

## *CAO pour l'impression 3D*

### Préparation d'une impression 3D

Kévin Hoarau - Septembre 2023

## *Entretien de l'imprimante*

# Changement du filament

Il existe généralement une option sur l'interface de l'imprimante permettant de lancer une procédure de changement de filament. Cela déclenche généralement la commande G-code `M600`.

Cependant, il est parfois plus simple de faire le changement manuellement, la procédure à suivre est alors :

1. Chauffer la tête d'impression (200° C pour le PLA)
2. Couper le bout du filament à insérer en biais
3. Détendre le mécanisme de serrage de l'extrudeur pour y insérer le filament
4. Insérer le filament jusqu'à que la nouvelle couleur soit bien nette en sortie de buse

# Nivellement du plateau

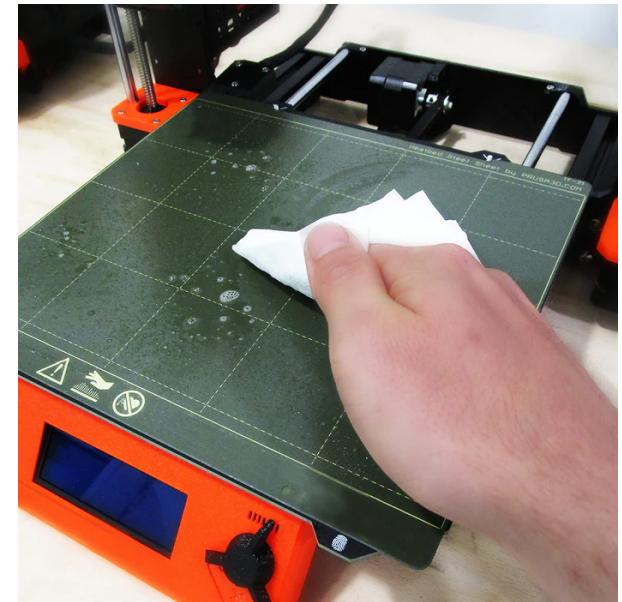
- Le nivelllement du plateau est probablement le critère le plus important pour la réussite d'une impression.
- Il doit toujours être fait à chaud, car le plateau se déforme sous l'effet de la chaleur.
- Pour la majorité des imprimantes le nivelllement doit être fait à la main en ajustant des écrous aux quatre coins du plateau.
- L'espace entre le plateau et la tête d'impression doit être de l'épaisseur d'une feuille de papier.



"3D Printing Essentials: How to Perfectly Level your Bed", MatterHackers

# Nettoyage du plateau

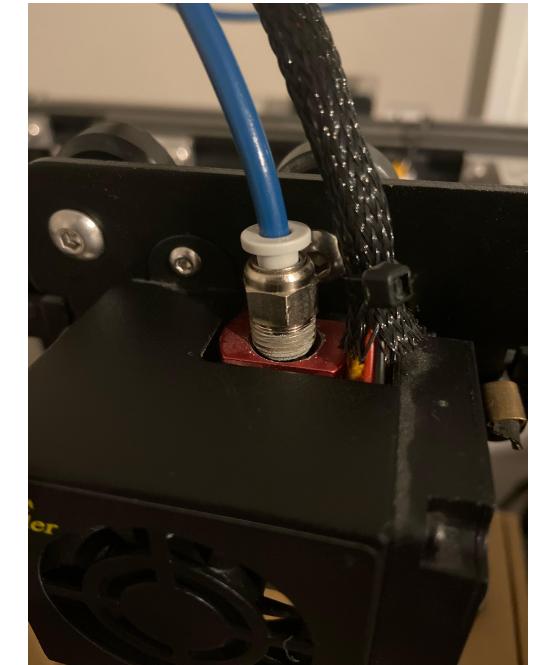
- Pour garantir une bonne adhérence des impressions, il est important d'avoir un plateau propre
- En fonction du revêtement, la manière de nettoyer un plateau peut changer
- Généralement, un nettoyage à l'eau savonneuse ou à l'IPA donnent de bons résultats



