

# Impression 3D FDM

Vous trouverez ici, une formation afin d'apprendre à utiliser une imprimante 3D FDM (fused deposition modeling)

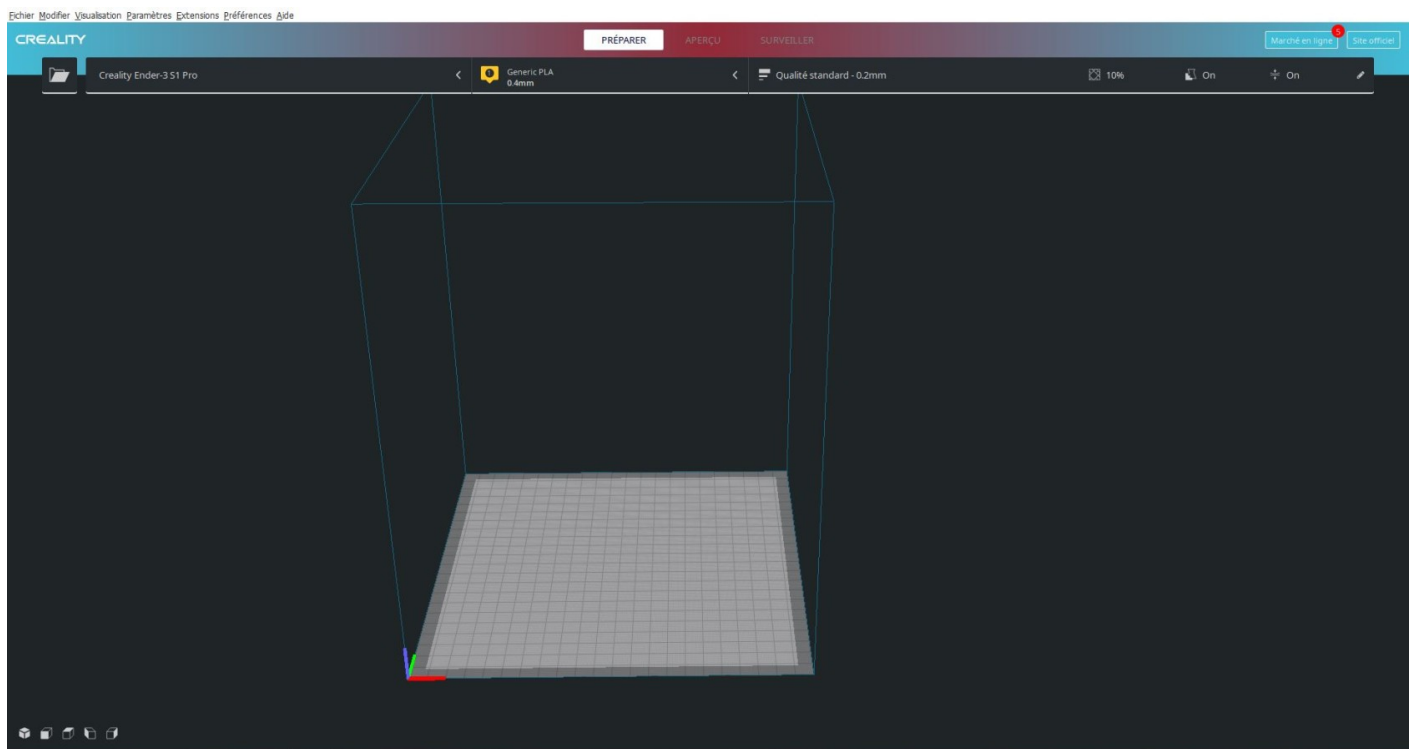
- [Creality Slicer / Cura Slicer](#)
- [Lancer une impression avec Bambu Studio](#)
- [Tutoriel slicer Bambu Studio](#)
- [L'impression FDM : principe et types de machines](#)
- [L'impression FDM : paramètres à prendre en compte](#)
- [L'impression FDM: Calibration des imprimantes 3d](#)
- [Préparation et lancement d'une impression](#)
- [BambuLab X1C](#)

# Creality Slicer / Cura Slicer

## Creality Slicer / Cura Slicer :

Ci-dessous se trouve le logiciel Creality Slicer / Cura Slicer . C'est un logiciel permettant de passer un modèle 3D (stl, obj) dans un format reconnaissable par un imprimante 3D (Gcode).

Vous pouvez retrouver l'explication et l'introduction de ce qu'est une [Imprimante 3D en cliquant ici](#).

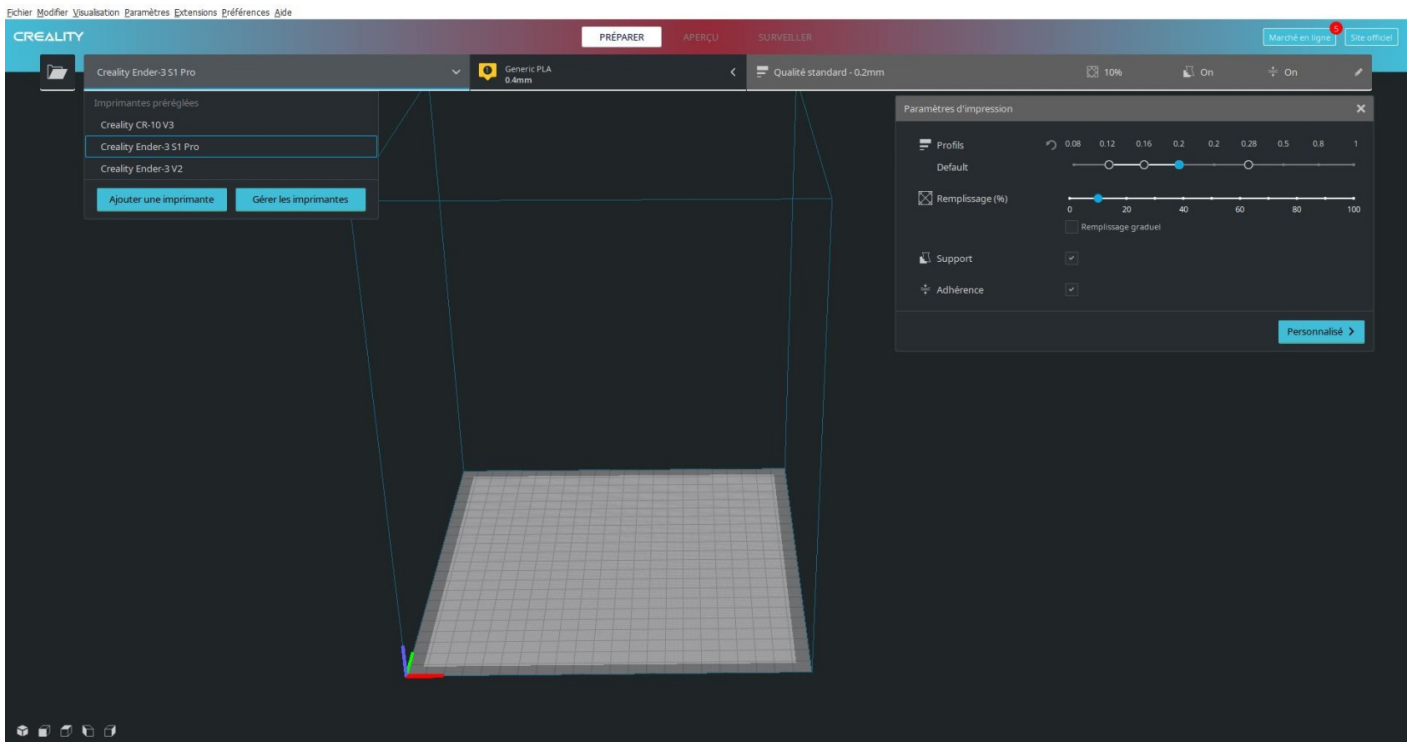


## Découvrir le logiciel

Sur la partie supérieur de notre logiciel, nous avons 3 menu déroulant.

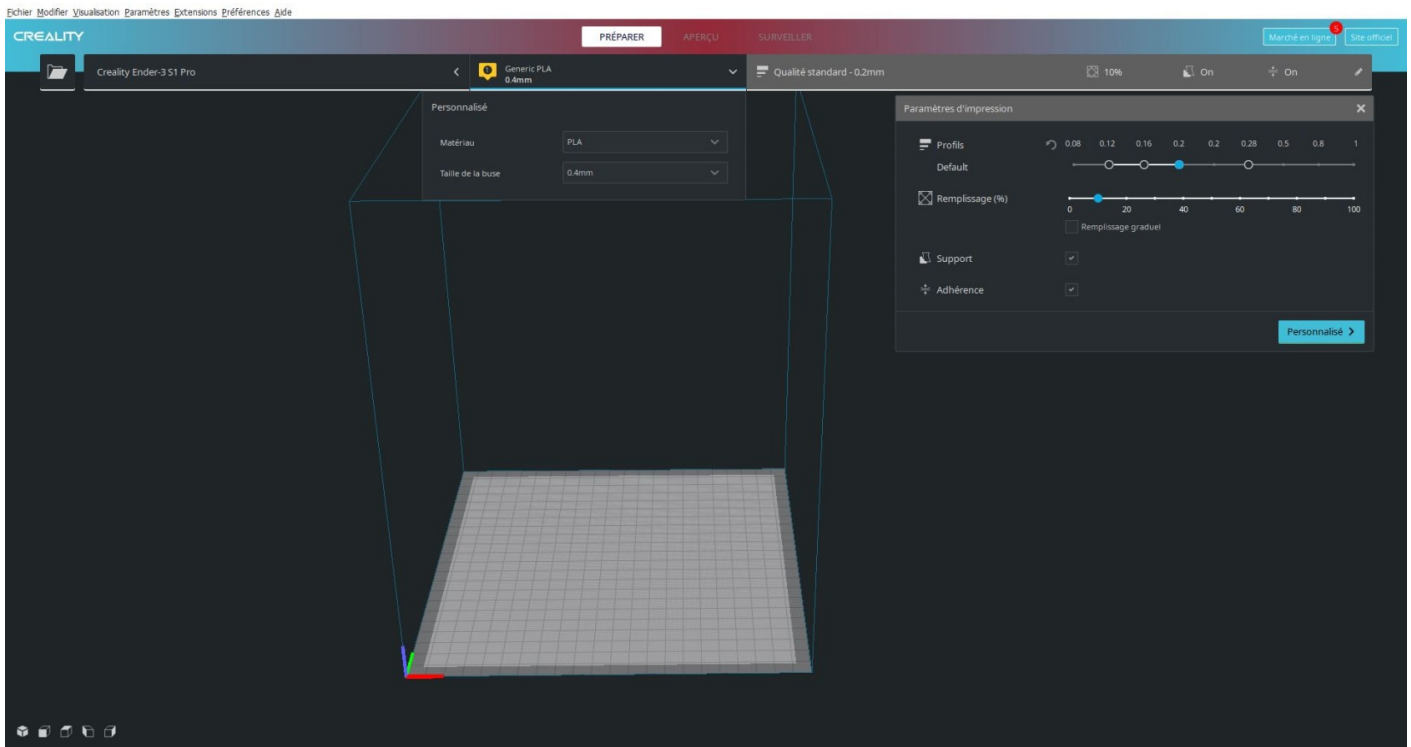
### Voici à quoi ils correspondent :

Le **premier** est un menu permettant d'ajouter notre imprimante et de pouvoir les sélectionner à tout moment, ce qui nous permet de changer rapidement et facilement de machine.



Le **second** nous permet de sélectionner notre matériaux ainsi que la taille de la [buse](#) de notre machine.

Certain matériaux sont recommandé pour certaines pièces et utilisations, vous pouvez retrouver les recommandations [ici](#).



Le **troisième** menu déroulant est le menu de paramétrage de notre impression.

C'est ici que nous allons déterminer la précision de notre impression, sont remplissage ainsi que la nécessité de support et d'adhérence.

**Le profil** correspond à la distance entre chaque couche. Plus la distance est grande (0.28), moins de couche seront nécessaire et moins de filament sera consommé en contrepartie le niveau de détail sera moindre.

À l'inverse, plus la distance est petite (0.12), plus il y aura de couche donc plus de filament consommé et plus de détails d'impression.

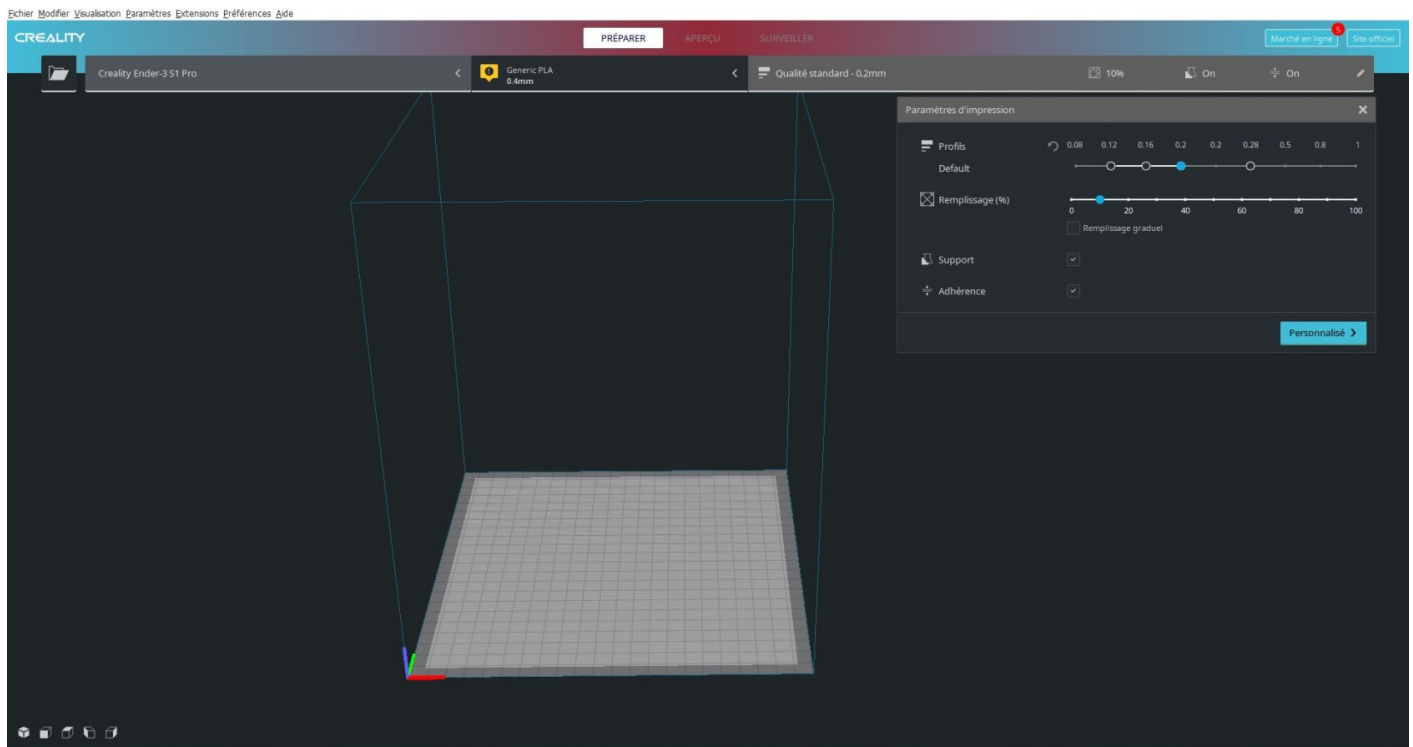
**Le remplissage** quant à lui vient définir le niveau de remplissage intérieur de notre pièce. Plus le pourcentage est grand (100%), plus la pièce sera résistante mais plus elle consommera de filament et sera plus longue à l'impression.

Plus le pourcentage est petit (0%), moins elle sera résistante mais consommera moins de filament et sera plus courte à l'impression.

**Les supports** sont des structures qui permettent de supporter les parties qui se trouvent dans le "vide".

Deux types de support existe :

- les supports normaux ( structure solide avec un remplissage intérieur, ces supports peuvent abîmer l'état de surface de la pièce).
- les supports arborescent ( structure légère sans remplissage intérieur, ces supports sont facile à retirer et n'abîme pas l'état de surface de la pièce).



