

## **Conversion d'une fraiseuse CNC en imprimante 3D.**

Version 1.2 06/01/2013



Auteur : Christophe Courché / CncFraises.fr

Contributeurs (merci !) :

- Daniel C.
- Philippe C.

**Cette petite documentation permet de présenter le matériel, le logiciel et quelques astuces pour transformer une fraiseuse CNC en une imprimante 3D.**

Elle pourra être aussi utile à ceux qui souhaitent utiliser une électronique de commande non spécifique à l'impression 3D pour piloter leur machine.

La licence de diffusion de ce logiciel est : **Creative Common CC BY-NC 3.0.**



Vous êtes libres de partager, reproduire, distribuer, communiquer et modifier l'œuvre selon les conditions suivantes :

- vous devez attribuer l'œuvre de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous soutiennent ou approuvent votre utilisation de l'œuvre).
- vous n'avez pas le droit d'utiliser cette œuvre à des fins commerciales.

**Les éléments présents dans cette documentation sont donnés à titre informatif et ne garantissent pas le résultat final de la transformation de votre matériel en une imprimante 3D ainsi que les pièces que vous pourriez créer.**

## SOMMAIRE

<b>1. PRE-REQUIS.....</b>	<b>3</b>
<b>2. L'IMPRESSION 3D : .....</b>	<b>3</b>
2.1. PRINCIPE DE BASE .....	3
<b>3. LE MATERIEL .....</b>	<b>3</b>
3.1. L'EXTRUDEUR.....	3
3.2. LA BUSE.....	4
3.3. LA REGULATION DE TEMPERATURE.....	5
3.3.1. Régulateur industriel.....	5
3.3.2. Régulateur CncFraises.....	6
3.4. LA MATIERE PREMIERE.....	6
3.4.1. PLA.....	6
3.4.2. ABS.....	7
3.4.3. Diamètres.....	7
<b>4. MODIFICATION DE LA FRAISEUSE .....</b>	<b>7</b>
4.1. INSTALLATION DE L'EXTRUDEUSE.....	8
4.2. ENVIRONNEMENT D'EXTRUSION.....	9
4.2.1. Martyr.....	9
4.2.2. Réglages de la fraiseuse.....	9
<b>5. LES LOGICIELS.....</b>	<b>10</b>
5.1. CONFIGURATION DE L'EXTRUDEUSE.....	10
5.2. INSTALLATION DE SLIC3R.....	11
5.3. CONFIGURATION DE BASE SLIC3R.....	11
<b>6. PREMIERE IMPRESSION.....</b>	<b>16</b>
6.1. GENERATION DU GCODE.....	16
6.2. C'EST PARTI.....	17
<b>7. AMELIORATIONS.....</b>	<b>17</b>
7.1. GEOMETRIE GENERALE.....	17
7.2. RETRACTION .....	18
7.3. VITESSE D'IMPRESSION.....	19
7.4. QUALITE D'IMPRESSION .....	19
7.5. TAUX DE REMPLISSAGE .....	20
<b>8. LES PLUS, LES MOINS.....</b>	<b>21</b>
<b>9. CONCLUSION.....</b>	<b>21</b>
<b>10. ANNEXES .....</b>	<b>22</b>
10.1. LIENS INTERESSANTS.....	22
10.1.1. Transformation fraiseuses en imprimante 3D :.....	22
10.1.2. Sites (incontournables) sur l'impression 3D :.....	22

## 1. Pré-requis

Vous possédez une fraiseuse CNC, elle est parfaitement au point et vous maîtrisez tous les éléments techniques pour exploiter votre machine.

Vous maîtrisez les logiciels permettant de transformer un dessin (CAO 2D/3D) en un fichier compatible avec votre fraiseuse (G-code).

## 2. L'impression 3D :

### 2.1. Principe de base

Contrairement au fraisage où le principe de base est l'enlèvement de matière grâce à des outils coupants adaptés à la matière à fraiser, l'impression 3D (terme commun généralement employé) est basée sur la superposition de couches successives de matière. Les matières utilisées sont généralement les matières plastiques, mais l'utilisation de matières comestibles (chocolat, pâtes) font aussi partie des nombreuses possibilités possibles à ce jour.

Si on utilise du plastique, le dépôt de la matière est assuré par une buse chauffée qui amène le plastique à sa température de fusion, le débit étant géré par un « extrudeur ». L'extrudeur entraîne et « pousse » la matière première dans la buse chauffée. L'ensemble sera nommé « extrudeuse ».

La vulgarisation de « l'impression 3D » est apparue avec le mouvement Open Source « RepRap » initié par le professeur **Adrian Bowyer**.

Pour découvrir le projet RepRap, je vous invite à visiter le wiki officiel : <http://reprap.org>

Le projet Reprap est basé sur une machine, « l'imprimante » qui n'est ni plus, ni moins qu'une machine 4 axes, dont la mécanique est simplifiée au maximum (coûts, poids, simplicité) comportant de nombreuses astuces. L'idée est de piloter en X, Y, Z, l'extrudeuse au-dessus d'une surface pour déposer des minces couches de matière pour au final obtenir un objet volumique.

## 3. Le matériel

Je m'attarderai uniquement sur le matériel strictement nécessaire à la transformation d'une fraiseuse numérique en imprimante 3D. La présentation du matériel sera donc « limité » à l'extrudeuse.

### 3.1. L'extrudeur

L'extrudeur est le système mécanique qui permet d'entraîner et pousser la matière première vers une buse chauffée. La matière première est communément du jonc de plastique d'un diamètre de 3 mm ou 1.75 mm.

L'extrudeur devra donc pouvoir entraîner mécaniquement la matière vers la buse, l'entraînement devra être asservi (piloté) pour réguler le flux de matière.

L'extrudeur est généralement composé d'un arbre cannelé, le jonc sera emprisonné entre cet arbre et un roulement qui assurera une pression suffisante pour que ce jonc ne puisse pas ripper lorsqu'il sera poussé dans la buse.

L'axe cannelé est asservi à un moteur pas à pas via une réduction, permettant d'augmenter le couple et la précision.

Il est tout à fait possible de réaliser soi-même l'extrudeur, le système est relativement simple, l'Internet sera une bonne source d'inspiration. Cependant, dans le but de simplifier au maximum et de mettre toutes les chances de réussite de mon côté, j'ai utilisé un modèle d'extrudeur mis au point par un « RepRappeur », ce modèle est devenu une référence, il s'agit du « Greg's Wade reloaded » créé par Jonas Kühling (voir <http://www.thingiverse.com/thing:18379>).



Cet extrudeur est prévu pour être « imprimé ». Il est disponible un peu partout, vous trouverez un kit complet sur le site CncFraises.fr, par exemple.

L'avantage de cet extrudeur est qu'il est simple et parfaitement au point, il suffit de monter un moteur pas à pas type Nema17 et tout est (déjà) prêt. Cet extrudeur est tellement employé que la grande majorité des buses commerciales se montent instantanément dessus.

La mise en œuvre est simple, il suffit de détendre les ressorts de pression, insérer le jonc plastique, engager le jonc sur l'axe cannelé et resserrer les ressorts pour assurer suffisamment de pression sur le jonc plastique pour qu'il ne glisse pas sur l'axe cannelé et soit parfaitement entraîné.

Le réglage de l'extrudeur sera abordé plus tard.

### 3.2. La buse

La buse doit assurer la fonte de la matière première et le dépôt de la matière sur l'objet à imprimer. Cette petite pièce est assez technique, la température à atteindre pour faire fondre le plastique est importante (plus de 230° pour certains plastiques), la chaleur ne doit pas se propager sur le corps de la buse, uniquement à son extrémité, sinon les pièces de l'extrudeur risquent de monter en température, le jonc risque de se ramollir dans la partie supérieure de la buse et de l'extrudeur, il sera alors impossible de « piloter » correctement le débit d'écoulement (flow) de plastique et le mécanisme risque de ne plus fonctionner.

Il y a eu beaucoup de tentatives pour arriver à une buse performante, trois grandes tendances se distinguent :

- Les buses avec refroidissement forcées : un petit radiateur + ventilateur sont placés entre l'extrémité de la buse et le corps de l'extrudeur, à la manière d'un processeur de PC.
- Les buses dont le corps est composé d'un plastique spécifique qui résiste et limite la propagation de la chaleur (plastique thermostable) comme le Peek (Polyétheréthercétone).
- Les buses dont le corps sont composées d'inox, l'inox semble un alliage intéressant pour limiter la propagation de la chaleur.

