

Du fichier à la pièce imprimée : Générer un G-Code à l'aide du logiciel Slic3R



Ateliers « impression 3D open-source »

par X. HINAULT

www.mon-club-elec.fr



Tous droits réservés – 2014.

Ce document légèrement payant est soumis au droit d'auteur et est réservé à l'usage personnel.

Afin d'encourager la production de supports didactiques de qualité, ce document est légèrement payant.

La licence d'utilisation est attribuée pour un usage personnel uniquement, dans le cercle familial. Mise en ligne et diffusion non autorisées.

Si vous n'êtes pas le détenteur de la licence attribuée pour l'usage de ce document, soyez sympa, merci d'acheter votre exemplaire personnel ici :

http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_mon-club_elec/pmwiki.php?n=MAIN.ATELIERSIMPRESSION3D

Pour tout problème lié à l'utilisation de ce document, veuillez envoyer une copie ici : support@mon-club-elec.fr

Pour obtenir tout autres types de licence d'utilisation (enseignement, commercial, etc...), veuillez contacter l'auteur ici : support@mon-club-elec.fr

Vous avez constaté une erreur ? une coquille ? N'hésitez pas à nous le signaler à cette adresse : support@mon-club-elec.fr

Truc d'utilisation : visualiser ce document en mode diaporama dans le visionneur PDF. Navigation avec les flèches HAUT / BAS ou la souris.

En mode fenêtre, activer le panneau latéral vous facilitera la navigation dans le document. Bonne lecture !

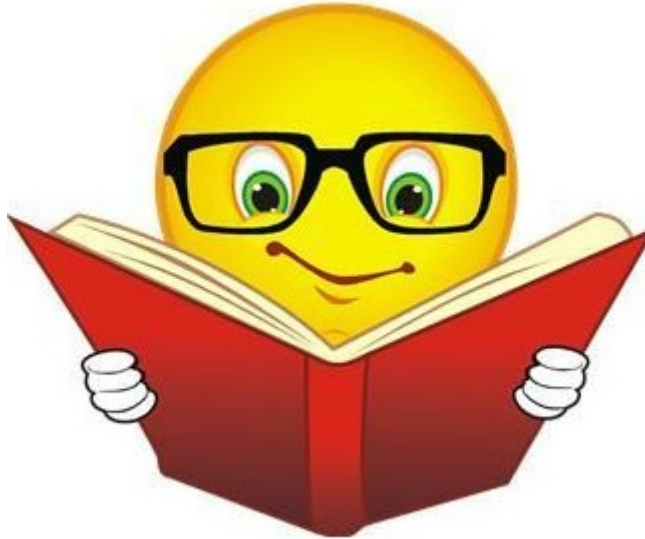
Licence de cet exemplaire accordée à Franck Ourion uniquement pour usage personnel, franck.ourion@univ-lorraine.fr # 7517226

Atelier impression 3D opensource : Générer un G-Code à l'aide du logiciel Slic3R - p. 1/33.

1. Intro :

Ce que l'on va faire ici ...

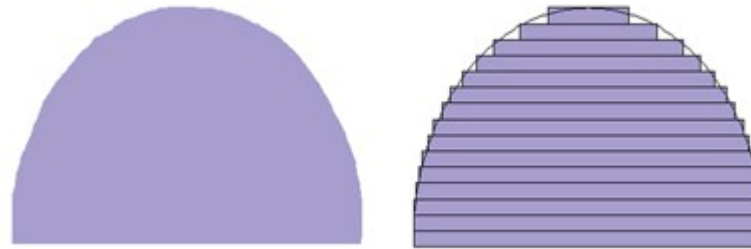
L'objectif ici est de s'attarder sur l'étape de génération du G-Code à l'aide du logiciel libre Slic3R



Prêt ? C'est parti !

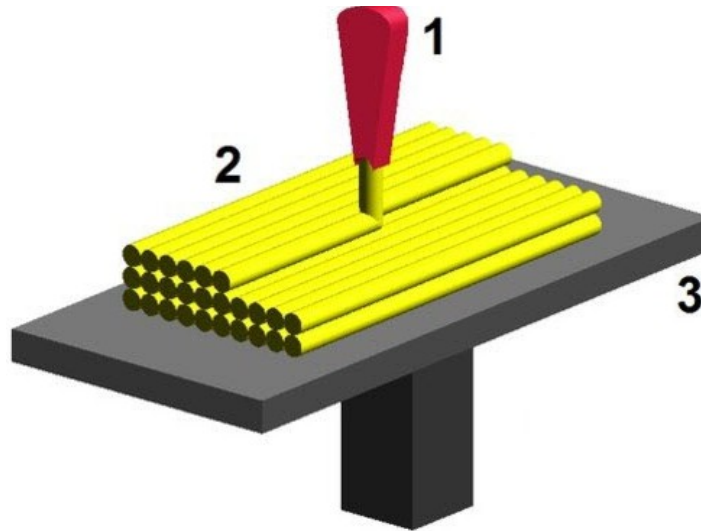
2. Rappel : l'impression 3D à « plastique fondu » : comment ça marche ?

Le principe général de l'impression 3D par « plastique fondu » consiste à imprimer un objet en imprimant successivement des couches successives dont l'empilement donnera au final la forme de l'objet :



source image : <https://artsonline.uwaterloo.ca/winter2013newsletter/sites/ca.winter2013newsletter/files/diagram.jpg>

Pour réaliser cela, chaque couche va être imprimée à l'aide d'une « buse chauffante » (1) qui va déposer sur un plateau (3) chauffant (pour faciliter l'adhésion) des filaments de plastique fondu juxtaposés (2) de façon à réaliser une couche complète, avant de passer à la couche suivante par élévation de la buse.

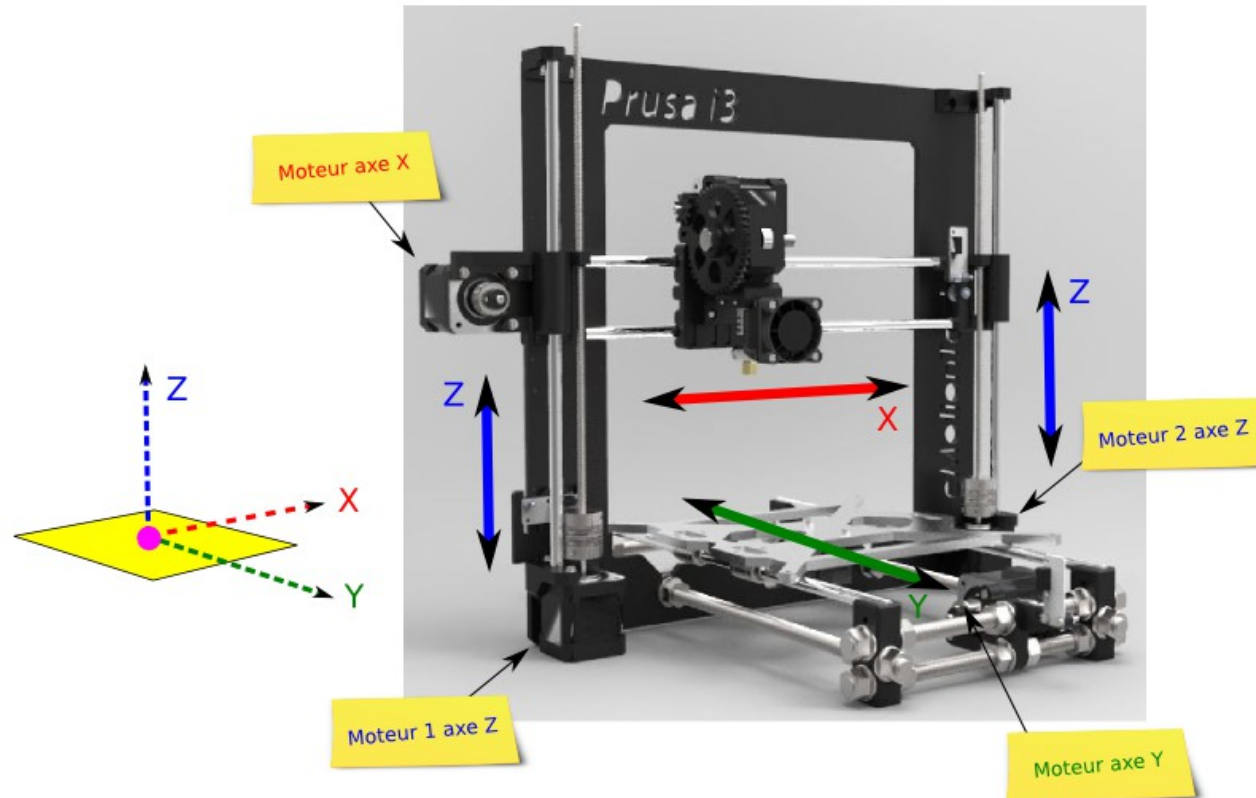


source image : <http://www.qhredcross.org/wp-content/uploads/2013/02/3dprintnter.jpg>

3. Rappel : Le point de départ : une imprimante 3D opensource opérationnelle

On présuppose que l'on dispose d'une imprimante 3D opensource opérationnelle : on ne s'attardera pas ici sur les aspects fonctionnels et techniques d'une telle imprimante, présentés par ailleurs. Pour faire simple :

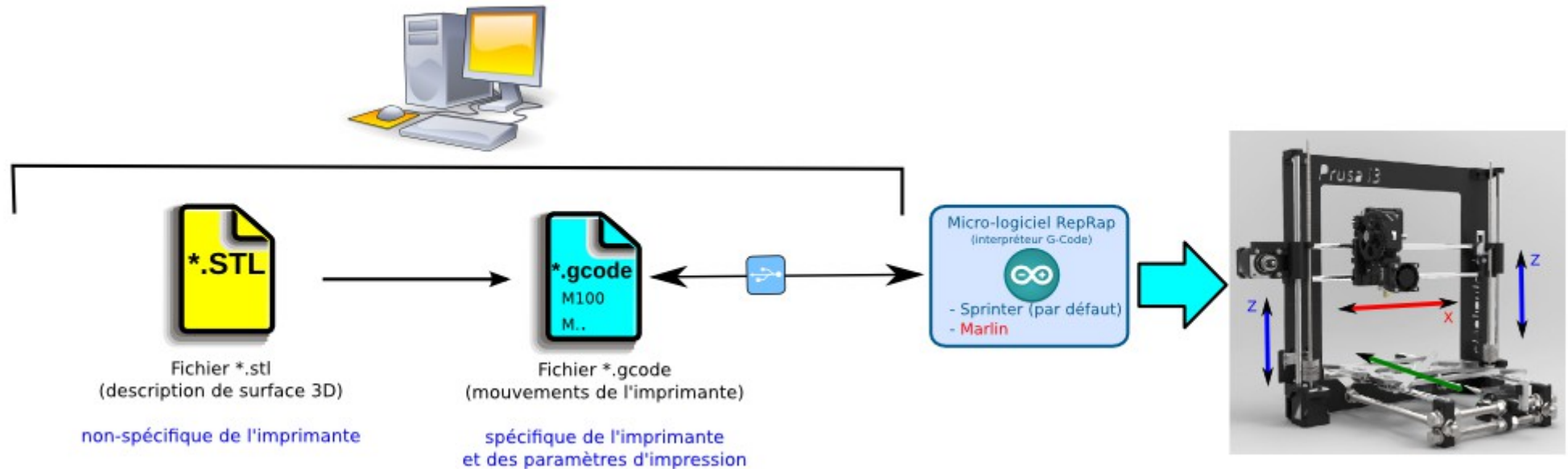
- l'imprimante assure une mobilisation dans les 3 axes X,Y et Z
- ainsi que l'arrivée et la fonte du filament plastique utilisé au niveau de la buse chauffante.



