant l'impression.

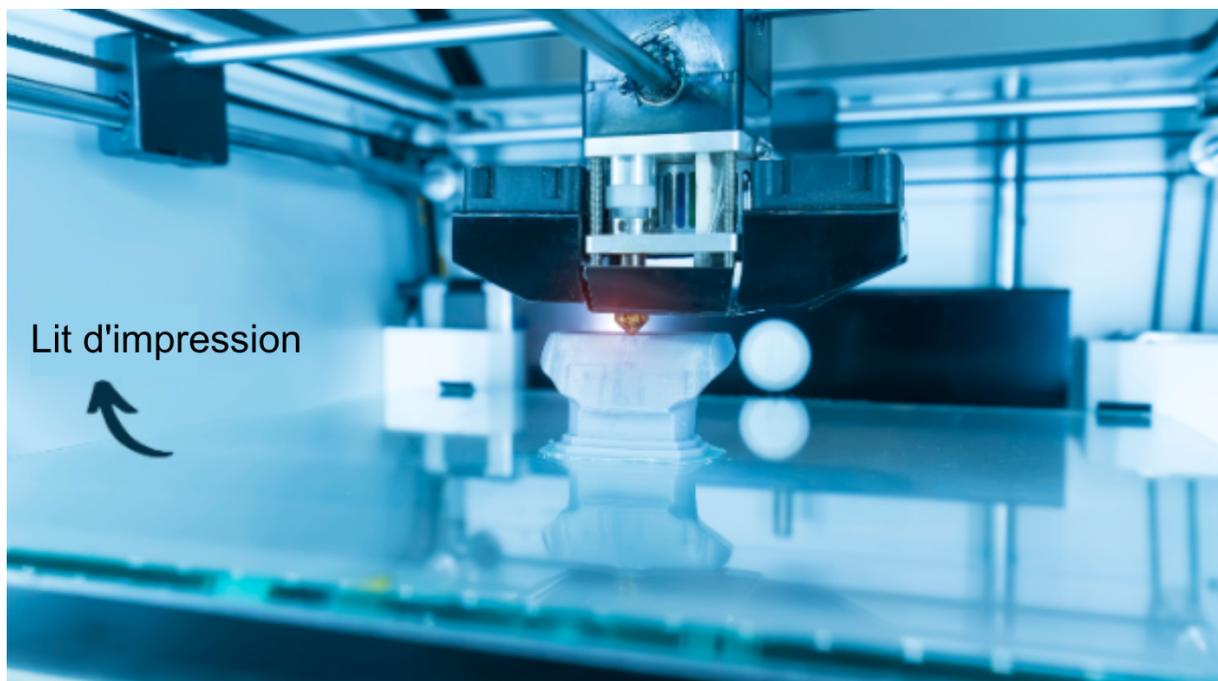


Figure 6. Lit d'impression d'une imprimante 3D

Deux éléments importants à surveiller :

- **Le réchauffement de la surface de construction**, afin d'assurer l'adhésion de la première couche et le gauchissement.
- **Le matériau de la surface de construction**, afin d'assurer sa performance sous la chaleur et que le filament s'accroche à la surface.

Écran d'affichage : Interface entre humain et machine

L'écran d'impression permet aux utilisateurs de communiquer directement avec l'imprimante 3D. De cette façon, vous pouvez démarrer, mettre en pause et arrêter l'imprimante, ainsi que charger vos fichiers 3D à partir d'une clé USB ou d'une carte SD. Tout cela dépend du micrologiciel de votre imprimante 3D.

En outre, l'écran d'impression peut contenir le bloc d'alimentation, la carte mère, les ports USB et la connectivité au Wi-Fi.

Installation et utilisation de votre imprimante 3D : Éléments importants à prendre en considération

Dans cette partie du Manuel, nous allons passer en revue quelques éléments essentiels que vous devriez prendre en compte afin de vous assurer de la meilleure utilisation de votre imprimante 3D.