*filimprimante3d.fr*

# Problème fréquent avec les extrudeurs Bowden

- Il arrive souvent avec les imprimantes de type Bowden que le filament casse entre l'extrudeur et la tête d'impression
- Cela rend alors impossible le changement du filament et détériore les impressions (pas de rétractation)
- Pour résoudre ce problème il faut tout d'abord chauffer la tête d'impression puis dévisser le raccord pneufit afin de récupérer le filament cassé
- Vous pouvez utiliser un bout de filament pour pousser les morceaux hors du tube PTFE



# Quelques mots sur la sécurité

- Ne pas laisse une imprimante sans surveillance. A minima, on utilisera une caméra IP avec la possibilité d'interrompre l'impression à distance.
- Toujours surveiller la première couche ! Si la première couche n'adhère pas bien alors vous pouvez interrompre de suite l'impression.
- Attention avec la spatule, elle est très coupante.
- Evidemment ne pas toucher la buse avec les doigts. On utilise une pince à épiler pour retirer les filaments accrochés.

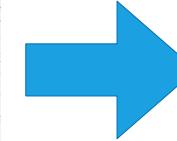
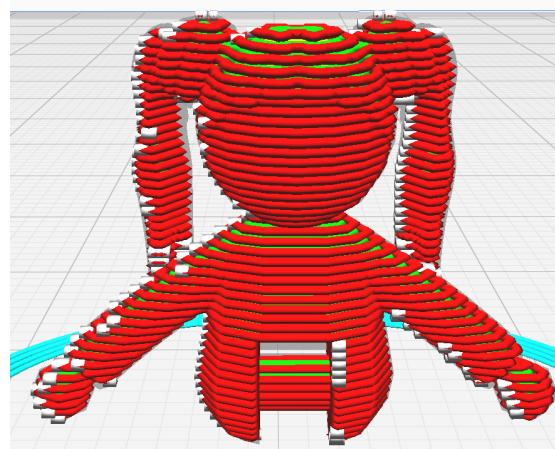
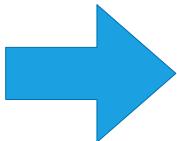
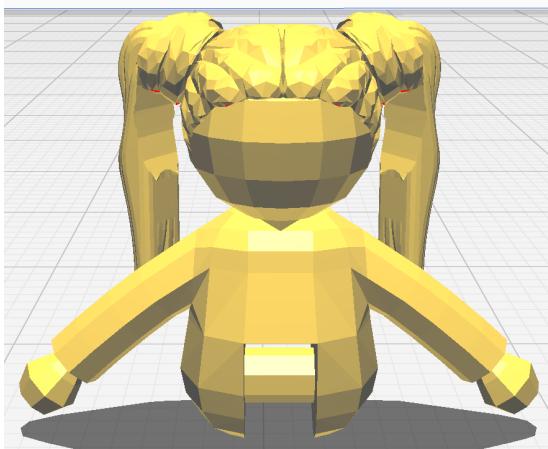


*Ne jamais placer sa main devant la spatule !*

## *Paramétrage de l'impression dans un Slicer*

# Le slicer

- L'utilisation d'un *slicer* est une étape indispensable d'un processus d'impression 3D.
- Ce logiciel a pour rôle de transformer un objet 3D, généralement au format STL, en une suite d'instructions compréhensibles par une imprimante 3D (G-code).
- Une étape intermédiaire est le tranchage de l'objet en plusieurs couches de hauteur fixe, d'où le terme *slicer*.



```
;Generated with Cura_SteamEngine 5.2.1
M140 S30
M105
M190 S30
M104 S205
M105
M109 S205
M82 ;absolute extrusion mode
M201 X500.00 Y500.00 Z100.00 E5000.00 ;Setup machine max acceleration
M203 X500.00 Y500.00 Z10.00 E50.00 ;Setup machine max feedrate
M204 P500.00 R1000.00 T500.00 ;Setup Print/Retract/Travel acceleration
M205 X8.00 Y8.00 Z0.40 E5.00 ;Setup Jerk
M220 S100 ;Reset Feedrate
M221 S100 ;Reset Flowrate

G28 ;Home

G92 E0 ;Reset Extruder
G1 Z2.0 F3000 ;Move Z Axis up
G1 X10.1 Y20 Z0.28 F5000.0 ;Move to start position
G1 X10.1 Y200.0 Z0.28 F1500.0 E15 ;Draw the first line
G1 X10.4 Y200.0 Z0.28 F5000.0 ;Move to side a little
G1 X10.4 Y20 Z0.28 F1500.0 E30 ;Draw the second line
G92 E0 ;Reset Extruder
G1 Z2.0 F3000 ;Move Z Axis up
```