4. Rappel : Les étapes fondamentales de la chaîne logicielle d'impression 3D opensource

Les étapes fondamentales de l'impression 3D d'un objet sont les suivantes :

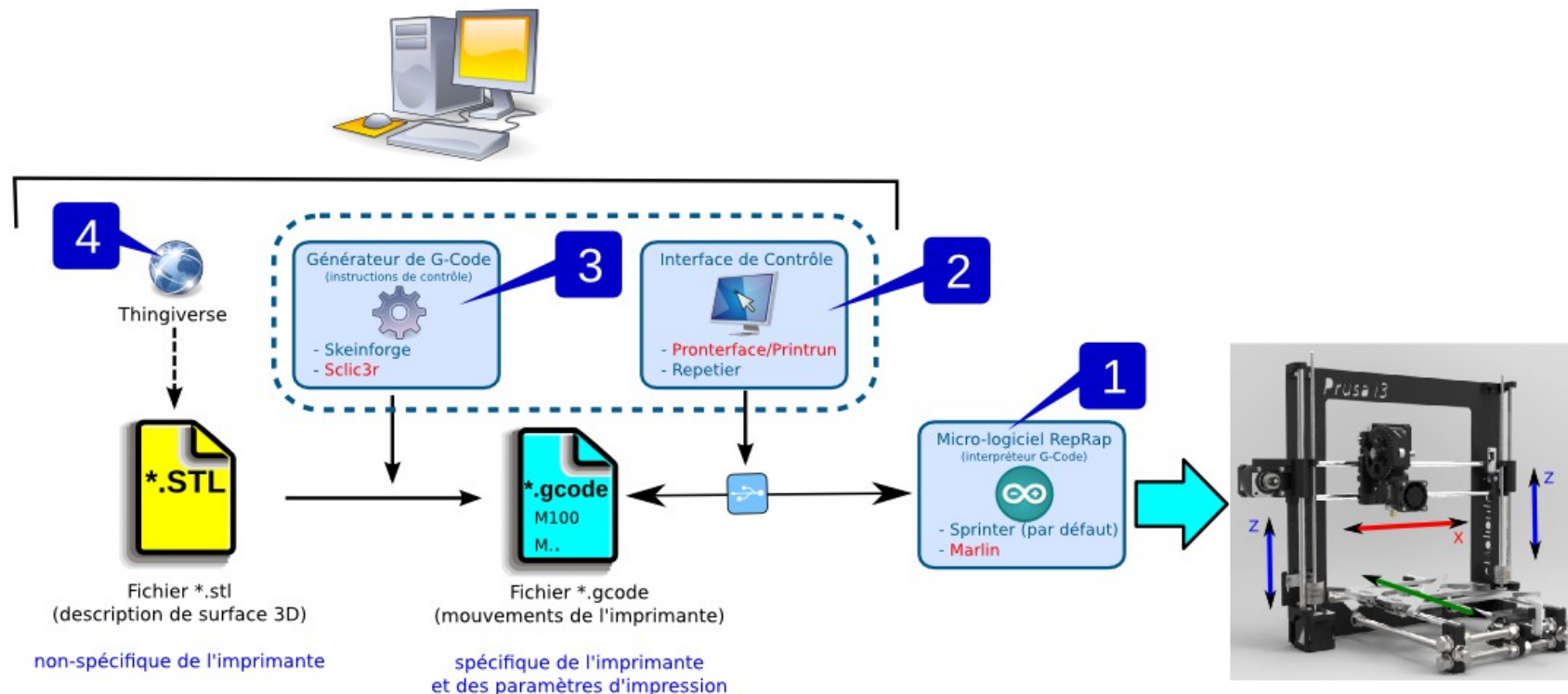
- on part d'un **fichier au format dit *.STL** qui contient la description surfacique 3D d'un objet. **Le fichier *.STL est une description de l'objet non-spécifique de l'imprimante utilisée.** C'est ce type de fichier qui sera partagé en ligne si on souhaite mettre une pièce à disposition de d'autres utilisateurs. En pratique, on pourra :
 - soit utiliser un fichier existant (dépôt de pièces en ligne)
 - soit générer ce fichier à partir d'un logiciel de conception 3D comme nous allons le voir
- le fichier *.STL va ensuite être converti en un **fichier de *.gcode** qui va contenir l'ensemble des instructions permettant les mouvements voulus de l'imprimante 3D pour imprimer la pièce. **Le fichier *.gcode est spécifique :**
 - des **paramètres d'impression choisis** (épaisseur de couche, taux de remplissage, vitesse d'impression, etc...)
 - et des caractéristiques **de l'imprimante utilisée.**
- Les instructions du fichier *.gcode seront ensuite envoyées à l'imprimante qui va exécuter les mouvements voulus grâce à son « micro-logiciel » qui est un **décodeur de G-Code.**



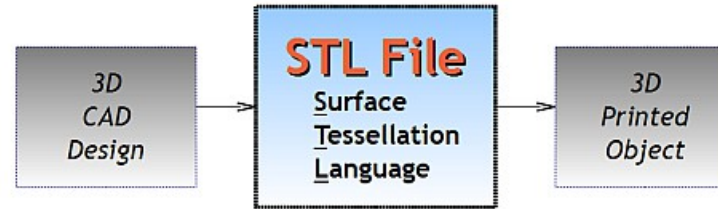
5. Vue d'ensemble de la chaîne logicielle d'impression 3D opensource « courte » :

Une fois comprises les étapes fondamentales, il devient possible de décrire simplement la chaîne logicielle minimale nécessaire pour imprimer un objet 3D, chaîne qui va associer, en reprenant la chaîne à l'envers (le plus simple...) :

- un **micro-logiciel** (1) implémenté dans l'imprimante 3D elle-même qui va décoder le G-Code.
- un **logiciel d'interface de contrôle de l'imprimante 3D** (2) permettant de communiquer avec l'imprimante et de lui envoyer les instructions *.gcode générée par le logiciel slicer. En pratique, il s'agit d'une interface graphique écrite en Python qui permet de contrôler manuellement ou automatiquement tous les éléments fonctionnels de l'imprimante via le port USB.
- un **logiciel de conversion d'un fichier *.STL en fichier *.gcode** (3), logiciel appelé également slicer. Ce logiciel est très puissant et va calculer tous les mouvements nécessaires de l'imprimante pour obtenir l'objet 3D. Il permet de moduler de nombreux paramètres de réglages, notamment l'épaisseur de la couche, le taux de remplissage voulu, la géométrie de remplissage à utiliser, la vitesse des mouvements, etc...
- on devra disposer au minimum d'un **fichier *.gcode déjà préparé pour l'impression ou bien d'un fichier *.STL tout prêt** (4), obtenu dans un dépôt en ligne de pièces 3D « prêtes à imprimer » : typiquement sur le site <http://www.thingiverse.com/>



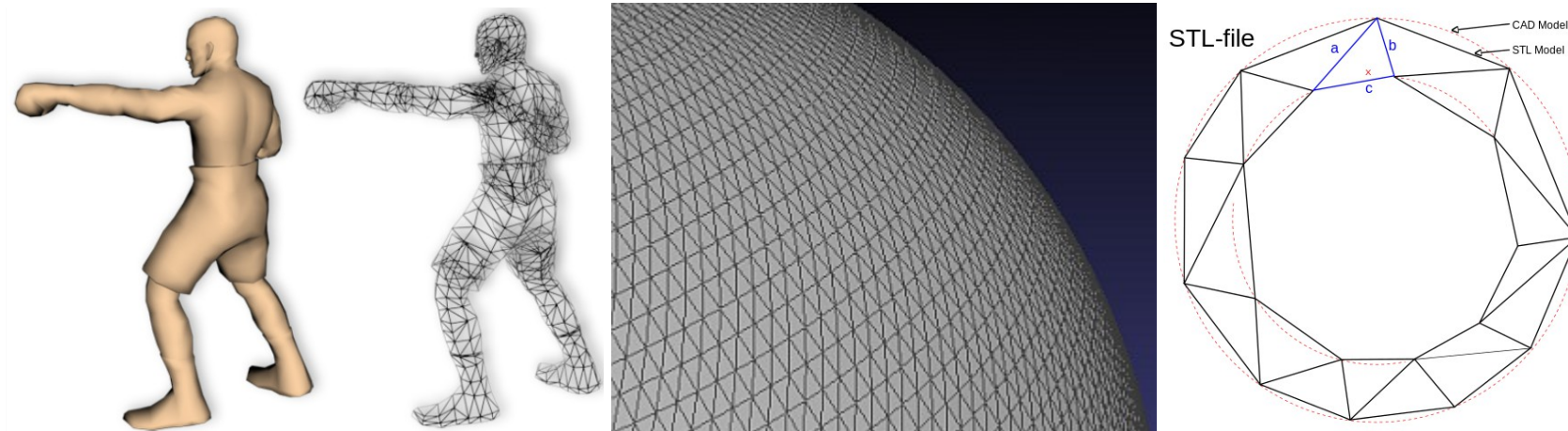
6. Le point de départ : un fichier au format STL



<http://www.3daddfab.com/blog/index.php?permalink/What-is-an-STL-file-and-is-it-obsolete.html>

Le format STL

Un fichier *.STL est un fichier de description de la surface d'un objet sous forme de triangles. Ce format est utilisé en stéréolithographie industrielle (technique de prototypage rapide) depuis plus de 25 ans. Retenez que ce format est classé dans la catégorie des formats « mesh » (=maillage)



source : <http://instatuts.com/featured/a-rapid-prototyping-and-stl-informative-guide/> | <http://www.3daddfab.com/blog/index.php?permalink/What-is-an-STL-file-and-is-it-obsolete.html> | http://en.wikipedia.org/wiki/STL_%28file_format%29

Principe général

Le principe du format STL, comme son nom l'indique, est d'utiliser la « tessellation » ou pavage ou maillage (=mesh) . Cette technique géométrique consiste à découper une surface 3D en un ensemble de triangles juxtaposés. Noter que ce sujet mathématique est un sujet passionnant en soi...

Deux conséquences essentielles :

le fichier STL ne contient aucune information sur la façon dont on a obtenu la surface (la procédure de conception 3D)
le fichier STL est « générique » et ne dépend pas d'une imprimante donnée : c'est le fichier que l'on va pouvoir diffuser.

Limites du format STL

Le format STL présente l'inconvénient d'être très peu optimisé pour décrire des surfaces en très haute résolution : d'autres formats sont à l'étude. Mais ceci ne concernera pas immédiatement l'utilisateur d'imprimantes 3D opensource actuelles.

Licence de cet exemplaire accordée à Franck Ourion uniquement pour usage personnel , franck.ourion@univ-lorraine.fr # 7517226

Atelier impression 3D opensource : Générer un G-Code à l'aide du logiciel Slic3R - p. 7/33.

7. Structure d'un fichier STL

Un fichier STL est un fichier texte qui peut donc être édité dans n'importe quel éditeur de texte classique.

Structure générale

Le fichier commence par une ligne de la forme :

`solid name`

et se termine par la ligne

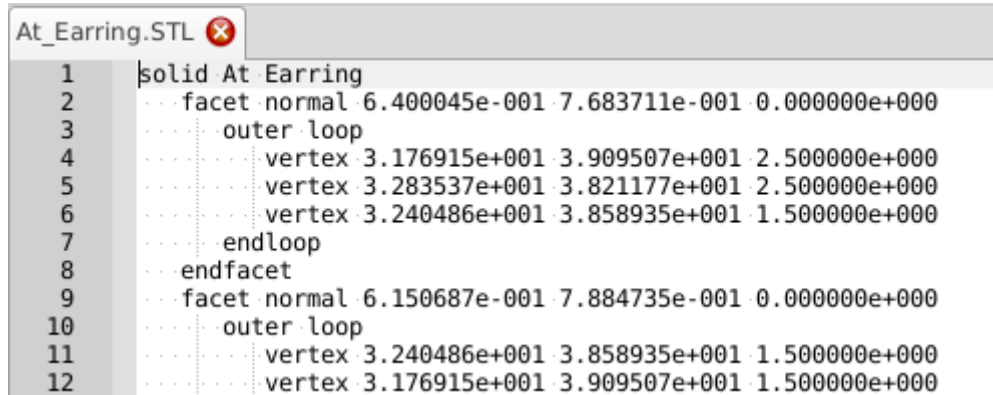
`endsolid name`

Au sein de ce fichier, un nombre variable de blocs décrivent les triangles. Tous les triangles sont décrits sous la forme :

```
facet normal ni nj nk
  outer loop
    vertex v1x v1y v1z
    vertex v2x v2y v2z
    vertex v3x v3y v3z
  endloop
endfacet
```

Exemple

Par exemple, voici le début d'un « vrai » fichier STL (appelé At Earring) de pièce 3D ouvert à partir d'un simple éditeur de texte :



```
At_Earring.STL
1 solid At Earring
2 .. facet normal 6.400045e-001 7.683711e-001 0.000000e+000
3 .. .. outer loop
4 .. .. vertex 3.176915e+001 3.909507e+001 2.500000e+000
5 .. .. vertex 3.283537e+001 3.821177e+001 2.500000e+000
6 .. .. vertex 3.240486e+001 3.858935e+001 1.500000e+000
7 .. .. endloop
8 .. endfacet
9 .. facet normal 6.150687e-001 7.884735e-001 0.000000e+000
10 .. .. outer loop
11 .. .. vertex 3.240486e+001 3.858935e+001 1.500000e+000
12 .. .. vertex 3.176915e+001 3.909507e+001 1.500000e+000
```

En pratique, vous n'aurez pas à intervenir directement sur le fichier STL, mais retenez qu'il s'agit d'un simple fichier texte.