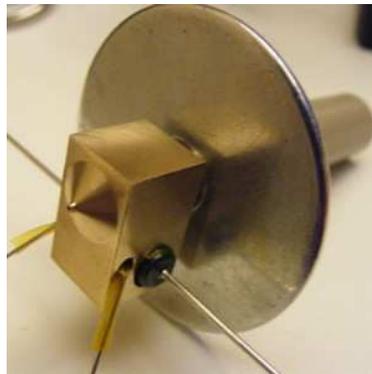
L'extrémité de la buse possède un alésage d'un diamètre de 0.5 mm (en général). L'extrémité sera pourvue d'un élément chauffant et d'une sonde de température.

La chauffe de la buse est confiée à une résistance vitrifiée ou à des cartouches céramiques.

La résistance vitrifiée doit être de qualité, la marque « Sfernice » est un gage de sérieux. La résistance est alimentée par une tension continue de 12V, sa consommation sera d'un peu moins de 2 A.

La sonde de température utilisée sera dépendante du système de régulation de température choisi (voir paragraphe correspondant), généralement la sonde sera une thermistance ou un thermocouple (PT100, sonde K, ...).

Comme tous les éléments de la « Reprap » il est tout à fait possible de fabriquer soi-même sa buse, là encore pour arriver à un bon résultat, il faut être parfaitement outillé (tour à métaux) et avoir accès à des matériaux qui sont difficiles à usiner ou onéreux (inox, peek, ...).



Vous trouverez une buse complète en kit sur le site CncFraises, cette buse vous permettra d'obtenir immédiatement de très bons résultats en toute simplicité.

### 3.3. La régulation de température

La température doit être régulée pour que la fonte de la matière première soit constante tout au long de l'impression.

Lorsqu'on utilise une imprimante 3D dédiée, l'électronique « spécifique » est généralement dotée du système de régulation de la température. Il y a d'ailleurs deux températures à réguler, la température de la buse, et éventuellement la température du « lit chauffant » (hotbed).

Lorsqu'on souhaite transformer sa fraiseuse CNC en imprimante 3D, on utilisera son système électronique natif, il faut donc avoir recours à une régulation de température externe.

La régulation peut être obtenue grâce à des régulateurs industriels ou via un montage électronique dédié.

#### 3.3.1. Régulateur industriel

Ces régulateurs sont utilisés dans l'industrie pour réguler en température toutes sortes de matériels (fours, chaudières, ...). Ils sont généralement autonomes (se branchent sur le 220V), possèdent un afficheur pour réaliser le paramétrage et visualiser les données de base. La température étant relevée via des thermocouples type sonde PT100.

En sortie, ils sont équipés (suivant les modèles) d'un relais ou d'une sortie T.O.R (Tout Ou Rien), permettant de piloter (par exemple) un relais statique de puissance (SSR).



Si l'on choisit un modèle qui possède un relais, on sélectionnera un relais capable de supporter au moins 10A continu, car la consommation de la résistance de chauffe est « faible » : 2A, le lit chauffant, par contre, peut consommer un peu plus de 10A au démarrage !

Ces modules sont très performants, leur utilisation (programmation, étalonnage) peut être un peu compliqué, surtout si la source d'approvisionnement est asiatique, la documentation est généralement assez compacte et d'une traduction moyenne. En contre partie, on obtient une très bonne régulation.

### 3.3.2. Régulateur CncFraises

Si vous savez utiliser un fer à souder, vous pourriez être intéressé par réaliser vous-même votre double régulateur de température. En effet, pour réduire les coûts, mais aussi par passion, j'ai conçu un petit module basé sur l'Arduino. Ce module reprend les principes de la régulation de température que l'on trouve sur les cartes dédiés au pilotage des imprimantes « RepRap ».

Le circuit imprimé de ce module peut être réalisé par fraisage, le coût de réalisation est bas. Pour éviter les problèmes de programmation d'un microcontrôleur, j'ai choisi d'utiliser comme cœur du montage, un arduino Nano, la programmation du module sera facilitée par la présence sur port USB.

Le système permet donc de réguler la température de la buse et d'un éventuel « lit chauffant ». Un écran LCD (optionnel) permet de visualiser les consignes de régulation programmée et les températures relevées.

Si vous utilisez une buse CncFraises avec les éléments fournis (résistance de chauffe et thermistance), il n'y aura aucun réglage à faire, sinon, le programme est fourni (open source) ainsi qu'un logiciel pour visualiser / régler les paramètres de l'asservissement (PID).

## 3.4. La matière première

Il existe beaucoup de matière que l'on peut extruder avec une imprimante, la matière la plus commune est l'extrusion de plastique.

Deux types de plastique sont généralement utilisés, le PLA ou l'ABS.  
La matière est livrée sous la forme de jonc, enroulé sur une bobine ou en couronne.

### 3.4.1. PLA

Définition Wikipédia :

L'**acide polylactique** (anglais : *polylactic acid*, abrégé en PLA) est un polymère entièrement biodégradable utilisé dans l'emballage alimentaire (œufs, eau minérale, fruits et légumes, ...), pour remplacer les sacs et cabas en plastique jusqu'ici distribués dans les commerces, ou dans la fabrication de très nombreux objets injectés, extrudés ou thermoformés. Il est utilisé également en

chirurgie où les sutures sont réalisées avec des polymères biodégradables qui sont décomposés par réaction avec l'eau ou sous l'action d'enzymes.

Le PLA peut être obtenu à partir d'amidon de maïs, ce qui en fait la première alternative naturelle au polyéthylène (le terme de bioplastique est utilisé). En effet, l'acide polylactique est un produit résultant de la fermentation des sucres ou de l'amidon sous l'effet de bactéries synthétisant l'acide lactique. Dans un second temps, l'acide lactique est polymérisé par un nouveau procédé de fermentation, pour devenir de l'acide polylactique.

Pour l'impression 3D, les avantages du PLA sont :

- Température d'extrusion assez basse (à partir de 180°)
- Fumées non nocives
- Odeur à l'extrusion « agréable »
- Biodégradable

Ses défauts :

- Cher (le vrai PLA est cher, son prix peut fortement varier (évolution du prix du maïs sur les marchés)
- Plus fragile que l'ABS dans le temps

### 3.4.2. ABS

Définition Wikipédia :

L'**acrylonitrile butadiène styrène** ou **ABS** est un polymère thermoplastique employé par l'industrie pour des produits présentant une bonne tenue aux chocs, relativement rigides, légers et moulés.

Pour l'impression 3D, les avantages de l'ABS sont :

- Pièces imprimées rigides, légères et résistantes

Ses défauts :

- Lors de l'extrusion, la fumée dégagée est toxique, elle contient entre autre du styrène (matière classée cancérigène depuis 2011)
- Fumées irritantes pour les yeux et les voies respiratoires
- Température d'extrusion élevée

### 3.4.3. Diamètres

Le PLA et l'ABS sont généralement disponibles sous la forme d'un jonc, deux diamètres sont disponibles, le « 3 mm » (2.85 mm en général mesuré) et le 1.75 mm.

Le 1.75 mm est apparu avec le système « Bowden », l'extrudeur et la buse sont dissociées, seule la buse est en mouvement, le jonc est guidé et poussé dans un long tube en PTFE. Cette technique permet de limiter le poids sur les axes et donc de limiter le « balourd » et donc théoriquement d'augmenter la vitesse d'impression.

Le jonc de 1.75 permet aussi de mieux passer dans des buses dont le diamètre d'extrusion est inférieur ou égal à 0.35 mm, les efforts pour pousser la matière sont réduits, le débit doit cependant être augmenté. Tout est affaire de compromis.

Le 1.75 mm est par contre plus difficile à produire, surtout en ABS, la tenue du diamètre semble délicate à garantir au niveau du processus industriel.

Le 3 mm reste un bon standard.