## Un mot sur le G-code

- Le G-code est un langage de programmation très largement utilisé par les machines-outil à commande numérique ou CNC (*computer numerical control*).
- Les imprimantes 3D tout comme de nombreuses graveuses/découpeuses laser ou fraiseuses numériques sont pilotées par des commandes G-code.
- Il est possible de lire et/ou modifier le G-code produit par le slicer à l'aide d'un éditeur de texte.
- Par exemple, vous pouvez manuellement rajouter la commande `M600` à partir d'une certaine couche afin de changer de couleur de filament.

# Quel slicer choisir ?

- Il existe un grand choix de slicer, certains sont open-source, d'autres sont propriétaires mais gratuit et certains sont payants.
- La plupart des slicers offrent des fonctionnalités et paramétrages de base similaires
- Votre choix doit donc se faire en fonction de vos critères financiers, ergonomique, fonctionnalités avancées, etc
- Dans ce cours, j'utiliserai UltiMaker Cura qui est open source.

# Comment paramétriser son impression 3D ?

- Il existe un grand nombre de paramètres qui peuvent être ajustés en fonction de la pièce à imprimer.
- Les slicers modernes proposent pour la plupart des paramètres de bases pour bon nombre de modèles d'imprimantes.
- On recommande généralement, de partir des paramètres de bases proposés par le slicer et d'ajuster certains entre-eux en fonction de l'impression à produire ou du résultat obtenu sur l'impression.

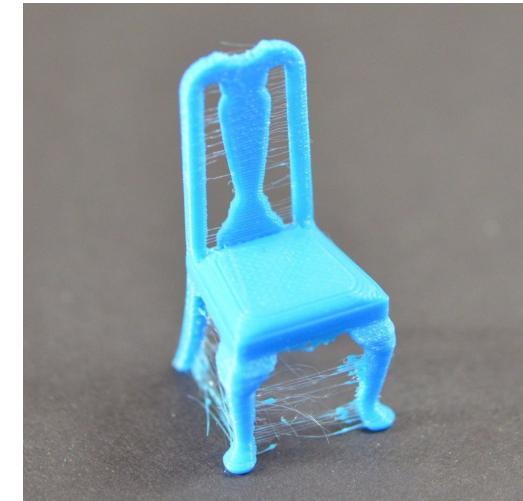
Quality	
Layer Height	0.28 mm
Initial Layer Height	0.2 mm
Line Width	0.4 mm
Wall Line Width	0.4 mm
Outer Wall Line Width	0.4 mm
Inner Wall(s) Line Width	0.4 mm
Top/Bottom Line Width	0.4 mm
Infill Line Width	0.4 mm
Skirt/Brim Line Width	0.4 mm
Initial Layer Line Width	100.0 %
Walls	
Wall Thickness	0.8 mm
Wall Line Count	2
Wall Transition Length	0.4 mm
Wall Distribution Count	1
Wall Transitioning Threshold Angle	10.0 °
Wall Transitioning Filter Margin	0.1 mm
Outer Wall Wipe Distance	0.0 mm

*Extrait des paramètres d'impression dans Cura*

## *Paramètres importants*

# Températures

- Ces paramètres sont à définir en fonction du matériau utilisé
- Par exemple, pour le PLA la température de la tête d'impression devrait être configuré autour de 200°C et celui du plateau aux alentours de 60°C.
- On peut légèrement augmenter la température de la tête en cas de sous extrusion ou la baisser si on observe beaucoup de *stringing*



*Exemple de stringing*  
*simplify3d.com*

# Hauteur de couche

- Ce paramètre définit la hauteur des couches générées par le slicer.
- La valeur par défaut est généralement 0.2mm.
- On peut baisser cette valeur si la pièce comporte des détails très fins ou l'augmenter pour réduire le temps d'impression.
- Elle doit être choisie de manière à être proportionnel aux nombres de pas du moteur. Par exemple, pour une imprimante Creality : 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28

## Optimal layer height for your Z axis

Helps you to select layer height in a way, that Z axis moves only by full step increments. Z axis isn't usually enabled during inactivity. If the axis is disabled during micro-step, axis jumps to the closest full step and introduce error. This effect is occurring to some extent even while leaving the Z axis motors enabled. This is most useful to machines with imperial leadscrews but also for unusual layer heights with metric leadscrews.

