

# Concevoir un objet pour l'imprimer en 3D

## II



## Table des matières

Introduction.....	3
1. De l'idée à la conception numérique .....	3
1.1. Conception à partir de zéro .....	4
1.2. Conception par numérisation 3D .....	6
1.3. Bibliothèque d'objets 3D .....	7
2. Du numérique au tangible.....	9
2.1. Slicer.....	9
2.2. Avant impression .....	10
2.3. Pendant impression .....	10
2.4. Après impression .....	11
2.5. Tests et ajustements.....	12
3. Idées d'objets imprimables .....	12
Conclusion .....	13
Continuer la lecture.....	14

## Introduction

L'impression 3D est une technologie innovante ouvrant de nouvelles perspectives pour améliorer notre quotidien. Dans ce second dossier nous aborderons le processus de création d'un objet 3D. Depuis sa conception numérique jusqu'à son impression finale.

Nous verrons alors comment passer d'une idée à un modèle 3D. Soit en créant l'objet manuellement, soit en ayant déjà une version physique que l'on pourra numériser pour la reproduire à l'identique ou lui apporter des modifications pour la personnaliser, soit en se basant sur des bibliothèques d'objets 3D disponible sur internet. Puis, une fois notre modèle numérique 3D prêt, nous passerons à sa préparation pour l'impression à l'aide d'un type de logiciel dédié. Et enfin, nous verrons les traitements post-impressions qui peuvent être nécessaires suivant la technologie employée.

Certaines parties du processus de conceptualisation avancée ne seront pas vues en détails dans ce document car cette dernière peut énormément varier suivant la technologie d'impression 3D utilisée, la complexité de l'objet à modéliser ou encore, l'utilisation que devra avoir l'impression finale. Cette modélisation d'objets dite « complexes » pourra faire l'objet d'un prochain document dédié.

Le but est donc de démystifier les concepts clés et de présenter les étapes du processus d'impression 3D afin d'en comprendre les principes fondamentaux pour comprendre les tenants et aboutissants de l'impression 3D afin de tirer pleinement parti du potentiel de cette technologie.

### 1. De l'idée à la conception numérique

Nous pouvons identifier deux cas de conception numérique : à partir d'une idée, ou à partir d'un objet déjà existant et qu'on souhaite reproduire. En fonction de la technologie d'impression utilisée, nous pouvons imprimer des objets assez simples, tout comme des objet complexes, articulés ou composés de différentes pièces qui peuvent s'emboîter.



*Cale porte*



*Clé polycoise*



*Ballon de basket sans air*

## 1.1. Conception à partir de zéro

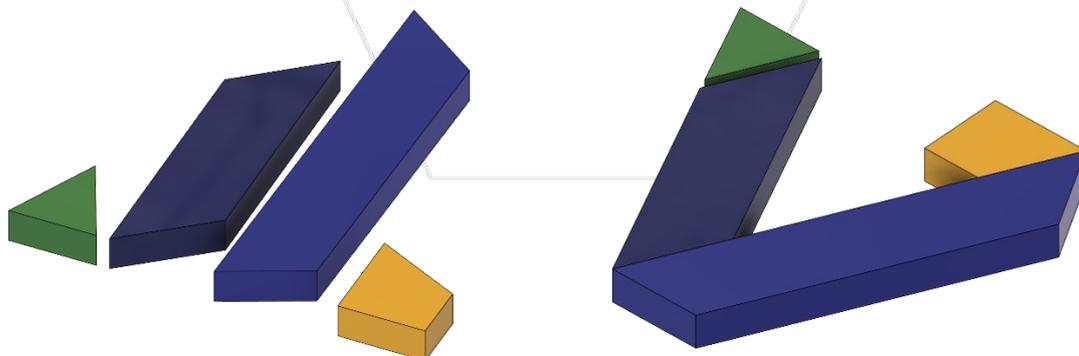
Lorsqu'on a une idée d'objet à créer, la première étape consiste à réaliser des croquis afin de représenter l'objet en question. Il est conseillé de réaliser différents dessins du même objet sous différents angles afin de bien représenter les volumes et éviter tout malentendu lors de la conception 3D numérique. Il faut aussi essayer d'annoter un maximum d'informations utiles aux croquis. Comme les dimensions de chaque partie, si certaines d'entre elles ont des fonctionnalités spécifiques à l'utilisation comme un pas de vis, une articulation, un emboîtement avec un autre objet, une force qui sera exercée sur elle, etc.