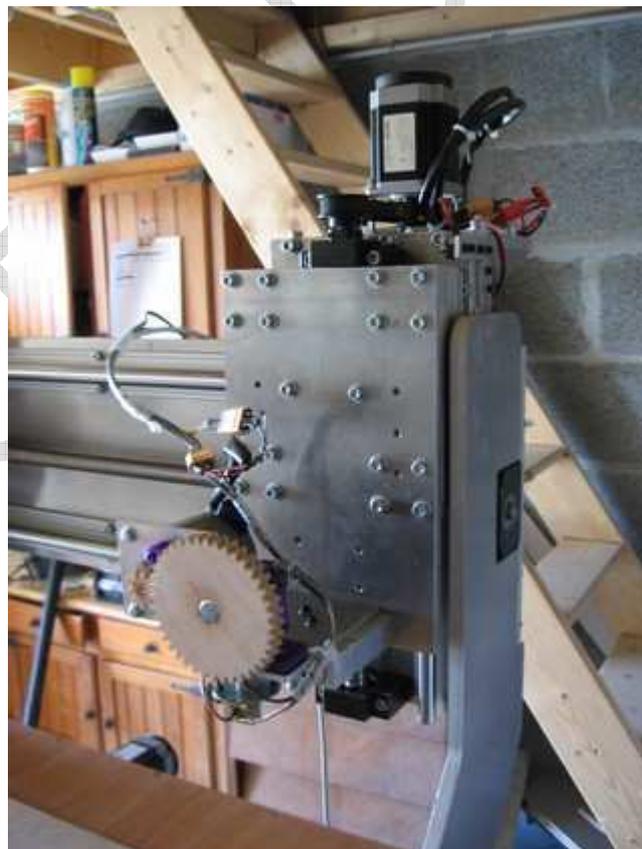
## 4. Modification de la fraiseuse

## 4.1. Installation de l'extrudeuse

L'idée de base est d'installer l'extrudeuse (couple extrudeur + buse) à la place du moteur de broche de la fraiseuse numérique.

On essaiera de trouver une solution pour que la transformation soit la plus rapide et réversible possible.

Possédant une broche de type Kress, j'ai fabriqué un petit support pour l'extrudeuse, ce support est équipé d'un morceau de bois usiné comme la tête de la Kress, il est alors possible de passer du fraisage à l'extrusion et vice versa en quelques minutes.



## 4.2. Environnement d'extrusion

### 4.2.1. Martyr

Il sera judicieux de réserver sur le brut de votre fraiseuse une zone identifiée sur laquelle vous pourrez installer un martyr rectifié, la planéité est l'une des clés de la réussite d'une bonne impression.

Si vous n'utilisez pas un lit chauffant, vous pourrez utiliser, par exemple une vitre (4 mm simple) coupée aux dimensions de votre choix. Cette vitre sera fixée sur votre martyr rectifié.

Pour faciliter l'extraction de la pièce imprimée, cette vitre pourra être éventuellement recouverte de scotch résistant aux hautes températures, type « Kapton ».

Si vous utilisez un lit chauffant, ce lit devra être installé sur un martyr mais ne pas être au contact, la température atteinte par le lit chauffant pouvant être élevée, tout contact avec une matière inflammable est à proscrire.

Le lit chauffant « RepRap » est équipé de 4 trous de fixation (voir un trou supplémentaire au centre sur les modèles les plus récents), un système avec ressort de pression permettra s'isoler du martyr le lit chauffant et facilitera le réglage de planéité du lit chauffant.

Un miroir (simple) découpé aux cotes intérieures du lit chauffant pourra être fixé par un système de pince (pinces de bureau). Le miroir assurera une bonne conductivité thermique et facilitera l'extraction des pièces imprimées sans habiller le lit chauffant (simple circuit imprimé recouvert d'un verni, donc fragile).

### 4.2.2. Réglages de la fraiseuse

Sans aborder pour le moment la partie logicielle, il est important de déterminer la manière dont vous aborderez l'usinage et ne pas oublier quelques bases sans lesquelles vous risquerez d'abîmer une pièce fraîchement imprimée ou endommager l'extrudeuse.

#### 4.1.2.1 **Dégagements**

Que vous usiez, enfin « imprimer » en OM (Origine Machine) ou OP (Origine pièce), il faut impérativement que votre buse ne rentre pas en collision à la fin de l'usinage (ou après un arrêt d'urgence). Il faut configurer votre logiciel de pilotage pour fixer un « point de dégagement » le plus « haut » possible et que la séquence de fin d'usinage soit toujours composée de la remontée de l'axe Z (votre extrudeuse) suivie ensuite du déplacement des axes X et Y.

#### 4.2.2.1 **Optimisations configuration**

Dans certains cas, vous pourrez aussi changer le profil de configuration de vos axes, en effet, votre fraiseuse n'aura aucun effort à fournir pour rentrer en matière, vous pourrez certainement optimiser les paramètres de votre fraiseuse pour obtenir une avance maximale (réglages des vitesses maximums, rampes, seuil de démarrage), sans perte de pas bien entendu !

#### 4.3.2.1 **Courant de service**

Contrairement à un usinage où le couple max des moteurs sera recherché pour fraiser certains matériaux, l'impression 3D ne réclame pas énormément de couple, uniquement le couple nécessaire au déplacement des axes sans perte de pas et assurer une vitesse de déplacement maximale.

Il sera peut-être judicieux de réduire le courant de travail dans les bobines pour ne pas faire chauffer les moteurs inutilement, sachant qu'une impression 3D est généralement beaucoup longue qu'un fraisage traditionnel.

#### 4.4.2.1 **Courant de repos**

Les axes X, Y et A seront largement sollicités durant l'impression d'une pièce. L'axe Z sera peu sollicité, il devra « remonter » l'extrudeuse de quelques dixièmes de millimètres entre chaque couche.

Soyez attentif à la configuration de votre axe Z, sur certaines configurations, un courant de repos est utilisé pour réduire la chauffe des moteurs après une période d'inactivité, vérifiez bien que cela n'occasionne pas de perte de pas lorsque l'axe Z doit sortir de son « sommeil ».

## 5. Les logiciels

Il existe un nombre important de logiciels permettant de transformer une pièce volumique en un fichier compatible avec une imprimante 3D traditionnelle.

Dans le cadre d'utilisation d'une fraiseuse numérique en impression 3D, il faut s'assurer que le logiciel choisi pourra générer un fichier Gcode le plus standard possible pour que le logiciel de pilotage puisse le « digérer » sans mal, ce n'est pas le cas de tous les logiciels de conversion actuellement disponibles.

Après plusieurs essais, plus ou moins simples et/ou fructueux, j'ai sélectionné Slic3r. Slic3r est un slicer, dont la traduction stricte en Français est « trancheur », ce « trancheur » va donc découper en « tranches, ou « couches » l'objet que l'on aura choisi d'imprimer.

Il faut s'assurer que le « slicer » puisse générer du Gcode standard, du Gcode compatible avec un logiciel de pilotage traditionnel sur nos fraiseuses numériques. Slic3r génère du Gcode standard et permet même d'ajouter du Gcode « personnel » en cas de besoin.

Comme tous les « slicer », Slic3r possède une foultitude de paramètres, comme la hauteur de la « tranche » mais aussi le débit de matière qui sera utilisé, les algorithmes de remplissage, les optimisations des déplacements, les « ponts », le refroidissement, etc.

Pour les premières impressions, tous les paramètres standard seront utilisés, ils doivent permettre d'imprimer une pièce, les optimisations suivront par la suite avec l'expérience.

Slic3r possède un mode « wizard » qui vous pose les questions de base comme le diamètre de votre jonc, le diamètre de votre buse, ... C'est Slic3r qui déterminera « au mieux » tous les autres paramètres, il ne restera plus qu'à choisir un fichier volumique (STL) et lancer la conversion Gcode.

Mais avant de passer à l'installation du Slic3r et de lancer la première impression, il reste une étape très importante, la configuration de l'extrudeuse.

### 5.1. Configuration de l'extrudeuse

Nous avons vu dans la partie matérielle tous les éléments nécessaires pour obtenir une extrudeuse (extrudeur + buse).

Le moteur pas à pas de l'extrudeuse est connecté sur l'axe A.

Il est généralement possible de configurer l'axe A de deux manières, soit en mm soit en rotation (°). Avec le logiciel de conversion choisi pour ce dossier (Slic3r), la configuration de l'axe A doit être en « mm ».

Ensuite, il faut configurer l'axe A dans votre logiciel de pilotage, c.a.d le nombre de pas à envoyer au moteur pour que le jonc avance bien de 1 mm dans l'extrudeuse lorsqu'on demande à l'axe A de ce déplacer de 1 mm. **Ce réglage est déterminant pour la réussite de l'impression 3D.**

Suivant l'extrudeur que vous aurez choisi, son rapport de réduction et votre moteur pas à pas, le diamètre de l'axe cannelé, etc, le paramètre à configurer dans votre logiciel peut être très différent d'une configuration à l'autre.

Il faut donc déterminer de combien de pas il faut avancer pour que votre jonc avance de 1 mm dans l'extrudeur.