8. Pour info : Les outils pour visualiser / corriger un fichier STL

Bien que cela ne soit pas indispensable en pratique courante, sachez qu'il existe des outils pour manipuler les fichiers *.STL directement. Le scénario évoqué ici est le suivant : on dispose d'un fichier STL que l'on souhaite visualiser/vérifier voire même corriger.

Les visualisateurs STL online

Une première solution est le visualisateur intégré du site thingiverse (<http://www.thingiverse.com/>) .

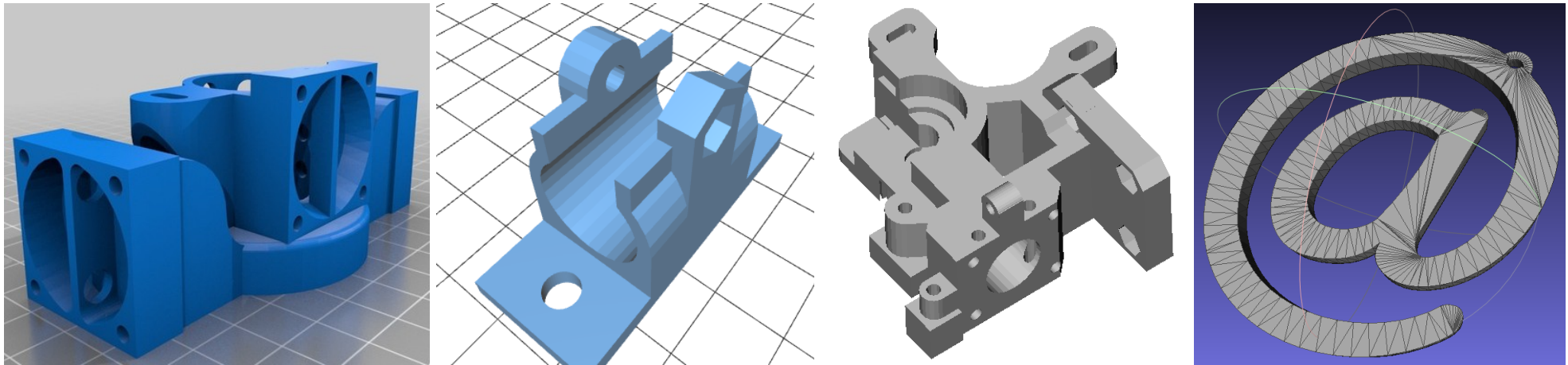
Plusieurs solutions existent, mais l'une d'entre-elles mérite particulièrement d'être citée : GitHub ! Ce site est à la base un site de gestion de versions de fichiers texte de code... mais qui intègre depuis quelques mois la visualisation 3D native des fichiers STL. On fait d'une pierre de coup : versionning du fichier et visualisation facilitée ! Ici, un exemple : https://github.com/josefprusa/Prusa3/blob/master/box_frame/sample_stls/single_plate_gt2_lm8uu/x-end.stl

Visualiser un STL dans un logiciel de 3D

Sinon, la plupart des logiciels 3D supportent l'ouverture d'un fichier STL, notamment freecad : <http://www.freecadweb.org/index-fr.html>

Visualiser un STL dans le logiciel de Slic3R

Le logiciel slic3R que nous allons détailler ci-après dispose d'un visualisateur 3D intégré du fichier STL utilisé.



De gauche à droite : Visualisateurs STL : Thingiverse, Github, Freecad, Meshlab

Pour info : autres outils de gestion de STL

D'autres outils existent pour la gestion des fichiers STL, on peut notamment citer :

- <http://meshlab.sourceforge.net/> : un outil avancé de visualisation des fichiers de type Mesh (maillage) et donc STL
- Noter que le logiciel freecad intègre un outil de correction de STL : <http://www.freecadweb.org/index-fr.html>
- Divers outils non-opensource existent en ligne pour corriger des STL
- On peut également citer le logiciel d'animation open-source Blender qui permet de manipuler et transformer des fichiers STL : <http://www.blender.org/>
- Un utilitaire intéressant aussi qui permet de transformer un STL en fichier openscad : www.thingiverse.com/thing:64709/

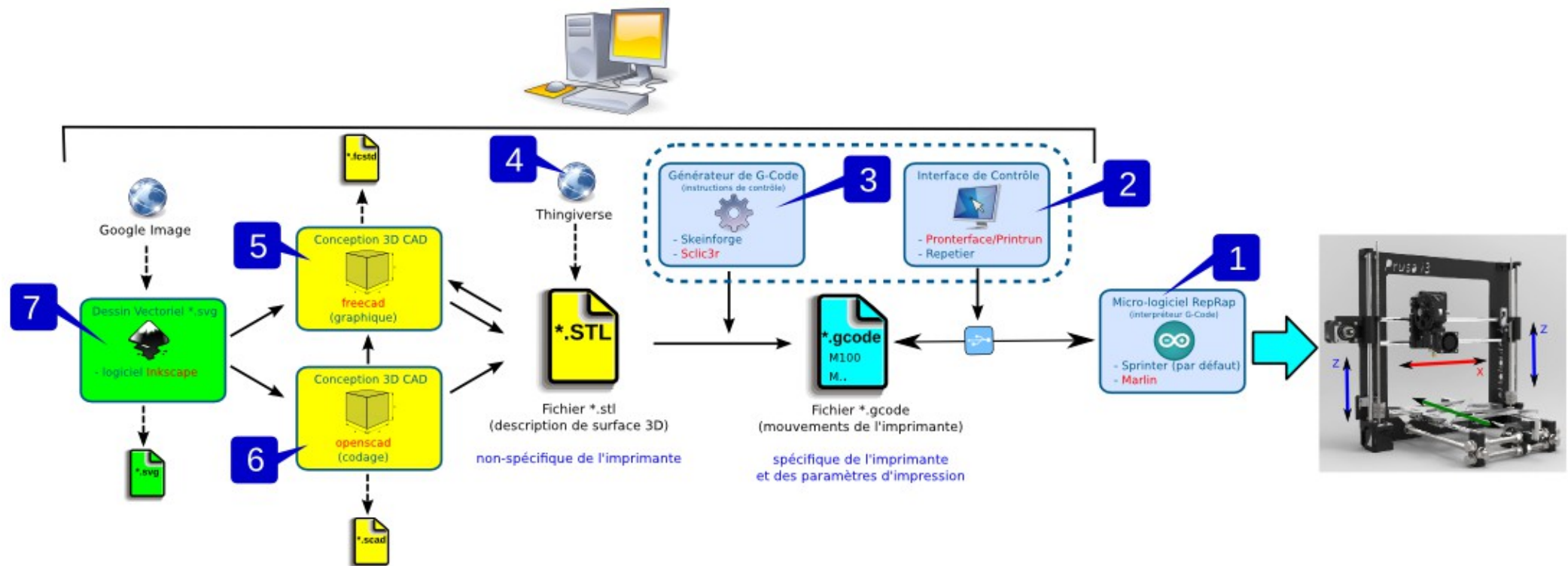
Licence de cet exemplaire accordée à Franck Ourion uniquement pour usage personnel , franck.ourion@univ-lorraine.fr # 7517226

9. Comment obtenir un fichier *.STL

Plusieurs possibilités :

- soit utilisation d'un fichier existant parmi les milliers de fichiers disponibles en ligne (site www.thingiverse.com/ notamment) (4)
- soit à partir d'un logiciel de conception 3D :
 - soit un logiciel de conception 3D graphique (5)
 - soit un logiciel de conception 3D par codage (6)
 - soit un partir d'un logiciel de dessin vectoriel (7)

D'une manière générale, la plupart des logiciels de conception 3D sont capables d'exporter au format STL : vous avez donc le choix de l'outil de conception 3D en fonction de vos habitudes, préférences, etc... et des solutions open-source existent comme nous le verrons !

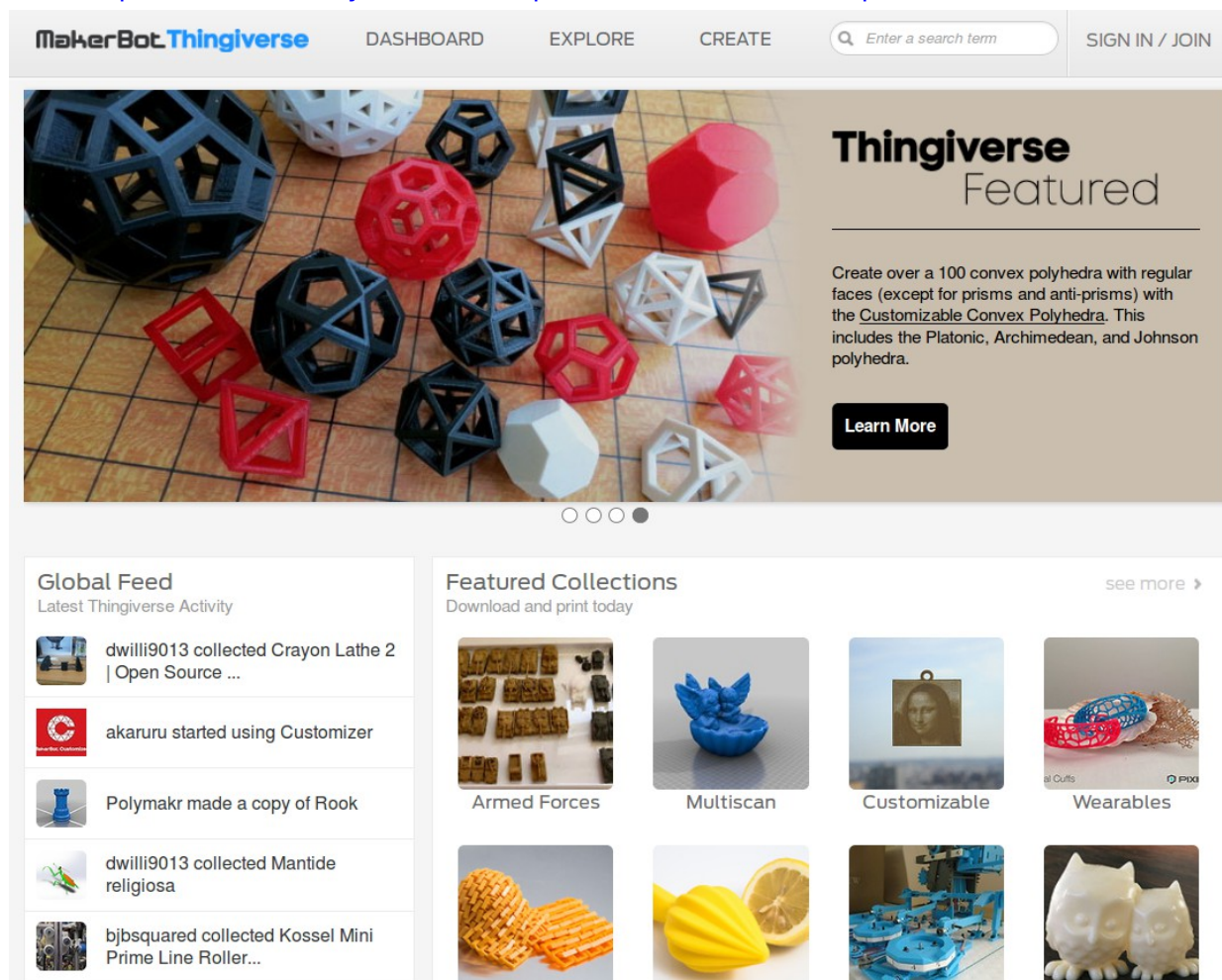


10. Impression 3D opensource : dépôt en ligne de pièces « prêtes à l'emploi »

Une des grandes forces de l'impression 3D opensource est de permettre la circulation de l'information nécessaire pour réaliser une pièce mécanique plutôt que de faire circuler les pièces elles-mêmes. Il s'agit là d'un renversement à la fois social, écologique, économique, etc... dont la portée peut potentiellement devenir un « changement de paradigme » sociétal à moyen terme. Mais c'est un autre sujet...