Layer height	Error over 10cm	Number of steps	Step length
0.16	0mm	4	0.04mm
0.2	0mm	5	0.04mm
0.24	0mm	6	0.04mm

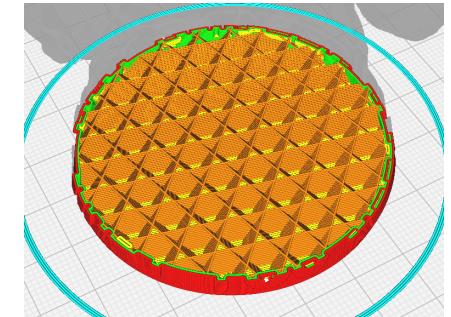
Calculateur Prusa Research

# Remplissage

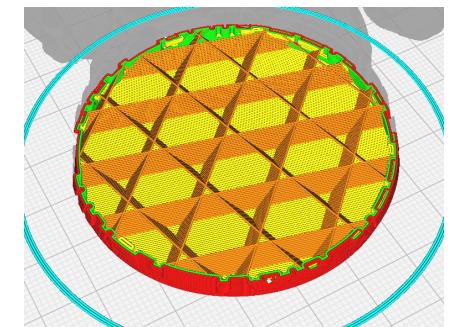
Pour économiser du plastique, on laisse souvent beaucoup de vide dans le remplissage d'une impression.

Deux paramètres sont à considérer :

- Le motif de remplissage définit la forme du remplissage. On optera généralement pour un motif tri-dimensionnel (cubique, gyroïde, etc) pour ces meilleures propriétés mécaniques
- Le pourcentage de remplissage est généralement choisi entre 10% et 20%. Cependant, il peut être augmenté pour obtenir une pièce plus solide.



Cubique à 20%



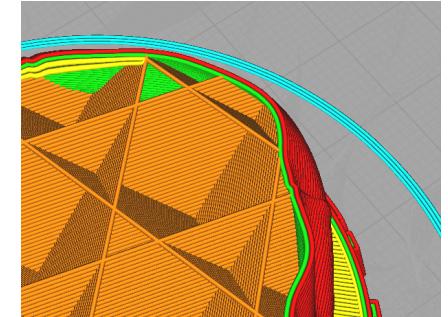
Cubique à 10%

# Epaisseur de la coque

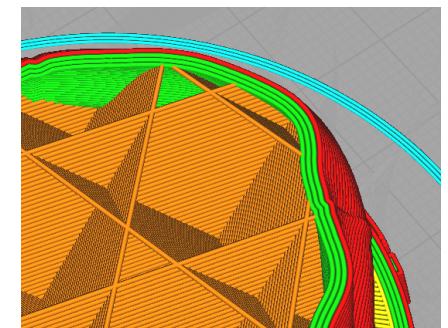
Il peut être utile d'épaissir la coque de la pièce afin de la rendre plus solide sans augmenter le remplissage.

Pour cela, les paramètres à modifier sont :

- Le nombre de parois
- Le nombre de couches supérieures et inférieures



2 parois



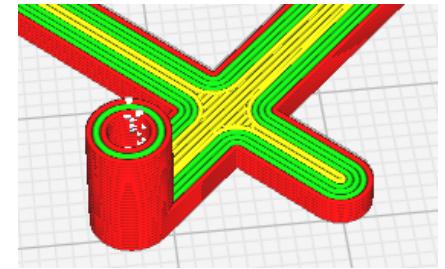
4 parois

# Adhésion au plateau

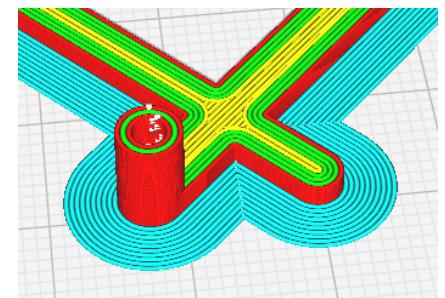
Pour certaines pièces ou certains matériaux, il peut être utile d'augmenter la surface de contact avec le plateau.