Une fois l'objet dessiné et annoté, il est temps de choisir un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO). De nombreux logiciels destinés à de l'impression ou modélisation 3D sont disponibles sur le marché, aussi bien payant que gratuits. Nous pouvons en citer quelques-uns :

- [Autodesk Fusion 360](#) : Logiciel gratuit pour un usage personnel sinon payant. Fonctionne sur Windows, Mac et Linux. Facile à prendre en main et souvent indiqué pour débiter. Et une version payante avec des modules de conception avancés.
- [FreeCad](#) : Logiciel open source très complet mais possédant une courbe d'apprentissage plus raide qu'Autodesk Fusion 360. Fonctionne sur les trois systèmes d'exploitation principaux.
- [SolidWorks](#) : Logiciel professionnel payant mais disposant d'une version étudiante à moindre coût. Encore souvent utilisé dans l'industrie mais assez complexe à appréhender.
- [Blender](#) : Connu comme moteur de rendu 3D, Blender inclut également un modéleur 3D complètement gratuit. Mais contrairement aux autres, ce dernier est utilisé pour de la modélisation dite « organique ». Donc bien moins utilisé pour de l'impression 3D fonctionnelle.

Une fois le logiciel sélectionné, on passe à la modélisation 3D proprement dite. Les étapes clés sont généralement :

- ❖ Création de primitives géométriques de base (sphères, cubes, cylindres...) qu'on associe ou soustrait pour former les contours

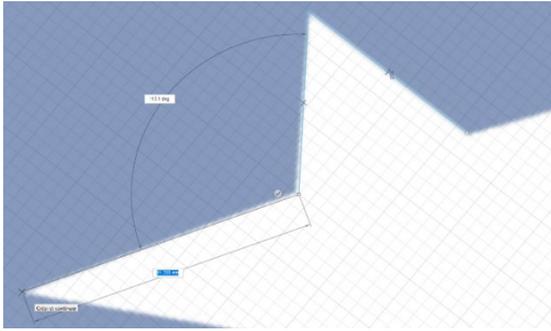


*Création de primitives*

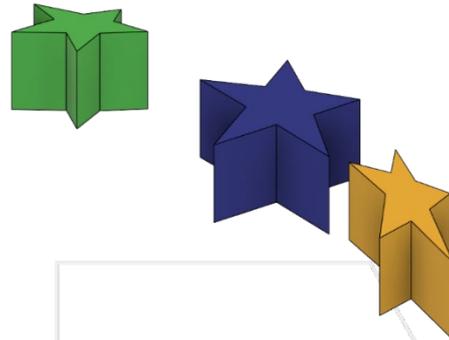
*Assemblage des primitives*

## 2 – Concevoir un objet pour l'imprimer en 3D

- ❖ Dessin de courbes directement dans l'espace 3D pour des formes plus complexes