1. Où placer votre imprimante 3D

Les trois choses essentielles à prendre en compte lorsque vous décidez où placer votre imprimante 3D sont : la ventilation, qui y a accès, et les éléments qui l'entourent. L'emplacement idéal serait dans une pièce bien aérée, en cas de fumées, qui n'est pas accessibles aux enfants et aux animaux domestiques, afin d'éviter les blessures. L'espace entourant l'imprimante 3D doit être dégagé et il ne doit pas y avoir d'objets inflammables à proximité. D'autres facteurs à considérer sont l'emplacement de la pièce, en raison du bruit émis par l'imprimante, ainsi que la nécessité d'un espace de stockage pour les matériaux. Ne laissez en aucun cas l'imprimante 3D sans surveillance pour une période prolongée.

2. Bien choisir le matériau pour votre imprimante 3D

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'acide polylactique (PLA) est le filament 3D le plus populaire en raison de sa simplicité d'utilisation. D'autres avantages du PLA sont qu'il est biodégradable, sans odeur, et assez peu coûteux, ce qui en fait le candidat idéal pour les besoins pédagogiques.

3. Offrir la formation adéquate

Dans beaucoup de cas, lorsqu'un nouvel objet technologique est acheté dans un contexte pédagogique, il n'est pas utilisé avant qu'une formation ait été proposée. La raison à cela est que les professionnels de l'éducation ne se sentent pas forcément à l'aise d'utiliser un appareil qu'ils n'ont pas encore appris à utiliser et dont ils ont besoin d'aide pour comprendre comment l'intégrer à leurs leçons. La formation est essentielle afin d'améliorer l'utilisation pédagogique et méthodologique de l'imprimante 3D dans le domaine de l'éducation.

4. Quels outils et fournitures sont nécessaires

Étant donné que l'impression 3D peut être désordonnée, voici une liste d'outils et de fournitures qui peuvent aider à faciliter la maintenance de votre imprimante et de vos objets 3D :

- **Clés USB** : afin de transférer les fichiers 3D vers l'imprimante en cas de connexion internet limitée dans votre établissement.
- **Pinces coupantes et pinces à bec effilé** : afin de retirer facilement et efficacement le support de votre objet 3D.
- **Spatule de modélisme** : afin de retirer les objets imprimés de la surface de construction en utilisant de la colle.

5. Calibration: Nivelage et hauteur de buse

Vous pouvez remarquer que quelque chose ne va pas avec votre imprimante 3D dès que la première couche sort. Parfois, il s'agit du lit d'impression qui n'est pas nivelé.



Figure 7. Lit d'impression non nivelé

Vous devez vous demander comment remarquer un lit d'impression non nivelé. Souvenez-vous de prendre en compte les trois axes (x, y, z) afin d'assurer la réussite de votre impression. Voici quelques signes à observer.

Certaines imprimantes ont une fonction de nivellement automatique, qui permet d'ajuster automatiquement le lit d'impression. Néanmoins, avec d'autres modèles d'imprimantes, vous pourriez avoir besoin d'ajuster manuellement les vis pour vous assurer que le lit d'impression est dans la position correcte. Un autre aspect important est la distance entre la buse et le lit d'impression (c'est-à-dire l'axe z).

Vous pourriez remarquer que :

- Le filament **n'adhère pas à la surface de construction** à certains endroits.
- Le filament **reste attaché à la buse** à certains endroits.
- **La hauteur et la largeur du filament varient** sur la surface de construction.
- **L'écart entre les lignes extrudées varie** sur la surface de construction.

