

# Initiation à l'impression 3D

Durée de formation : environ 2 heures

# Définition :

L'impression 3D est un procédé de fabrication additive : fabriquer en « ajoutant de la matière » plutôt qu'en l'enlevant.

- L'impression 3D permet de créer des objets de toute taille et avec de nombreux matériaux.
- Il existe plusieurs technologies d'impression 3D. Nous nous intéresserons dans cette formation au procédé FDM (*Fused Depot Modeling*).
- La FDM a l'avantage d'être peu coûteuse et est facile à maîtriser



# Un peu d'histoire

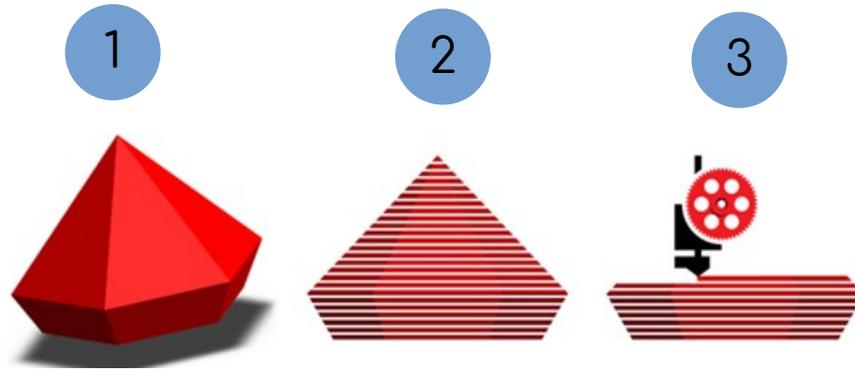
- La fabrication additive a été découverte en 1980 (procédé SLA).
- En 1984, une équipe de 4 ingénieurs français travaillent sur ce projet et l'abandonne en pensant que la technologie n'aura pas d'avenir...
- En 1986, le premier brevet est déposé par l'américain Charles Hull.
- En 1988, Carl Deckard dépose un brevet (SLS).
- En 1989, Scott Crump dépose un brevet (FDM).
- Dans les 90's, la fabrication additive se démocratise dans les industries : Elle permet de réaliser rapidement et à faible coût des pièces de prototypage jusqu'alors très complexes à réaliser de manière traditionnelle. Elle trouve également des domaines d'application dans la recherche médicale.
- En 2004, la première imprimante auto-répliquante est lancée dans un projet Open-source, c'est le début des imprimantes 3D de bureau telles que nous les connaissons
- En 2009, le brevet du FDM tombe dans le domaine public



# Principe de la fabrication additive :

La fabrication additive est avant tout un outil numérique. Pour créer un objet, il faut passer par plusieurs étapes :

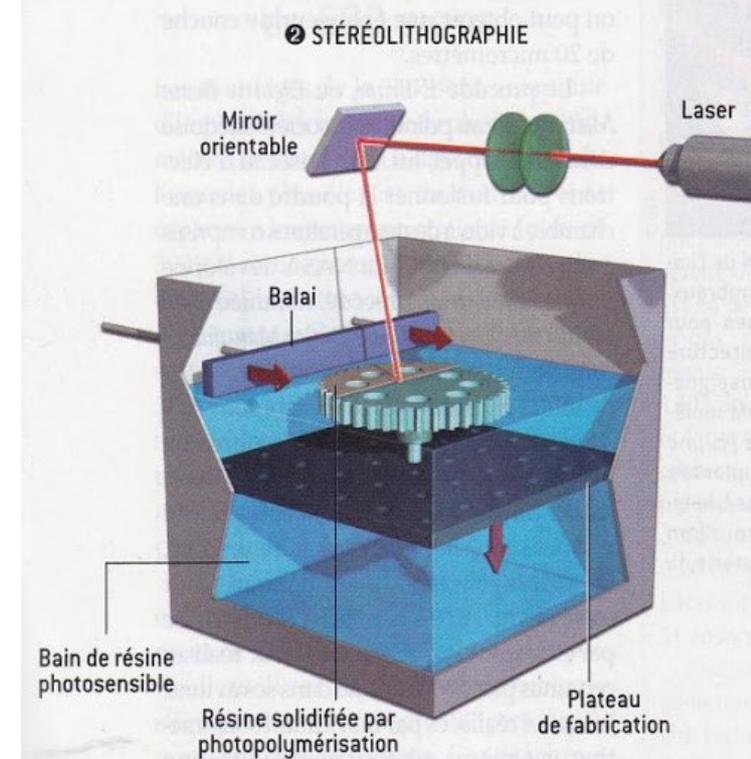
- 1) Concevoir un modèle 3D (Le *STL*).
- 2) « trancher » numériquement le modèle.
- 3) L'imprimante permet de recréer l'objet, couche par couche.