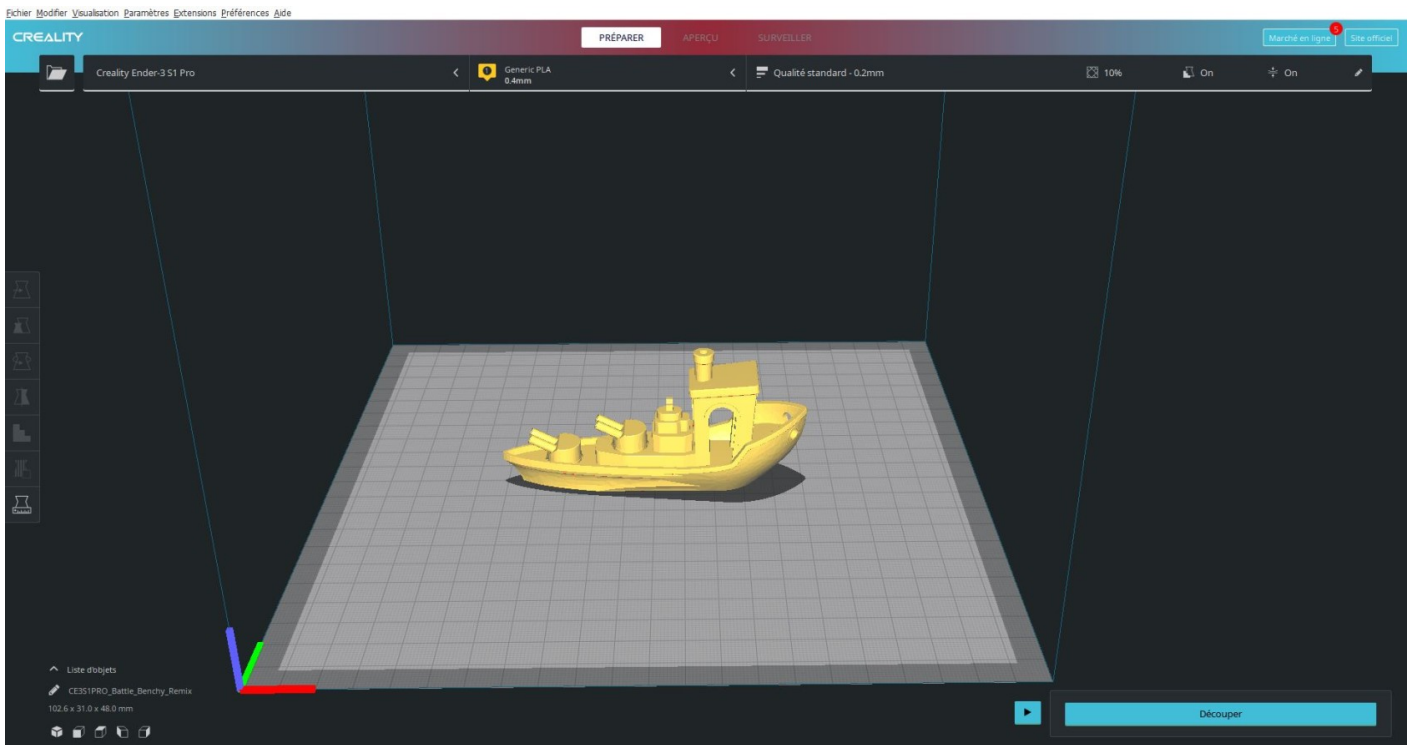
Vous connaissez maintenant les menus principaux du logiciel.

Nous pouvons maintenant passer à la préparation d'une impression.

## Importation du modèle 3D

Nous pouvons importer notre modèle 3D dans le Slicer.

Il sera automatiquement centré au plateau. Selon certains fichiers, il faudra faire une rotation de la pièce pour la positionner correctement.



Une fois notre modèle correctement positionner, nous allons paramétrer notre impression.

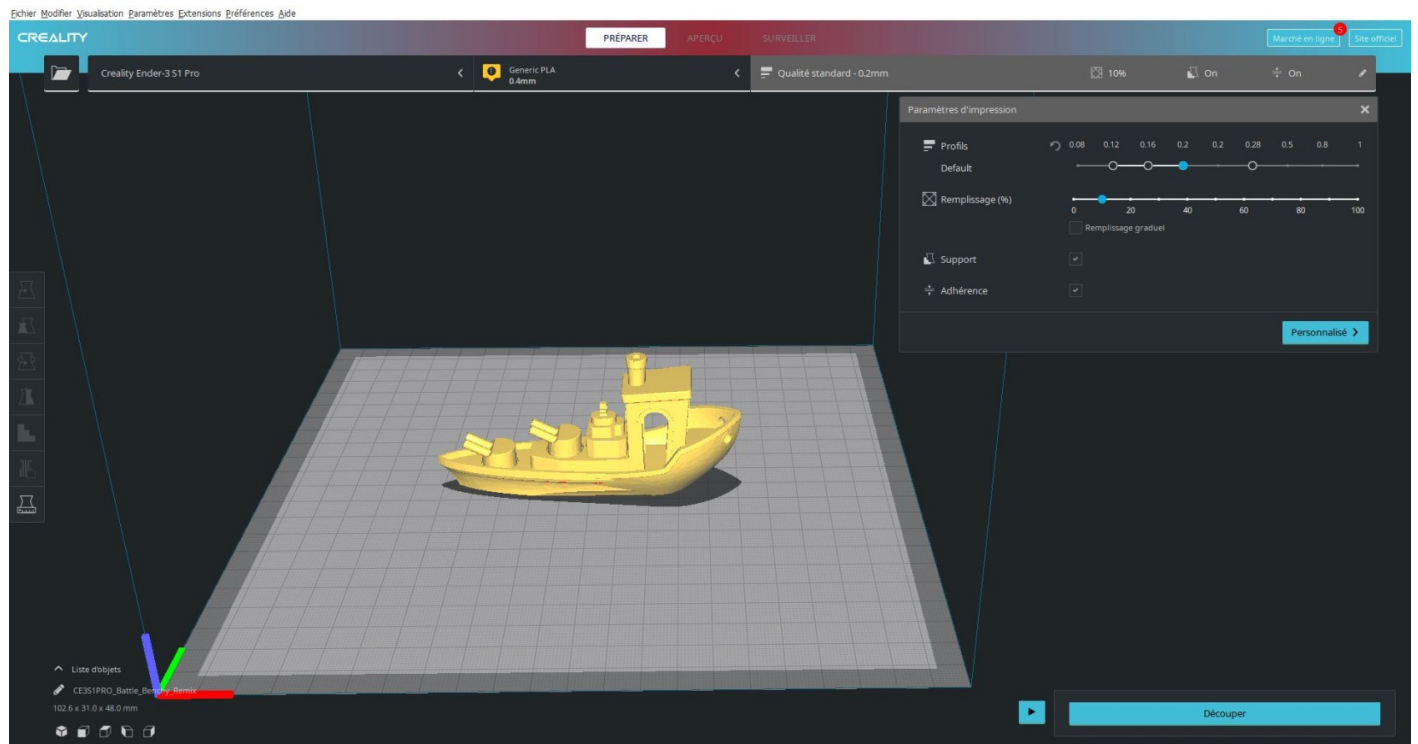
Pour commencer l'impression 3D, nous recommandons 2 paramétrages différents selon le types de pièce.

Les voici :

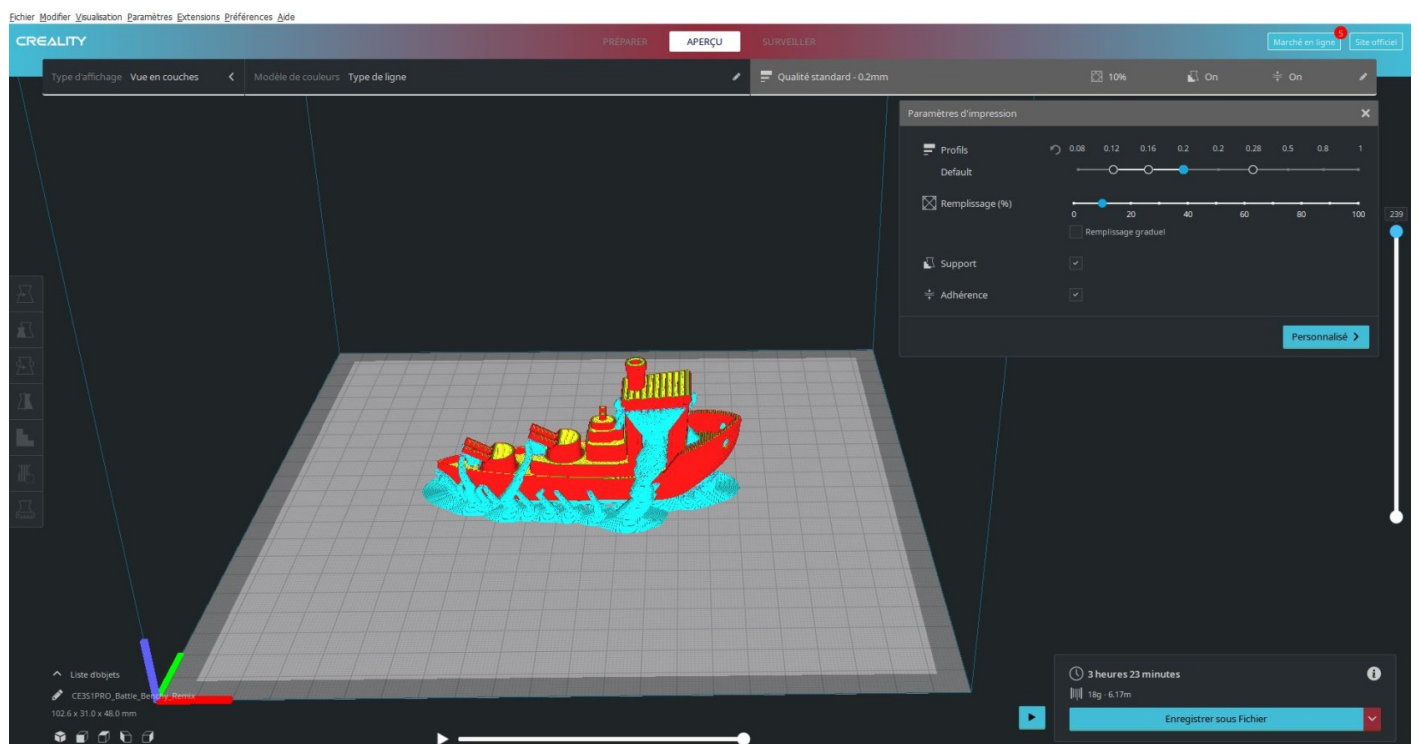
- **Pièce esthétique** : Pour les pièces dites "esthétiques" (figurine, statue, décoration,...) nous recommandons un profil **0.2** ou **0.16**, un remplissage **10 %** ou **20 %**. Les supports et l'adhérence sont à activer selon le modèle que vous avez.
- **Pièce mécanique** : Pour les pièces dites "mécaniques" (engrenage, pièce du quotidien,...) nous vous recommandons un profil **0.2**, un remplissage à **50 %** (pièce de quotidien) ou **80 %** ( engrenage, équerre...). Les supports et l'adhérence sont à activer selon le modèle que vous avez.

Sur notre exemple ci dessous, nous avons un modèle esthétique. Nous utiliserons donc un profil 0.2 , une remplissage à 10 % , des support arborescent ainsi que de l'adhérence.

Une fois nos paramétrages terminés, nous cliquerons sur "découper" ou "slice" si votre logiciel est en anglais.



Une fois découpé, il vous suffira de cliquer sur "aperçu" / "preview" en haut de votre logiciel pour avoir cette interface :



Nous pouvons avoir un aperçu de l'impression de notre modèle, le positionnement des supports et de l'adhérence.

Sur l'onglet en bas à droite, nous avons toutes les informations importantes de notre impression :

- **La durée** : pour ce modèle nous sommes à 3 heures et 23 minutes.
- **La quantité de filament** : 16 grammes et la quantité en mètre 6,17 mètres.

Si tout nous convient, nous pouvons cliquer sur "Enregistrer sous Fichier" et l'enregistrer sur une carte SD / MicroSD.

Et nous passerons donc à notre imprimante 3D.

...

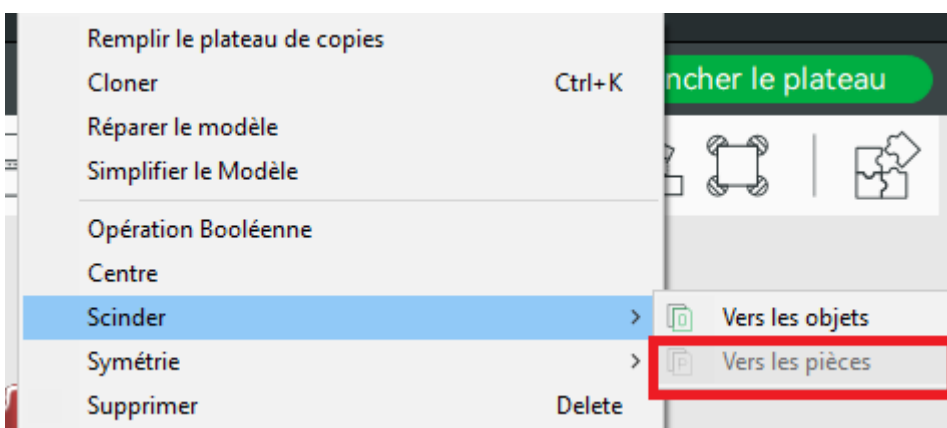
Auteur: [Mathis Simoen](#), sur le [wiki de l'innovation de l'IUT de Haguenau](#)

Attribution-NonCommercial-PartageMemeConditions 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

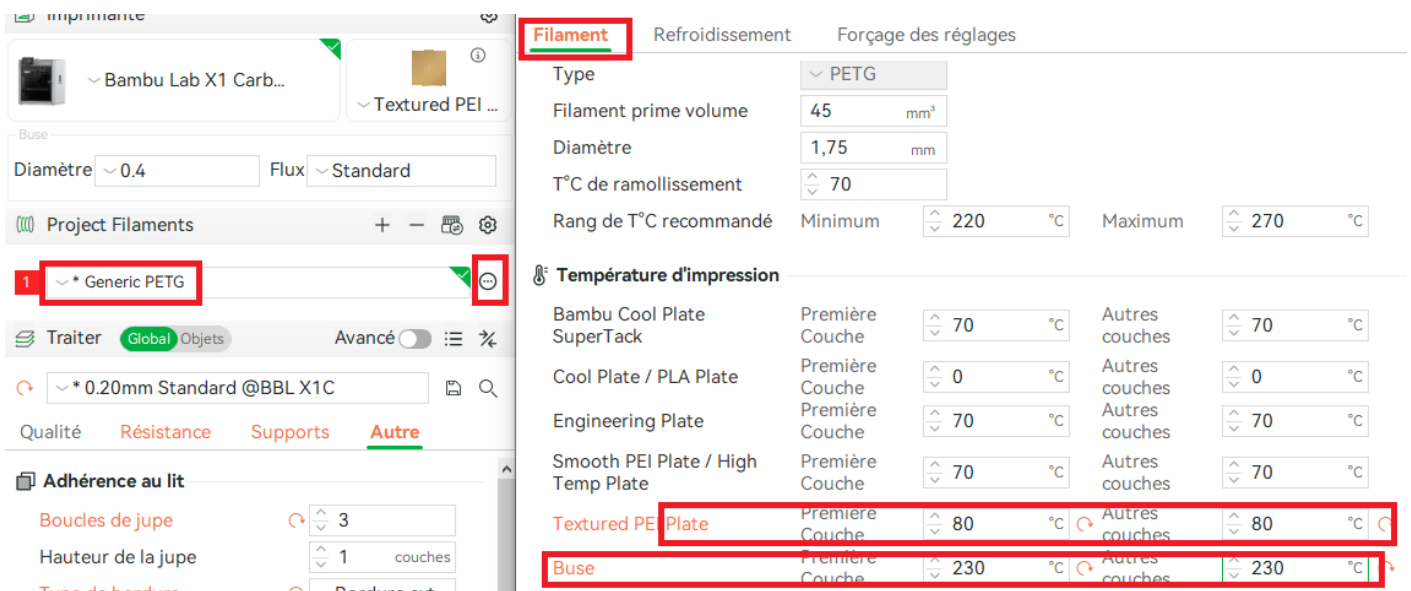


# Lancer une impression avec Bambu Studio

- Allumer l'imprimante
  - Vérifier que le plateau est propre et en place, que la buse est propre, nettoyer la caméra et le Lidar si nécessaire
- Se connecter au réseau wifi `fab-lab-5g` (ou `fab-lab`)
- (Déconnecter le réseau filaire si l'imprimante n'est pas reconnue)
- Onglet `Appareil` : Connecter la machine
- Onglet `Préparer` :
  - Importer le modèle `.stl` ou le projet `.3mf`
  - Scinder les pièces pour pouvoir annuler l'impression d'une seule pièce qui aurait raté (BambuLab X1C)
  - Clic droit sur la pièce > Scinder > Vers les pièces



- sélectionner la machine, vérifier la correspondance du plateau en place, le numéro de bobine à utiliser
- vérifier le matériau, la température du filament (mettre au milieu de l'intervalle donné) et la température du plateau sur la bobine (sélectionner la température du bon plateau)



- Optionnel : sélectionner la qualité
- Optionnel : Onglet **Qualité**
  - sélectionner les hauteurs des couches et de la première couche, qui sont **liées à la qualité sélectionnée**
- Onglet résistance :
  - **Parois > Nombre de parois** : 2 par défaut, 4 pour augmenter la rigidité d'une pièce. Epaisseur des parois d'un volume. Ce nombre de couches de filament seront pleinement remplies. En dehors des parois, les couches ne sont remplies que partiellement en fonction de paramètre de remplissage
  - **Remplissage > Densité de remplissage** : 15% pour une pièce décorative (ou qui doit être légère), 50% pour une pièce qui doit résister, 100% pour une pièce mécanique type engrenage ou qui doit être lourde

## Parois

Nombre de parois 4

Détecter les parois fines ☐

## Coquilles supérieures/inférieures

Motif de surface supérieure  Ligne mon...