Le paramètre de base peut être déterminé par l'approximation suivante :

Rapport de réduction de l'extrudeur CncFraise = 1:4,3 (10 dents au moteur, 43 dents sur l'axe cannelé).

Diamètre de l'axe cannelé = diamètre de la vis = 8 mm (par simplification).

Distance parcourue du jonc pour 1 tour de vis = diamètre (8 mm) \* Pi = 25,13 mm

L'extrudeur possède une réduction de 1:4,3, donc 1 tour de l'axe cannelé représente 4,3 tours de moteur.

1 tour moteur correspond à une avance de  $25,13/(4,3) = 5.84\text{mm}$ .

1 tour moteur = 200 pas, donc 1 pas représente une avance de 0.0292mm

Je suis en 16<sup>ème</sup> de pas, la valeur à entrer dans mon logiciel est donc  $0.0292/16 = \mathbf{0.0018}$

Avec cette première approximation, il va falloir procéder à une vérification, pour cela ; j'utilise un pied à coulisse placé sur la « tête » de l'extrudeur, je me débrouille pour que le jonc entraîne la partie mobile de mon pied à coulisse.

Dans le logiciel de pilotage de la fraiseuse, je demande à l'axe A de se déplacer de 10 mm par exemple, et je lis la mesure sur le pied à coulisse. L'objectif est de modifier (si nécessaire) la valeur de l'avance par pas pour obtenir une avance réelle de 10 mm de jonc.

**Cette procédure est un peu longue, mais finalement simple et elle est déterminante pour obtenir une impression correcte.**

## 5.2. Installation de Slic3r

Télécharger la version de Slic3r correspondant à votre matériel et OS (Windows, Linux, MacOS) sur le site officiel : <http://slic3r.org/>

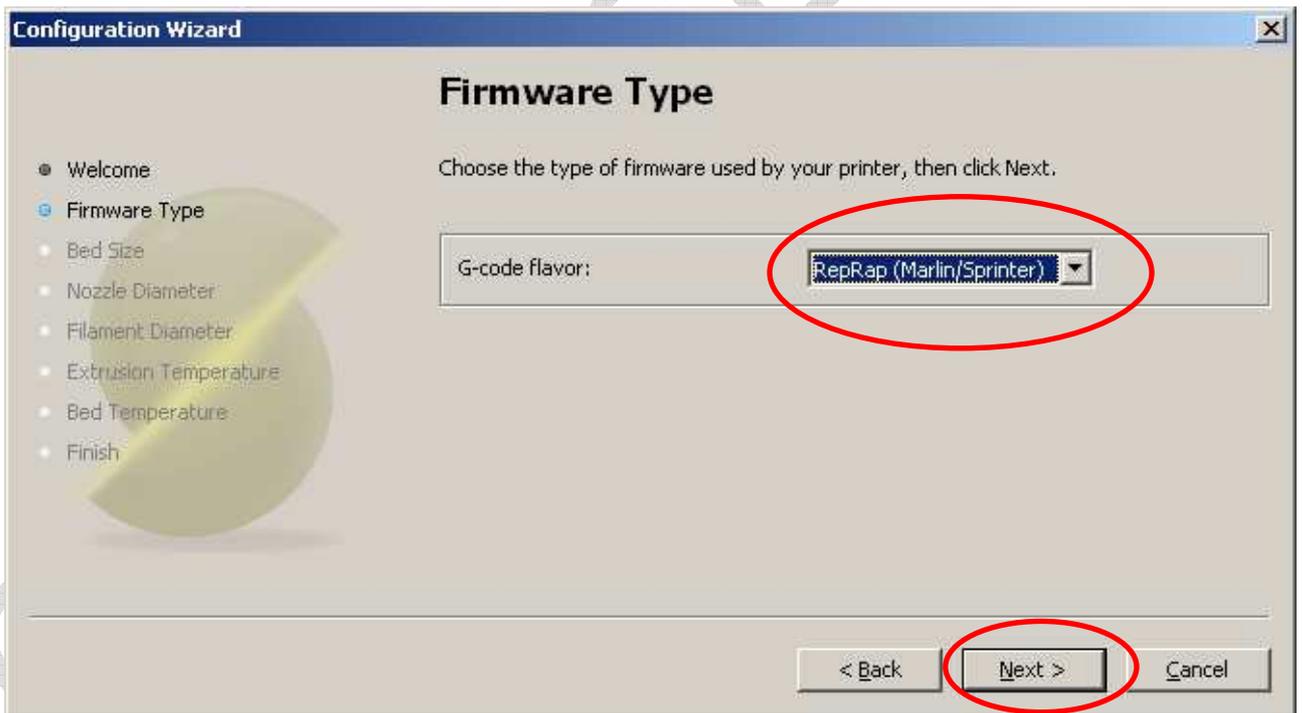
Sous Windows, Slic3r est un logiciel autonome, il suffit de le décompacter dans le répertoire que vous souhaitez (même une clé Usb...) et lancer l'exécutable (slic3r.exe).

## 5.3. Configuration de base Slic3r

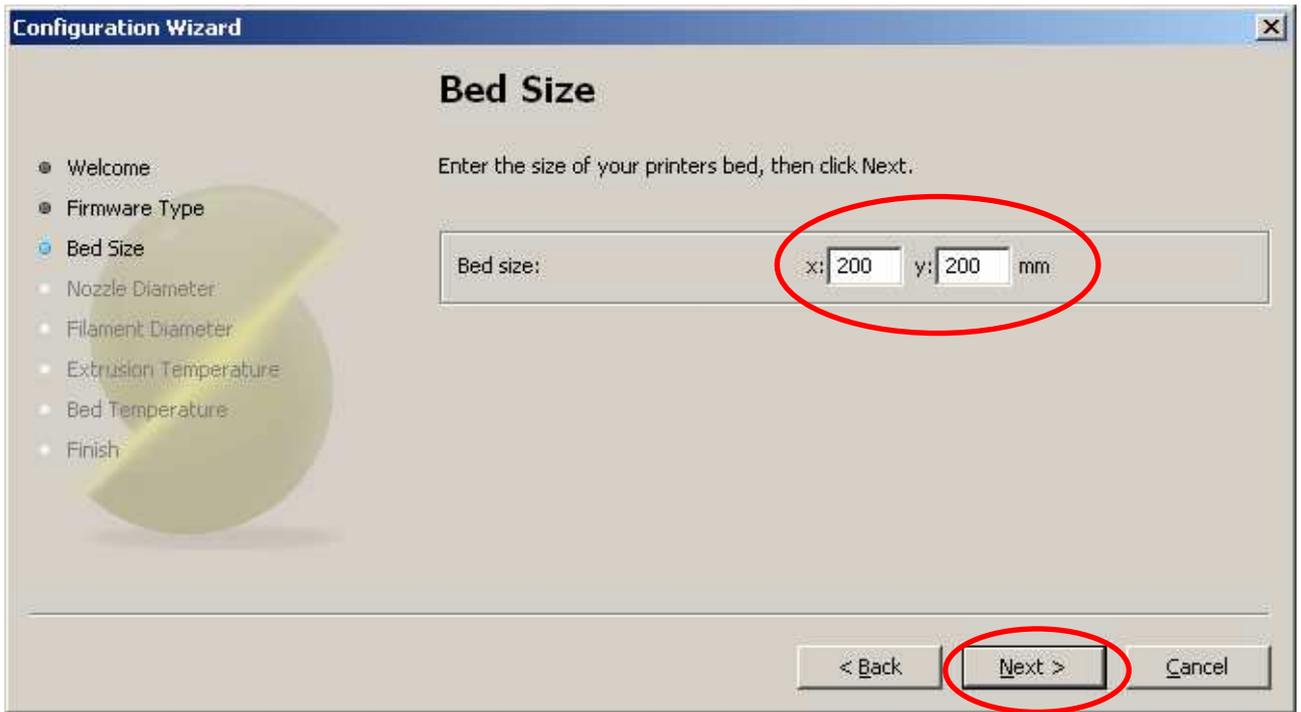
Au premier démarrage de Slic3r, le configurateur « rapide » va s'ouvrir immédiatement, sinon il est accessible dans le menu « Help / Configuration Wizard ».