Deux paramètres peuvent être utilisés :

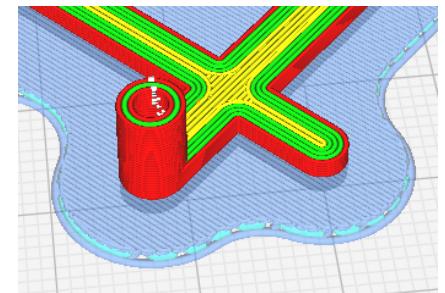
- L'utilisation d'une bordure permet d'ajouter une surface d'adhérence autour de la pièce.
- Le radeau imprime plusieurs couches d'interface avant d'imprimer la pièce au-dessus de ces couches.



*Pièce d'origine*



*Bordure*



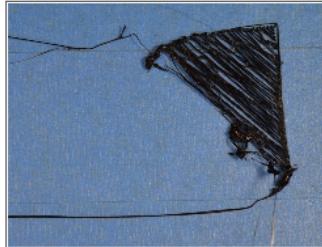
*Radeau*

# Comment améliorer la qualité des impressions ?



Not Extruding at Start of Print

Printer does not extrude plastic at the beginning of the print



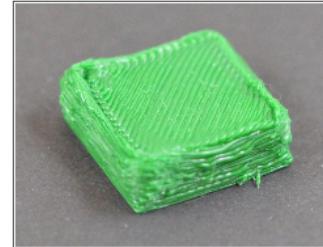
Not Sticking to the Bed

The first layer does not stick to the bed and the print quickly fails



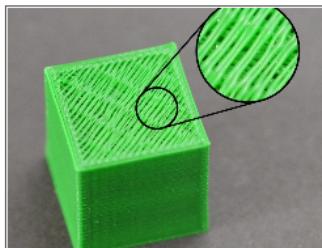
Under-Extrusion

Printer does not extrude enough plastic, gaps between perimeters and infill



Over-Extrusion

Printer extrudes too much plastic, prints looks very messy



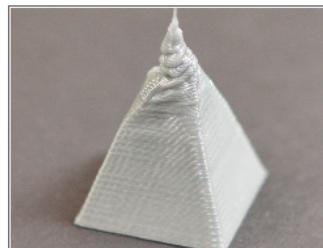
Gaps in Top Layers

Holes or gaps in the top layers of the print



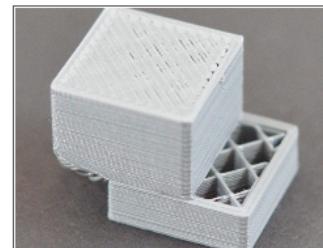
Stringing or Oozing

Lots of strings and hairs left behind when moving between different sections of the print



Overheating

Small features become overheated and deformed



Layer Shifting

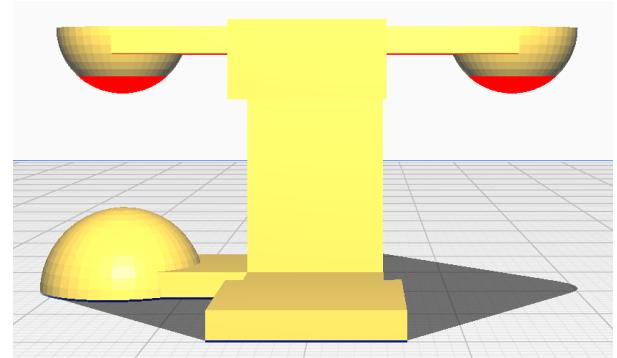
Layers are misaligned and shift relative to one another

<https://www.simplify3d.com/resources/print-quality-troubleshooting/>

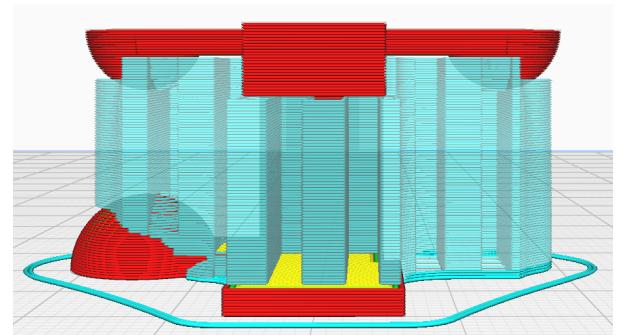
## *Les supports*

# Pourquoi mettre des supports

- Il n'est pas possible d'imprimer dans le vide.
- Pour éviter cela, il faut ajouter des supports.
- Tout les slicers permettent de le faire.
- Ils peuvent être générés automatiquement par le slicer.
- Certains slicers permettent également de placer les supports à la main.