Couches de coque supérieures 5

Épaisseur de la coque supérieure 0,6 mm

Top paint penetration layers 5

Motif de surface inférieure  Monotone

Couches inférieures de la coque 5

Épaisseur de la coque inférieure 0 mm

Bottom paint penetration layers 5

Motif de remplissage solide  Rectiligne

## Remplissage

Densité de remplissage 13 %

- Onglet Vitesse : laisser par défaut a priori
- Onglet Supports : Si votre pièce a des zones en **porte-à-faux "qui ne sont pas bien supportées par les couches inférieures"**. Dans le doute **ACTIVER**.
  - Activer les supports
  - Type : Arborescent
  - Angle de seuil : 20° par défaut, peut être augmenté à 45° pour des éléments fins en porte-à-faux et des porte-à-faux importants

## Supports

**Activer les supports** ☒

Type **Arborescent**

Style **Défaut**

Angle de seuil **20**

Sur plateau uniquement ☐

Ne supporter que les régions critiques ☐

Éliminer les petits surplombs ☒

- Onglet Autres : Si votre pièce est grande par rapport à sa zone d'adhérence au plateau, si la surface en adhérence est dotée d'un **congé** ou d'un **chanfrein**, ou encore s'il y a une zone d'adhérence qui est petite. **Dans le doute ACTIVER.**
  - Boucles de jupe : 3
  - Type de bordure : extérieure et intérieure

Qualité Résistance Vitesse **Supports** **Autre**

## Adhérence au lit

**Boucles de jupe** ☒ **3**

Hauteur de la jupe **1** couches

**Type de bordure** ☒ **Bordure ext...**

Largeur de la bordure **Auto**

Écart bord-objet **Painted**

## Tour de nettoyage

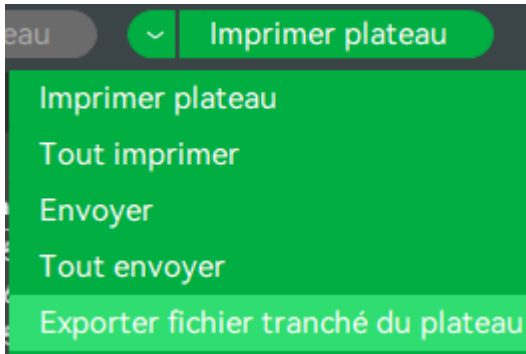
Activer ☒ **Bordure extérieure uniquement**

☒ **Bordure intérieure uniquement**

☒ **Bordure extérieure et intérieure**

- Sélectionner le plateau à imprimer (s'il y en a plusieurs dans le projet)
- Cliquer sur **Trancher le plateau**
- Onglet Aperçu :
  - vérifier le modèle slicé
  - vérifier la durée totale et noter le temps d'impression pour facturation éventuelle (pas pour les personnels ou étudiants)
- Pour une Imprimante BambuLab connectée en Wifi
  - cliquer sur **Imprimer plateau**

- vérifier la correspondance du plateau en place, le numéro de bobine à utiliser, Timelapse=Off
- Pour une autre imprimante
  - exporter le fichier tranché du plateau
  - enregistrer sur la carte SD de l'imprimante
  - charger le fichier sur l'imprimante
  - vérifier la bobine



- Vérifier que le filament charge bien, que l'impression démarre, et que la première couche adhère bien
- Vérifier régulièrement le bon fonctionnement de l'imprimante

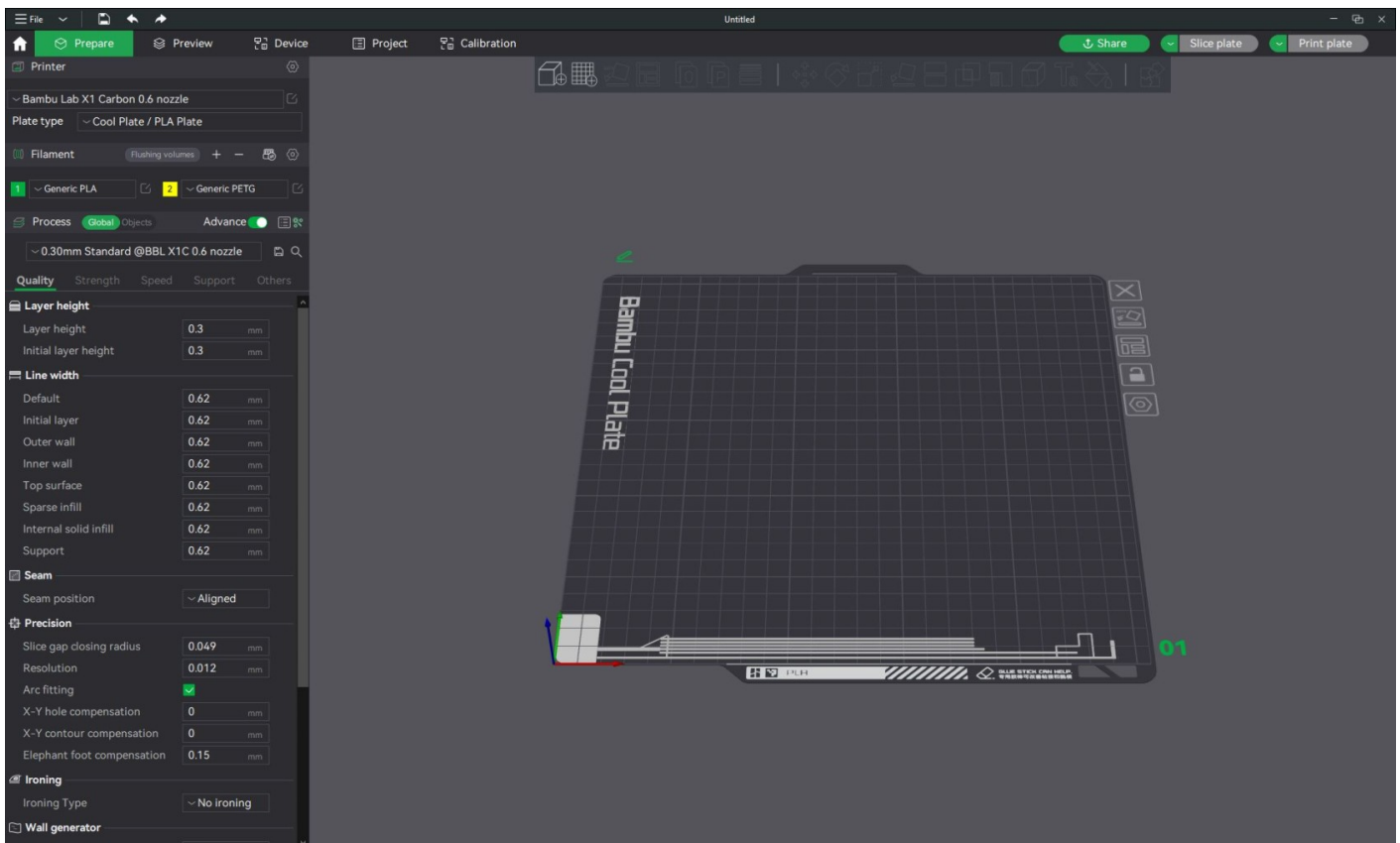
# Tutoriel slicer Bambu Studio

## Bambu-Studio :

Ci-dessous se trouve le logiciel Bambu-Studio. C'est un logiciel permettant de passer un modèle 3D (stl, obj) dans un format reconnaissable par un imprimante 3D (Gcode).

Celui-ci est optimisé pour les machines de chez BambuLab mais nous pouvons aussi ajouter d'autres imprimantes.

Vous pouvez retrouver l'explication et l'introduction de ce qu'est une [Imprimante 3D en cliquant ici](#).



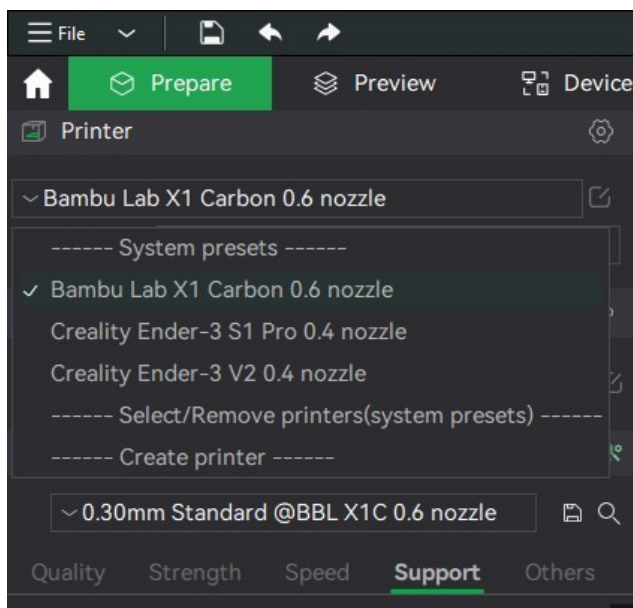
## Découvrir le logiciel

Sur la partie Gauche de notre logiciel, nous avons plusieurs menus.

## Voici à quoi ils correspondent :

**1)** Permet d'ajouter notre imprimante et de pouvoir les sélectionner à tout moment, ce qui permet de changer rapidement et facilement de machine.

Nozzle signifie buse en anglais, la buse est la partie par laquelle le filament sort de votre imprimante 3D. Elle peut-être changée. Si vous indiquez la mauvaise valeur, cela peut entrainer un bouchage de la buse. Demander conseil au FabManager si vous avez un doute ou se référer aux indications du fournisseur si votre machine est neuve.



Nos machines au Fablab :

- Bambulab A1 0,4 nozzle
- Bambulab X1 Carbon 0,4 nozzle

Allez dans "Select/Remove printers (system presets)" pour sélectionner une imprimante si vous ne voyez pas celle que vous voulez.

Attention : pour l'exemple une imprimante "Bambulab X1 Carbone 0.6 nozzle" à été sélectionnée. Bien faire attention à sélectionner la bonne imprimante 3D dont nous avons parlé quelques lignes au dessus

**2)** Permet de définir le type de plaque que l'on va utiliser. La plaque est le support sur lequel le filament va venir se déposer pendant l'impression.

Exemple de type de plaque :



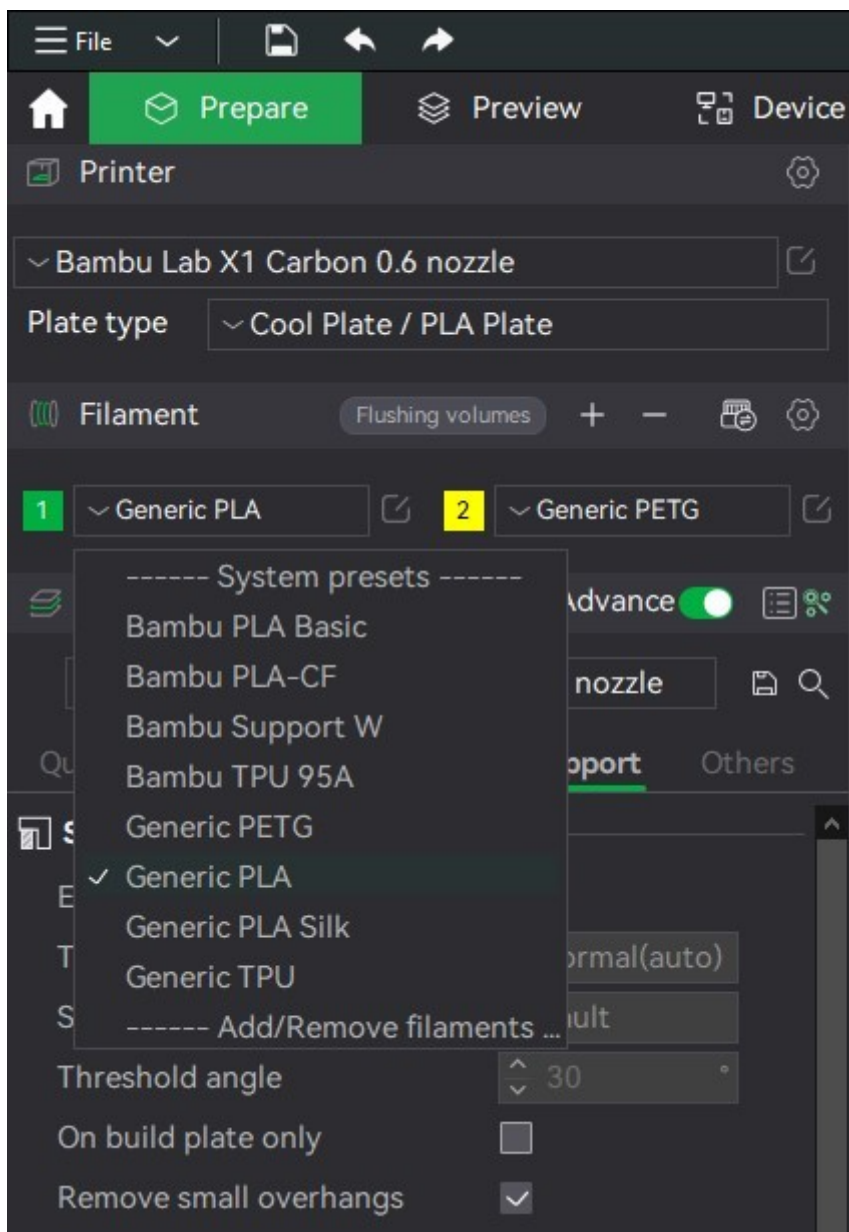
Chaque plaque est compatible avec certains types de filament. Tout les filaments compatible sont indiqués à l'avant de la plaque.

Vérifier les filaments compatible avec cette dernière.