# Les procédés les plus populaires

## SLA : Stéréolithographie

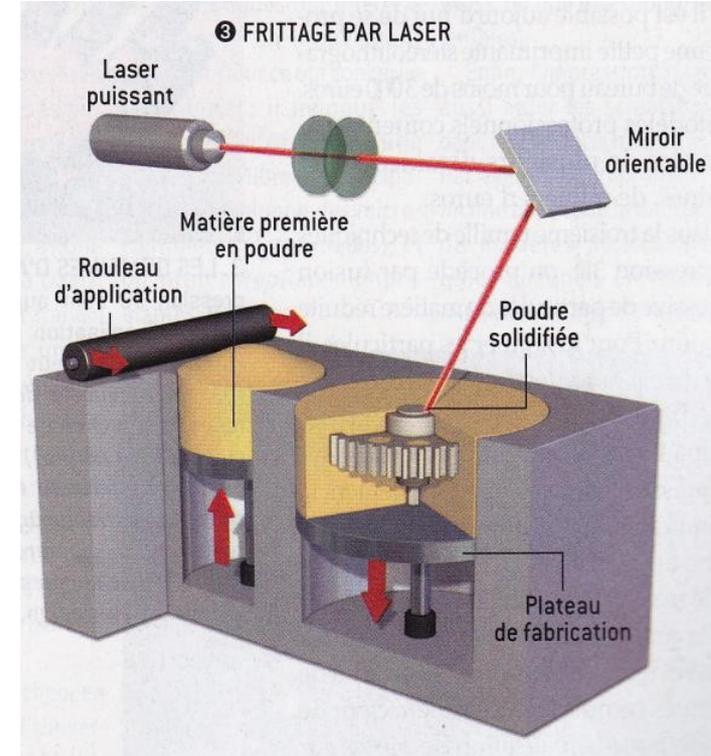
- Coût machine : de 300 à 5000+€
- Résolution : 10-50  $\mu\text{m}$  (0,05 à 0,01 mm)
- Matériau : résine thermodurcissable
- Fonctionnement : Une source d'énergie (laser, UVs...) est orienté sur la surface du bac de résine liquide. Au passage du laser, la surface de la résine se durcit, créant ainsi une première couche, collée au plateau. A la fin de la couche, le plateau descend de quelques micromètres, pour que la surface du liquide recouvre l'ancienne.
- Avantages : Niveau de finition, pièces résistantes aux contraintes de l'environnement
- Inconvénient : Diversité des matériaux, précautions d'usages, prix, impossibilité de faire des pièces évidées



# Les procédés les plus populaires

## SLS : *Selective Laser Sintering*

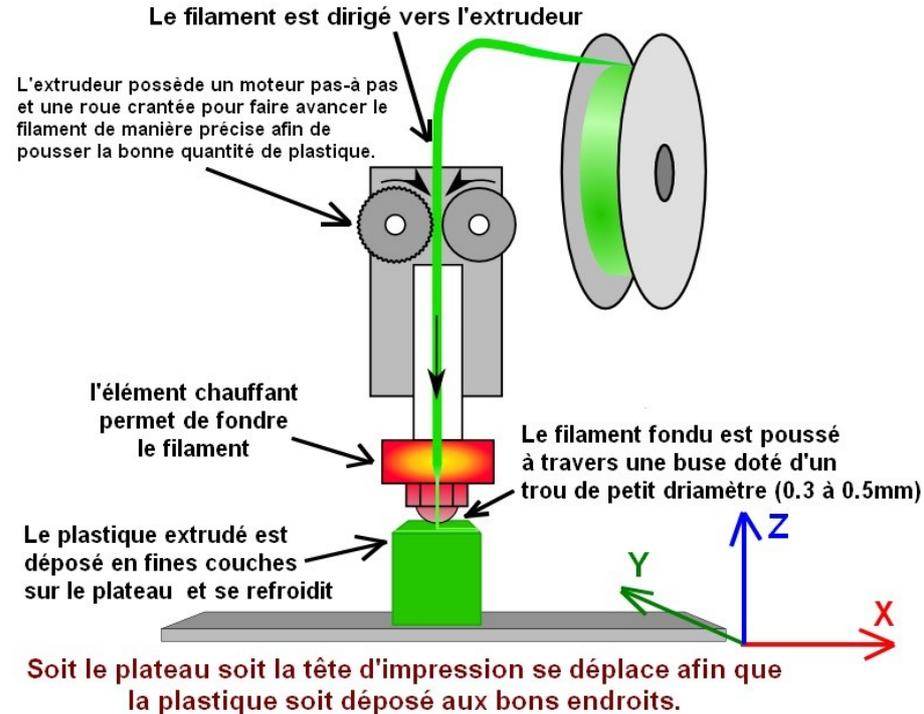
- Cout machine : plusieurs dizaines de milliers d'€
- Résolution :  $<10\ \mu\text{m}$  (0,01 mm)
- Matériau : tout ce qui peut être conditionné sous forme de poudre homogène fusionnable (métaux, plastiques ...)
- Principe : Le principe est proche du SLA, mais à la place d'un liquide, de la poudre. Un laser fusionne la surface de la poudre, dans un bac. Une fois la première couche créée, le plateau descend d'un incrément et un rouleau applique une nouvelle couche de poudre par dessus l'ancienne.
- Avantages : cette technologie permet d'imprimer des pièces de très bonne qualité, avec de multiples matériaux et avec possibilité de créer des séries automatisées
- Inconvénient : Prix très élevé