*Les parties en rouges nécessite des supports*

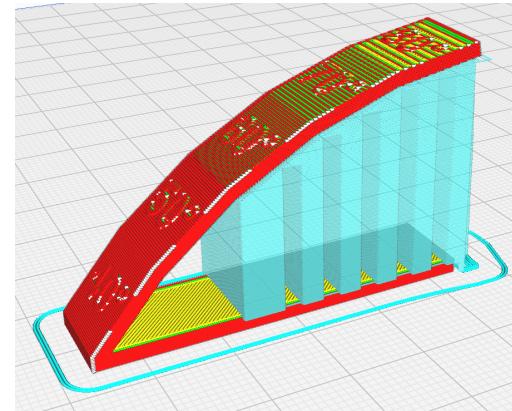


*Exemple avec support*

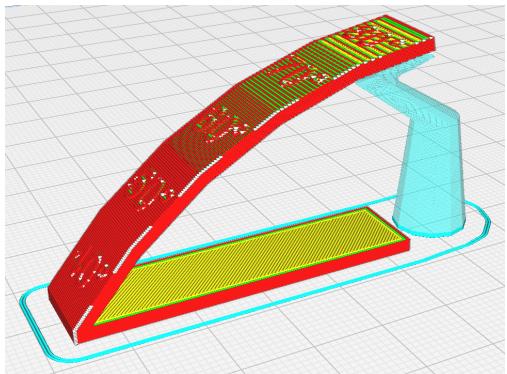
# Paramètres de supports

Quelques paramètres pour les supports :

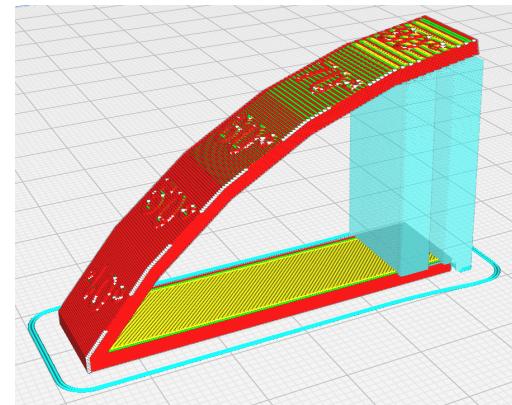
- Type de support : normal ou arborescent
- Motif de support
- Angle à partir duquel un support est nécessaire



Angle à 60°



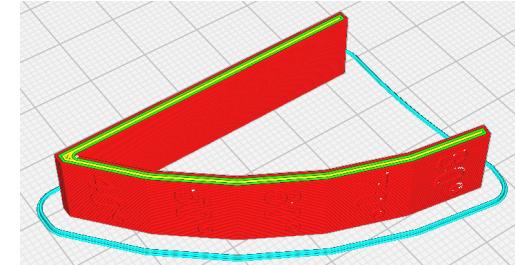
Support arborescent



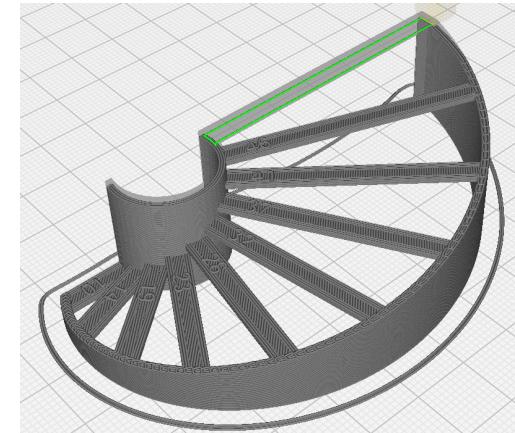
Angle à 80°

# Comment éviter les supports

- Orienter la pièce différemment.
- En connaissant l'angle maximum qu'il est possible d'imprimer avec son imprimante. Il existe des fichiers 3d pour mesurer cela.
- En utilisant le pontage (bridging). Là aussi des fichiers 3d existent pour identifier la distance maximum qui peut être ponté.