Exemple : Textured PEI plate -> filament compatible : PLA/PETG/ABS

**3)** Permet de sélectionner le type de filament que vous allez utiliser.



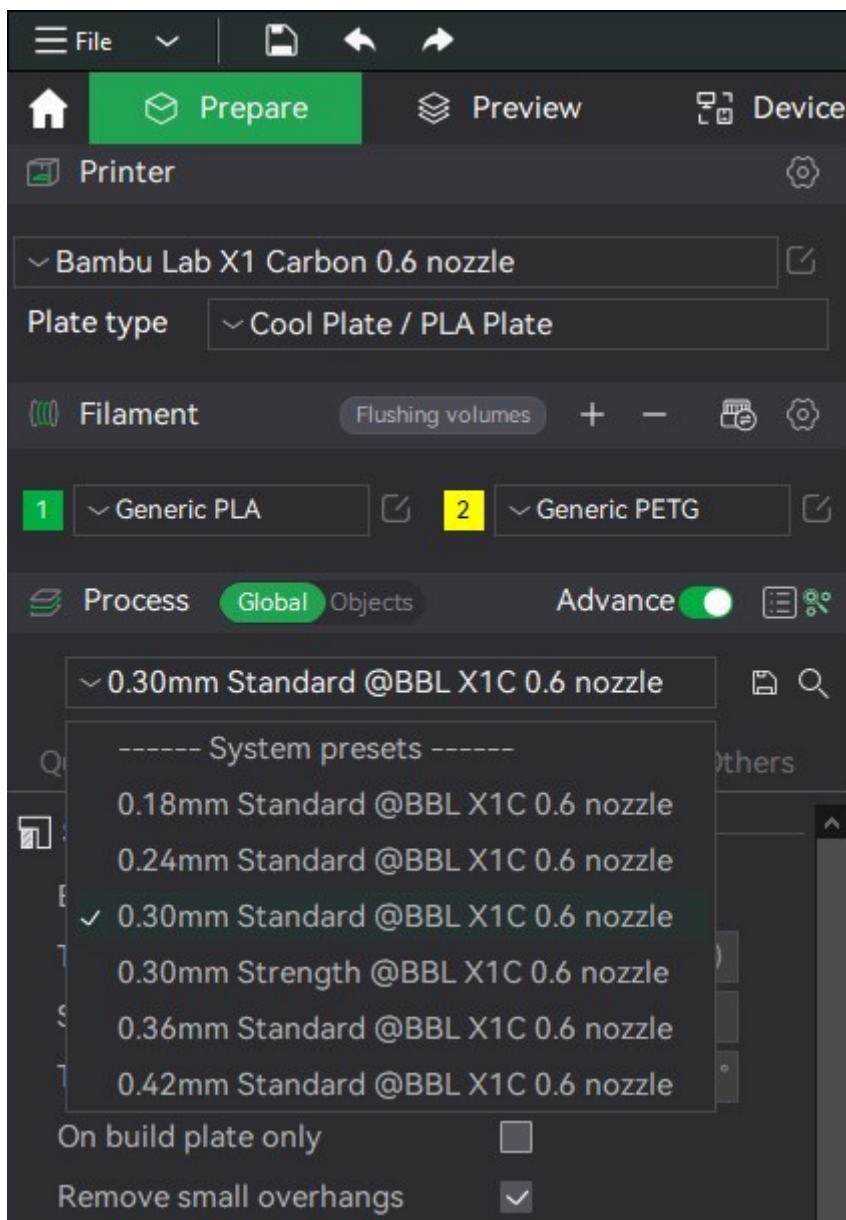


Certains matériaux sont recommandés pour certaines pièces et utilisations, vous pouvez retrouver un tableau récapitulatif des filaments les plus utilisés ci-dessous .

- PLA : très beau rendu, très facile à imprimer, peu résistant à la température et à l'impact
- PET-G : rendu très brillant, relativement facile à imprimer, résistance à la température et performances mécaniques moyenne
- ABS : rendu mat, difficile à imprimer, bonne résistance à la température, faible résistance à la flexion

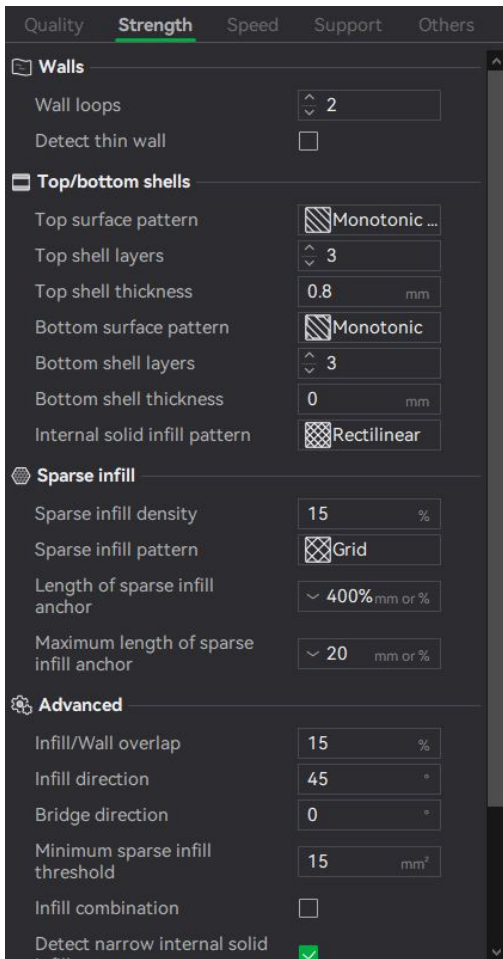
	Résistance à la chaleur	Résistance à l'impact	Résistance en flexion	Résistance à la traction	Facilité d'impression	Rendu
PLA	-	-	+	+	+++	satiné
PET-G	+	+	+	+	++	brillant
ABS	++	++	-	+	-	quasi mat

4) Permet de déterminer la précision/qualité de l'impression. Plus la valeur est élevée moins, plus l'épaisseur du filament qui sortira sera élevée donc la pièce sera moins propre et moins précise et inversement.



#### **Nous avons par la suite 5 autres menus :**

En tant que débutant, nous allons nous limiter dans la découverte de ses paramètres. Ceux que nous verrons seront amplement suffisant pour une utilisation régulière d'une imprimante 3D.



1) "**Strength**" permet de modifier la solidité de nos impressions. de par le biais de :

**Sparse infill density** vient définir le niveau de remplissage intérieur de notre pièce. Plus le pourcentage est grand (100%), plus la pièce sera résistante mais plus elle consommera de filament et sera plus longue à l'impression.

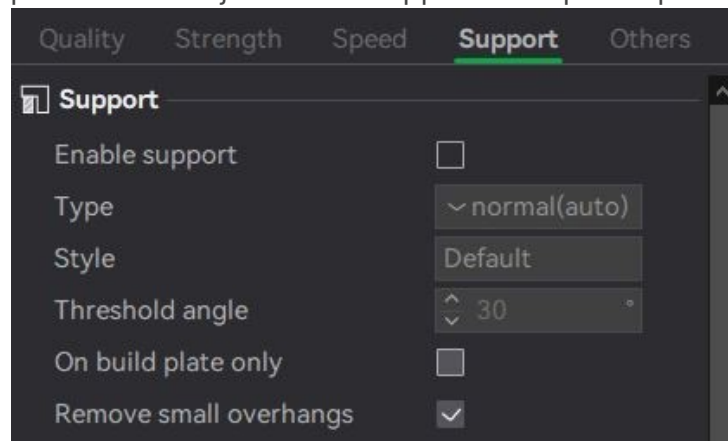
Plus le pourcentage est petit (0%), moins elle sera résistante mais consommera moins de filament et sera plus courte à l'impression.

En général entre 15 et 35%.

**Sparse infill pattern** définir le motif de remplissage. Les plus utilisés :

- Grid
- Rectilinear
- Gyroid

2) **"Support"** est le menu nous permettant d'ajouter des supports lorsqu'une pièce doit imprimer dans le vide.

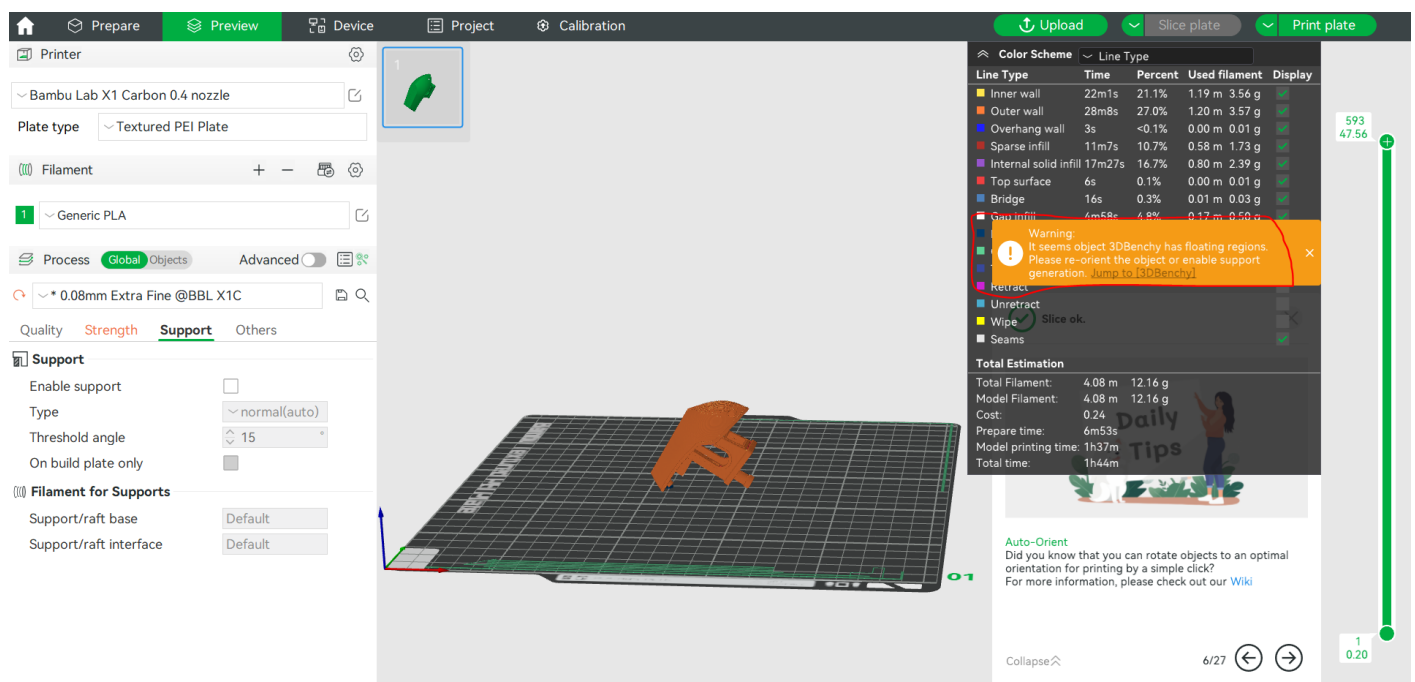


Deux types de support existe :

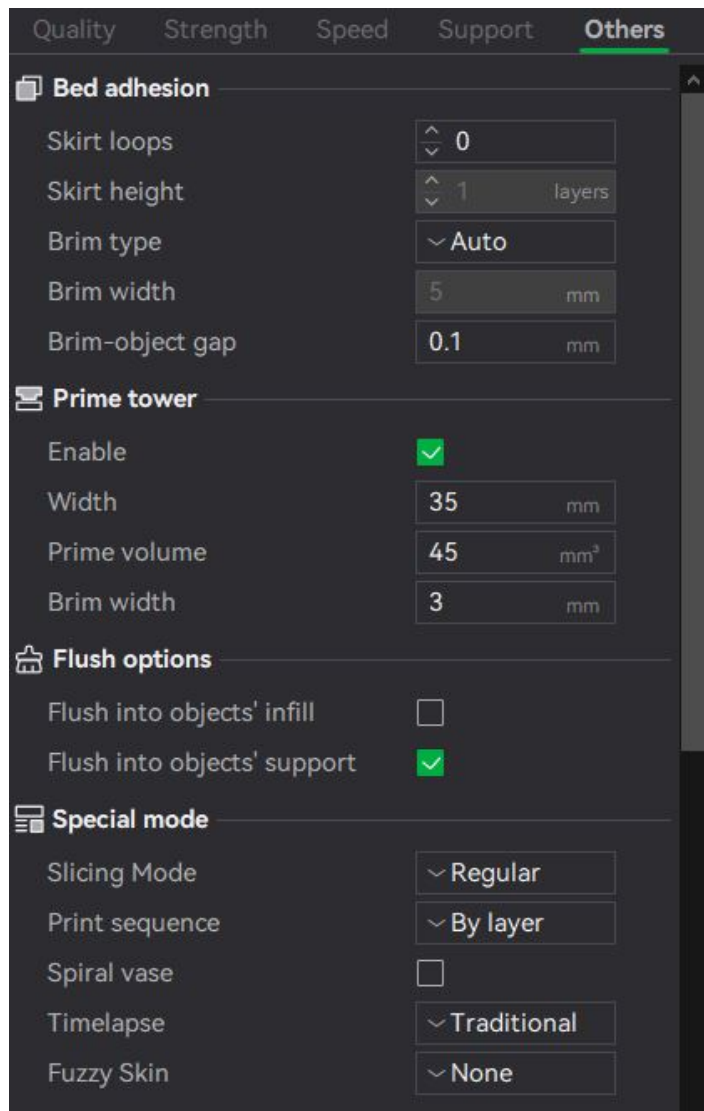
- les supports normaux utilisés pour des surfaces linéaire
- les supports arborescent utilisés pour des surfaces plus courbés

Activé les en cochant la case "Enable support".

Pour savoir si vous devez les activés ou non. Un message en orange s'affiche lorsque que vous trancher le plateau (voir image ci dessous)



"**Others**" dans cette catégorie nous pouvons notamment d'améliorer l'adhérence de nos pièces au plateau.



Si votre pièce se décolle du plateau ou qu'il y a une forte déformation du plastique pendant ou après l'impression. Réaliser les étapes ci-dessous

Utiliser le "**Brim**" qui est un contour nous permettant d'éviter certaine erreur d'impression tel que le "Warping".

"**Skirt**" est un contour qui ne touche pas notre pièce, elle va surtout nous permettre de vérifier si notre filament adhère sur le plateau.

Skirt loops : 2

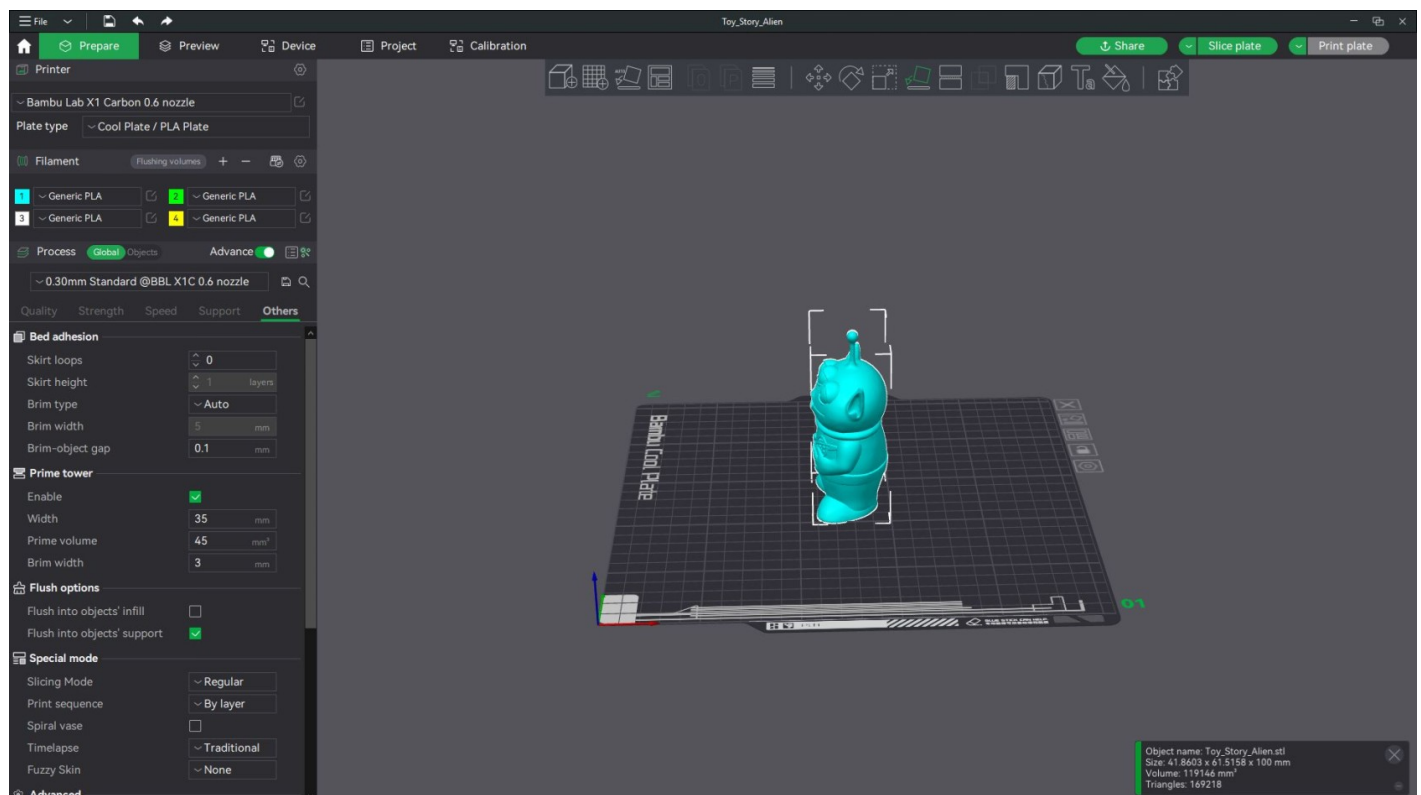
Skirt height : 1

Brim type : Outer and inner

Brim width : 5 mm

## Placer une pièce :

Pour importer notre pièce, nous avons tout simplement à glisser-déposer notre pièce dans le logiciel



Nous avons plusieurs informations, tout d'abord en bas à droite nous avons plusieurs informations sur notre pièce tel que la taille en mm, le volume de notre pièce ainsi que le nombre de triangle que possède notre modèle 3D.