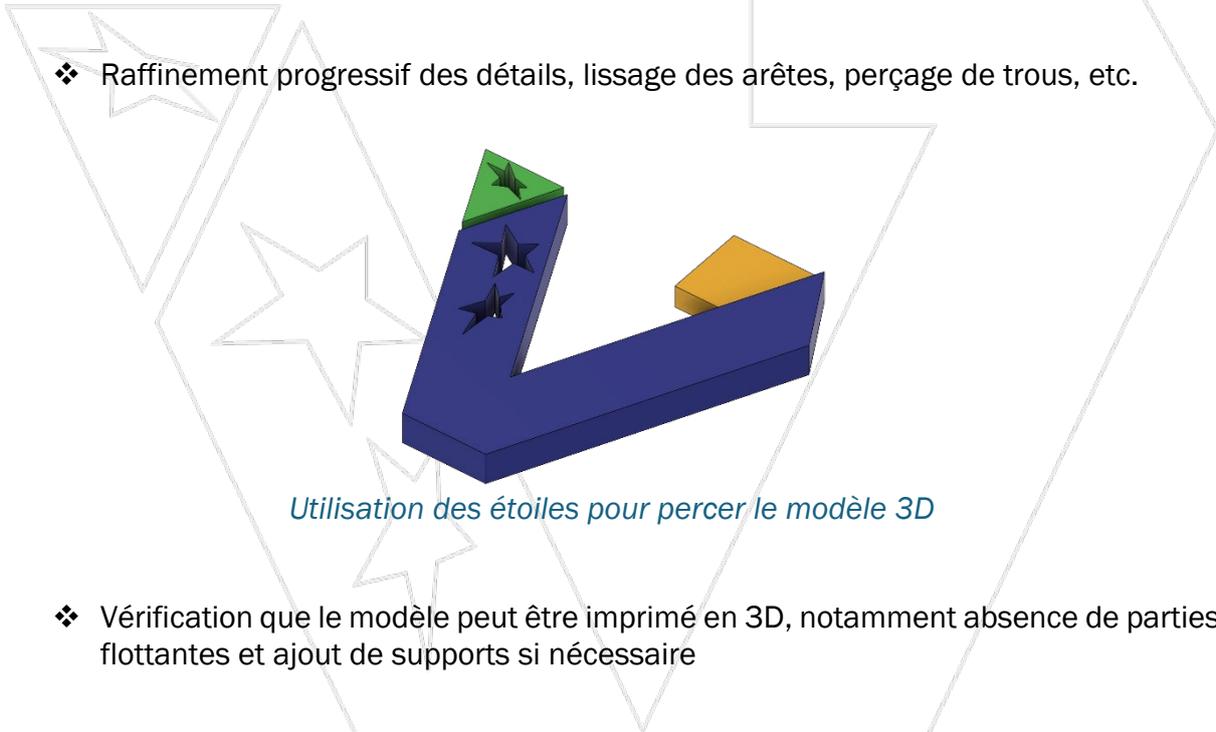


*Création d'étoiles à l'aide d'un outil de dessin*



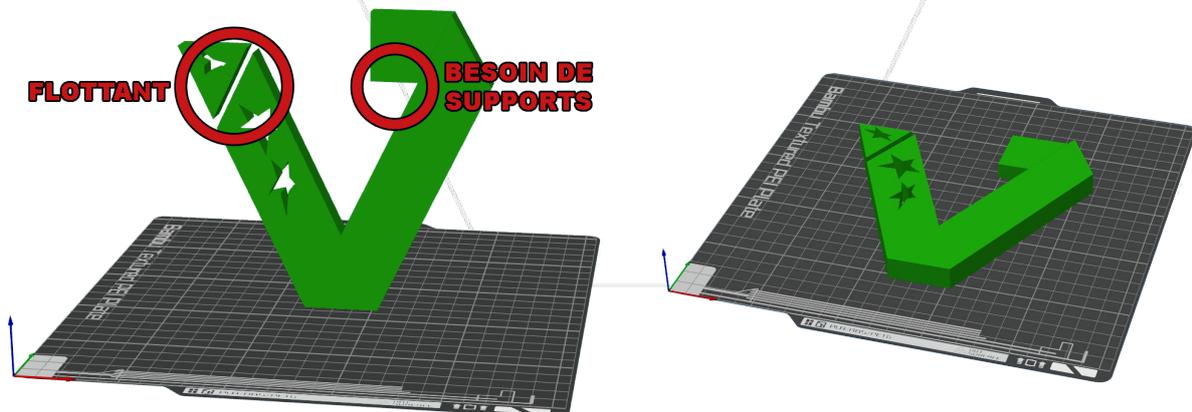
*Résultat 3D du dessin d'étoiles*

- ❖ Raffinement progressif des détails, lissage des arêtes, perçage de trous, etc.



*Utilisation des étoiles pour percer le modèle 3D*

- ❖ Vérification que le modèle peut être imprimé en 3D, notamment absence de parties flottantes et ajout de supports si nécessaire