# Les procédés les plus populaires

## FDM : *Fused Depot Modelling*

- Cout machine : 100€ à quelques milliers d'€
- Résolution jusqu'à 50 $\mu$ m (0,05mm)
- Matériaux : une multitude de plastiques (PLA, ABS, PET, Composites ...) céramiques, voire des métaux.
- Fonctionnement : Un filament alimente une buse chauffante, qui se déplace sur trois axes par rapport au plateau. En chauffant, le matériau se liquéfie et est déposé sur le plateau. Une fois extrudé, il se refroidit, puis durcit. A chaque passage de la buse, le matériau se ressoude avec la nouvelle couche, grâce à la chaleur.
- Avantage : peu cher, multitude de matériaux et de couleurs
- Inconvénient : limite dans les formes de l'objet, résolution parfois grossière



# Intérêt de la fabrication additive

- Gain de temps : permet de tester rapidement une idée et de valider certaines contraintes avant la mise en production. Dans le passé, les phases de prototypages étaient beaucoup plus longues.
- Gain d'argent : L'impression 3D permet d'effectuer des essais avant la création des outils de production dont les retouches sont coûteuses (moules etc).
- Sécurisation de concept. En créant des prototypes si rapidement, les concepteurs peuvent se permettre de faire des « itérations » auprès des utilisateurs, et donc assurer que l'utilisation convient au besoin.
- Sur mesure : Possibilité de créer des pièces unique au cas par cas



Maison imprimée en 3D  
(dépôt de filament)



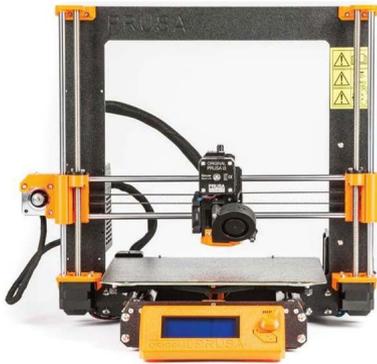
Bijoux en or / platine  
imprimés (SLS)

Maquette de rein  
imprimée en 3D (jet  
d'encre)



# 3 types d'imprimantes FDM

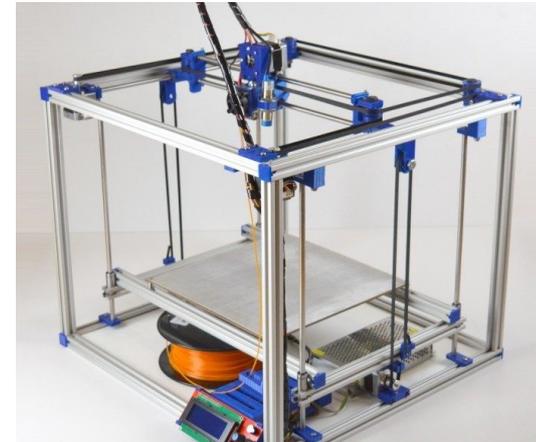
Pour imprimer en 3D, il faut que la buse se déplace dans l'espace. Pour réaliser le déplacement, il existe aujourd'hui 3 types d'imprimantes distinctes :



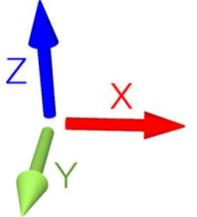
Imprimantes Cartésiennes  
*Les plus répandues*



Imprimante DELTA



Imprimantes COREXY  
*Les plus complexes*



# Imprimer un objet :

## 1 – Trouver un fichier à imprimer

Format STL (ou OBJ). Il s'agit d'une matrice de points créant un objet numérique en 3D (Comme une image est une matrice de pixels en 2D).

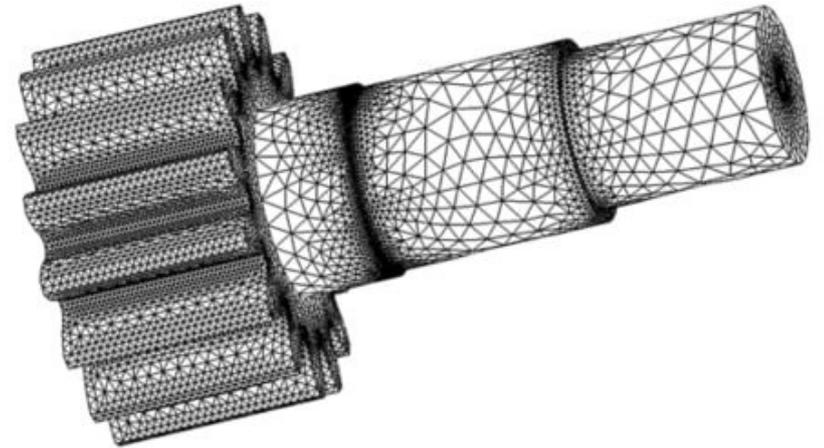
Vous pouvez créer vos fichiers en les modélisant à l'aide d'un logiciel de CAO ou simplement les trouver déjà faits sur internet .