Concrètement, il existe déjà des dépôts en ligne offrant des milliers de fichiers *.STL « prêt à l'emploi » et surtout libres d'usage. Le dépôt le plus en vogue est notamment Thingiverse : <http://www.thingiverse.com/>

Pour faire simple, il n'y a qu'à « faire son marché » : des bijoux, aux pièces de robotique en passant par le modélisme ou des pièces de bricolage, c'est une vraie caverne d'ali-baba.... où il est vite possible de se noyer si l'on n'a pas défini son besoin au préalable d'ailleurs !



11. Impression 3D opensource : le logiciel générateur de G-Code ou « slicer »

Pour comprendre

Le format de fichier utilisé pour la description d'une pièce 3D en vue d'une impression 3D est un format dit *.stl. Le **fichier STL** correspond comme on l'a vu à **une description surfacique de la pièce 3D**.

Une fois que l'on dispose du fichier *.stl, on va le **convertir en G-code**, le « langage » que l'imprimante 3D est capable de « comprendre ». Le G-Code va décrire tous les mouvements que l'imprimante devra effectuer.

Pour réaliser cette conversion, **on va donc utiliser un logiciel appelé « Générateur de G-Code »**

Le logiciel « générateur de G-Code » va calculer toutes les trajectoires et mouvements que devra effectuer l'imprimante 3D en se basant :

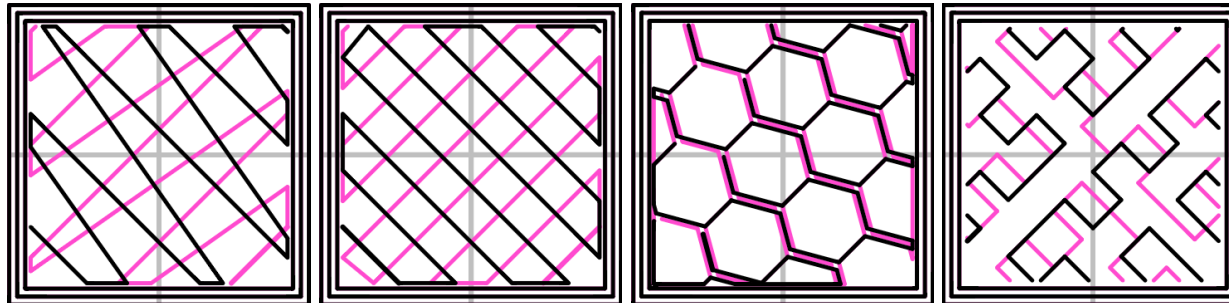
- sur les **caractéristiques techniques de l'imprimante** d'une part : diamètre de la buse, caractéristiques mécaniques des axes, taille du plateau, etc..
- également sur les **caractéristiques du filament**
- sur les **paramètres souhaités pour l'impression** d'autre part : taux de remplissage de la pièce, géométrie de remplissage, vitesse de déplacement, épaisseur de couche, nombre de bords, etc..

L'exemple du logiciel Slic3R

L'un des logiciels « générateur de G-Code » les plus utilisés dans le monde opensource est **Slic3R** : il s'agit d'un logiciel très avancé qui reste simple d'utilisation pour un débutant. Il en existe beaucoup d'autres. Site : <http://slic3r.org/>

Ce logiciel permet de :

- charger un ou plusieurs fichiers *.stl
- de pré-visualiser les pièces en 3D
- de placer/modifier la/les pièces sur le plateau de l'imprimante
- de définir de très nombreux paramètres d'impression, notamment :
 - l'épaisseur de couche
 - le nombre de périmètres (bords)
 - le taux de remplissage de la pièce
 - et même la géométrie de remplissage !



12. Pour info : installation du logiciel de conversion d'un fichier *.stl en *.g-code : Slic3r

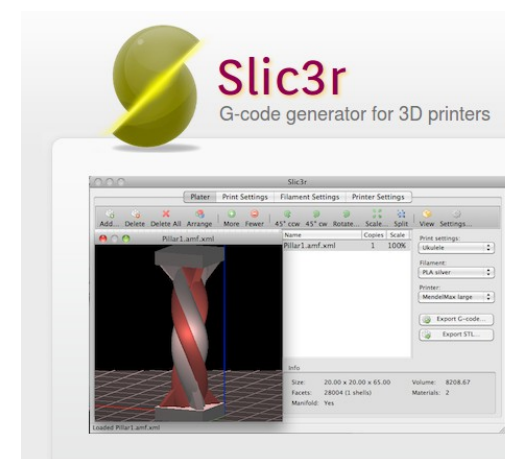
Ce que l'on va faire ici

Une fois que l'on dispose du fichier *.stl, on va le convertir en G-code, seul « langage » que l'imprimante 3D est capable de comprendre. Le G-Code va décrire tous les mouvements que l'imprimante devra effectuer.

Pour réaliser cette conversion, on va utiliser un logiciel appelé « Générateur de G-Code ».

Plusieurs possibilités... Le plus simple et le plus efficace est d'utiliser slic3r

Site officiel : <http://slic3r.org/>



Installation

On télécharge la dernière archive disponible correspondant au système utilisé :

<http://dl.slic3r.org/linux/>



Index of /linux

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
old/	16-Feb-2014 11:18	-	
slic3r-linux-x86-0-9-10b.tar.gz	15-Jun-2013 19:49	14M	
slic3r-linux-x86-1-0-0-RC3.tar.gz	15-Feb-2014 17:42	15M	
slic3r-linux-x86-64-0-9-10b.tar.gz	16-Jun-2013 16:43	14M	
slic3r-linux-x86-64-1-0-0-RC3.tar.gz	15-Feb-2014 23:32	15M	

Lancement

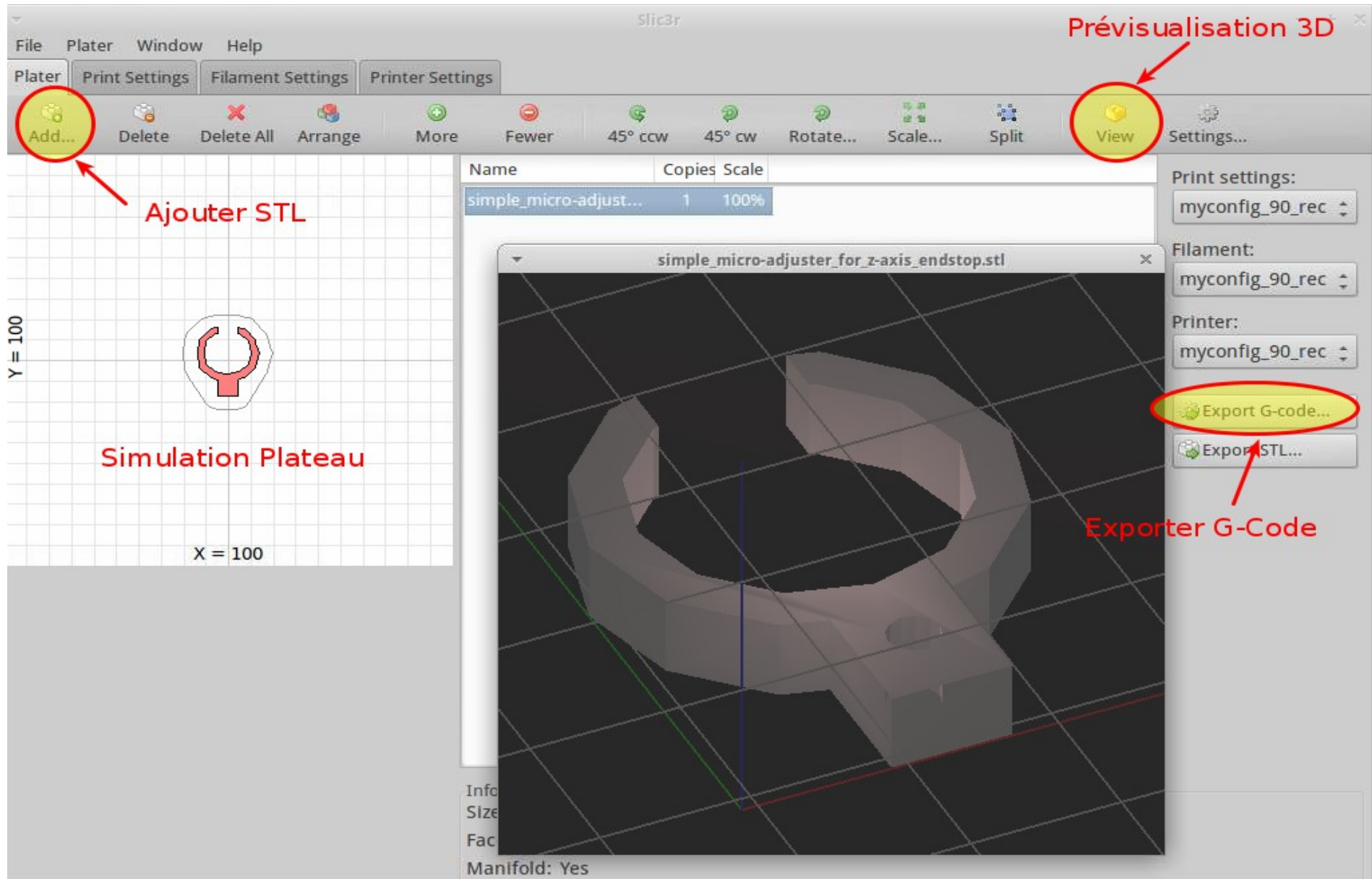
Extraire l'archive graphiquement

Puis aller dans le répertoire Slic3r/bin et double cliquer sur slic3r

On peut également le lancer en ligne de commande ou à l'aide d'un lanceur.



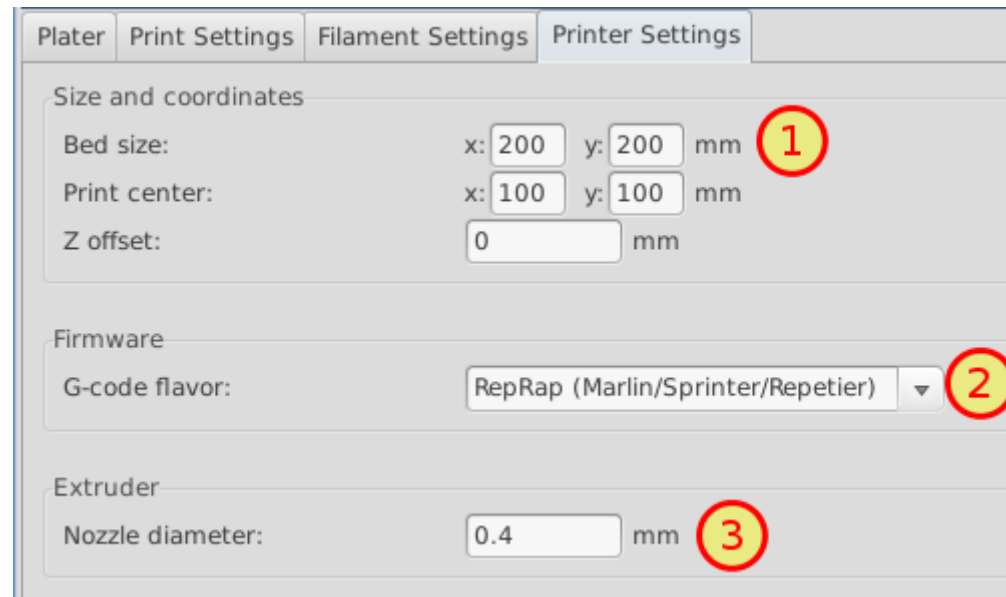
13. Slic3R : l'interface



14. Slic3R : les paramètres d'imprimante

Les paramètres d'imprimantes sont fixés une fois pour toute pour une machine donnée. Très logiquement, on fixera :