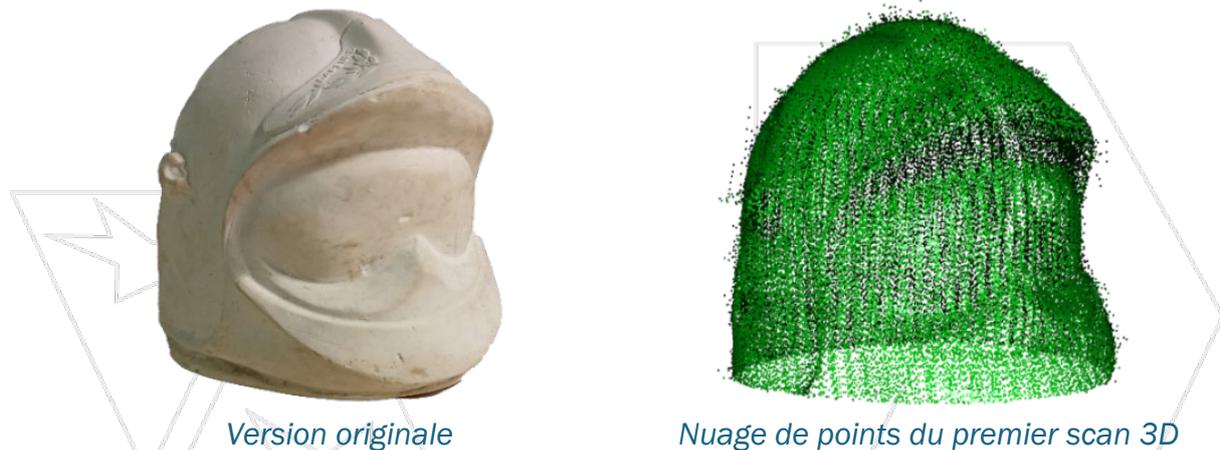
*Vérification pour impression et choix de la meilleure solution d'impression pour cet objet*

- ❖ Export de l'objet 3D dans un fichier au format approprié pour une imprimante 3D. Le format de fichier le plus souvent supporté est « .STL »

## 1.2. Conception par numérisation 3D

### Processus

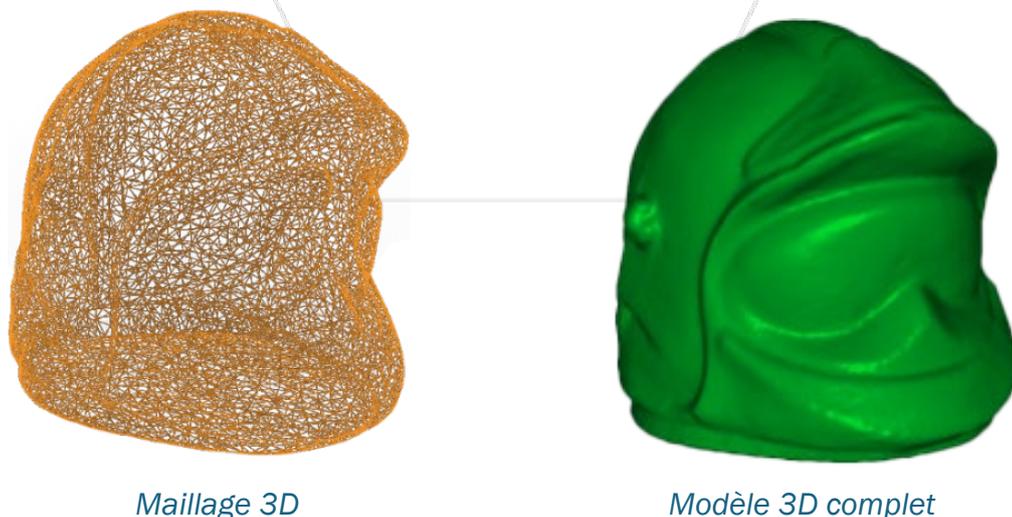
Pour numériser un objet réel, on utilise généralement un scanner 3D laser ou optique. Il faut alors prendre une série de clichés numériques de l'objet sous différents angles afin de couvrir l'intégralité de l'objet et de chacun de ses détails. Le logiciel peut ensuite reconstituer son modèle 3D en quelques secondes sous forme d'un nuage de points.



L'étape suivante est de transformer ce nuage de points en un modèle 3D dit « maillé ». Cela correspond à relier les différents points entre eux afin de créer un maillage composé de polygones à trois côtés. Cette opération peut prendre plusieurs minutes suivant le logiciel utilisé, l'ordinateur sur lequel on lance les calculs et la quantité de données à traiter.

Le modèle 3D obtenu n'est généralement pas encore "propre" pour l'impression et il faut alors :

- Supprimer les imperfections et "nettoyer" la géométrie.
- Simplifier le maillage 3D trop dense pour alléger le fichier.
- Comblent d'éventuels "trous" dans le modèle résultant généralement d'un manque de données.
- Effectuer d'éventuelles retouches manuelles sur certains détails.
- Faire quelques vérifications finales avant l'export au format d'impression.



### *Outils de relevés 3D*

Nous pouvons retrouver différents types d'outils permettant de faire des relevés 3D comme des scanners 3D, smartphones ou même de simples appareils photo. Les deux technologies les plus souvent utilisées afin de générer des modèles 3D sont le LiDAR et la photogrammétrie, d'où les scans laser ou optique.