Quelques sites utiles :

**Thingiverse** : l'une des plus grosses bases de données libres de STL. La plateforme appartient à la maque Makerbot. (plateforme majoritairement anglophone)

**Road** : Un peu moins fournie, cette plateforme est proposée par la marque française Dagoma.

**Cults 3D** : Une autre plateforme française, très bien fournie



# Imprimer un objet :

## 2 – Préparer le logiciel

Pour préparer une impression, vous avez besoin d'un logiciel. C'est sur celui ci que vous pourrez rentrer les paramètres de votre imprimante, de votre filament et les paramètres de l'impression.

De nombreux logiciels existent pour préparer votre fichier. Ici, on utilisera **Repetier** pour plusieurs raisons :

- Contrôle possible de l'imprimante via USB
- Choix de trancheur possible
- Paramétrage poussé
- Solution libre et gratuite

**Le trancheur est le traducteur entre vous et la machine**



*Logo de  
Repetier sur le  
bureau des  
ordinateurs*

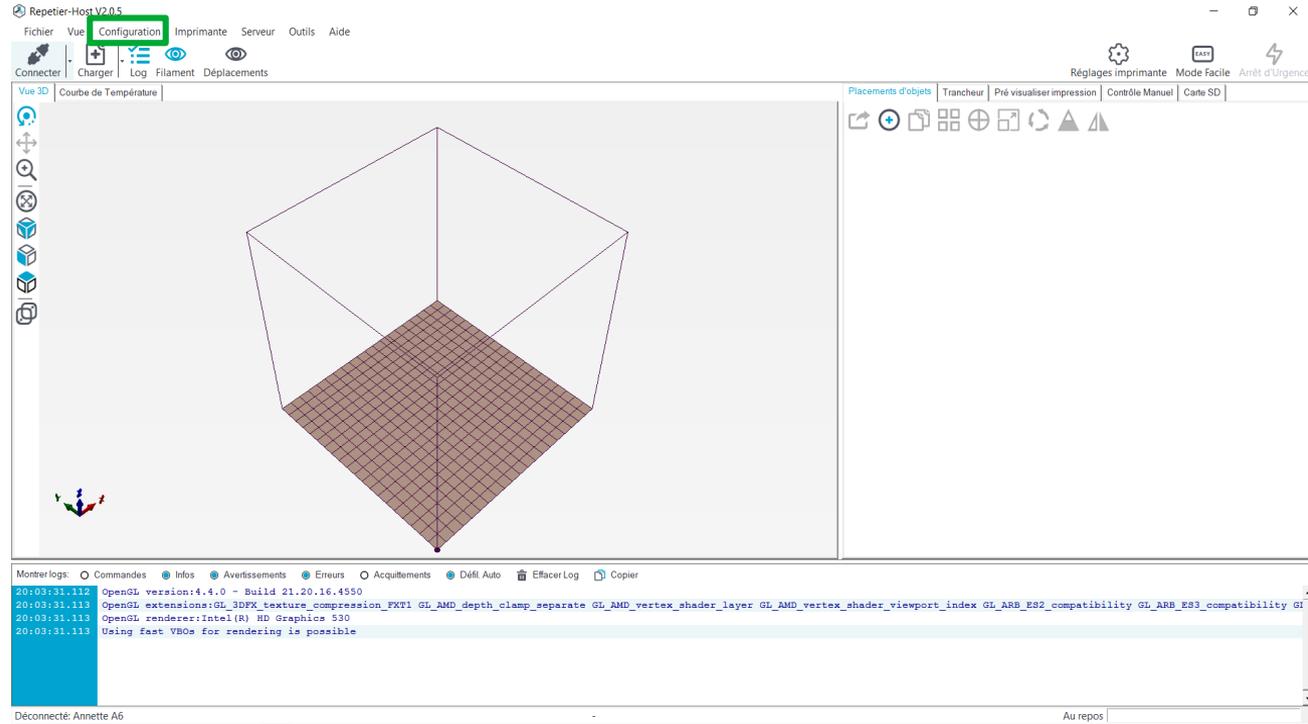


# Imprimer un objet :

## 2 – Préparer le logiciel

Voilà l'interface d'accueil du logiciel. Pour commencer, nous allons la configurer pour qu'elle corresponde à l'imprimante que l'on va utiliser.

-Dans la barre d'outil supérieure, allez dans « *configuration* », puis cliquez sur « *réglages imprimante* »



# Imprimer un objet :

## 2 – Préparer le logiciel

Cette fenêtre permet de renseigner toutes les informations générales de l'imprimante que vous souhaitez utiliser. Tout peut être configuré en fonction de l'architecture et des composants de votre machine.

Les machines du Fablab sont normalement pré-configurées, il faudra donc simplement **choisir le modèle voulu** (dans l'encadré vert) puis **appliquer les paramètres** (dans l'encadré rouge).