Nous allons pouvoir modifier la dimension, l'orientation et certain détaille de notre impression.

Tout ces paramétrages ce trouve en haut de notre logiciel.



Voici à quoi ils correspondent :



: Permet l'importation de nos pièces dans le logiciel.



: Permet d'ajouter un plateau à notre logiciel pour slicer plusieurs pièce en même temps.



: Permet d'orienter notre pièce automatiquement



: Permet d'arranger notre plateau automatique quand nous avons plusieurs pièce



: Permet d'augmenter le nombre de couche sur les partie que nous désirons



: Permet de déplacer votre pièce sur tout les axes



: Permet de faire une rotation de votre pièce



: Permet de sélectionner la face qui sera sur le plateau



: Permet de couper votre pièce en 2 ou plus.



: Permet de colorier la où vous désirez créer des supports



: Permet de colorier la où vous désirez la couture de la pièce



: Permet de créer un lettre en 3D



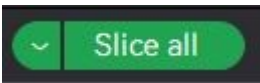
: Permet de colorier votre pièce dans différentes couleurs (4 maximum) pour créer un changement de bobine



: Permet un assemblage des différentes bobines.

## Slicer une pièce :

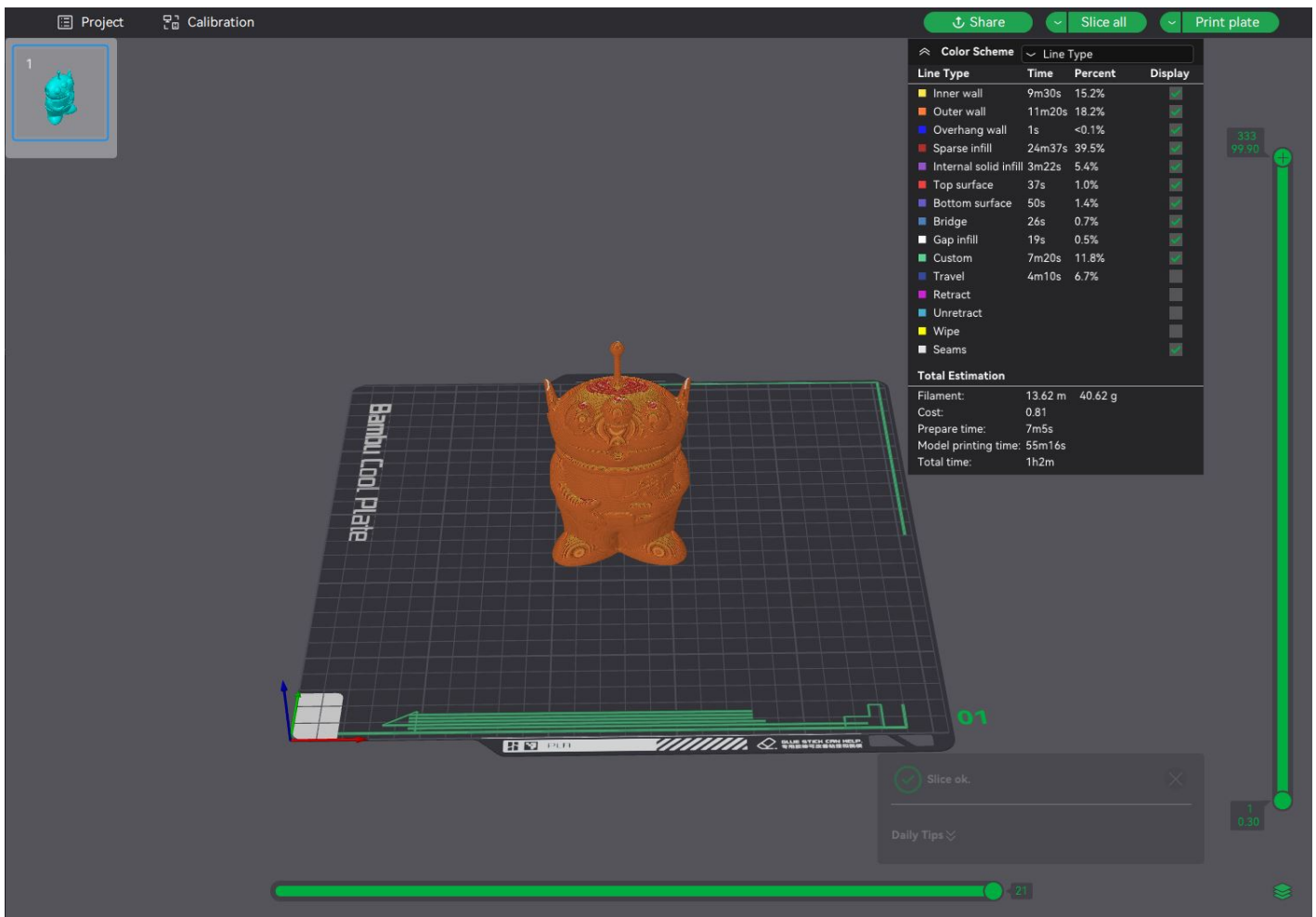
Une fois nos paramètres sélectionnés, cliquer sur la flèche à côté de "Slice Plate".



Sélectionner "Slice all" et cliquer dessus.

Vous arrivez sur la prévisualisation de notre impression.

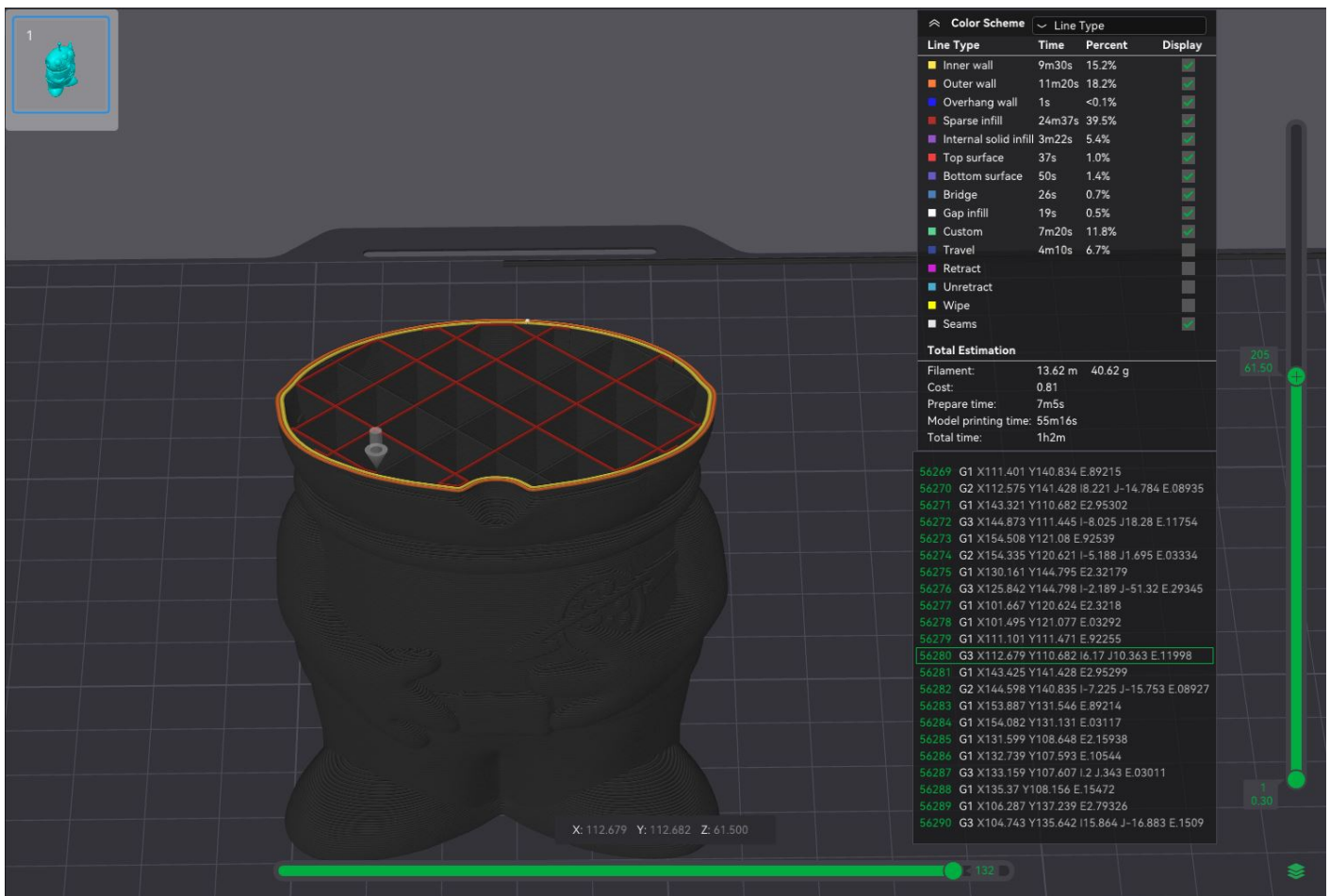




Sur la partie tout à droite nous avons une barre verte, elle correspond à chaque couche de notre pièce.

De part et d'autre de cette barre nous avons des nombres, sur notre exemple il y a 333 qui correspond au nombre de couche et 99.90 qui correspond à la taille de la couche correspondante. Nous pouvons descendre et remonter cette barre qui nous permettra de visualiser l'intérieur de notre pièce.

Sur la partie basse nous retrouvons une deuxième barre verte.



Elle correspond à une simulation de l'impression d'une couche. Un encadrée s'affiche et nous indique chaque point que notre imprimante lira pour créer notre modèle.

Notre logiciel nous indique aussi la durée, le poids nécessaire pour chaque partie de notre impression.

Nous avons un détail de chaque durée, chaque gramme de filament et un pourcentage que cela prend sur notre impression.

Color Scheme		Line Type	
Line Type	Time	Percent	Display
Inner wall	9m30s	15.2%	<input checked="" type="checkbox"/>
Outer wall	11m20s	18.2%	<input checked="" type="checkbox"/>
Overhang wall	1s	<0.1%	<input checked="" type="checkbox"/>
Sparse infill	24m37s	39.5%	<input checked="" type="checkbox"/>
Internal solid infill	3m22s	5.4%	<input checked="" type="checkbox"/>
Top surface	37s	1.0%	<input checked="" type="checkbox"/>
Bottom surface	50s	1.4%	<input checked="" type="checkbox"/>
Bridge	26s	0.7%	<input checked="" type="checkbox"/>
Gap infill	19s	0.5%	<input checked="" type="checkbox"/>
Custom	7m20s	11.8%	<input checked="" type="checkbox"/>
Travel	4m10s	6.7%	<input type="checkbox"/>
Retract			<input type="checkbox"/>
Unretract			<input type="checkbox"/>
Wipe			<input type="checkbox"/>
Seams			<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Total Estimation</b>			
Filament:	13.62 m	40.62 g	
Cost:	0.81		
Prepare time:	7m5s		
Model printing time:	55m16s		
Total time:	1h2m		

Nous avons un détail de chaque durée, chaque gramme de filament et un pourcentage que cela prend sur notre impression.

La partie qui nous intéresse le plus se situe en bas dans "Total Estimation".

Notre impression aura donc besoin de 40.62g de filament, elle durera 1h2min.

Nous avons aussi une estimation de coût de notre impression (selon le filament que l'on utilise ainsi que s'ils ont été paramétré). Ici, notre impression nous aura coûté 81 centimes à produire.

# Lancer une impression :

Avant de lancer votre impression, vérifiez qu'il y ait bien le type de filament que vous souhaitez dans votre imprimante.

Si ce n'est pas le cas, changez de filament.

Comment faire cela ?

Pour la Bambulab A1 :

- Allez sur l'écran de votre imprimante 3D
- Cliquez sur "Filament"
- Cliquez sur "Décharger"
- Suivez les étapes indiquées sur votre écran (Attendre que la buse chauffe, retirer manuellement le filament, mettre manuellement le nouveau filament, attendre que la purge de l'ancien filament s'effectue, etc.)



Pour la Bambulab X1 Carbon :

- Allez sur l'écran de votre imprimante.

- Allez sur le deuxième onglet du menu latéral gauche (voir logo vert sur la photographie ci-contre).

- Allez dans l'onglet "Filament" du menu horizontale maintenant.

- Sélectionner la bobine que vous souhaitez changer et cliquez sur "Décharger" en bas à droite.

La bobine se décharge automatique.

Insérer votre nouvelle bobine en vérifiant qu'elle correspond bien à vos besoin et appuyer sur le bouton "Charger". La bobine se charge automatiquement.

A présent, indiquer à la machine que vous venez de changer de bobine. Cliquez sur l'icone représentant

un trait survolé d'un crayon en plein milieu des cases juste en dessous de l'indication du type de filament de la bobine.



- Dans la la partie Filament, indiquer quelle type de filament vous venez de mettre dans la machine
- Dans la partie Couleur, indiquer quelle couleur de filament vous venez de mettre dans la machine
- Cliquer sur confirmer

## Pour lancer une impression :

Si vous n'utilisez pas nos imprimantes, adapter le tutoriel à votre machine. Les étapes sont similaires.

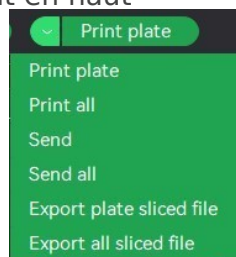
Rendez-vous sur l'ordinateur du fablab.

Pour ceux qui réalise le paramétrage du fichier au fablab :

Ouvrir Bambu studio et réaliser tous les paramétrages dont nous avons parlé depuis le début de ce tutoriel.

Si vous réaliser le paramétrage chez vous et que vous souhaitez lancer une impression au fablab après :

- Appuyer sur la flèche à coté de "Print plate" tout en haut



à droite du logiciel puis sur Export all sliced file.