Source: Kivelä, 2022

Figure 8. Signes d'un lit d'impression mal nivelé

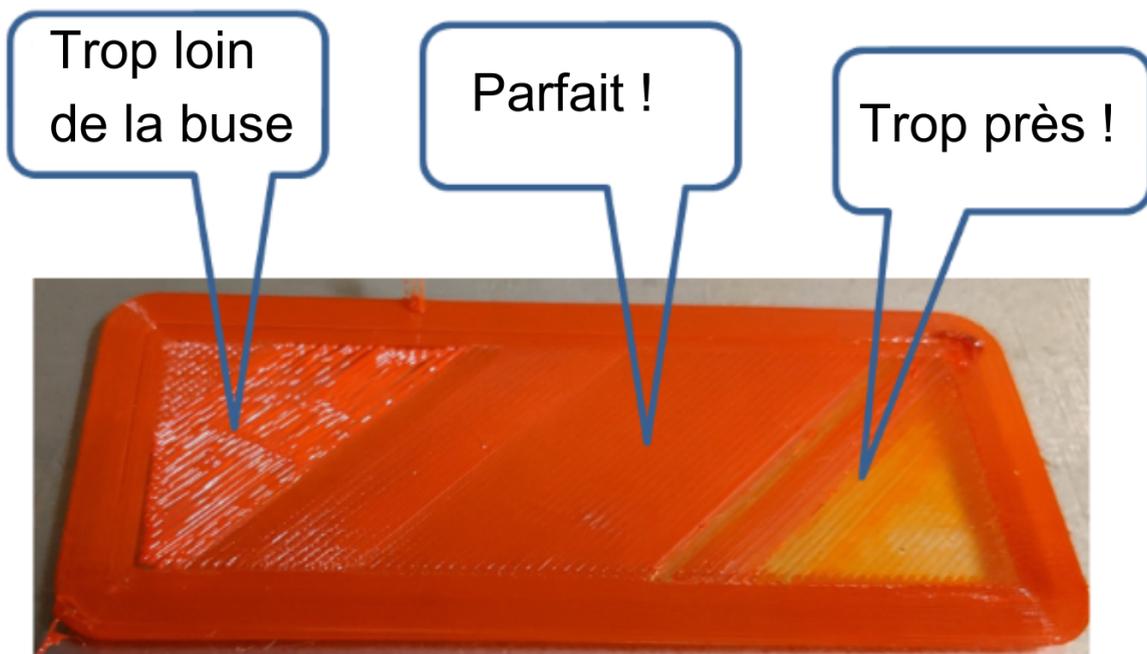


Figure 9. Exemples de différences dans la hauteur de buse sur le filament extrudé. (Source: <https://3dnewb.com/3d-printing-first-layer-problems/>)

6. Réglages du lit d'impression et de l'élément chauffant

En matière de température, deux éléments sont à prendre en compte : la température du **1) lit d'impression** et celle de **2) l'élément chauffant**.

En fonction de votre filament, certaines températures peuvent être **trop chaudes ou trop froides pour l'élément chauffant**. Il n'y a pas de température d'impression idéale pour le PLA, mais il est recommandé de rester dans une fourchette entre 180 et 220 degrés Celsius. Si les couches n'adhèrent pas bien les unes aux autres, augmentez la température de l'élément chauffant. Faites attention à ne pas trop augmenter celle-ci, sinon le résultat de l'impression sera mou. Augmentez et diminuez la température petit à petit afin de trouver la parfaite température pour l'élément chauffant.

De plus, la **température du lit d'impression** est une autre composante cruciale de l'impression 3D. Bien que le PLA ne requiert par un lit d'impression chauffé, cela facilite néanmoins l'impression. Pareillement à l'élément chauffant, il faut expérimenter avant de trouver la parfaite température pour le PLA. La fourchette recommandée se situe entre 55 et 70 degrés Celsius. Certains signes que votre lit d'impression n'est pas à la bonne température sont :

- 1) Les couches n'adhèrent pas au lit d'impression car celui-ci est trop froid.
- 2) Les côtés de votre impression s'étirent ou se résorbent car le lit d'impression est trop chaud.

7. Supports

Comme nous l'avons vu, l'impression 3D implique la superposition de couches afin de créer un objet en trois dimensions. Cela signifie également que ce processus d'addition requiert un support d'une couche à l'autre. Dans le cas où votre modèle possède un élément en surplomb et qu'aucun support n'est fourni, le modèle va probablement s'effondrer. C'est là que le support intervient, afin d'éviter ce genre d'incidents. Même si le support est utile dans ces cas-là, il peut aussi présenter un vrai défi dans la phase de traitement ultérieur, lorsque vous devez retirer ces structures.

Dans certains cas, il n'y a pas besoin de support, mais il y a des conditions à respecter. La règle générale veut que le support soit requis lorsqu'un angle est de plus de 45 degrés. Sur l'image ci-dessous, vous pouvez observer les lettres Y, H et T. Ici, la lettre Y a des éléments en surplomb qui ne dépassent pas 45 degrés verticalement. Dans ce cas, pas besoin de support.