Paramètres imprimante

Imprimante: Annette A6

Connexion | Imprimante | Extrudeur | Format imprimante | Scripts | Avancé

Connecteur: Connection Série Aide

Notez: Vous disposez d'une installation Repetier-Server. Nous recommandons fortement d'utiliser le connecteur Repetier-serveur à la place. Cliquez sur "Aide" pour plus d'informations.

Port: Auto

Vitesse: 115200

Protocole de Transfert: Autodetect

Reset en cas d'Urgence: Envoyer Commande d'Urgence et Reconnecter

Cache de réception: 127

Erreur de Communication: 40 (s)

z communication aller/retour (envoi après ok)

Utilise

Les réglages d'imprimante correspondent toujours à l'imprimante sélectionnée. Ils sont stockés à chaque appui sur OK ou appliquer. Pour créer une nouvelle imprimante, entrez un nom et créer appliquer. L'imprimante démarre avec la dernière configuration sélectionnée.

OK Appliquer Annuler

# Imprimer un objet :

## 3 – Importer l'objet à imprimer

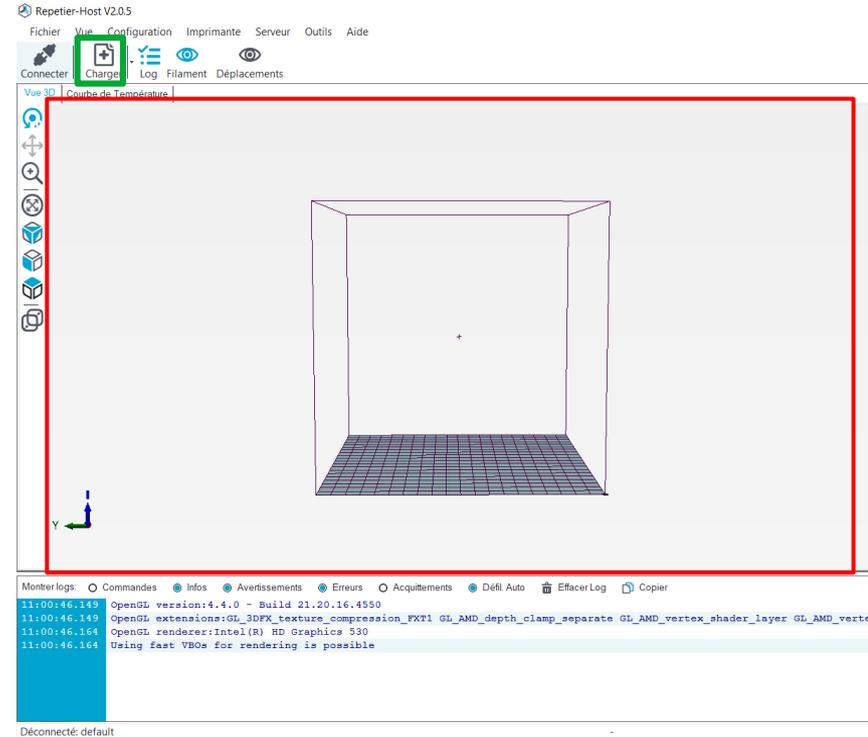
Pour insérer votre fichier STL, vous pouvez simplement le glisser-déposer sur l'écran « Vue 3D » en rouge,

Ou en cliquant sur « Charger », en vert.

OU



*Le cube représente les dimensions de votre imprimante.  
La surface grise représente le plateau (1 petit carré = 1cm<sup>2</sup>).  
Le point noir représente l'origine du repère (la où l'imprimante va aller chercher le « 0 » de tous ses axes)*



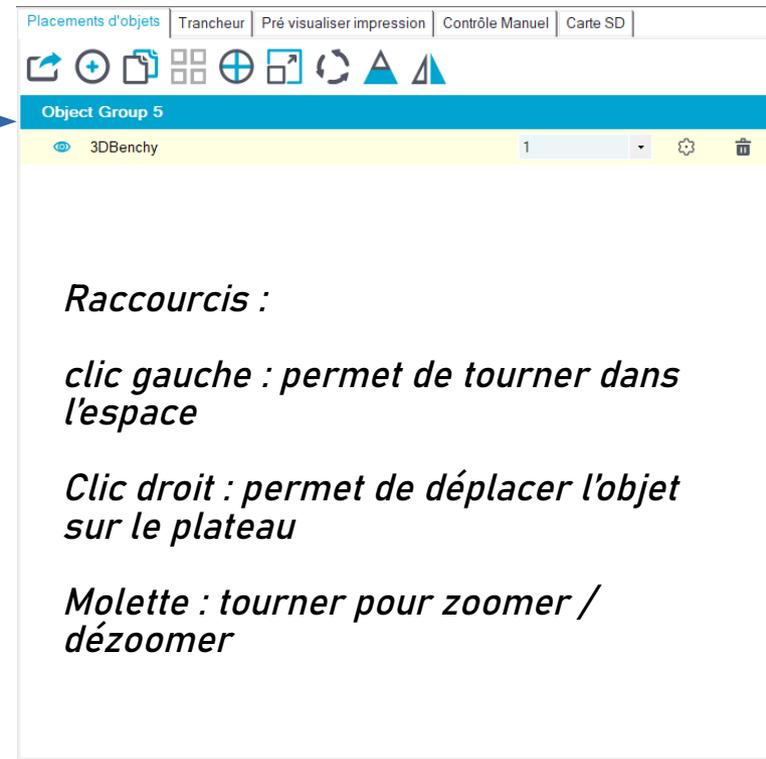
# Imprimer un objet :