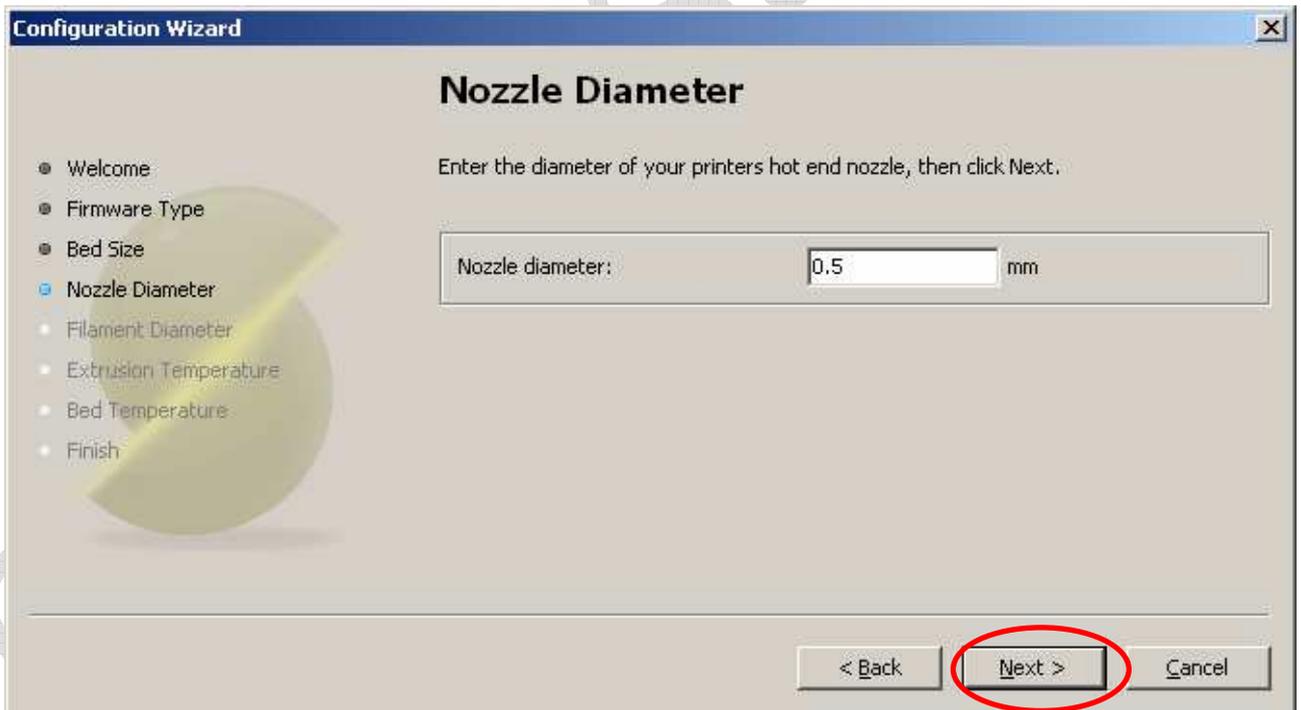
Cliquez sur « Next »



Slic3r vous demande quel type de « Firmware » vous avez, dans notre cas, nous n'utilisons pas un Firmware dédié, mais nous souhaitons la génération de Gcode « standard », pour cela, il faut sélectionner « **Mach3/EMC** » dans la liste déroulante G-code flavor. Puis cliquez sur « Next ».



Saisir la taille de votre zone de travail ou la taille de votre lit chauffant, si vous en avez un. Cliquez sur « Next ».



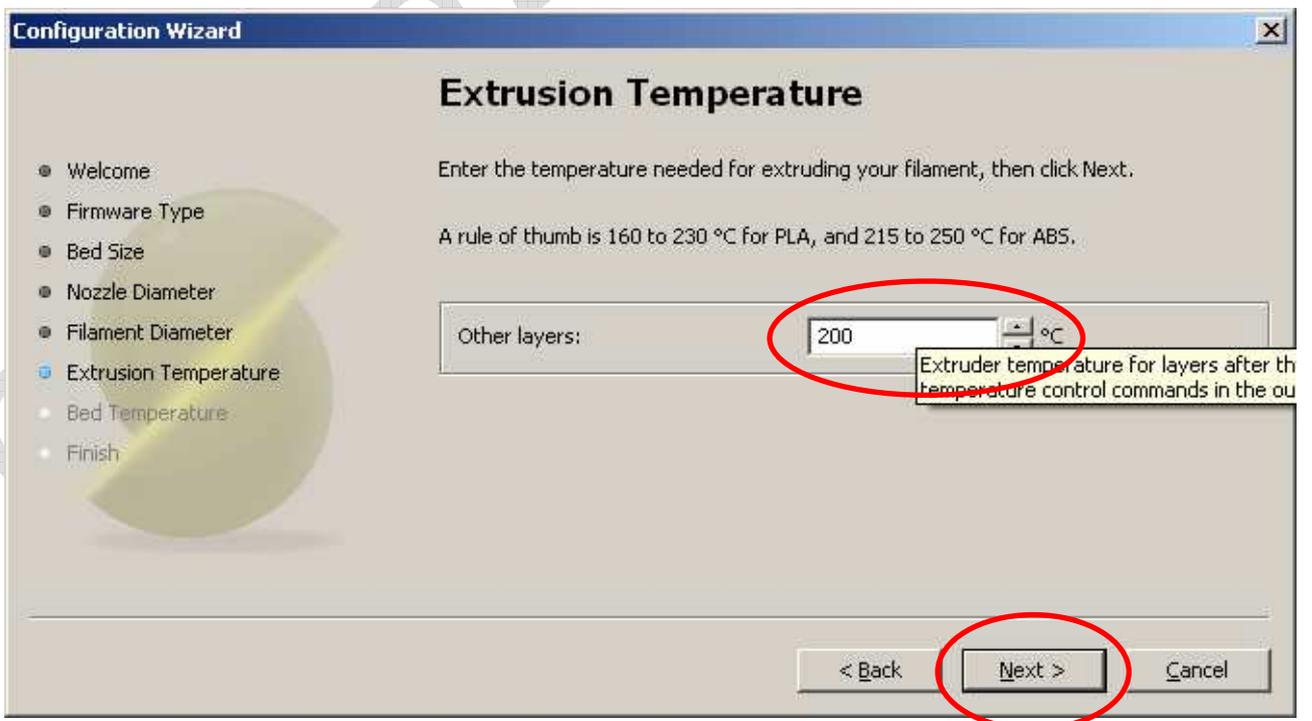
Saisir le diamètre de votre buse d'extrusion.  
Avec une buse CncFraises, le paramètre standard (0.5 mm) est déjà bon.  
Cliquez sur « Next ».



Saisir le diamètre de votre jonc (filament) d'ABS ou PLA. Attention, il ne faut pas saisir 3 mm ou 1.75 mm mais bien la cote réelle du jonc que vous allez utiliser ! En effet, Slic3r fera les compensations nécessaires entre le diamètre du jonc, les vitesses d'avance, ... pour déterminer le débit d'extrusion (flow) nécessaire lors de l'impression.

Pour mesurer correctement le diamètre d'un jonc, réalisez quelques mesures sur un mètre de jonc (environ) et faites la moyenne. Dans mon cas, j'obtiens (par exemple) : 2.85 mm.

Cliquez sur « Next ».



Même si la température n'est pas asservie automatiquement par des commandes Gcode, comme c'est le cas lorsqu'on utilise une carte de commande dédiée à l'impression 3D, il est tout de même intéressant de spécifier la température d'extrusion de la matière que vous allez utiliser.

Si vous n'avez aucune idée de la température d'extrusion, vous pouvez configurer votre régulateur de température de la buse à 190° pour du PLA ou 220° pour de l'ABS. Assurez-vous par un simple test d'extrusion manuel (faites tourner la roue de l'extrudeur à la main), qu'à ces températures votre jonc s'extrude bien, qu'il ne coince pas dans le corps de l'extrudeuse. Si c'est le cas, augmenter la T° jusqu'à obtenir une extrusion sans « effort » particulier. Cliquez sur « Next ».