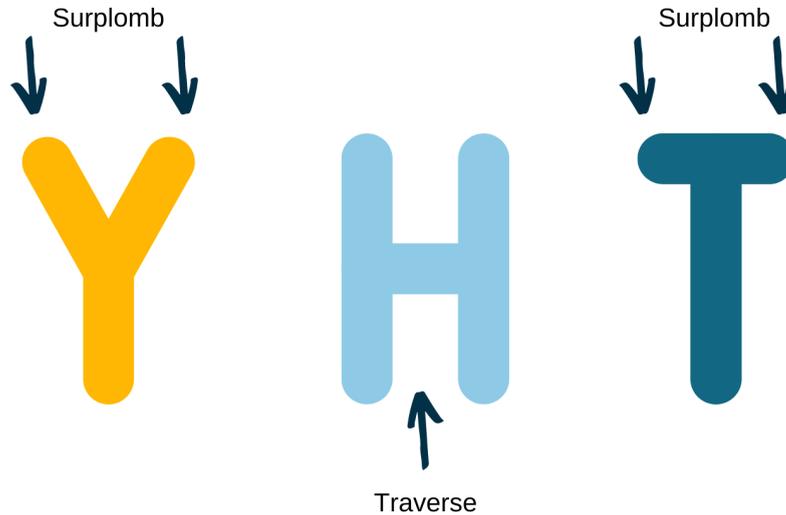


Figure 10. Exemples de surplomb et traverse sur les lettres Y, H et T

Dans le cas du H, qui possède une traverse, si la distance dépasse 5 mm, le support est requis. Si la traverse fait moins de 5 mm, pas besoin de support.



Figure 11. Lettre T imprimée sans et avec support (Source:

<https://www.hubs.com/knowledge-base/supports-3d-printing-technology-overview/>)

L'image ci-dessus montre une lettre T imprimée avec un support. Étant donné que le T possède un surplomb de 90 degrés à la verticale, il nécessite un support. Sans le support, le résultat sera brouillon.



Figure 12. Lettres Y, H et T imprimées avec support (Source: <https://www.hubs.com/knowledge-base/supports-3d-printing-technology-overview/>)

8. Traitement ultérieur : Ce qu'il se passe une fois que vous avez imprimé votre objet 3D

Après avoir enfin imprimé votre objet 3D, il est temps de le préparer à l'emploi. En fonction de l'utilisation de votre objet, différentes étapes peuvent être nécessaires.

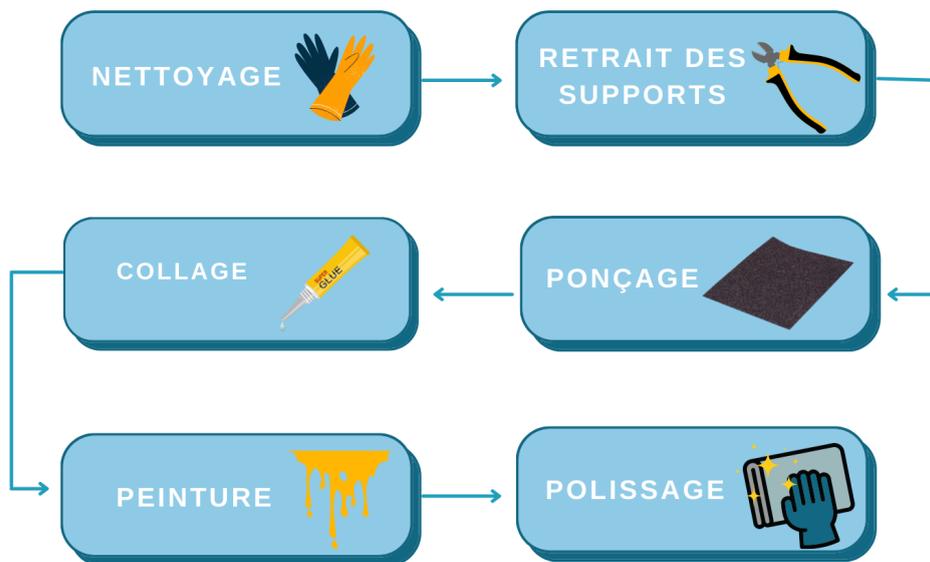
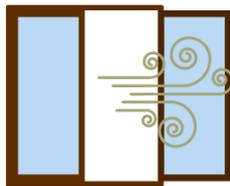