- la taille du plateau (1)
- le micro-logiciel utilisé par l'imprimante (cette information vous est fournie par le fabricant si vous n'avez pas construit la machine vous-même) (2)
- le diamètre de la buse utilisée (3)



Plater Print Settings Filament Settings Printer Settings

Size and coordinates

Bed size: x: 200 y: 200 mm 1

Print center: x: 100 y: 100 mm

Z offset: 0 mm

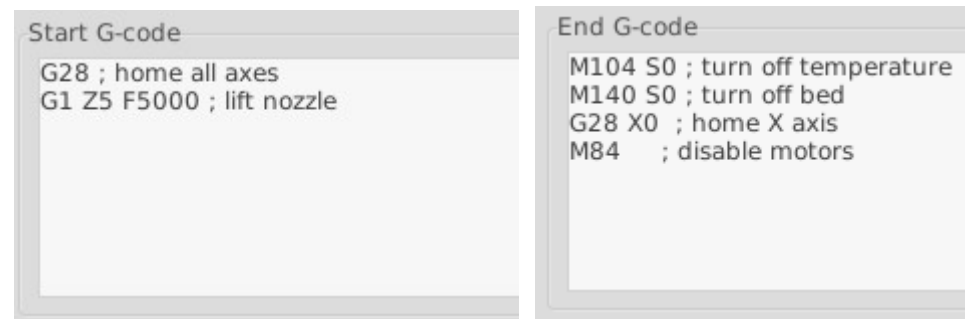
Firmware

G-code flavor: RepRap (Marlin/Sprinter/Repetier) 2

Extruder

Nozzle diameter: 0.4 mm 3

Usage avancé : Un point intéressant est la possibilité de faire exécuter systématiquement du G-Code personnalisé avant et après l'impression. Utile notamment pour éteindre le plateau et la buse en fin d'impression.



Start G-code

```
G28 ; home all axes
G1 Z5 F5000 ; lift nozzle
```

End G-code

```
M104 S0 ; turn off temperature
M140 S0 ; turn off bed
G28 X0 ; home X axis
M84 ; disable motors
```

15. Slic3R : les paramètres de filament

Là encore, les paramètres de filament seront réglés une fois pour toute pour une imprimante donnée : seules les températures pourront être à adapter selon le matériau utilisé.

Logiquement, on va pouvoir régler :

- le diamètre de filament : 3mm ou 1.75mm selon le modèle d'imprimante (1)
- la température du plateau et de la buse à utiliser, au premier passage puis aux passages suivants (2)

Filament

Diameter: 3 mm

Extrusion multiplier: 1

Temperature (°C)

Extruder: First layer: 215 Other layers: 215

Bed: First layer: 70 Other layers: 70

Usage avancé : noter la possibilité d'appliquer un coefficient correcteur au diamètre de filament, ce qui permet de corriger un défaut de régularité du filament. Typiquement, randomiser des points de mesure du diamètre au pied à coulisse puis faire la moyenne et calculer le coefficient à appliquer.

16. Slic3R : les paramètres d'impression : pour comprendre

Nous entrons ici dans le vif du sujet : paramétrer l'impression d'une pièce 3D. Ces paramètres seront à adapter à chaque type de pièce selon ses besoins.

Pour bien comprendre et retenir la suite, il faut imaginer la pièce 3D comme une « pièce » de maison ou un local de stockage :

- elle a des murs : pour la pièce 3D, cela sera **les périmètres (les bords) et les faces** de dessus et dessous
- elle est plus ou moins remplie : pour la pièce 3D cela correspond au **taux de remplissage**
- les éléments sont disposés selon un plan précis : pour la pièce 3D cela correspond à la **géométrie de remplissage**

Ce qui est très sympathique avec l'impression 3D, c'est qu'il va être possible de jouer sur l'ensemble de ces paramètres !



17. Slic3R : les paramètres d'impression : l'épaisseur de couche



Le premier paramètre d'impression que l'on peut régler est l'épaisseur de couche de matière.

Critères de décision

Compromis résolution souhaitée / durée d'impression

On comprend aisément que :

- plus l'épaisseur de couche sera fine, plus la pièce sera précise
- mais plus le temps d'impression sera long !

Il faut donc trouver le bon compromis entre précision du résultat voulu et durée d'impression.

Epaisseur maximale de couche

D'autre part, l'épaisseur maximale de la couche d'impression est fixée par la buse et vaut : **épaisseur maximale couche = diamètre buse x 0.8**

Ainsi, pour une buse de 0.4mm, l'épaisseur maximale est de 0.32mm. Il n'y a pas par contre d'épaisseur minimale théorique. En pratique, on peut descendre jusqu'à 100µm sans problème, voire encore moins sur une machine bien réglée.

En pratique : on utilisera 0.3mm, ce qui donne un bon résultat pour un temps d'impression raisonnable
Ce scénario « standard » est à adapter : on pourra utiliser 0.2mm voire 0.1mm pour de petites pièces que l'on veut précises.

18. Slic3R : les paramètres d'impression : périmètres et faces



Une fois l'épaisseur de couche fixée, il va être possible de fixer :

- le **nombre de périmètres**, ce qui correspond en pratique à l'épaisseur des faces verticales.
- le **nombre de couches de base et de sommet**, ce qui correspond en pratique à l'épaisseur des faces supérieures et inférieures

En pratique, on utilise 3 périmètres et 3 couches supérieures/inférieures par défaut

General	
Layer height:	<input type="text" value="0.3"/> mm
Perimeters (minimum):	<input type="text" value="3"/>
Solid layers:	Top: <input type="text" value="3"/> Bottom: <input type="text" value="3"/>

19. Slic3R : les paramètres d'impression : taux et géométrie de remplissage

Taux de remplissage

Le logiciel de génération du G-Code permet de définir le [taux de remplissage entre 0 et 100 %](#)

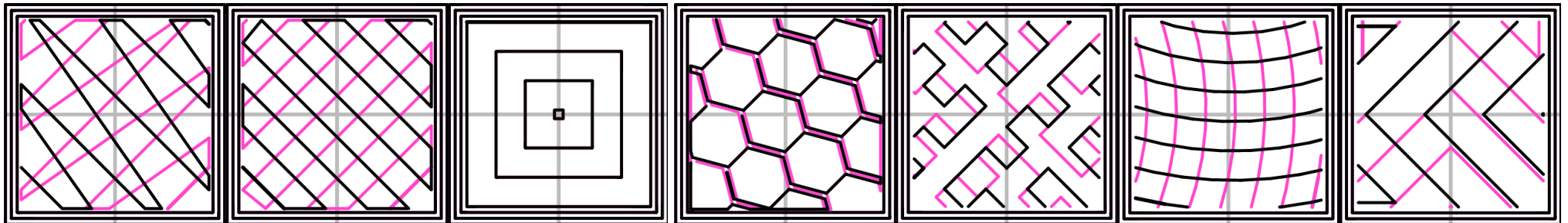


En pratique, on s'adaptera à chaque situation :

- on n'utilise rarement le 100 %, plutôt 90 ou 80 % pour des pièces que l'on souhaite solides mécaniquement
- on pourra laisser le remplissage à 0 % pour obtenir une pièce creuse
- et l'on comprend aisément que plus le remplissage est important, plus le temps d'impression sera long, mais ce n'est pas proportionnel, en raison du temps d'impression des périmètres qui se fait à vitesse plus lente.

Géométrie de remplissage

Cerise sur le gâteau, il est même possible de définir la [géométrie de remplissage](#) parmi plusieurs disponibles :



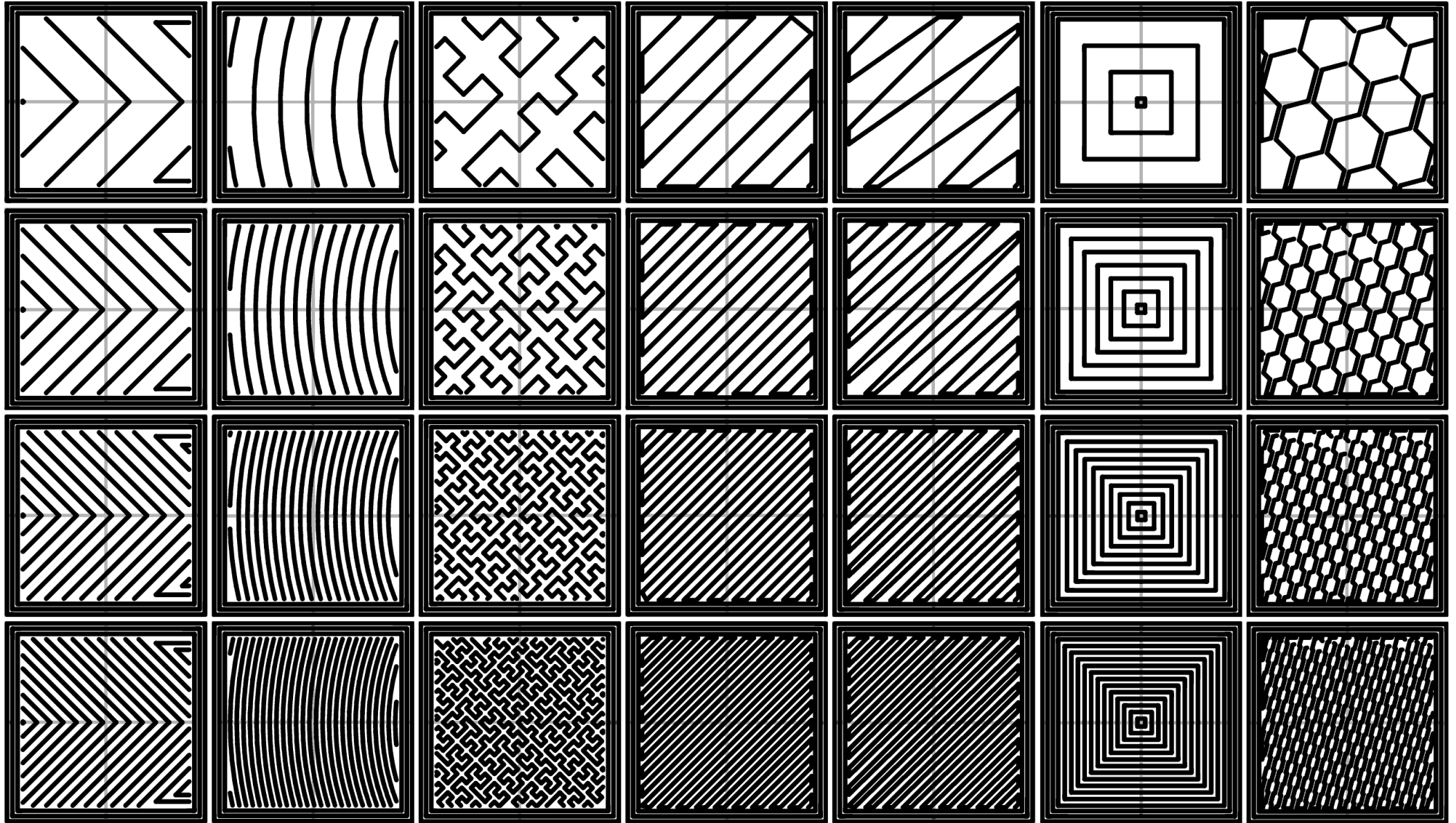
De gauche à droite : Line | **Rectilinear** | Concentric | **Honeycomb** | Hilbert Curve | Archimedean Chords | Octagram Spiral

En pratique : les 2 géométries qui servent le plus sont :

- rectilinear (croisé orthogonal alterné)
- et honeycomb (alvéolé)

20. Slic3R : Combiner taux de remplissage et géométrie

En combinant le taux de remplissage et la géométrie, on obtient logiquement un grand nombre de possibilités de réglage :




21. Slic3R : les paramètres d'impression : les vitesses d'impression

Le logiciel Slic3R permet de fixer les **vitesses de déplacement** de la buse lors de l'impression d'une pièce. Par défaut, les périmètres sont tracés plus lentement que le remplissage. Les valeurs usuelles sont 30mm/sec pour les périmètres et 60mm/sec pour le remplissage, 130mm/sec pour les déplacements sans extrusion.