Réappuyer sur le bouton

et enregistrer le fichier sur une clé USB

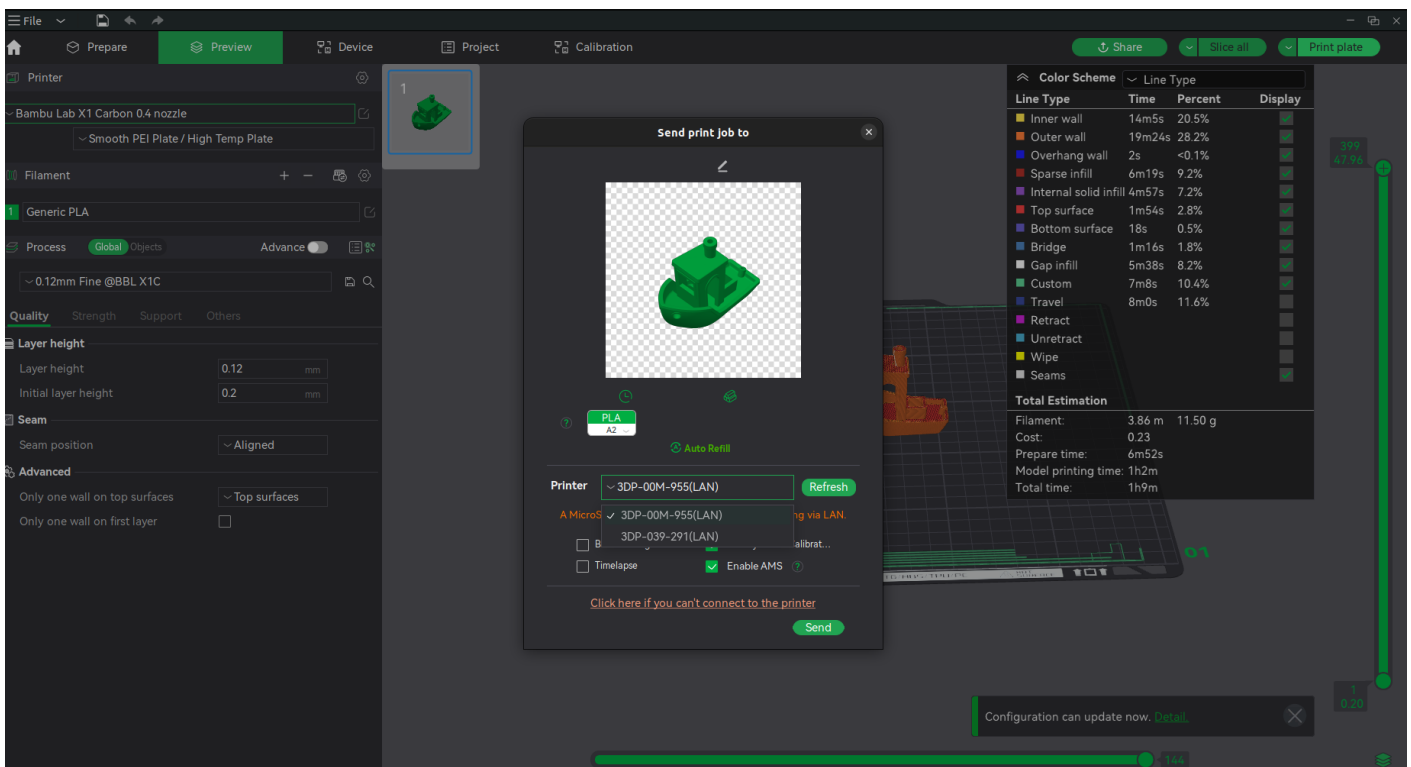
- Une fois au fablab, ouvrez votre fichier sur Bambu studio depuis un des postes

A présent votre fichier est paramétré. Il ne vous reste plus qu'à lancer l'impression.

Cliquer sur "Print plate"

Dans l'ordre :

- Sélectionner le filament utilisé
- Sélectionner l'imprimante utilisée :
  - 3DP-00M-955(LAN) correspond à la Bambulab X1 Carbon
  - 3DP-039-291(LAN) correspond à la Bambulab A1
- Cocher les paramètres souhaités :
  - Bed leveling (nivellement automatique du plateau ) à cocher si vous ne savez pas si l'imprimante à été calibrée
  - Flow Dynamics Calibration a cocher si vous souhaitez vérifier avant l'impression l'adhérence du filament au plateau
  - Enable AMS (Uniquement pour la Bambulab X1 Carbon) à cocher
  - Timelapse à cocher si vous souhaitez une vidéo de votre impression (elle sera enregistrer sur la carte SD de la machine)
- Appuyer sur "Send"



Votre impression démarre, félicitation.



# Pour aller plus loin :

## Ajouter une imprimante en réseau local

### Bambulab X1 Carbon

Sur l'imprimante :

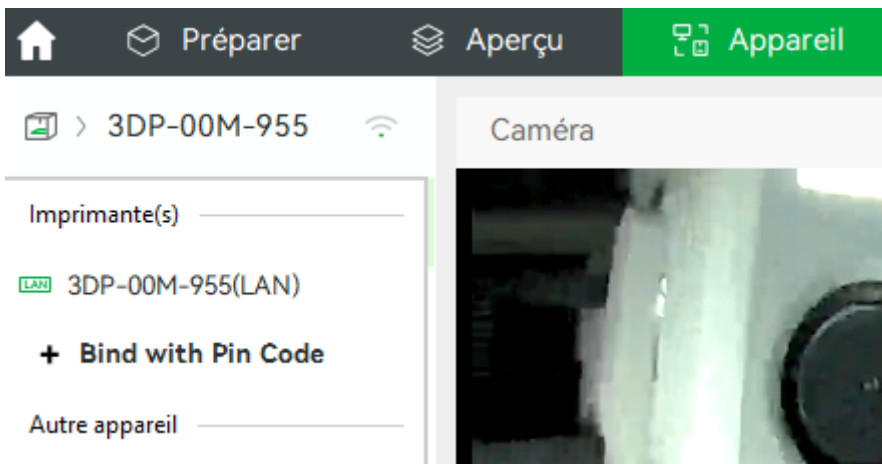
- Connecter l'imprimante au réseau du FabLab --> seul le wifi 2,4Ghz est supporté --> fab-Lab
- activer "LAN uniquement" pour désactiver la connexion via le cloud et envoyer directement les fichiers du PC où tourne Bambu-Studio vers l'imprimante
- Activer "Mode LAN Vue Live" pour pouvoir voir la caméra à distance



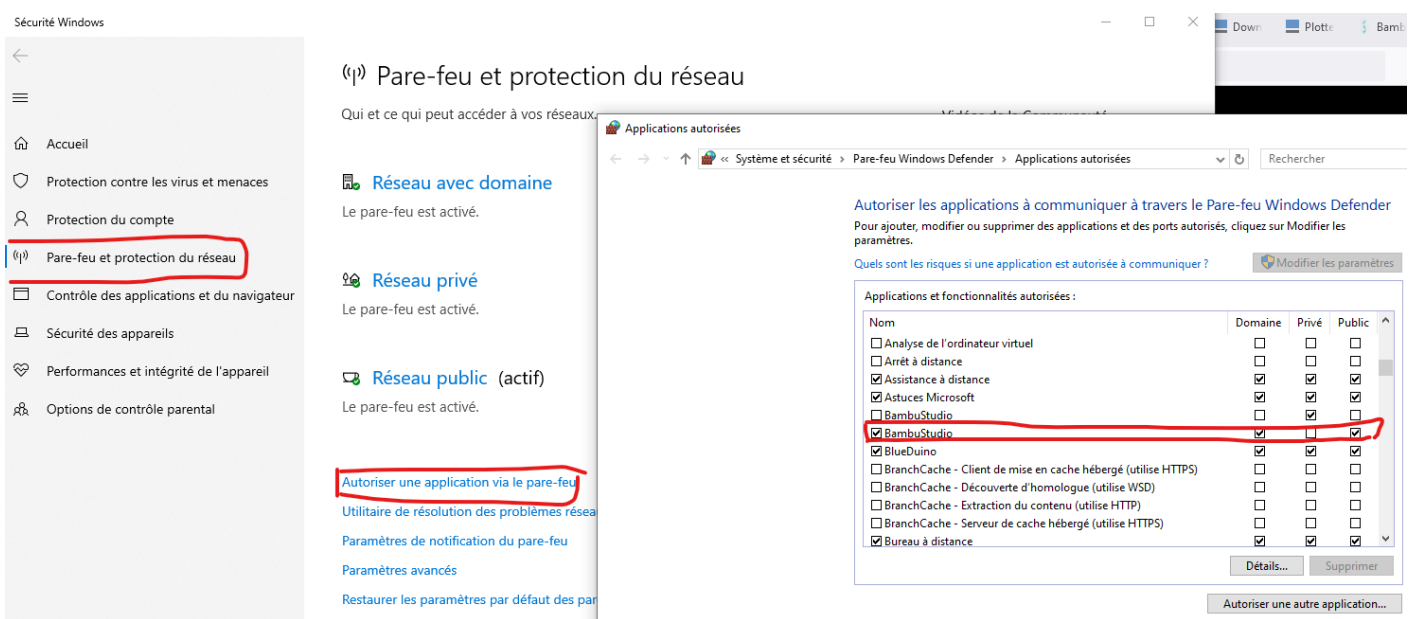
Dans Bambu-Studio :

- Connecter le PC au réseau wifi du FabLab
- s'assurer que le pare-feu ne bloque pas l'imprimante
- Aller dans la section Appareil
- Attendre que l'imprimante apparaisse, ex. 3DP- 00M- 955
- Cliquer sur l'imprimante pour l'ajouter





Si l'imprimante n'apparaît pas, vérifier que l'application Bambu Studio n'est pas bloquée dans le pare-feu windows pour le réseau où est connecté l'imprimante :

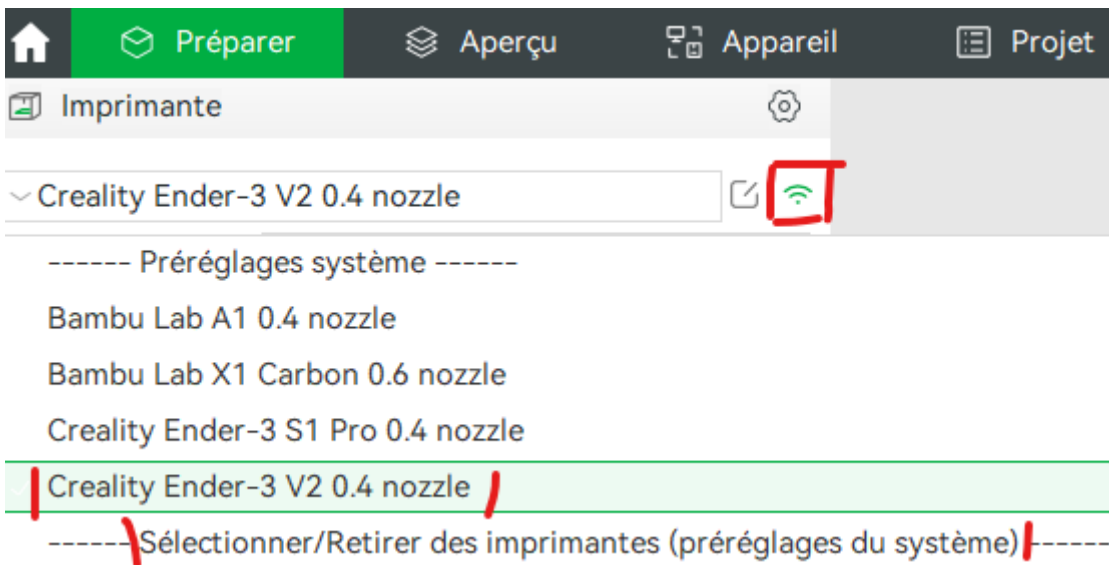


Ou vérifier dans le documentation BambuLab : <https://wiki.bambulab.com/en/software/bambu-studio/failed-to-connect-printer>

## Autre imprimante via Octoprint

Prérequis : Installer Octoprint pour une imprimante et vérifier qu'elle est joignable via le navigateur <https://innovation.iha.unistra.fr/books/1-fablab-vos-projets/page/serveur-dimpression-3d-octoprint-home-assistant>

- Si l'imprimante ou une taille de buse n'apparaît pas, cliquer sur **Sélectionner des imprimantes** et l'ajouter
- Sélectionner l'imprimante à ajouter dans **Préréglages système**



- Cliquer sur le logo Wifi
- Récupérer l'URL de l'instance Octoprint correspondant à l'imprimante  
<https://innovation.iha.unistra.fr/books/1-fablab-vos-projets/page/adressage-ip-du-reseau-du-fablab#bkmrk-configuration-r%C3%A9seau>
- exemple de configuration pour la Ender 3 v2 A :

Imprimante Physique

×

Enregistrer Machine sous

Ender3v2a

#### Envoi Hôte d'Impression

Type d'hôte:

Nom d'hôte, adresse IP ou URL:

Interface utilisateur de l'appareil:

Clé API / Mot de passe:

Fichier HTTPS CA:

Ignorer les contrôles de révocation des certificats HTTPS: ☐

Le fichier HTTPS CA est facultatif. Il n'est nécessaire que si vous utilisez le protocole HTTPS avec un certificat auto-signé.

OK

Annuler

# L'impression FDM : principe et types de machines

La grande technologie par **extrusion de matériau** est appelée **FDM**, pour **Fused Deposition Modelling**, autrement dit dépôt de filament fondu.

Le principe de fabrication est le suivant : une fois les instructions générées grâce au **slicer** et généralement exportées au format **.gcode**, l'objet est créé à partir de filament de matière disponible sous forme de bobine. Une tête d'extrusion s'assure ensuite de pousser le filament dans un élément chauffant pour le faire fondre. Le filament fondu passe enfin à travers une buse qui se déplace au-dessus du plateau pour déposer le filament fondu couche par couche, tandis que le filament fondu se solidifie en refroidissant.

Cela impose des limitations techniques, car le filament ne peut être déposé dans le vide. Pour pallier à cela, on a très souvent recours à des **supports** : ce sont des parties qui vont être imprimées en même temps que le corps de l'objet lui-même, mais conçue de façon à être facile à retirer une fois l'impression terminée.

[image-1661177127243.jpg](#)

*Schéma d'un type de machine d'impression FDM qu'on trouve couramment. Les Raise 3D Pro2 du Fablab suivent ce principe général.*

Plusieurs variantes existent sur ce principe.

## Quelques variantes d'imprimantes FDM

### Systèmes d'extrusion

#### Extrusion directe

Les machines dites à extrusion directe (direct drive) rassemblent dans une même pièce la partie qui attrape et pousse le filament solide (un moteur pas à pas) et l'élément chauffant qui le fait fondre. Une conséquence est que cette partie mobile - qui est donc celle qui dépose le filament fondu sur le plateau - est alourdie et donc ralentie par la présence du moteur. Mais cela peut présenter d'autres avantages comme un meilleur écoulement pour certains types de filament, en particulier flexibles.

#### Extrusion bowden

Les machines à extrusion bowden (ou "à moteur déporté") ont un moteur d'extrusion fixe sur le châssis : ainsi, une fois agrippé et tiré de la bobine, le filament passe dans un tube flexible qui l'achemine jusqu'à la partie mobile, où il est fondu par l'élément chauffant et déposé à travers la buse. La partie mobile est donc plus légère et le temps d'impression s'en retrouve diminué. Mais ce mécanisme peut être moins performant, notamment pour des filaments souples.

## direct-bowden.png

*Schéma montrant la différence entre un système à extrusion directe et un système à extrusion bowden. Source : [forefrontfilament.co.uk](http://forefrontfilament.co.uk) via [all3DP](#)*

## Double extrusion

Par ailleurs, certaines machines permettent d'extruder deux filaments différents au cours d'une même impression sans changer de bobine en cours de route, grâce à la présence de deux systèmes "extrusion + élément chauffant + buse". Cela offre notamment la possibilité d'imprimer les supports d'impression avec un filament différent de celui utilisé pour l'objet final, par exemple avec du filament soluble dans l'eau comme le PVA. C'est le cas des Raise 3D Pro2 que nous avons au Fablab. Attention néanmoins, cet usage est occasionnel au Fablab et nécessite donc une recalibration des deux buses avant toute impression. Rapprochez-vous d'un.e fabmanager si cette possibilité vous intéresse !

Pour tout savoir sur les extrudeurs, un peu de lecture sur --> [all3DP](#)<--

## Système assurant les mouvements

Plusieurs types de systèmes peuvent permettre d'assurer les mouvements des pièces (tête d'impression et plateau). Ainsi, si la majorité des imprimantes gèrent les déplacements à partir des coordonnées cartésiennes x,y,z, d'autres le font avec les coordonnées polaires.

Par ailleurs, dans le paradigme cartésien, on trouve encore beaucoup de variantes : les systèmes rectilignes sont les plus communs, puis viennent ensuite les systèmes delta, et encore bien plus rare les systèmes SCARA.

## image-1661264597894.jpg

*imprimante TRILAB DeltiQ, système delta (source : [filament2print](#))*

Et naturellement il y a encore des nuances dans les systèmes rectilignes, entre les XZ-Head, XY-Head ou encore Crossed.

## image-1661263670179.png

## image-1661264141679.png

*à gauche : imprimante Ender 3 V2, système XZ-Head (source : [all3DP](#))*

*à droite : imprimante Ultimaker S5, système crossed (source : [nt3kk](#) via [Reddit](#))*

Et encore bien d'autres variantes !