## 3 – Importer l'objet à imprimer

Objets présents sur le plateau

Outils utiles :

-  Tourner l'objet sur le plateau
-  Centrer l'objet sur le plateau
-  Modifier la taille de l'objet
-  Positionner automatiquement les objets
-  Dupliquer un objet
-  Symétriser l'objet



# Imprimer un objet :

## 3 – Importer l'objet à imprimer

Comment bien placer l'objet sur le plateau :

- 1) Vérifier que les dimensions de l'objet soient adaptées à la taille de l'imprimante (sinon, il faut modifier l'échelle).
- 2) Essayer de placer contre le plateau de l'imprimante, la surface de l'objet la plus grande (pour que l'objet « colle » bien).
- 3) Essayer d'orienter l'objet de manière à avoir le moins de surplombs possibles, car cela nécessite des supports.
- 4) Si la surface d'accroche au plateau est trop fine, il faudra l'augmenter avec l'option BRIM
- 5) Si certaines surfaces ont des surplombs, il faudra activer l'option SUPPORTS.
- 6) Il faut toujours vérifier que l'objet repose bien sur le plateau (pas de vide, pas de faux angles sous l'objet ect.)

# Imprimer un objet :

## 3 – Importer l'objet à imprimer

Comment bien placer l'objet sur le plateau :



# Imprimer un objet :

## 4 – Trancheur

- Comme cette formation s'adresse à des débutants, nous utiliserons le trancheur Slic3r. Les paramètres sont pré enregistrés et ne nécessitent pas de compétences approfondies.
- Réglage impression : Permet de définir de nombreux critères, tels que le remplissage de la pièce, la taille des couches (donc le nombre de fois que le trancheur va « couper » la pièce), la présence de brim ou de support.

La hauteur de couche de base est de 0,2mm. On peut la faire varier en fonction de la finesse d'impression voulue, mais nous ne traiterons pas de cette possibilité dans cette formation. Observons plutôt les réglages pré-identifiés :

S-B-P4-20%

Placements d'objets | Trancheur | Pré visualiser impression | Contrôle Manuel | Carte SD

### ▶ Trancher avec Slic3r

Trancheur: Slic3r [Manager]

Réglages Impression: P3-0%-0.25mm [Configuration]

Réglages Imprimante: Galatee

Réglages filament:

Extrudeur 1: PLA

Remplacer les Paramètres de Slic3r

Copier les paramètres d'impression pour les remplacer

Activer les Supports

Activer le Refroidissement

Hauteur Couches: 0.2 mm 20%

Densité Remplissage: [Slider]

Motif Remplissage: honeycomb

Motif Remplis. Solide: rectilinear

Slic3r is separate, external program, which can be started separately. For further informations, please visit the following webpage: <http://www.slic3r.org>

# Imprimer un objet :

## 4 – Trancheur

S-B-P4-20%

- Le « S » correspond à « support ». Si il est activé, cela permet de créer des supports autour des zones qui ont un fort départ.
- Le « B » correspond à Brim. Si il est activé, cela permet d'améliorer la surface d'accroche de la pièce au plateau. C'est utile pour les pièces fines, qui ont peu d'accroche, pour éviter qu'elles ne se décollent pendant l'impression.
- Le « P » indique le nombre de périmètres réalisés pour chaque tour de pièce.
- Le pourcentage correspond au pourcentage de remplissage de la pièce. Une pièce solide nécessitera un pourcentage de remplissage entre 20 et 35 %. Une pièce esthétique ne nécessite pas plus de 10 % de remplissage.

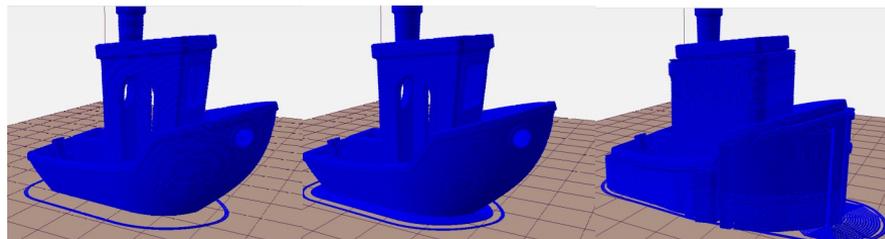
Configuration

Réglages Impression: S-B-P4-20%

Réglages Imprimante: P5-20%  
S-B-P3-20%  
**S-B-P4-20%**  
S-B-P5-20%

Réglages filament: S-P3-20%  
S-P4-20%  
S-P5-20%

Extrudeur 1: Tom



LabHidouille  
LE FABLAB DE L'HABITAT INCLUSIF

# Imprimer un objet :

## 4 – Trancheur

- Dans « Réglages Imprimante », choisissez l'imprimante avec laquelle vous souhaitez réaliser votre impression.