Il est possible de définir les vitesses de déplacement de la buse à tous les stades de l'impression :

- pour réussir « à coup sûr » une pièce, on pourra baisser les vitesses.. ce qui augmente la durée d'impression en conséquence
- pour diminuer le temps, on pourra augmenter les vitesses... mais il faut être conscient :
 - de l'effet de « recuit » par la buse chaude des couches sous-jacentes : en augmentant la vitesse, on réduit cet effet positif
 - que le couple du moteur d'extrusion diminue avec l'augmentation de la vitesse, ce qui majore le risque de « ratés », blocage, etc...



Speed	
Perimeters:	30 mm/s
Infill:	60 mm/s
Travel:	130 mm/s

A titre indicatif, les vitesses usuelles en pratique ne correspondent qu'à 20 % des possibilités maximales de la machine obtenues en test avancé.

22. Slic3R : paramètres divers

Il est également possible :

- de paramétrer l'utilisation ou non d'un support sous la pièce
- de paramétrer l'impression complète d'un objet avant d'en imprimer un nouveau,
- etc...

Vous êtes perdus ?? Pas de panique, ça va rentrer à l'usage !

23. Slic3R : synthèse : la fenêtre de réglage des paramètres d'impression

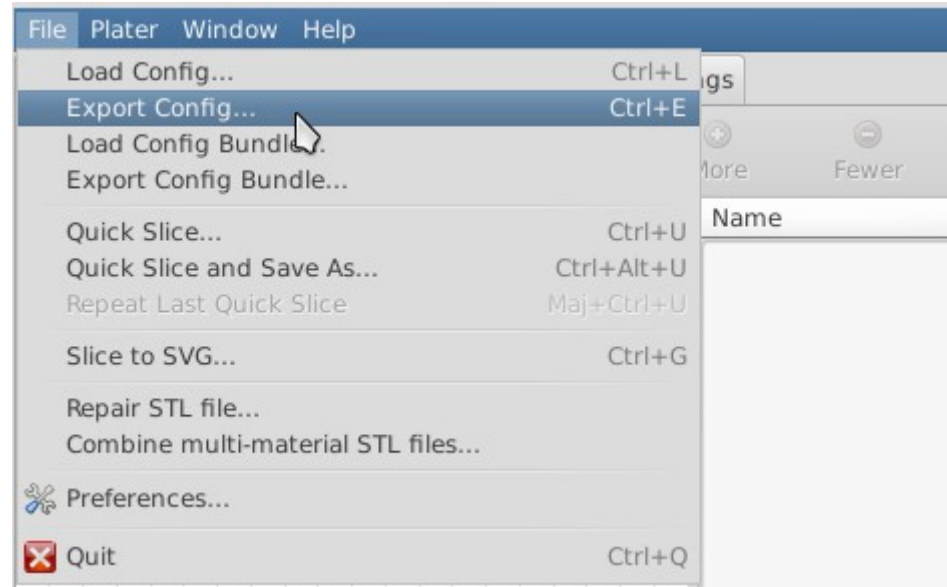
The image shows the Slic3R printing parameters window, organized into several sections:

- General**
 - Layer height: 0.3 mm
 - Perimeters (minimum): 3
 - Solid layers: Top: 3, Bottom: 3
- Infill**
 - Fill density: 90 %
 - Fill pattern: rectilinear
- Support material**
 - Generate support material: ☐
 - Pattern spacing: 2.5 mm
 - Raft layers: 0 layers
- Speed**
 - Perimeters: 30 mm/s
 - Infill: 60 mm/s
 - Travel: 130 mm/s
- Brim**
 - Brim width: 0 mm
- Sequential printing**
 - Complete individual objects: ☐
 - Extruder clearance (mm): Radius: 20, Height: 20

24. Slic3R : pour info : bon à savoir

Utiliser un fichier de configuration

Une fois que vous avez défini l'ensemble des paramètres pour une impression, il est logiquement possible de les **enregistrer tous les paramètres de réglage dans un fichier** via le menu File > Export Config



Le fichier sera à charger au lancement de Slic3R par le menu File > Load Config

En pratique, je vous conseille d'utiliser quelques fichiers types avec vos configurations standards adaptées à différents scénarios (3 ou 4 en pratique).

Le mode Expert

Si je vous propose encore plus d'options, ça vous tente ??? Probablement qu'à ce stade, vous me direz « Oh non... Pitié ! »...

Sachez cependant qu'il existe un mode Expert que l'on active via le menu File > Preferences

Au prochain lancement, vous aurez encore plus d'options...

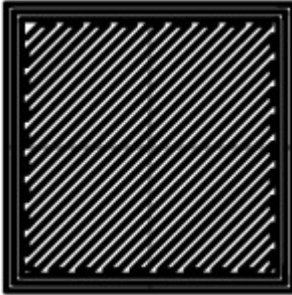
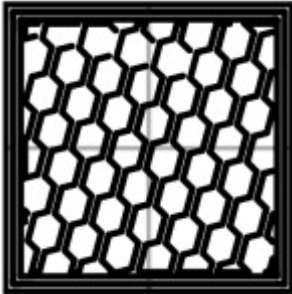
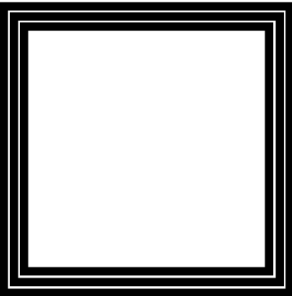
Plus d'infos

Le manuel de Slic3R en ligne est ici : <http://manual.slic3r.org/>

Licence de cet exemplaire accordée à Franck Ourion uniquement pour usage personnel , franck.ourion@univ-lorraine.fr # 7517226

Atelier impression 3D opensource : Générer un G-Code à l'aide du logiciel Slic3R - p. 24/33.

25. En pratique : quelques scénarios types

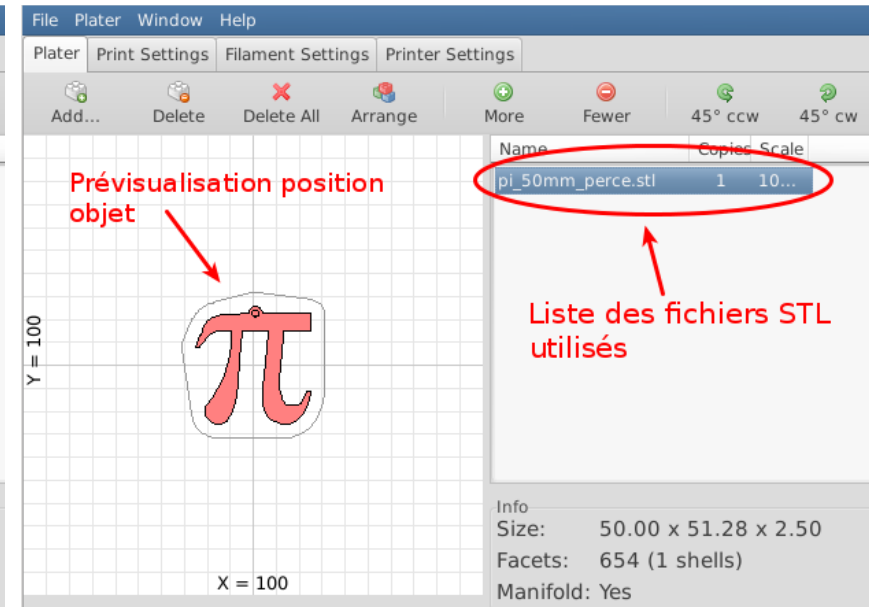
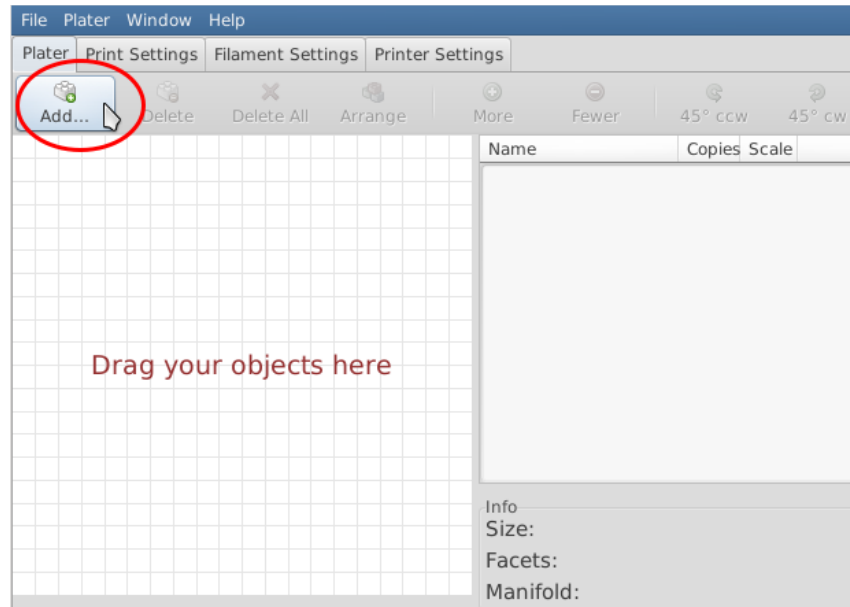
	Taux de remplissage	Géométrie	Résultat
Pièce devant avoir une bonne qualité mécanique	90 %	Rectilinear	
Pièce volumineuse à résistance mécanique satisfaisante	25 %	HoneyComb	
Pièce creuse vide	0 %	---	

Au final, la recherche de l'optimisation de la géométrie utilisée, du taux de remplissage en regard du temps d'impression, de la résistance mécanique souhaitée, etc... offre un champ d'étude et de test tout à fait pertinent. Avis aux amateurs...

26. Slic3R : disposer des objets sur le plateau

A ce stade, nous avons vu comment paramétrer les paramètres d'impression d'une pièce... : en pratique, je le rappelle, vous pourrez vous contenter de charger votre fichier de paramètres préféré/voulu via le menu File > Load Config

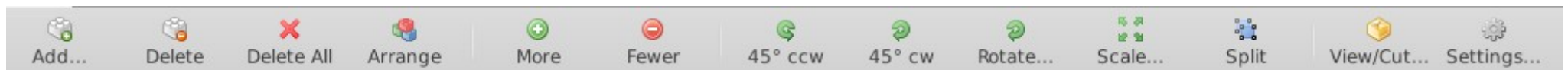
Il est temps à présent de voir comment générer le G-Code d'une pièce donnée en utilisant ces paramètres. A ce stade, les choses sont simples : il suffit de [se placer dans l'onglet Plater](#) et d'[ajouter un objet avec le bouton Add](#) (Attention à ne pas confondre le menu File qui sert à ouvrir un fichier de configuration et le bouton Add qui sert à ajouter un fichier STL au plateau...)