Figure 13. Étapes du traitement ultérieur

- 1) Nettoyer : il est préférable de commencer par nettoyer l'objet afin de constater s'il y a des imperfections
- 2) Enlever le support : si votre objet a des structures de support, vous pouvez les enlever à l'aide de pinces coupantes et/ou d'une pince à bec effilé. Cela dépendra de la solidité des structures. Veillez à ne pas retirer des parties de l'objet par accident.
- 3) Poncer : après cela, vous pouvez poncer l'objet, particulièrement si vous remarquez des irrégularités sur sa surface, afin de le rendre lisse. Pour les parties en DFF, il est recommandé de poncer avec un mouvement circulaire pour ne pas ruiner l'apparence de l'objet.
- 4) Coller : l'utilisation de colle forte convient pour joindre les objets en PLA. Le collage est la solution simple si vous avez imprimé votre objet en deux ou plusieurs parties.
- 5) Peindre : il est recommandé d'appliquer une première couche avant de peindre votre objet.
- 6) Polir : il existe des vernis pour plastique qui rendront vos objets 3D aussi lisses que possible. Tout ce dont vous aurez besoin sont un chiffon microfibre et du vernis pour plastique.

Règles de sécurité



Aérez bien la pièce afin d'éviter d'inhalier des fumées nocives ou toxiques

Ne touchez pas les différentes parties de l'imprimante, en particulier l'extrudeur et le lit d'impression, lorsque l'impression est en cours.



Portez des lunettes de sécurité si vous voulez vous approcher de l'imprimante.

Achetez des filaments à faible émission. Demandez quelle est la certification de l'imprimante 3D que vous achetez. Assurez-vous qu'elle corresponde aux standards de basse émission.



Vous pouvez retrouver ici une liste des règles de sécurité les plus importantes lorsque vous rangez et utilisez une imprimante 3D dans votre établissement, afin d'éviter les blessures et autres risques pour la santé.



N'encombrez pas la zone autour de l'imprimante, et éloignez tout objet inflammable.

Ne laissez pas l'imprimante sans surveillance pour une période prolongée.



Références

All3DP (2022). *Best 3D Printer Filament: The Main Types in 2023.*

<https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/>

Carolo, L. (2022). *The Best 3D Printer Nozzle Types, Sizes & Materials.*

<https://all3dp.com/2/3d-printer-nozzle-size-material-what-to-know-which-to-buy/>

Chakravorty, D. (2021). *3D Printing Supports – The Ultimate Guide.*

<https://all3dp.com/1/3d-printing-support-structures/>

Flynt, J. (2021). *Where Should You Place Your 3D Printer?.*

<https://3dinsider.com/where-to-place-your-3d-printer/>

Hubs (n.d.). *What are supports in 3D printing? When and why do you need them?.*

<https://www.hubs.com/knowledge-base/supports-3d-printing-technology-overview/>

Gregurić, L. (2023). *10 Methods for 3D Printing Post-Processing (PLA & More).*

<https://all3dp.com/2/fdm-3d-printing-post-processing-an-overview-for-beginners/>

Kivelä, L. (2022). *3D Printer Bed Leveling: Easy Step-by-Step Guide.*

<https://all3dp.com/2/3d-printer-bed-leveling-step-by-step-tutorial/>

Kondo, H. (2019). *3D Printer Support Material: Which One to Use for My Project?.*

<https://all3dp.com/2/3d-printer-support-material-which-one-to-use-for-my-project/>

Sommer, E. (2023). *The Best PLA Bed & Print Temperature Settings.*

<https://all3dp.com/2/the-best-pla-print-temperature-how-to-achieve-it/>



Cofinancé par
l'Union européenne

Numeric[All] est co-financé par le programme ERASMUS+ de l'Union européenne et sera mis en oeuvre de février 2022 à février 2024. Cette publication reflète les opinions des auteurs, et la Commission européenne ne peut être tenue responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qu'elle contient.

Code du projet : 2021-1-CY01-KA220-ADU-000035154