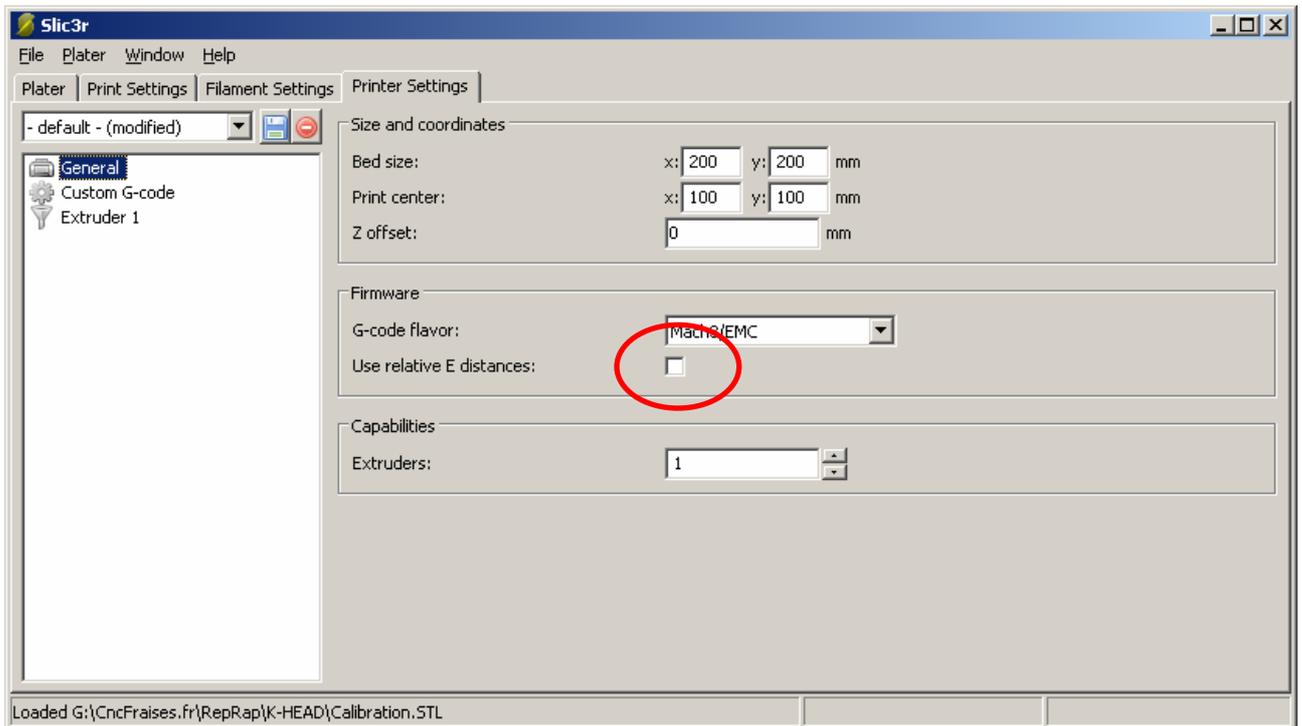
Même remarque pour le lit chauffant. La température indiquée n'est saisie qu'à titre informatif, la chauffe du lit n'étant pas asservie automatiquement dans notre cas. Cliquez sur « Next ».



Et c'est déjà terminé !

Avant d'imprimer, on vérifiera :

Dans l'onglet « Printer Setting », rubrique « General » :



« Use relative E distances » est bien décochée.

Avec la configuration standard, la vitesse d'impression est fixée à 16 mm/s (env 1000 mm /min), ce qui est faible, mais parfait pour le premier test.

## 6. Première impression

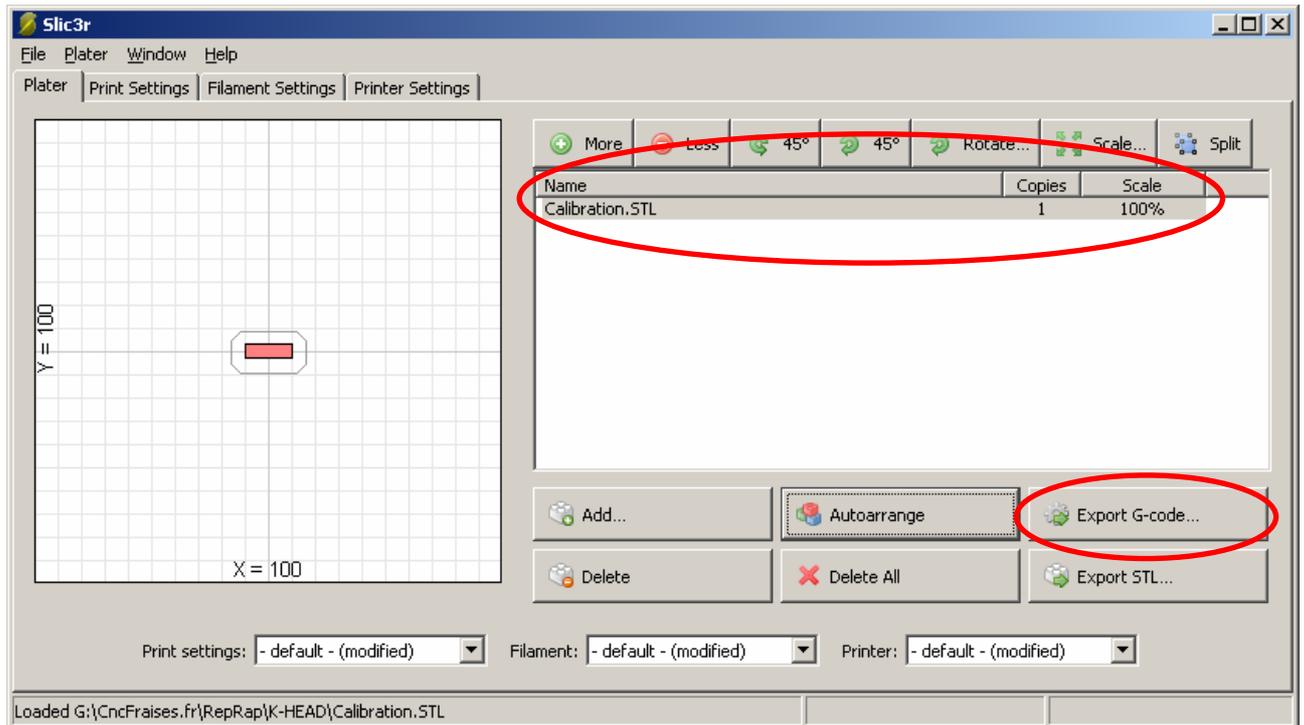
### 6.1. Génération du Gcode

Pour la (ou les) première(s) impression(s), je vous propose d'imprimer une pièce de « calibration », cette pièce est un cube qui comporte une empreinte pour monter un écrou.

Cette pièce possède deux avantages, elle va permettre de vérifier le respect des dimensions après l'impression (perte de pas ou autre) et de vérifier si d'autres paramètres importants doivent être modifiés ou non.

La pièce est disponible sur le site où vous avez téléchargé cette documentation, elle se nomme Calibration.stl.

Cette pièce a été créée sous SolidWorks et exportée en STL.



Glissez déposer le fichier STL dans la zone « Plater » de Slic3r, sans toucher à aucun autre paramètre, cliquez sur « Export G-code ».

Un fichier nommé « Calibration.gcode » est généré.

## 6.2. C'est parti

Importez le Gcode dans votre logiciel de pilotage préféré, n'oubliez pas les astuces données au paragraphe « 4.2.2 Réglages de la fraiseuse », surtout au niveau du point de dégagement.

Faites monter à température la buse, lorsque la température est atteinte, extrudez un peu de matière (avec l'avance manuelle de l'axe A) pour bien chasser les bulles d'air et bien remplir le corps de la buse.

Assurez-vous que vous avez assez de jonc pour imprimer cette pièce, pour cette pièce de calibration, un peu plus de 30 cm de jonc sera utilisé.

Faite votre « zéro », la buse doit être au contact du martyr, j'utilise une feuille de papier glissée entre la buse et le martyr avec une descente pas/pas pour déterminer le « zéro » sans risquer d'endommager la buse.

Et lancer l'impression !

## 7. Améliorations

La première impression se termine, vous allez bientôt avoir votre première pièce imprimée dans la main, bravo.

### 7.1. Géométrie générale

Dans un premier temps, il sera intéressant de vérifier la géométrie globale de la pièce, longueur, largeur et épaisseur. Si les cotes de longueur et largeur ne sont pas bonnes, c'est que vous avez certainement eu des pertes de pas ou que la configuration de votre machine n'est pas bonne.

Une vérification s'impose.