Il est possible ensuite :

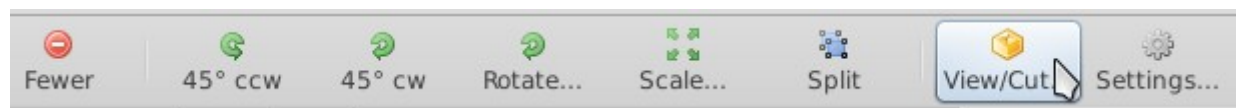
- de déplacer la pièce sur le plateau par simple « glisser/déposer »
- de créer/supprimer des clones d'une pièce donnée
- de réaliser une rotation de la pièce,
- etc...

grâce à la barre de boutons :

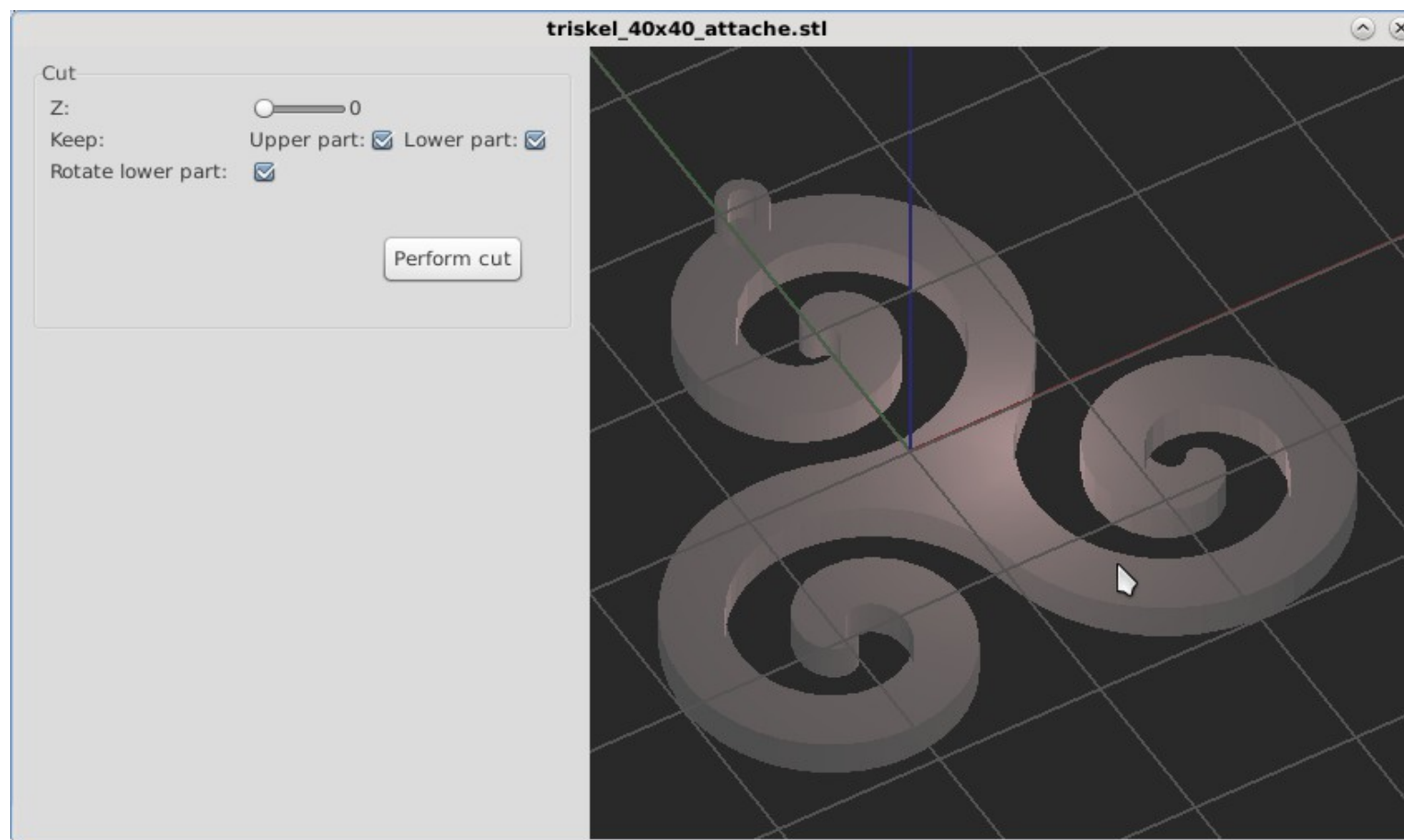


27. Slic3R : visualiser la pièce

Une fois le fichier STL chargé et placé sur le plateau virtuel, il est pratique de le visualiser en 3D : ceci est possible simplement à l'aide du bouton « View » :



Si votre logiciel est correctement installé, la fenêtre de visualisation 3D s'ouvre et vous pouvez vérifier votre pièce 3D :

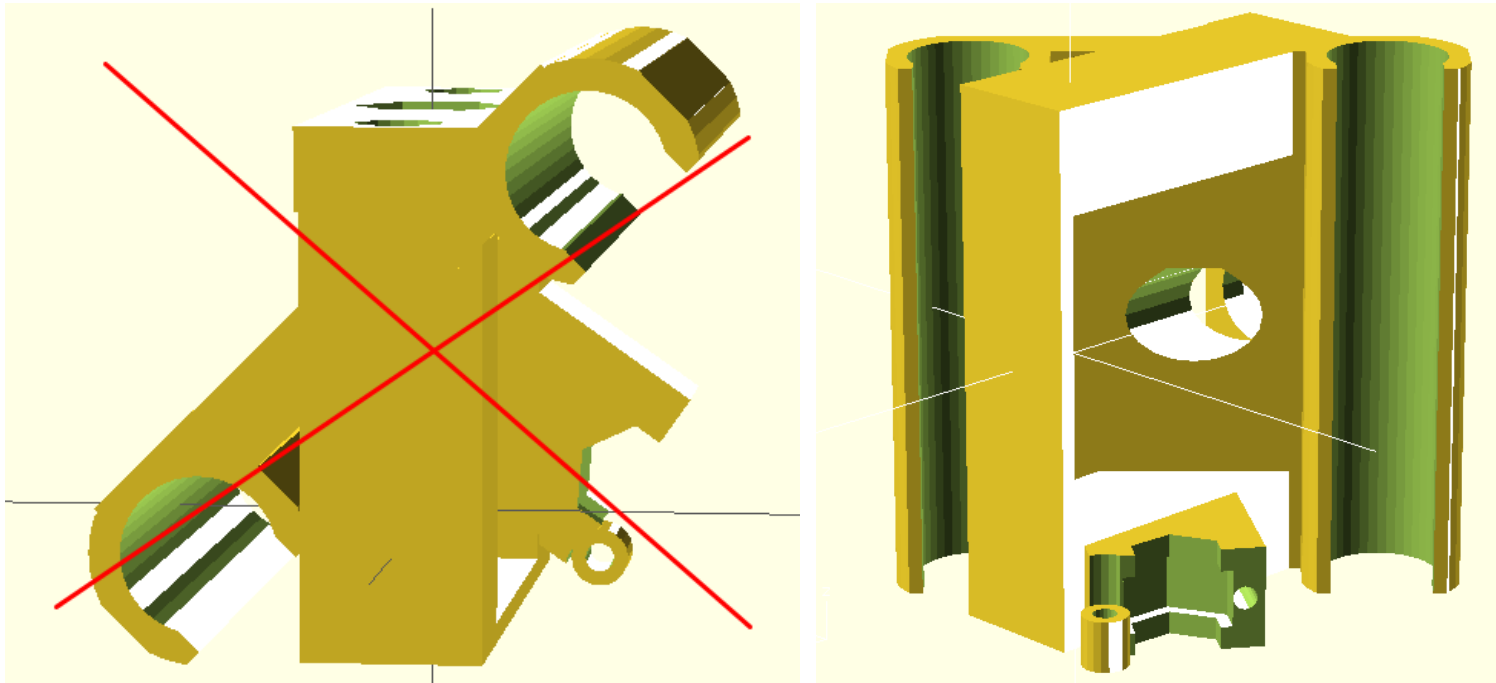


28. Slic3R : important : bien orienter la pièce 3D sur le plateau

Un point important en pratique : il faut « penser » l'impression de la pièce de façon à ce que la pièce soit poser sur le plateau de façon à ce que :

- l'empilement des couches soit possible simplement d'une part
- la contrainte mécanique la plus importante qui sera exercée sur la pièce ne soit pas perpendiculaire à l'empilement des couches

...et parfois, il faut trouver le compromis entre ces 2 critères de décision.



Axe Z vertical. A gauche, impression non réaliste, à droite impression réalisable.

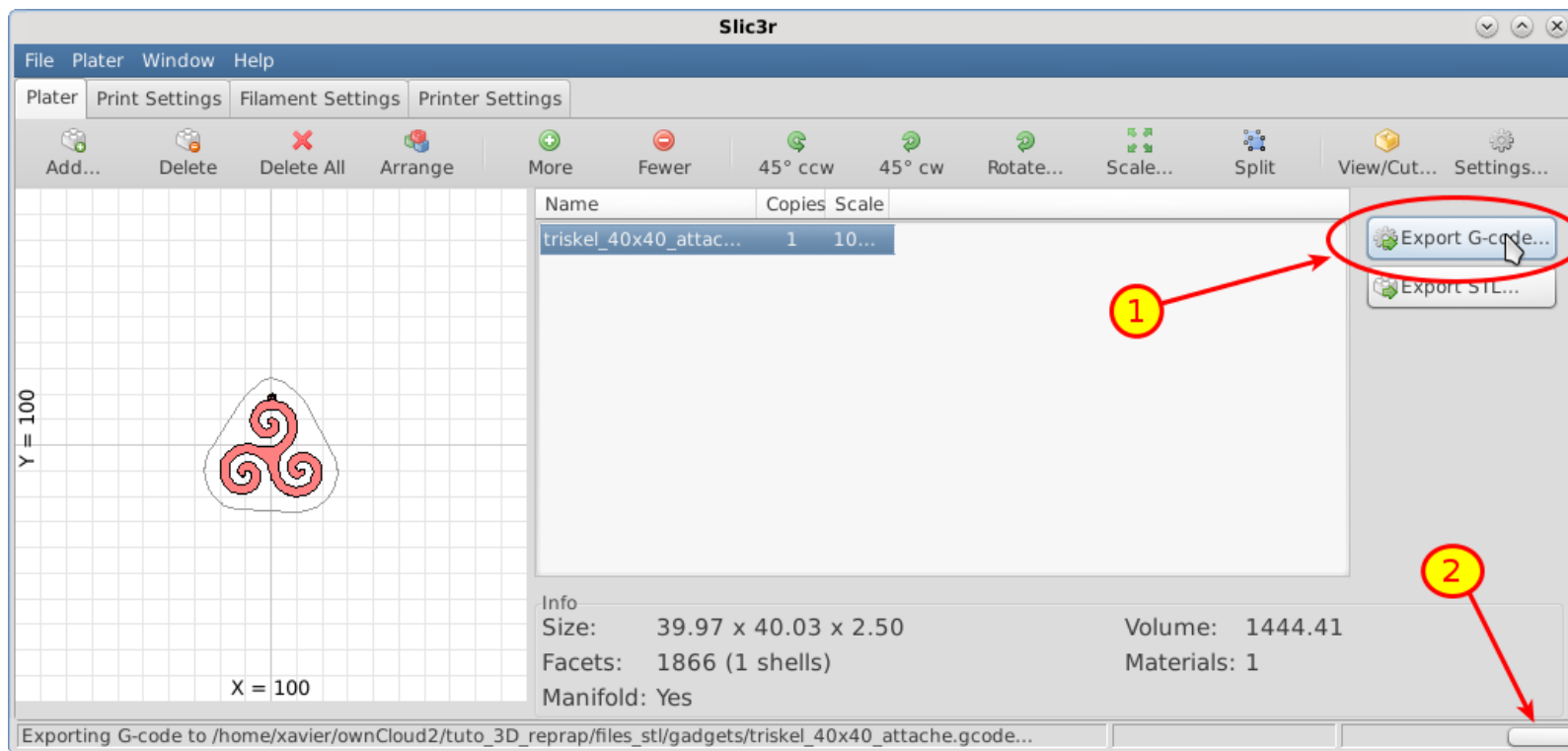
Truc : Si vous disposez d'un STL « tout prêt » : il est facile de le « retourner » dans un logiciel tel que FreeCad

29. Slic3R : procédure de base : générer un fichier de G-Code

Bien, à ce stade, si on se résume :

- on a fixé les paramètres d'imprimante et de filament
- on a fixé les paramètres d'impression :
 - l'épaisseur de couche
 - les « murs » : périmètres et face de sommet/base
 - le taux et la géométrie de remplissage
- on a ouvert un fichier STL que l'on positionné virtuellement sur le plateau de l'imprimante...