Pour l'utilisation d'un scanner 3D, ce dernier est généralement fourni avec un logiciel qui s'occupera de réaliser tous les traitements de génération 3D automatiquement une fois la capture de données faite.



Il existe aussi des logiciels basés sur la technologie de photogrammétrie. Cette technologie permet de créer des modèles 3D à partir de simples photos géoréférencées. Par exemple, le logiciel [Pix4D](#) est le plus connu pour de la modélisation 3D à partir de prises de vue faites à l'aide de drones aériens.

Il est aussi possible de faire de la photogrammétrie à partir d'applications mobile telles que [Polycam](#) ou encore [RealityScan](#). L'un des principaux atouts de ces applications réside dans leur simplicité d'utilisation, rendant ainsi facile d'accès les premiers pas dans la modélisation en trois dimensions à l'aide de relevés terrain.

Cependant, parmi tous ces logiciels certains réalisent les traitements d'analyse et de génération 3D à l'aide des serveurs du fournisseur. Ce qui signifie que toutes les données des projets à traiter leurs seront envoyées. Cela permet à l'utilisateur de ne pas devoir investir dans une machine de calcul puissante pour réaliser ses traitements qui peuvent être assez lourd. Mais en contrepartie, il ne sera donc pas propriétaire de la donnée finale et sera dépendant du support du fournisseur pour exploiter les résultats obtenus.

### **1.3. Bibliothèques d'objets 3D**

Une autre approche possible est de puiser des modèles 3D déjà disponibles dans des bibliothèques en ligne. Certains modèles 3D peuvent être gratuit ou payant. Cette solution évite la conception ou le traitement d'objets 3D et peut ainsi offrir un gain de temps important.

## 2 – Concevoir un objet pour l'imprimer en 3D

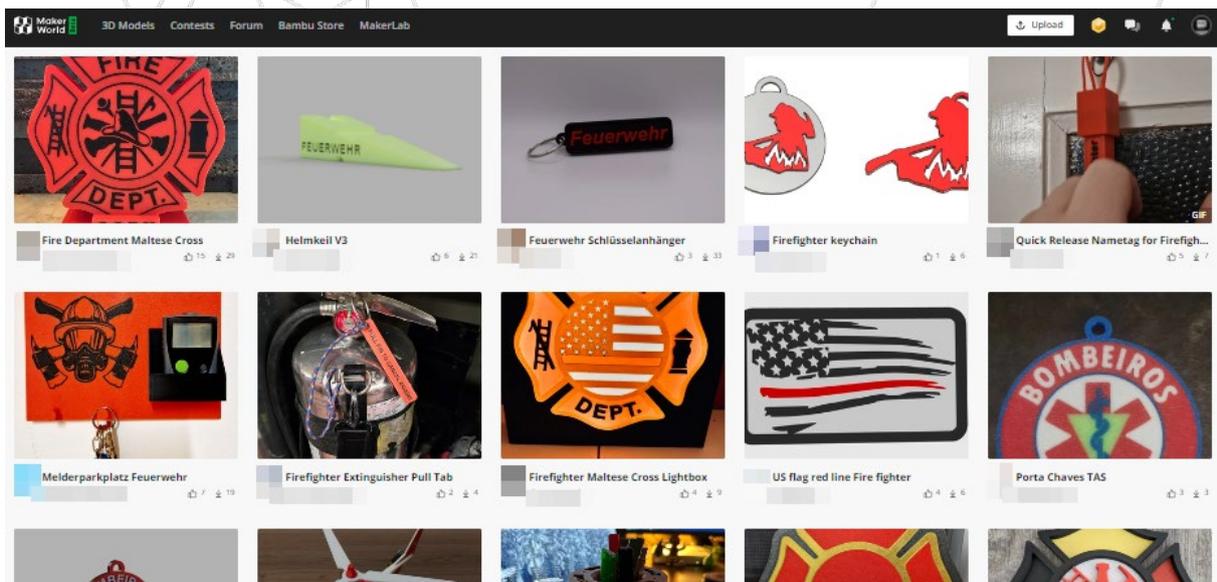
Pendant les objets en bibliothèque peuvent ne pas correspondre exactement aux besoins identifiés, et devront peut-être subir des modifications en conséquence. L'accès à un logiciel de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) 3D, comme présenté plus tôt, sera donc obligatoire. Il sera alors possible de les adapter, améliorer et de les personnaliser.