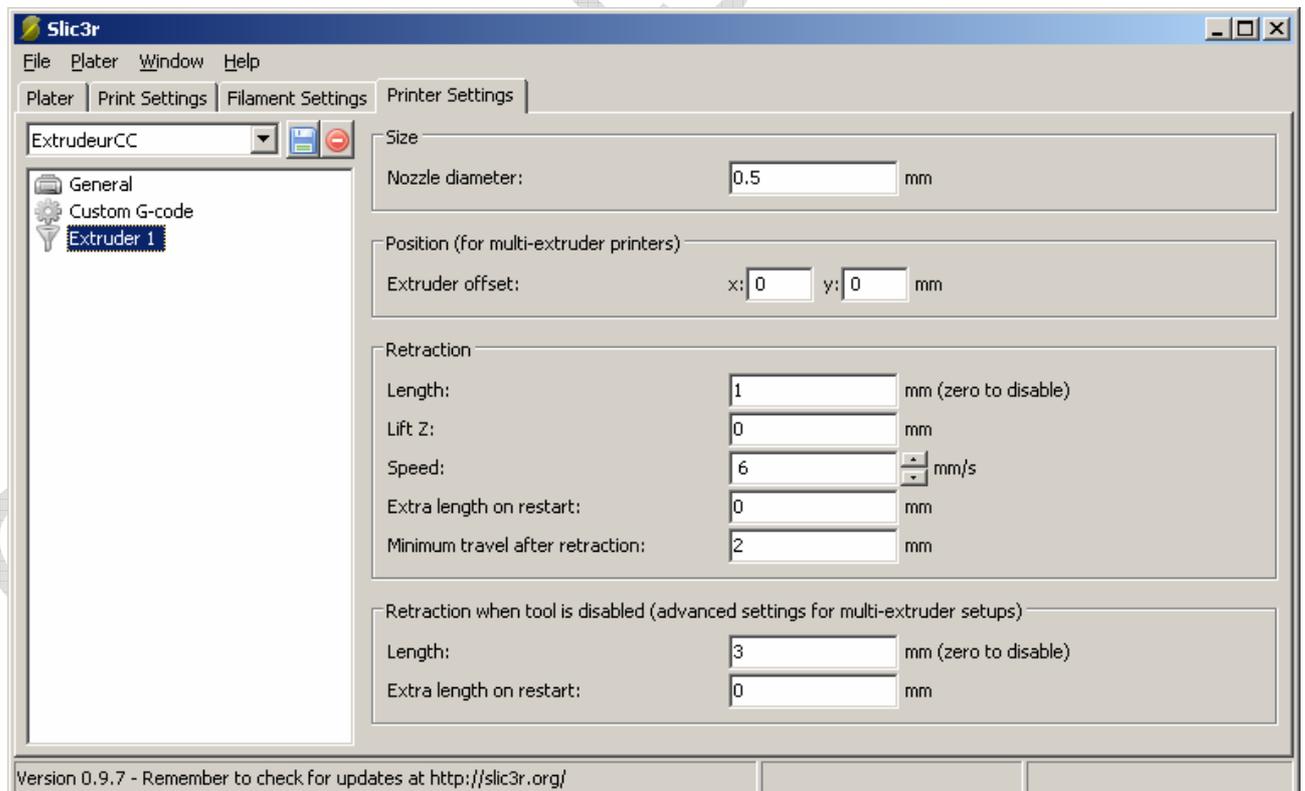
Si la hauteur n'est pas bonne, le « 0 » n'a peut-être pas été correctement fait, vous avez peut-être eu des pertes de pas (attention au courant de repos sur le moteur de l'axe Z), la calibration de l'extrudeur n'est pas bonne (trop de matière déposée), ...



## 7.2. Rétraction

Observez l'empreinte hexagonale, il peut y avoir quelques « cheveux », s'ils sont trop nombreux, trop épais, voire que la cavité est complètement obstruée, c'est certainement que de la matière continue à couler lorsque ce n'est plus nécessaire. Généralement, il faut augmenter le « rétraction », c'est la quantité que l'extrudeur doit « tirer » le jonc de la buse pour arrêter l'extrusion de matière.

Pour corriger ce problème, on pourra modifier les paramètres « Rétraction », dans « Printer Settings ».



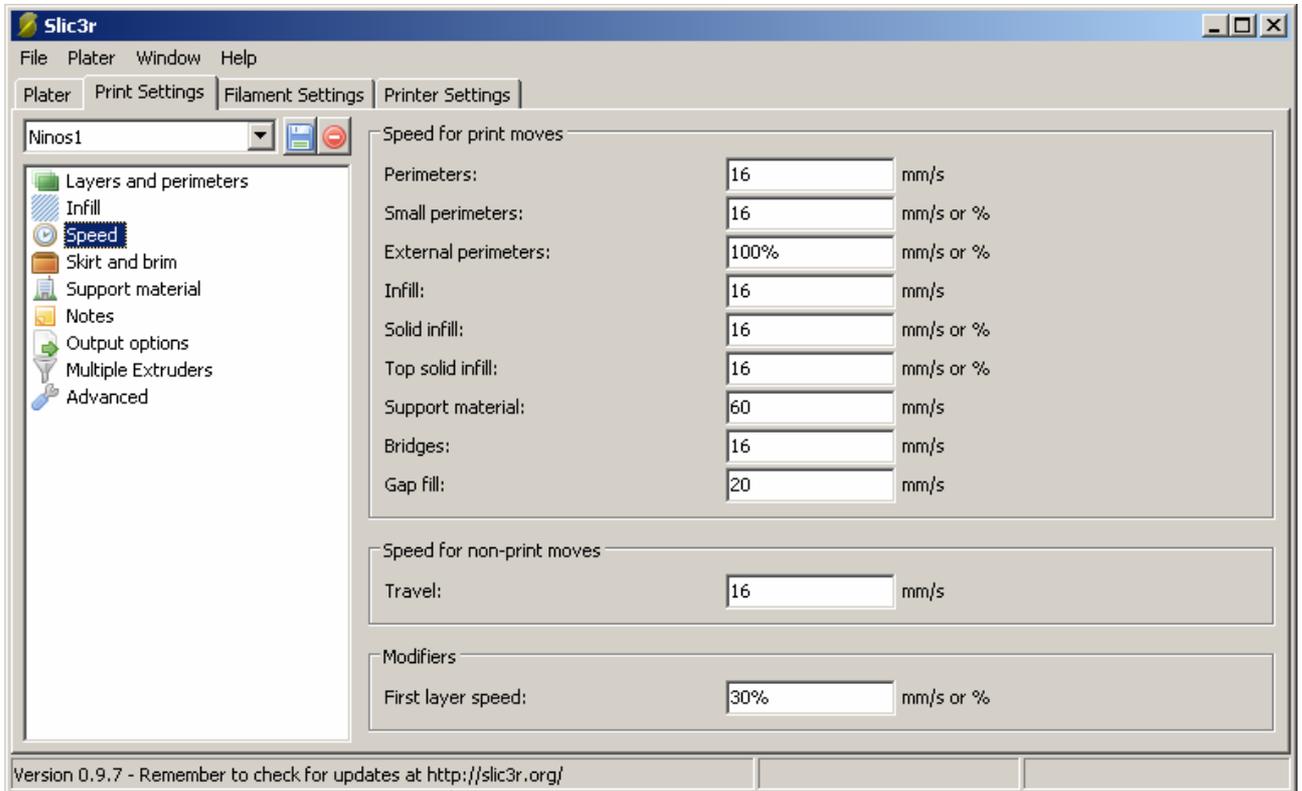
Et plus particulièrement le paramètre « Length », exprimé en mm. La vitesse de rétraction peut aussi jouer sur l'arrêt de l'écoulement de la matière.

La modification d'un ou plusieurs paramètres devra être suivie d'une nouvelle impression pour valider les changements.

### 7.3. Vitesse d'impression

Vous constaterez rapidement que l'impression 3D est un processus tout de même assez long. Il est impératif d'avoir une fraiseuse mécaniquement et électroniquement fiable, certaines impressions pourront durer plusieurs heures.