**ATTENTION :** Chaque imprimante a des réglages spécifiques, il ne faut donc pas oublier cette étape au risque de rater l'impression.

- Dans « Réglages filament » , choisir le filament correspondant à ce que vous souhaitez utiliser. Ce réglage permet entre autre d'indiquer à l'imprimante la température de chauffe, car tous les plastiques n'ont pas la même température de fusion.
- Une fois tous ces réglages paramétrés, il ne reste qu'à lancer le tranchage.

Réglages Impression: P3-10%

Réglages Imprimante: Anet A6

Réglages filament:

Extrudeur 1: PLA

▶ Trancher avec Slic3r

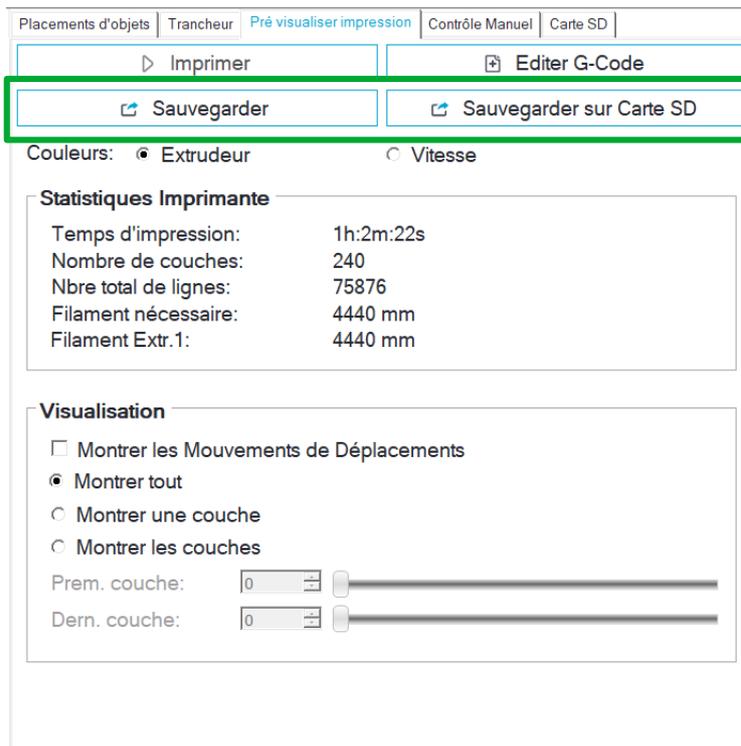
# Imprimer un objet :

## 5 – Lancer l'impression

L'onglet « Prévisualiser l'impression » s'ouvre automatiquement. Vous pouvez regarder dans la vue en simulation si le fichier que vous voulez créer correspond bien. En tranchant l'objet, le slicer a généré un fichier en Gcode . C'est le langage universel des machines outils, et c'est ce que lira votre imprimante pour créer votre pièce. Ci dessous, un exemple :

```
0 G90 ; use absolute coordinates
1 M82 ; use absolute distances for extrusion
2 G92 E0
3 G1 Z0.350 F7800.000
4 G1 E-2.00000 F2400.00000
```

Si votre fichier vous semble prêt, il suffit de le sauvegarder sur une carte SD, que vous pourrez ensuite insérer dans l'imprimante.



Placements d'objets | Trancheur | Pré visualiser impression | Contrôle Manuel | Carte SD

Imprimer | Editer G-Code

Sauvegarder | Sauvegarder sur Carte SD

Couleurs:  Extrudeur  Vitesse

**Statistiques Imprimante**

Temps d'impression:	1h:2m:22s
Nombre de couches:	240
Nbre total de lignes:	75876
Filament nécessaire:	4440 mm
Filament Extr.1:	4440 mm