Suivant l'utilisation finale qui sera faite de l'objet une fois imprimé, il est nécessaire de penser à vérifier sous quelle licence de droits d'usage est soumis le modèle 3D.

Pour citer quelques exemples de bibliothèques en ligne disponibles pour le grand public, les plus populaires sont :

- [Maker World](#)
- [Cults 3D](#)
- [Thingiverse](#)
- [MyMiniFactory](#)

Actuellement, il est assez rare de trouver des objets 3D qui pourraient être utile au quotidien de sapeurs-pompiers français dans les différentes bibliothèques disponibles en ligne.



*Exemple de recherche d'objets 3D sur le thème sapeur-pompier*

C'est pour cela qu'au sein de l'Entente VALABRE, nous avons comme projet de monter notre propre bibliothèque d'objets 3D dédiés pour les sapeurs-pompiers français. Elle sera mise à disposition de tous nos partenaires qui souhaitent nous rejoindre dans ce type de projets. Ils pourront aussi bien alimenter cette bibliothèque, tout comme simplement piocher à l'intérieur selon leurs besoins.

Nous verrons avec le temps, et en fonction des retours que pourront nous donner nos partenaires et futurs utilisateurs, si la bibliothèque que nous leur mettrons à disposition aura un intérêt à élargir son thème à d'autres domaines de la sécurité civile.

## 2. Du numérique au tangible

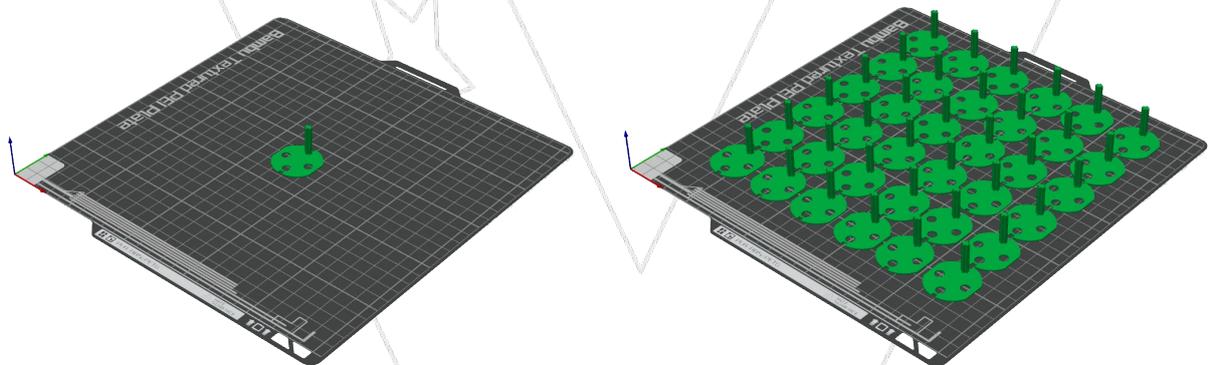
Une fois le modèle 3D terminé, on passe à l'étape d'impression 3D à proprement parler. Depuis le logiciel de CAO, il faut alors exporter le modèle 3D dans un format lisible par le logiciel fourni avec l'imprimante 3D. Ce genre de logiciel est appelé un « Slicer ». Son but est d'analyser l'objet 3D importé pour ensuite traduire les diverses opérations que devra faire l'imprimante afin de créer l'objet. Cette traduction est envoyée ensuite à l'imprimante sous forme d'un fichier nommé « G-code ».

Le format le plus utilisé par les Slicers est le format STL, mais ces logiciels peuvent supporter de nombreux autres types de fichiers.

### 2.1. Slicer

Le slicer s'occupera dans un premier temps de lire le fichier importé et de donner un aperçu de la taille et du placement de l'objet sur la plaque d'impression.

Il est possible de faire différentes manipulations dans le logiciel slicer. Comme modifier la taille de l'objet, son orientation sur la plaque, si l'objet doit être plein ou creux, et bien d'autres. Il est aussi possible d'imprimer plusieurs objets 3D en une seule fois si ces derniers arrivent à rentrer sur la même plaque d'impression sans se gêner, et s'ils sont composés du ou des mêmes matériaux. C'est sur ce point qu'une grande surface d'impression est importante et appréciable car elle permet la production de pièces plus grandes et/ou plus nombreuses.