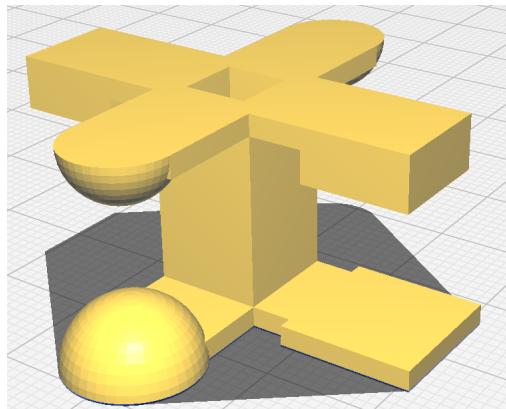
*Meilleure orientation*



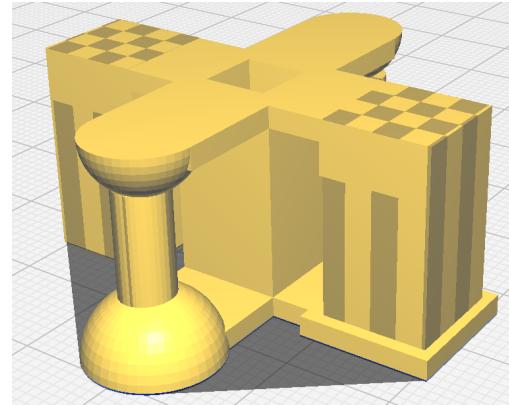
*Exemple de pontage*

# Placement manuel

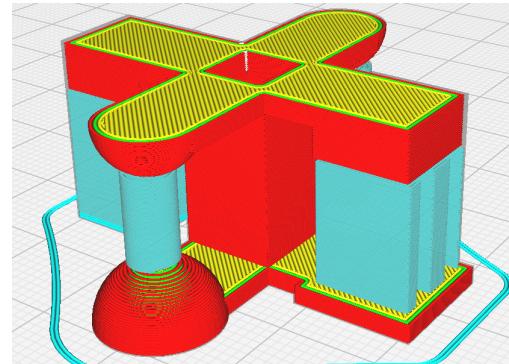
- Généralement les slicers ont tendance à générer plus de support que nécessaire
- La plupart permettent de placer des supports manuellement