**Visualisation**

Montrer les Mouvements de Déplacements

Montrer tout

Montrer une couche

Montrer les couches

Prem. couche: 0

Dern. couche: 0

# Imprimer un objet :

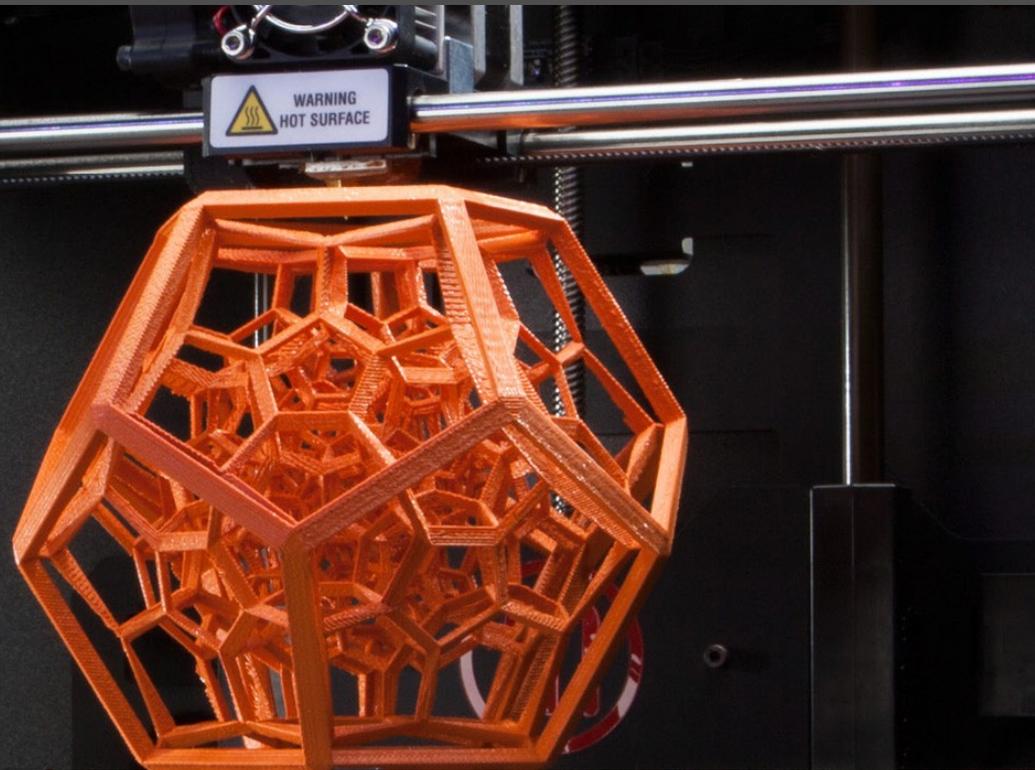
## 5 – Lancer l'impression

- Insérez la carte SD dans l'imprimante 3D
- Allumez l'imprimante (vérifier le branchement + appui sur l'interrupteur )
- Vérifier que le bon filament soit chargé dans l'imprimante. Si ce n'est pas le cas, suivez la procédure pour changer le filament (dans les options de l'imprimante)
- Vérifiez que le plateau est lisse et propre, sinon nettoyez le.
- Appuyez sur le bouton de réglage (souvent il s'agit de la molette à côté de l'écran)
- Choisissez dans le menu « Imprimer depuis la carte SD »
- Sélectionnez votre fichier
- Lancez l'impression.

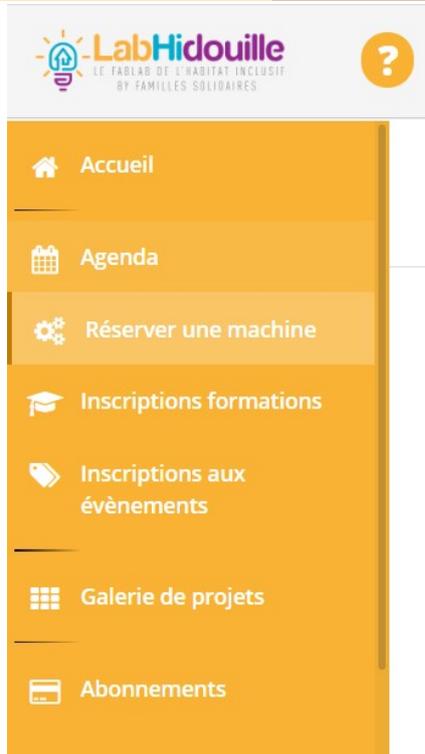
Il est vivement recommandé de vérifier le bon fonctionnement de l'imprimante en surveillant régulièrement l'impression en cours. La plupart des impressions ratées peuvent être détectées en début de cycle, merci de vous assurer du bon fonctionnement de la machine avant de passer à autre chose.



Bonne  
impression  
!



# Pour réserver une imprimante 3D au Fablab :



- 1) Il faut adhérer à LabHidouille. RDV sur <https://fablab.labhidouille.fr/#!> pour créer un compte. Ensuite, adhérez dans la section « abonnements »
- 2) Aller dans l'onglet « Réserver une machine ». Choisir la machine à réserver et valider le paiement (Pour un abonnement occasionnel le prix horaire d'une imprimante est de 2€, consommable inclus).
- 3) Venez utiliser votre imprimante sur le créneau réservé (pour les impressions trop longues, merci de prévoir des créneaux en fin de journée pour que l'imprimante puisse tourner la nuit. Dans ce cas, un supplément pourra vous être demandé pour les plus grosses impression (Coût de la matière)



# Sources :

<https://www.sculpteo.com/fr/centre-apprentissage/les-bases-impression-3d/histoire-impression-3d/>

<http://lancien.cowblog.fr/imprimante-3d-industrielle-cher-3266045.html>

<http://www.primante3d.com/principe/>

<https://www.3dnatives.com/bijoux-imprimees-en-3d-09012018/>

<https://www.grossiste3d.com/content/27-identifier-et-corriger-les-defauts-d-impression>