*Modèle 3D d'un détrompeur prise rouge*

Une fois le paramétrage de l'impression réalisée dans le Slicer, ce dernier va composer la liste des différentes actions que devra réaliser l'imprimante 3D tout au long du processus de création afin d'obtenir l'objet final. Cette composition se fait sous forme d'un fichier textuel qui sera envoyé à l'imprimante 3D appelé « G-code ».

Suivant la technologie d'impression 3D utilisée, si l'objet 3D comporte des parties en surplomb dans le vide, des angles délicats ou encore des formes creuses mais fermées comme des sphères, le Slicer devrait afficher un message d'avertissement et proposer de quoi corriger ces contraintes liées à la technologie d'impression employée.

Par exemple, avec la technologie d'impression par filament plastique, l'utilisation de supports temporaires peut être nécessaire pour des surfaces trop en surplomb. Le slicer proposera alors la création de supports d'impression en option s'il détecte que l'utilisation de ces derniers soit une nécessité. Une fois l'impression terminée et l'objet solidifié, il sera possible de retirer ces supports manuellement.

## 2.2. Avant impression

Avant d'imprimer, il reste des choses à faire. Par exemple il faut choisir le matériau à utiliser pour l'impression de l'objet 3D. Chaque matériau a ses propres caractéristiques. Que ce soit sur sa résistance aux températures avant de commencer à se déformer, la vitesse d'impression, mais aussi sur la résistance aux chocs, l'usure du temps, la résistance aux UV pour de l'extérieur, etc. Il est important de prendre en compte l'utilisation finale de l'objet pour s'aider à choisir le matériau le plus adapté.

Dans le troisième livret de cette série de documents, un listage de matériaux sera disponible pour de l'impression à filament dite FDM. Pour l'instant le listage ne se basera que sur cette technologie d'impression car elle est généralement la plus utilisée par le grand public et est la plus simple à prendre en main pour débuter.

Il existe aussi la possibilité de faire du multi-matériaux suivant la technologie et le modèle d'imprimante 3D utilisé. Il est alors possible d'imprimer un objet composé de plusieurs matériaux en une seule fois. Ou alors de décomposer l'objet en plusieurs parties destinées à s'emboîter afin de réaliser l'objet final. Par exemple, les supports d'impression dans la technologie à fusion de filament, peuvent être fait en une matière soluble à l'eau ; ou alors certains matériaux sont aussi connus pour ne pas pouvoir se mélanger, comme le PETG avec le PLA. Cela permet de retirer les différents supports facilement et sans endommager la qualité de l'impression.



Une fois le matériau identifié, il faut alors saisir ces informations dans le slicer. Une fois le paramétrage de l'imprimante et des informations d'impression de l'objet saisies, il ne reste plus qu'à lancer l'impression.

## 2.3. Pendant impression

Il n'y a pas grand-chose à faire lors de l'impression de l'objet. Mais il est important de surveiller que tout se déroule correctement. Principalement l'impression de la première couche. Car si elle comporte des imperfections, le reste du processus risque d'en être rapidement impacté.

Il peut aussi arriver que l'impression ait des défauts pendant l'impression. Par exemple avec la technologie FDM, il peut arriver que l'objet se décroche de son support d'impression. Cela donne alors place à un effet « spaghetti » car l'imprimante continue de déposer de la matière. Mais comme l'objet n'est plus à l'endroit où il est censé être, le dépôt de filament va se faire dans le vide. Nous obtenons alors de long fils à la place de l'objet, d'où l'effet « spaghetti ».



Comme les impressions peuvent facilement prendre plusieurs heures, des modèles d'imprimantes proposent des systèmes de détection automatique des défauts d'impression. Cela permet de mettre en pause l'impression en attendant l'intervention d'une personne pour vérifier et corriger le cas échéant. Suivant le cas, il peut même être possible de faire reprendre l'impression où elle s'est arrêtée. Certains modèles d'imprimantes proposent un système de caméra intégrée pour avoir la possibilité de surveiller à distance le processus d'impression en cours.