*Pièce nécessitant des supports*



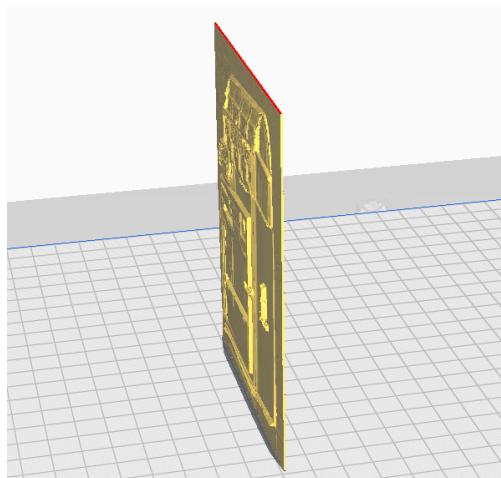
*Placement manuel*



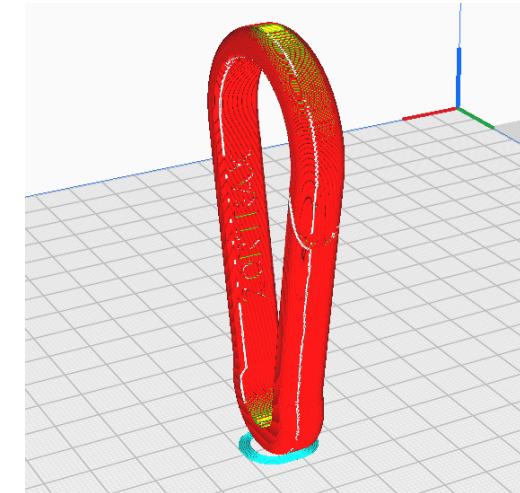
*Après slicing*

# Comment orienter la pièce

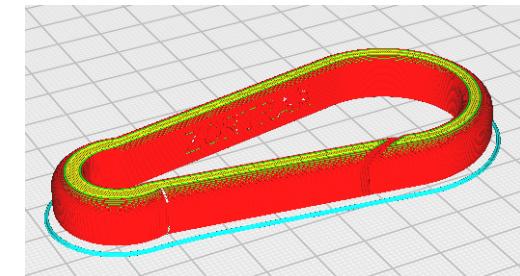
- Evidemment on essaye d'éviter les supports.
- Il faut prendre en compte les contraintes mécaniques (décollement des couches).
- On maximise la surface de contact avec le plateau.



*Placement manuel*



*Mauvaise résistance mécanique*



*Bonne résistance mécanique*

# Comment réduire les temps d'impression ?

- Augmenter la hauteur de couche
- Réduire le pourcentage de remplissage
- Réduire le nombre périmètres et augmenter la vitesse des périmètres internes
- Augmenter (raisonnablement) la vitesse d'impression

# Comment décoller l'impression

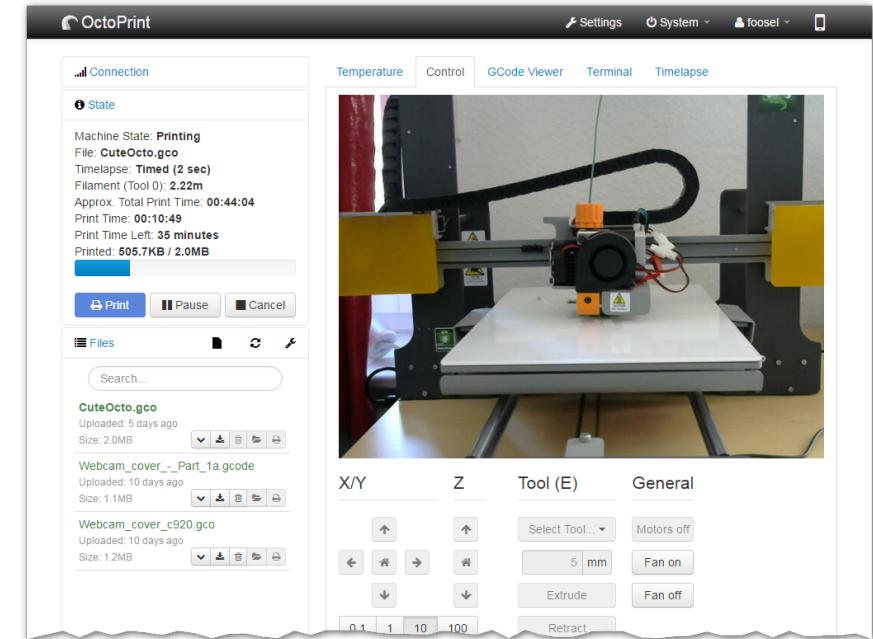
- Laisser refroidir le plateau.
- Si l'impression ne se décolle pas facilement, on peut utiliser la spatule.



*Utilisation de la spatule*

# Comment lancer l'impression

- En exportant le fichier `.gcode`, puis en lancant l'impression depuis une carte SD
- Via USB : la plupart des slicers permettent de se connecter en USB à l'imprimante afin de lancer l'impression.
- Via une interface web : certaines imprimantes sont équipées d'interfaces web. Sinon, on peut installer Octoprint (généralement sur un raspberry). En connectant l'imprimante à Octoprint on peut alors gérer l'imprimante et lancer des impressions via une interface web.



Interface web d'Octoprint

# Bonus : 3 plugins Cura à avoir



## Settings Guide 2.9.2

A guide on what settings do and how to use them.  
Right-click on a setting to access the guide.

By Ghostkeeper [🔗](#)



## Calibration Shapes 2.2.4

This plugin adds a menu to create some basic shapes to the scene  
...  
By 5axes [🔗](#)



## Cylindric Custom Support 2.8.0

A Cura plugin to add 6 types of custom supports :  
- Cylindrical...

By 5axes [🔗](#)