[types-gantry-3Dprint.png](#)

*Une classification des systèmes selon les coordonnées et le fonctionnement mécanique (Source : [all3DP](#))*

On ne va pas rentrer dans les détails alors voici encore un peu de lecture [ici](#) et [là](#).

Auteure: Clara Devanz, sur le [wiki](#) du FabLab de Sorbonne Université

Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

# L'impression FDM : paramètres à prendre en compte

Essayons de faire un petit tour des principaux paramètres à prendre en compte.

## Les paramètres de votre matériel

### **Le matériau du filament**

C'est la toute première chose dont vont découler la grande majorité des réglages de votre impression. En effet, pour ne parler que des thermoplastiques, ils ont tous des propriétés différentes, en particulier leur réaction à la température. On ne réglera pas à la même température un extrudeur pour du PLA de l'ABS ou du PETG, de même qu'il faudra parfois mettre beaucoup de ventilation, chauffer le plateau ou non, fermer l'enceinte de l'imprimante, réduire les vitesses d'impression, etc.

Heureusement les fabricants de filament fournissent des valeurs typiques pour tous ces réglages. Au Fablab vous verrez que nous avons des bibliothèques de matériau avec des préréglages, il ne vous reste plus qu'à sélectionner le bon filament dans le slicer.

### **Le diamètre du filament**

Il existe deux diamètres standards, 1.75mm et 2.85mm. Référez-vous à la documentation de l'imprimante pour connaître le diamètre qui conviendra. [spoiler : c'est 1.75mm pour les Raise3D Pro2]

### **Le diamètre de la buse**

La buse (*nozzle*) est l'élément par lequel passe le filament fondu avant d'être déposé sur le plateau. Son diamètre influe donc sur la largeur de la couche déposée. Le diamètre standard des buses est de 0,4mm. En changeant la buse pour une buse avec un diamètre plus petit, on peut potentiellement obtenir des impressions avec une meilleure résolution et par exemple des coins moins arrondis, tandis qu'avec des buses plus larges on peut réduire drastiquement le temps d'impression.

### **La matière de la buse**

Pour les usages et filaments standards on utilise des buses en laiton, mais parfois il leur est préféré des buses dans d'autres matières comme l'acier inoxydable ou durci.

## L'enceinte de l'imprimante

Au Fablab on imprime essentiellement deux types de filament : le PLA et l'ABS. L'ABS est très sensible aux variations de température et aux courants d'air, et les vapeurs qu'il dégage sont relativement néfastes, c'est pourquoi on imprimera ce matériau uniquement dans une imprimante complètement fermée.

## Le type de plateau

Différents plateaux d'impression peuvent s'avérer optimaux selon les usages. On trouve couramment des plateaux en verre, des buildtak, ou encore des plateaux perforés.

Au Fablab, on utilise des buses en laiton de diamètre 0,4mm, et le filament requis pour les Raise3D Pro 2 doit être de diamètre 1,75mm, vous n'avez donc pas à les modifier

# Les paramètres incontournables du slicer

Passons maintenant aux paramètres qu'on est le plus souvent amené à ajuster dans le slicer.

## La hauteur de couche

C'est elle qui détermine la résolution de votre objet pour une imprimante et une buse donnée. Plus petite sera la hauteur de couche, plus les détails de l'objet seront reproduits finement.

Typiquement, on définit la hauteur de couche autour de 0,2mm à 0,3mm. Vous pouvez descendre à 0,1mm si vous avez besoin d'une très bonne définition et monter jusqu'à 0,4mm si la définition n'a pas d'importance. Naturellement, plus l'épaisseur de couche est faible, plus longue est l'impression.

## Le taux de remplissage *(infill)*

Un objet imprimé avec la technologie FDM n'est pas plein en son centre : cela prendrait énormément de temps à imprimer. Il est en fait constitué d'une coque externe et d'une ou plusieurs coques internes, et d'un maillage plus ou moins dense. C'est à la densité de ce maillage que renvoie la notion de taux de remplissage.

**Quel taux de remplissage choisir ?** Cela dépend de la solidité et de la densité que l'on cherche à obtenir, typiquement 10% pour un objet décoratif, 20 à 30% pour une pièce qui va subir des contraintes mécaniques, 50 à 60% en cas de très fortes contraintes. Bien sûr, plus le remplissage est important, plus la durée de l'impression et la quantité de matière augmentent. Pour les filaments flexibles, le remplissage influe aussi sur la flexibilité de la pièce.

## Le motif de remplissage

On choisit généralement un motif de remplissage de type "lignes" ou "grille" - un quadrillage. Mais selon les besoins, typiquement pour des questions mécaniques, il est possible de se tourner vers d'autres motifs de remplissages. Les plus classiques sont :

- lignes : un quadrillage alternant une couche sur deux dans une direction. Ce remplissage consomme peu de matière et est adapté pour les impressions rapides. Il améliore la résistance dans deux directions

- grille : un quadrillage imprimant dans les deux directions à chaque couche. Consomme un peu plus de matière, améliore la résistance dans deux directions.
- nid d'abeilles : maillage hexagonal ressemblant à des alvéoles de ruche. Bon compromis pour les pièces nécessitant une certaine solidité.
- concentrique : tracé concentrique relativement au périmètre de l'objet. Rapide et adapté aux éléments flexibles
- triangle : tracé triangulaire, renforce également la solidité en deux dimensions
- cubique : empilement de cubes inclinés de 45°, renforce la solidité dans les trois dimensions
- gyroïde : compromis entre la solidité 3D et la consommation de matière et de temps
- dans ideamaker vous trouverez également le remplissage "rectiligne" qui est une variante du remplissage "lignes" connectant les extrémités des lignes entre elles

### Le nombre de coques (shells)

Les coques sont les enveloppes extérieures de l'objet. Dans un slicer, on peut définir leur nombre. Pour une couche donnée, disons que le périmètre externe représente la première coque, alors si on indique au slicer qu'on souhaite deux coques, cela signifie que l'imprimante va réaliser deux lignes concentriques de périmètre. Plus on augmente ce nombre, et plus l'enveloppe de notre objet va être épaisse.

Le paramètre par défaut est généralement à deux coques, une coque externe et une coque interne. Si l'on souhaite augmenter ce nombre, par exemple pour améliorer la solidité de l'objet, il faudra néanmoins garder en tête que cela peut affecter le design de l'objet dans certains cas. Visualisez les différentes couches dans le slicer pour vérifier que votre design n'est pas altéré. Naturellement, un plus grand nombre de coques influe aussi sur la durée d'impression et la quantité de matière consommée.

### L'aide à l'adhérence

Le slicer donne la possibilité de générer trois types d'aides à l'adhérence, qui vont être imprimés en amont du modèle lui-même.

- **La jupe, ou skirt**

Elle est souvent catégorisée dans les aides à l'adhérence, bien qu'elle ne joue pas à proprement parler sur l'adhérence du modèle avec le plateau. Une jupe est **un périmètre qui entoure la pièce** mais sans la toucher, et qui n'a qu'**une seule couche d'épaisseur**. Par défaut elle n'a qu'une ligne de largeur, mais il est possible d'augmenter ce nombre de passage pour avoir une jupe plus large. On peut également régler la distance de la jupe à la pièce.

Imprimer une jupe consomme très peu de matière et de temps comparé aux autres catégories d'aides à l'adhérence, mais se révèle très utile pour identifier dès le début de l'impression s'il y a un problème d'horizontalité du plateau ou de qualité de l'extrusion du filament. Par ailleurs, cela donne une bonne idée des dimensions de la pièce. Elle est donc recommandée pour toute pièce ne présentant a priori pas de difficultés d'adhérence.

image-1661421908121.png



- **La bordure**, ou **brim**

La bordure est aussi en une seule couche d'épaisseur, mais en revanche elle est **en contact avec la pièce**. Elle est aussi **plus large** en général que la bordure, typiquement autour de 5 lignes (mais ce paramètre est réglable dans le slicer). En augmentant la surface de contact entre la pièce et le plateau, elle renforce donc son adhérence, tout en utilisant relativement peu de matière puisqu'elle est en une seule couche. C'est pourquoi elle est recommandée lorsqu'une pièce peut présenter des difficultés à adhérer, par exemple des pièces avec très peu de surface de contact, ou encore des pièces qui présentent des risques de warping (cf plus bas).

Néanmoins, bien qu'elle soit relativement simple à retirer une fois la pièce imprimée, il faudra probablement utiliser un cutter pour retirer tous les restes de bordure et avoir des finitions satisfaisantes. Elle n'est ainsi pas recommandée si les dimensions du bas de la pièce doivent être très précises. Comme la jupe, elle aide aussi à voir rapidement les problèmes d'extrusion et de niveau du plateau.

[image-1661421941208.png](#)

*Bordure en violet, capture d'écran ideaMaker*

- **Le radeau**, ou **raft**

C'est la méthode qui offre la plus grande adhérence mais aussi qui consomme le plus de matière et de temps. En effet, un radeau est constitué de plusieurs couches d'épaisseur, sur lesquelles est imprimé le modèle. Comme pour la bordure, le radeau est plus large que le modèle afin d'offrir une meilleure adhérence.

Comme cette méthode génère beaucoup de gaspillage, on la réserve à des cas où le risque de décollement est très élevé, par exemple avec une pièce en ABS rectangulaire qui aurait de grandes chances de subir un warping. Le radeau présente un autre avantage par rapport à la bordure, qui est qu'il se retire très facilement, sans nécessiter du cutter pour les finitions. Cependant, il laisse une surface du dessous moins propre qu'avec une bordure.

[image-1661422014542.png](#)

*Radeau en jaune, capture d'écran ideaMaker*

## **La présence de supports**

La notion de supports qui a été introduite dans la [page précédente](#) est un sujet capital en impression FDM. Pour rappel, une des difficultés est qu'il n'est pas possible d'imprimer du filament dans le vide, il doit toujours reposer sur une couche inférieure (ou directement sur le plateau en ce qui concerne la toute première couche). C'est pourquoi on a souvent besoin de générer des supports, qui vont servir de structures temporaires pour imprimer les couches qui ne peuvent reposer entièrement sur les couches précédentes. Une fois l'impression terminée, on les retirera à la main ou avec de petites pinces, avec plus ou moins de difficulté ! D'où la volonté d'éviter autant

que faire se peut d'avoir à générer des supports, tout simplement en orientant intelligemment sa pièce, ou en anticipant ce problème dans le design.

Heureusement pour nous, le slicer peut générer automatiquement de tels supports. Un paramètre important qu'on peut modifier pour jouer sur ces supports automatiques est l'angle de surplomb maximum. Cela désigne le fait que le slicer ne va générer des supports que pour les parties qui ont une inclinaison supérieure à cet angle limite. Par défaut il est à 45°, car c'est globalement là où les ennuis commencent.

Le slicer vous donne aussi la possibilité de choisir entre générer des supports pour toute inclinaison supérieure à cet angle (en bleu sur l'image de gauche ci-dessous), ou seulement celles qui concernent des zones directement en surplomb au dessus du plateau (image de droite).

image-1661421606228.png

image-1661421606206.png

Les slicers donnent également la possibilité d'ajouter des supports manuels et de modifier la largeur des colonnes.

## Les réglages plus fins

Enfin, comme dit précédemment, d'autres paramètres sont réglés par défaut selon le matériau à imprimer, vous n'aurez en général pas besoin de les modifier. Toutefois il est toujours bon de connaître ce qui rentre en jeu. Vous pourriez également avoir à les ajuster si vous utilisez des filaments un peu moins utilisés au Fablab ou plus capricieux.

### La température de l'extrudeur

Elle est à ajuster selon le matériau à imprimer, puisque tous n'ont pas la même température de transition vitreuse. Le fabricant fournit pour cela des fourchettes de température.

### La température du plateau

De façon similaire, tous les matériaux ne nécessitent pas de chauffer le plateau à la même température, certains peuvent même s'imprimer sur des plateaux non-chauffants. Pour certains filaments comme l'ABS, il est indispensable de chauffer le plateau pour éviter que le filament se refroidisse trop vite et que la pièce subisse du warping (cf plus bas).

### Les paramètres de rétraction

La rétraction est le fait que le filament soit tiré dans l'extrudeur aux moments où il n'est pas en train d'imprimer. Si la rétraction est désactivée, le filament peut continuer à couler à des moments non souhaités et causer du "stringing". C'est pourquoi elle est activée de façon générale, sauf pour certaines matières comme le TPU. On peut en régler des paramètres comme la longueur de filament rétractée, la vitesse de rétraction, ou encore la distance minimale entre deux rétractions.

### La ventilation

La tête d'impression est parfois équipée de ventilateurs, dont la puissance peut être ajustée. Ces ventilateurs peuvent jouer un rôle multiple, qui est à la fois de refroidir certaines parties de l'extrudeur (la partie haute) et de refroidir la pièce en train d'être imprimée. Encore une fois, ce

refroidissement est tantôt crucial (pour le PLA) tantôt à proscrire (ABS).

### La vitesse d'impression

Parmi les dizaines d'autres réglages possibles, citons enfin la vitesse d'impression. Si vous utilisez les préréglages, vous constaterez probablement que les aides à l'adhérence ou les premières couches de la pièce s'impriment plus lentement que les couches supérieures. Cela va globalement aider à assurer une bonne adhérence et des premières couches fiables. C'est un paramètre qui peut s'ajuster, comme le nombre de couches concernées par cette faible vitesse d'impression. Encore une fois, certains matériaux ont besoin d'être imprimés particulièrement lentement, comme le TPU.

## Derniers conseils avant d'exporter votre gcode

### Tenir compte du rétrécissement

Les pièces imprimées avec cette technologie ne reproduisent pas avec une fidélité absolue ce que vous avez pu observer dans le slicer, en particulier elles sont sujettes à un léger rétrécissement (*shrinkage*). Cela peut par exemple être problématique quand vous avez des trous dans votre pièce pour insérer des vis ou emboîter d'autres pièces : leurs dimensions ont tendance à être plus faibles.

Cela est dû aux variations de température : lorsque le plastique fondu refroidit, il se rétracte. C'est donc un phénomène qui est plus marqué sur les plastiques qui sont portés à une plus haute température. Ainsi les pièces imprimées en ABS rétrécissent en moyenne plus que les pièces imprimées en PLA.

Il faut donc anticiper ce rétrécissement et prévoir une certaine tolérance au niveau des assemblages. D'où l'importance d'imprimer d'abord une ou deux pièces pour voir si tout fonctionne avant de lancer dans 10 pièces en même temps !

Voir aussi le chapitre suivant: [L'impression FDM: Calibration](#)

### Se méfier du warping

Un autre effet des variations de températures est le warping : lorsque les couches inférieures commencent à refroidir, elles se rétractent jusqu'à parfois se décoller du plateau. Comme le rétrécissement abordé précédemment, les plastiques qui doivent être amenés à plus haute température sont plus sensibles au warping, comme l'ABS.

Par ailleurs le warping est plus susceptible d'advenir si la couche inférieure est très étendue. Plusieurs astuces permettent de réduire les chances de warping (augmentation de la température du plateau, réduction du refroidissement par les ventilateurs, ajout d'une bordure pour renforcer l'adhérence, positionnement de petits disques "oreilles de souris" aux coins de la pièce...). Malheureusement, le warping peut tout à fait survenir vers la fin de l'impression alors que tout

s'est bien déroulé sur les premières couches...

### **Un bon réflexe peut être d'ajouter une jupe à votre impression**

Cette sorte de périmètre externe en une seule couche vous permet à la fois de mieux vous rendre compte des dimensions de votre impression et de voir dès le début s'il y a des problèmes d'horizontalité du plateau et d'extrusion du filament.

## Ultimes conseils au lancement d'une impression

Vérifiez les dimensions, plusieurs fois

Vérifiez qu'il y a assez de filament dans la bobine

Vérifiez que la durée et la quantité de matière indiquées par le slicer sont cohérentes avec celles qui s'affichent sur l'écran de l'imprimante

Vérifiez que le plateau est propre

**Surveillez toujours les premières couches**

Conseil classique mais incontournable : toujours surveiller les premières couches. Beaucoup de problèmes peuvent en effet être identifiés dès ce moment là (par exemple les problèmes de calibration du niveau du plateau, les soucis d'extrusion...). Prévoyez-donc ce temps-là quand vous venez au Fablab pour une impression !