### 2.4. Après impression

Une fois l'impression terminée, il est temps de récupérer l'objet réalisé. Suivant le type de technologie utilisé, le modèle imprimé et l'utilisation finale qu'il va avoir, différentes étapes de finition ou traitement post-impression peuvent rester à faire. Nous pouvons citer de manière non-exhaustive quelques-uns de ces traitements :



#### *Impression à filaments (FDM) :*

- Retirer les différents supports qui ont été nécessaire pour le bon déroulé de l'impression.
- Traiter au four pour durcir certains plastiques
- Vernir ou peindre pour une meilleure finition esthétique

#### *Impression résine (SLA/DLP) :*

- Récupérer la résine non solidifiée restante pour pouvoir la réutiliser
- Passer l'impression dans un bain d'alcool afin de retirer le reste de résine non-solidifiée présent sur la pièce
- Retirer les supports
- Repasser l'impression dans un bain d'alcool pour enlever les derniers résidus
- Placer l'objet sous UV pour solidifier ce dernier

#### *Impression par lit de poudre (PBF ou Binder Jetting) :*

- Retirer/récupérer la poudre non utilisée lors de l'impression avec l'équipement adéquat
- Passer l'objet au four pour finaliser et renforcer la résistance de ce dernier, suivant le matériau utilisé
- Appliquer un processus d'usinage de finition à la pièce pour améliorer les détails

## 2.5. Tests et ajustements

Avant utilisation finale, il est recommandé de vérifier la résistance et les fonctions de la pièce imprimée en 3D :

- Tests mécaniques (résistance, jeu entre pièces...)
- Ajustement éventuel des dimensions si erreurs à l'impression
- Correction d'éventuels défauts ou faiblesses détectés à l'utilisation
- Nouvelle impression le cas échéant



Ce n'est qu'après ces différentes étapes de finition que le produit imprimé en 3D est prêt à être utilisé dans des conditions optimales.

## 3. Idées d'objets imprimables

Dans le cadre de la sécurité civile, certains objets utiles à imprimer pourraient être des :

- Supports et porte-équipements, comme des supports pour divers appareils de mesures / relevés à fixer sur un robot terrestre
- Panneaux de signalisation temporaires
- Objets de secours et d'aide à la personne comme des attelles sur-mesure
- Protections ou équipements sur-mesure adaptés à chaque type d'intervention
- Maquettes de bâtiments ou terrains
- Modèles anatomiques pour apprentissage des gestes médicaux ou tout autres supports pédagogiques
- Création de pièces palliatives pour certains équipements, machines et autres matériels afin d'améliorer le quotidien des sapeurs-pompiers
- Remplacement temporaire de pièces défectueuses pour compenser le temps d'attente avant réception de la nouvelle pièce

## Conclusion

Si l'objet imprimé est utilisé dans le but de remplacer temporairement ou définitivement une pièce défectueuse, il se peut que l'objet soit plus fragile que l'original et dure moins dans le temps. Mais il sera facile de le remplacer car le modèle 3D existera déjà. Il ne restera plus qu'à imprimer de nouveaux exemplaires de ce dernier, et/ou corriger de potentiels défauts de conception afin d'améliorer les versions suivantes.

Effectivement, imprimer une seule fois un objet peut être plus coûteux à différents niveaux que d'acheter une pièce pour remplacer celle défectueuse. Car il a fallu créer son modèle 3D si ce dernier n'existait pas déjà, effectuer divers tests pour s'assurer que l'objet imprimé pourra répondre correctement au(x) besoin(s) identifié(s), et faire des ajustements en fonction des retours de ces tests.

En revanche, si la pièce n'est pas disponible à l'achat car le fournisseur n'assure plus son support ou qu'il ne l'a jamais mise à disposition sur le marché, l'impression 3D permettra de palier à ce genre de problème et donnera l'occasion de continuer à utiliser le matériel au lieu de devoir faire un nouvel achat qui peut rapidement se révéler être assez coûteux.

En résumé, l'impression 3D offre de nombreuses perspectives pour concevoir et fabriquer rapidement des équipements et accessoires personnalisés. Cette technique nécessite toutefois de maîtriser les bases de la modélisation 3D et/ou du fonctionnement d'une imprimante 3D. Avec un peu de pratique d'impression de cas concrets, nul doute que de nombreuses applications seront trouvées pour améliorer le travail au quotidien de tout un chacun.

## Continuer la lecture

Vous souhaitez en savoir plus sur le monde de l'impression 3D ? À ce jour l'Entente VALABRE a publié les documents suivants :



Et si vous souhaitez vous lancer dans le monde de l'impression 3D, n'hésitez pas à contacter le Pôle Innovations et Nouvelles Technologies de l'[Entente VALABRE](#). Nous proposons des solutions d'accompagnement et de formation pour tous nos partenaires.

Merci pour votre lecture, nous espérons que ce document vous aura été instructif.