Et cette fois, ça y est, on est prêt pour générer le fichier de G-code ! En fait, à ce stade, c'est très simple, il suffit de cliquer sur le bouton « Générer le G-Code » (1), définir l'emplacement du fichier *.gcode et attendre que la barre de progression soit à 100 % (2) :



30. Le résultat final : un fichier de G-Code

Le G-Code

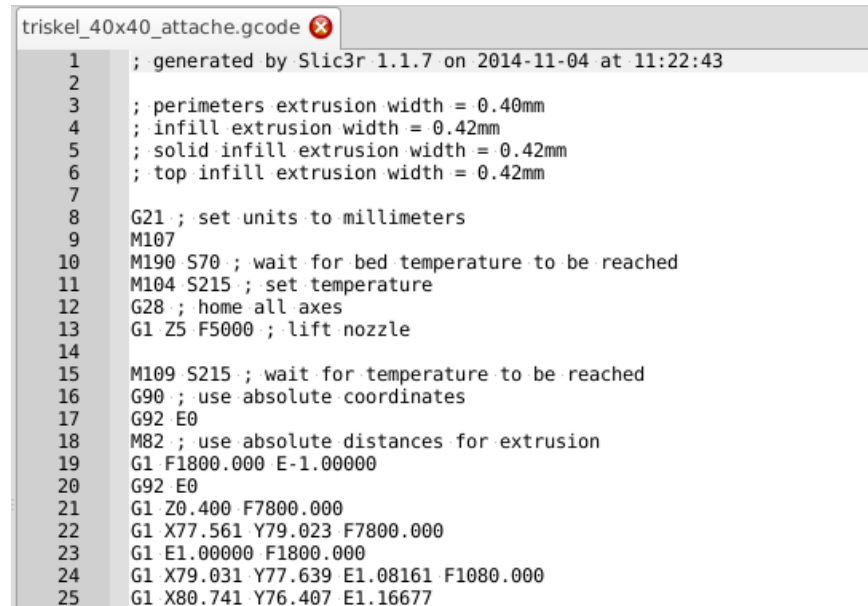
Nous venons de générer un fichier de G-Code : qu'est-ce que cela signifie ?

En fait **le G-Code est un « langage » de programmation pour automates utilisé dans l'industrie** et qui se présente sous la forme d'instructions simples constitués d'un code de la forme GXXX YYYYY où XXX est un nombre et YYYYY une valeur numérique.

Très concrètement, l'imprimante va « décoder » chaque instruction de G-Code et va positionner les différents éléments de l'imprimante en conséquence.

Pour info : Structure d'un fichier de G-Code

De même que le STL, le fichier de G-Code est un fichier texte que l'on peut ouvrir dans un simple éditeur de texte : on y retrouve l'ensemble des instructions générées précédemment :



```
triskel_40x40_attache.gcode
1 ; generated by Slic3r 1.1.7 on 2014-11-04 at 11:22:43
2
3 ; perimeters extrusion width = 0.40mm
4 ; infill extrusion width = 0.42mm
5 ; solid infill extrusion width = 0.42mm
6 ; top infill extrusion width = 0.42mm
7
8 G21 ; set units to millimeters
9 M107
10 M190 S70 ; wait for bed temperature to be reached
11 M104 S215 ; set temperature
12 G28 ; home all axes
13 G1 Z5 F5000 ; lift nozzle
14
15 M109 S215 ; wait for temperature to be reached
16 G90 ; use absolute coordinates
17 G92 E0
18 M82 ; use absolute distances for extrusion
19 G1 F1800.000 E-1.00000
20 G92 E0
21 G1 Z0.400 F7800.000
22 G1 X77.561 Y79.023 F7800.000
23 G1 E1.00000 F1800.000
24 G1 X79.031 Y77.639 E1.08161 F1080.000
25 G1 X80.741 Y76.407 E1.16677
```

Quelques instructions de G-Code

En pratique, vous n'aurez pas besoin d'utiliser directement les instructions de G-Code, sauf pour paramétrer dans Slic3R le G-Code à exécuter avant et après impression, notamment :

M104 S0 ; Eteint la buse chauffante

M140 S0 ; Eteint le plateau chauffant

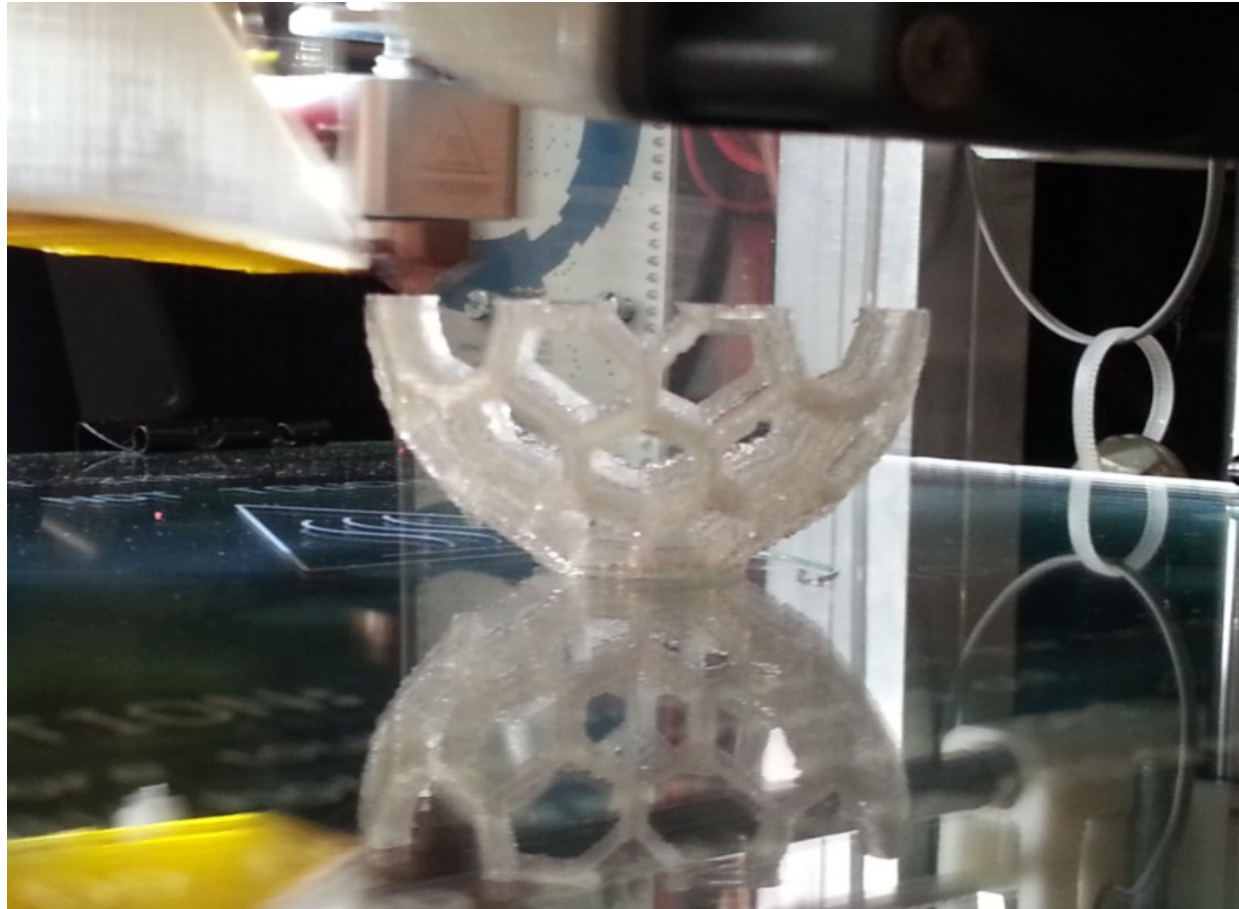
G28 X0 ; Assure le home X

M84 ; Désactive les moteurs

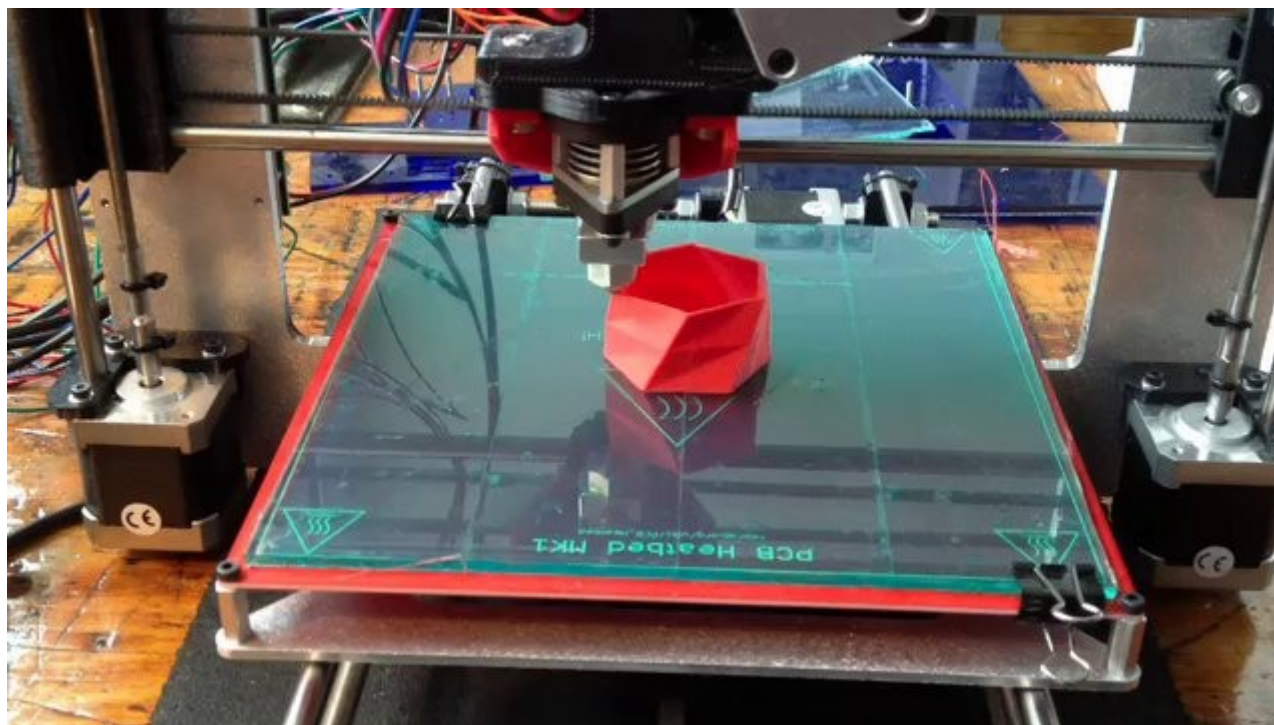
En pratique, la liste des instructions de G-Code reconnue par la machine est fournie dans la documentation du micro-logiciel utilisé.

31. Conclusion : paré pour imprimer votre pièce !

Les outils de paramétrage de l'impression 3D opensource sont des outils utilisant les standards industriels et permettant un niveau de paramétrage de niveau professionnel. Une fois le G-code obtenu, il ne reste plus qu'à imprimer la pièce !



Une impression en cours sur une imprimante opensource et open-hardware !



Une autre impression en cours sur une imprimante Prusa i3 opensource et open-hardware !

Table des matières

Du fichier à la pièce imprimée : Générer un G-Code à l'aide du logiciel Slic3R

Intro : |
Rappel : l'impression 3D à « plastique fondu » : comment ça marche ? |
Rappel : Le point de départ : une imprimante 3D opensource opérationnelle |
Rappel : Les étapes fondamentales de la chaîne logicielle d'impression 3D opensource |
Vue d'ensemble de la chaîne logicielle d'impression 3D opensource « courte » : |
Le point de départ : un fichier au format STL |
Structure d'un fichier STL |
Pour info : Les outils pour visualiser / corriger un fichier STL |
Comment obtenir un fichier *.STL |
Impression 3D opensource : dépôt en ligne de pièces « prêtes à l'emploi » |
Impression 3D opensource : le logiciel générateur de G-Code ou « slicer » |
Pour info : installation du logiciel de conversion d'un fichier *.stl en *.g-code : Slic3r |
Slic3R : l'interface |
Slic3R : les paramètres d'imprimante |
Slic3R : les paramètres de filament |
Slic3R : les paramètres d'impression : pour comprendre |
Slic3R : les paramètres d'impression : l'épaisseur de couche |
Slic3R : les paramètres d'impression : périmètres et faces |
Slic3R : les paramètres d'impression : taux et géométrie de remplissage |
Slic3R : Combiner taux de remplissage et géométrie |
Slic3R : les paramètres d'impression : les vitesses d'impression |
Slic3R : paramètres divers |
Slic3R : synthèse : la fenêtre de réglage des paramètres d'impression |
Slic3R : pour info : bon à savoir |
En pratique : quelques scénarios types |
Slic3R : disposer des objets sur le plateau |
Slic3R : visualiser la pièce |
Slic3R : important : bien orienter la pièce 3D sur le plateau |
Slic3R : procédure de base : générer un fichier de G-Code |
Le résultat final : un fichier de G-Code |
Conclusion : paré pour imprimer votre pièce ! |