## Et pour finir...

Remplissez le journal des impressions pour assurer une continuité dans la maintenance et le diagnostic des machines

Soyez délicats avec les spatules quand vous retirez votre impression : ne pas orienter le tranchant vers le revêtement !

Laissez le plateau propre quand vous avez fini d'utiliser la machine

Auteure: Clara Devanz, sur le [wiki](#) du FabLab de Sorbonne Université

Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

# L'impression FDM:

## Calibration des imprimantes 3d

Pour évaluer la précision des imprimantes 3d, des éprouvettes ont été imprimées, puis les dimensions mesurées et comparées à celle du modèle. Cela a été fait avec 2 matériaux: PLA et ABS, avec et sans radeau. Deux éprouvettes ont été utilisées: une appelée *éprouvette*, permettant des mesures dans les 3 dimensions:

[éprouvette.png](#)

et une appelée *éprouvette-ronde*, pour éliminer de potentiels effets locaux aux angles:

[éprouvette-ronde.png](#)

## Paramètres affectant les dimensions

On suppose que les différences de dimensions entre l'objet imprimé et le modèle sont liées à 2 phénomènes:

- une différence entre l'épaisseur théorique du filament déposé (0,4mm en x-y), et son épaisseur réelle. Nous appellerons cette différence **E<sub>xy</sub>** et **E<sub>z</sub>** (ce n'est pas la même horizontalement et verticalement). Elle est indépendante de la taille, et affecte chaque bord dans le plan horizontal (elle augmente ou diminue une dimension selon que l'on mesure l'extérieur ou l'intérieur d'une pièce)

[éprouvette-exy.svg](#)

- On suppose que verticalement elle n'affecte que la première couche.
- La contraction (ou retrait) du matériau lors de son refroidissement. Elle est proportionnelle à la taille, nous appellerons **R** le facteur de retrait (qui est le même dans les 3 dimensions).

[éprouvette-r.svg](#)

Dans le plan horizontal Une dimension extérieure réelle sera donc:  $L \cdot R + 2 \cdot E_{xy}$ , une dimension intérieure  $l \cdot R - 2 \cdot E_{xy}$ . Si on appelle  $L_m$  et  $l_m$  les dimensions mesurées sur l'éprouvette, on a:

$$L_m = L \cdot R + 2 \cdot E_{xy} \text{ et } l_m = l \cdot R - 2 \cdot E_{xy}$$

$$\text{Ce qui donne: } R = (l_m + L_m) / (l + L)$$

$$E_{xy} = (L_m - L \cdot R) / 2 \text{ ou } E_{xy} = (l \cdot R - l_m) / 2$$

Pour tenir compte des erreurs de mesure nous utiliserons (moyenne des deux  $E_{xy}$  précédents):  $E_{xy} = (L_m - l_m + (l - L) \cdot R) / 4$

Sur l'axe Z nous n'avons pas de mesures intérieures, mais 2 mesures extérieures. Nous avons donc  $H_{m1} = H_1 \cdot R + E_z$  et  $H_{m2} = H_2 \cdot R + E_z$ ; ce qui donne, en théorie

$$R = (H_{m2} - H_{m1}) / (H_2 - H_1), \text{ et } E_z = (H_{m1} + H_{m2} - (H_1 + H_2) \cdot R) / 2$$

Mais pour les calculs, nous utiliseront uniquement  $E_z = (H_{m1} + H_{m2} - (H_1 + H_2) \cdot R) / 2$ , avec le R calculé dans le plan horizontal qui semble plus précis.

## Résultats

L'ensemble des fichiers (modèles openscad et STL, paramètres d'impression, gcode, dessins et feuilles de calcul) sont ici: <https://gitlab.sorbonne-universite.fr/fablabsu/projets-fablab-publiques/eprouvettes-imprimantes-3d>

Après une série d'impression les éprouvettes rondes se sont avérées difficile à mesurer, et ne montrent pas de résultats différents par rapport au modèle rectangulaire.

Une deuxième série d'impression ont été faites pour les modèles rectangulaires sur les mêmes imprimantes, et une troisième série en PLA sur une imprimante différente, pour étudier la variabilité des tolérances. L'ensemble des mesures et calculs sont dans le fichier calculs.ods de l'archive. Le tableau mesure donne les valeurs min/max mesurées pour chaque impression, ainsi que les calculs de moyenne et d'écart. Pour les mesures dans le plan horizontal, deux séries de mesures ont été réalisées, en bas (au plus près du plateau) et en haut.

[eprouvette-aa.svg](#) unknown

[mesures et calculs](#)

# impression PLA

Les dimensions mesurées sur les éprouvettes en PLA. Les dimensions du modèle sont en vert, la moyenne des mesures en orange avec l'écart.

## avec radeau:

[eprouvette-pla-radeau.svg](#)

[eprouvette-ronde-pla-radeau.svg](#)

Cela donne un R de 0,999 et Exy de l'ordre de 0,05, et un Ez de 0,2.

## Sans radeau:

[eprouvette-pla.svg](#)

[eprouvette-ronde-pla.svg](#)

Cela donne un R de 0,999 et Exy d'environ 0,1, et un Ez de 0. Les mesures de l'éprouvette ronde semblent fausses, en particulier les mesures intérieures.

# impression ABS

Les dimensions mesurées sur les éprouvettes en ABS. Les dimensions du modèle sont en vert, la moyenne des mesures en orange avec l'écart.

## avec radeau:

[eprouvette-abs-radeau.svg](#)

[eprouvette-ronde-abs-radeau.svg](#)

Cela donne un R autour de 0,995 et Exy autour de 0,1 et un Ez inférieur à 0,1.

## Sans radeau:

[eprouvette-abs.svg](#)

[eprouvette-ronde-abs.svg](#)

Cela donne un R autour de 0,995 et Exy autour de 0,2, nettement plus important en bas; et un Ez inférieur à 0,1. Les mesures de l'éprouvette ronde semblent fausses, en particulier la plus grande mesure extérieure.

# Conclusion



Comme attendu le facteur de retrait de l'ABS est plus important que pour le PLA (5% vs 1%). Dans ideamaker on peut prendre cela en compte avec la fonction scale, en indiquant un coefficient 1/R (donc par exemple 100,5% pour l'ABS).

Le Exy doit pouvoir être pris en compte dans ideamaker dans les paramètres du matériaux, onglet «Layer», «Dimensional Compensation». Cela reste à tester.

La présence du radeau augmente significativement la précision de l'impression dans le plan horizontal, surtout pour l'ABS ou les écarts entre haut et bas sont de l'ordre de 0,5mm. Dans le plan vertical le radeau permet également d'atténuer fortement les écarts entre différentes parties de la pièce (probablement dues à des défauts de planéité du plateau).

Source : [wiki du FabLab de Sorbonne SU](#)

Licence ?

# Préparation et lancement d'une impression

Pour les utiliser il vous faudra :

- **Un modèle 3D au format STL ou OBJ**
- **Une clé USB**
- **Une bobine de filament de diamètre 1.75mm** (s'adresser à un.e médiateur.ice pour l'achat de filament)
- **Le logiciel IdeaMaker** (installé sur l'ordinateur de la salle d'impression)

Au Fablab nous utilisons très majoritairement des filaments de PLA (acide polylactique), un polymère biosourcé et biodégradable en conditions industrielles, et qui est aussi l'une des matières plastiques les plus faciles à imprimer. Si vous souhaitez utiliser un autre filament, il vous faudra sans doute prévoir quelques essais de réglages avant d'imprimer vos pièces finales. L'ABS doit être imprimé uniquement sur l'imprimante dédiée et close. Pour tout filament exotique, merci de vous adresser à un.e fabmanager !

A noter que vous devez **prévoir de la marge** entre les dimensions de votre objet et les dimensions maximales d'impression dans la mesure du possible. En effet, un objet présentant une grande surface peut présenter davantage de défis pour obtenir une impression correcte.

## Préparation sur le logiciel IdeaMaker

IdeaMaker est le logiciel de tranchage (le slicer) développé par Raise 3D. Bien qu'il soit un logiciel propriétaire, vous pouvez le télécharger gratuitement sur votre propre ordinateur afin de gagner du temps et de préparer tranquillement votre impression.

**>> télécharger IdeaMaker <<**

Pour rappel, c'est grâce à ce logiciel de tranchage que vous allez pouvoir spécifier les paramètres d'impression et générer les informations dont la machine a besoin pour imprimer votre modèle, informations contenues dans un fichier **.gcode**.

Voici les étapes à suivre :

**1.** Lancez le logiciel IdeaMaker et cliquer sur l'icône "Ajouter" pour charger le modèle.

**2.** Utilisez l'outil "Rotation" du menu supérieur pour tourner le modèle dans une **position optimale**. Une bonne position pour imprimer est celle qui permet d'éviter un maximum l'utilisation de supports. Pour cela, les angles formés par les parois du modèle ne doivent pas excéder 45°. Il faut aussi éviter les géométries qui se retrouvent au-dessus du plateau sans aucune attache.

L'orientation va aussi avoir un rôle important si l'objet est amené à subir des contraintes mécaniques, puisque l'objet sera plus fragile dans le sens de formation des couches.

**3.** Utilisez l'outil de mise à l'échelle pour ajuster la taille du modèle. On rappelle que le volume d'impression de la Raise 3D est de 305x305x300mm, bien qu'il faille autant que faire se peut éviter d'atteindre ces dimensions limites.

**4.** Cliquez sur la pièce. Vérifiez dans la fenêtre "information modèle" que l'**extrudeur de gauche** est bien sélectionné (c'est celui qu'on utilise par défaut lorsqu'on n'a pas à faire de double extrusion)

[image-1661437424893.png](#)

**5.** Allez dans la fenêtre "Préparer tranchage". Vérifiez que l'**imprimante** Raise3D Pro2 est sélectionnée, puis que **le matériau de l'extrudeur de gauche** est bien celui que vous souhaitez imprimer. Ainsi pour le PLA il faut bien sélectionner les préréglages [Raise3D] PLA 1.75mm (n templates).

[image-1661437442879.png](#)

**6.** Il est conseillé de sélectionner comme **profil** un des "templates" de préréglage, entre *Standard qualité*, *Haute qualité* et *Ultra haute qualité* (éviter *Rapide qualité*). En sélectionnant le profil, vous allez avoir un certain nombre de préréglages, certains cachés dans l'arrière-boutique (comme les vitesses et températures d'impression) et d'autres explicités juste en dessous dans la même fenêtre. Dans la majorité des cas il vous suffira de vérifier / ajuster ces paramètres.

**Hauteur de couche** : à choisir préféablement entre 0.1 et 0.3mm. Plus la hauteur est faible, plus l'impression sera longue, mais meilleure sera la résolution, et les stries des couches seront moins visibles. Voir la page "[Paramètres à prendre en compte](#)".

**Coques** : laisser à 2 sauf besoin particulier. Voir la page "[Paramètres à prendre en compte](#)".

**Densité de remplissage** : Un des principaux facteurs déterminant la solidité de l'objet. Ordres de grandeur : 10-15% pour un objet purement esthétique et jusqu'à 40-50% pour une pièce mécanique. Voir la page "[Paramètres à prendre en compte](#)".

Le motif de remplissage joue aussi sur la solidité et notamment sur la solidité selon les dimensions. Pour modifier le motif de remplissage, il faut rentrer dans les paramètres plus complets, en cliquant sur l'engrenage sur la ligne Profil. Pour vous y retrouver dans les fenêtres de paramètres d'ideaMaker, consultez le [chapitre dédié](#).

**Support** : à éviter si possible en choisissant la bonne orientation (cf plus haut). S'ils sont nécessaires, vous pouvez choisir si vous souhaitez que les supports soutiennent seulement les parties en surplomb direct du plateau ou toutes les parties plus inclinées que l'angle limite (Voir la page "[Paramètres à prendre en compte](#)"). Si vous souhaitez modifier la valeur de l'angle limite (par défaut à 45°), il vous faut rentrer dans les paramètres plus complets en cliquant sur l'engrenage sur la ligne Profil.

**Aide à l'adhérence** : C'est toujours une bonne idée de choisir "Jupe" : cela est peu coûteux en matériau et en durée et permet d'identifier rapidement s'il y a des soucis de calibration du plateau ou d'extrusion. Si votre pièce a une faible contact avec le plateau ou qu'elle a des chances de se décoller (par exemple impression en ABS, risques de warping...), il peut être pertinent d'ajouter une bordure voire un radeau. Les nuances sont expliquées ici sur la fameuse page "[Paramètres à prendre en compte](#)"

**7.** Il existe plein de façons d'affiner les réglages, cela est même parfois nécessaire, par exemple quand on utilise un filament un peu exotique ou capricieux, ou pour modifier le motif de remplissage, l'angle limite des supports, les paramètres des premières et dernières couches... Pour aller plus loin dans les arcanes d'ideaMaker, [rdv au chapitre dédié](#) dans le livre Logiciels.

**8.** Lancez le tranchage en cliquant sur le **bouton "Slice" !!**

**9. Vérifiez systématiquement l'aperçu** pour voir si tout est généré correctement (en particulier densité de remplissage, supports). Pour cela, parcourez les couches en glissant le curseur de la ligne "Couches" dans la fenêtre en bas de l'aperçu. Si vous n'avez pas l'habitude d'utiliser ces machines, **n'hésitez pas à demander l'avis d'un.e médiateur.ice !**



**Notez bien la durée et la quantité de matière** (sur un mémo ou directement dans le [journal des impressions](#)). Ils apparaissent dans l'aperçu dans une fenêtre en haut à gauche de l'aperçu.



**10.** Si tout est bon, vous pouvez fermer l'aperçu, relancer le slice et **exporter** le fichier d'impression sur une clé USB (au format .gcode).

## Lancement de l'impression

**11.** Demandez à un.e médiateur.ice quelle imprimante est disponible. Si vous utilisez la bobine de filament déjà chargée, vérifiez que la couleur vous convient et **qu'il reste suffisamment de filament** pour imprimer votre pièce.

Si vous devez changer la bobine pour mettre votre propre filament, adressez-vous à un.e médiateur.ice, mettez un post-it avec votre nom sur la bobine, et n'oubliez pas de reprendre votre bobine la fois suivante !

- 12.** Insérez votre clé USB dans la machine (côté droit), puis sélectionnez votre fichier .gcode à l'aide de l'écran tactile, en allant dans Print > Files > ...
- 13.** L'écran vous affiche un résumé de l'impression : **vérifiez** que les informations sont cohérentes avec l'aperçu que vous aviez depuis IdeaMaker (en particulier durée et quantité de matière). Si tout est bon, vous pouvez lancer l'impression.
- 14.** Surveillez que tout se déroule bien pendant les premières couches (prévoir 15 minutes).
- 15.** Profitez de ces quelques minutes pour remplir le **journal des impressions** en indiquant la quantité de matière et la durée de votre impression, le numéro de l'imprimante et le matériau.
- 16.** Si tout vous semble bien, vous pouvez reprendre votre clé USB et revenir chercher votre impression lorsqu'elle sera terminée ! Cependant, gardez bien à l'esprit que des problèmes sont susceptibles de survenir tout au long de l'impression même lorsque les premières couches ont bien fonctionné : plus vous vérifierez régulièrement que tout va bien, moins vous risquez de perdre de temps et de matière.
- 17.** Une fois l'impression terminée, vous allez devoir la retirer du plateau délicatement à l'aide d'une spatule. Ne pas orienter le tranchant de la spatule vers le plateau, cela endommagerait le revêtement ! Si vous êtes en difficulté, n'hésitez pas à vous adresser à un.e médiateur.ice. Ne retirez pas le plateau sans avoir consulté un.e fabmanager, car cela entraînerait une opération de recalibration supplémentaire après votre passage !
- 18.** N'oubliez pas de compléter le **journal des impressions** en indiquant si l'impression a été un succès (si non, précisez les problèmes rencontrés et idéalement parlez-en à un.e médiateur.ice) et postez en dessous une photo de votre réalisation !

**Merci !**

Source : adapté de [wiki du FabLab de Sorbonne SU](#)

Licence ?

# BambuLab X1C

## Particularités dues aux systèmes propriétaires

Bobines compatibles

<https://www.lesimprimantes3d.fr/forum/topic/51322-les-filaments-pour-les-bambu-matrice-de-compatibilit%C3%A9-ams-fabricants/>