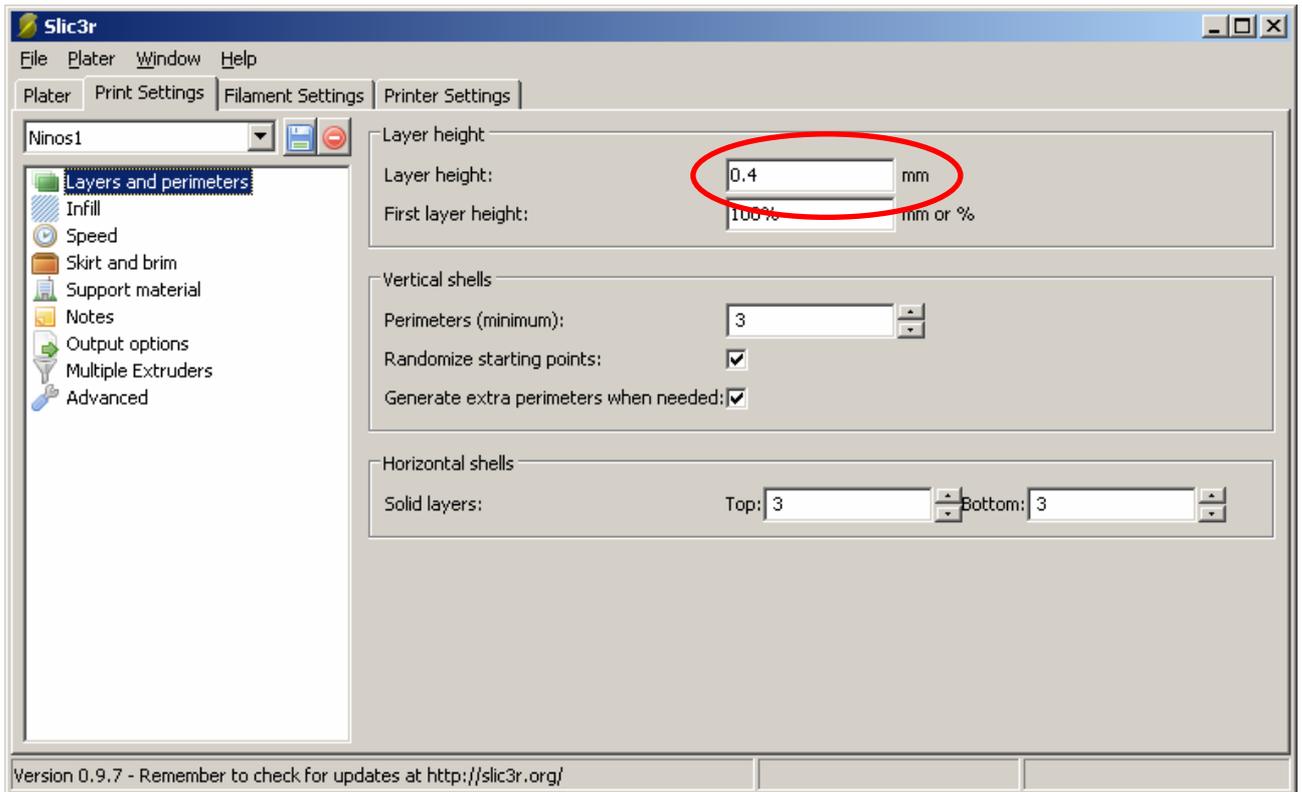
Pour augmenter la vitesse d'impression, les paramètres se trouvent « Print Setting » / Speed :



La vitesse d'extrusion sera automatiquement calculée par rapport aux vitesses choisies. Vérifiez que votre machine supporte les vitesses que vous souhaitez configurer avant de lancer une impression.

### 7.4. Qualité d'impression

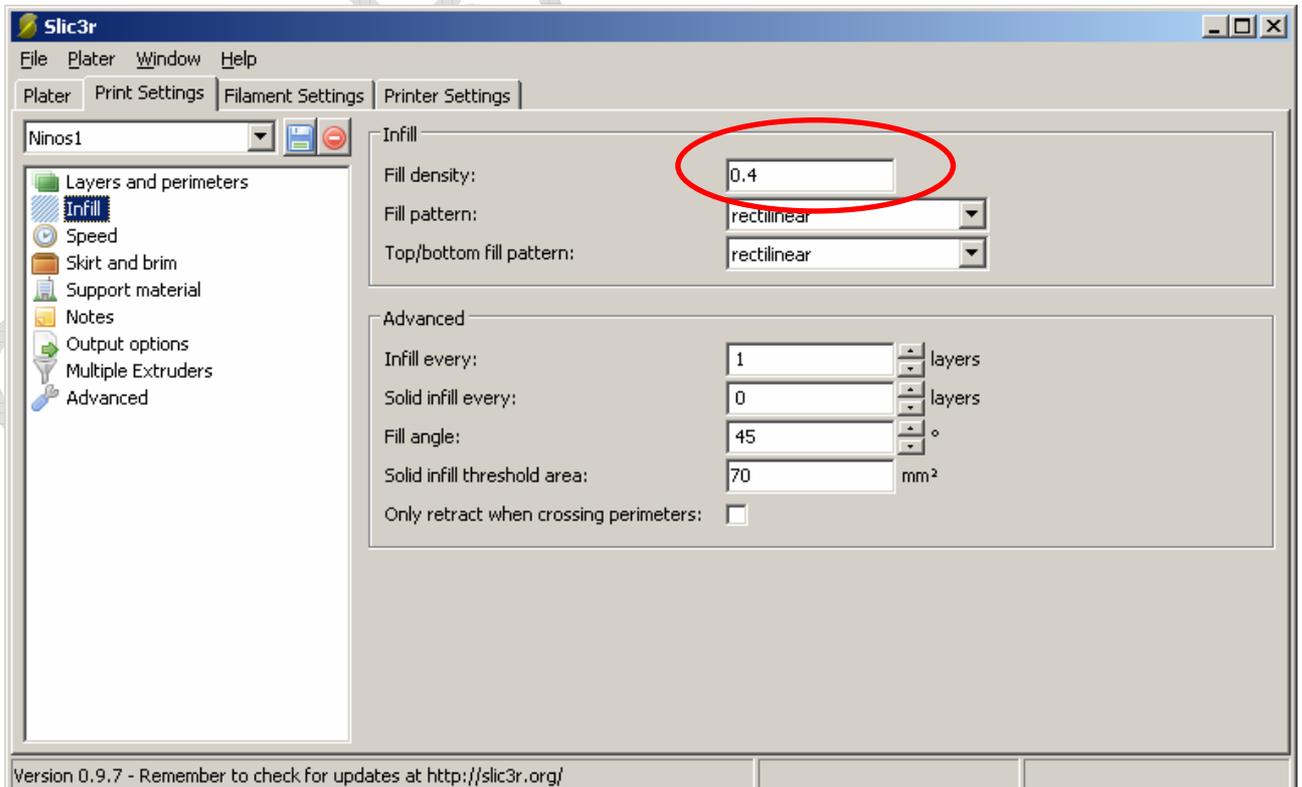
Avec une machine bien réglée et en ajustant les paramètres cités ci-dessus, vous pourrez obtenir de très belles pièces. Vous pourrez aussi augmenter le nombre de couches « Layer Height », configurable dans l'onglet « Print Settings » / Layers and perimeters



Vous pourrez tenter une impression à 0.35 mm et comparer.

## 7.5. Taux de remplissage

Idem, il est possible de changer le taux de remplissage, cela peut être intéressant pour certaines pièces, pour les rendre plus ou moins rigides. Ce paramètre est disponible dans « Print Settings » / Infill



Quoi qu'il en soit, plus vous augmenterez le nombre de couches et/ou le taux de remplissage, plus l'impression sera longue.

## 8. Les plus, les moins

Utiliser sa fraiseuse numérique en tant qu'imprimante 3D est une affaire de compromis.

Les « plus » :

- On utilise une machine existante, disponible et opérationnelle.
- Le matériel à mettre en œuvre est finalement assez limité.
- Le matériel pourra resservir si on souhaite réaliser une imprimante dédiée.
- Test de l'impression 3D avec un budget « limité ».
- Montée en compétences dans le domaine.

Les « moins » :

- Monopolise la fraiseuse ;-)
- La vitesse d'impression sera (généralement) plus faible, qu'avec une machine dédiée et optimisée pour l'impression 3D.

## 9. Conclusion

J'espère vous avoir convaincu qu'il est possible de transformer votre fraiseuse numérique en imprimante 3D !

L'optimisation et l'amélioration de la qualité des pièces, que vous pourrez imprimer, seront directement liées aux modifications successives des paramètres d'impression du logiciel Slic3r, paramètres que vous maîtriserez, j'en suis sûr au fil de vos nombreuses impressions.

Je reste à votre entière disposition. Toutes critiques constructives et contributeurs à ce document sont évidemment les bienvenus.

Bonnes impressions.

Christophe.

## 10. Annexes

### 10.1. Liens intéressants

Si vous souhaitez que votre site apparaisse dans cette liste, contactez-moi.

#### 10.1.1. Transformation fraiseuses en imprimante 3D :

<http://tmonnot.free.fr>  
<http://www.courche.com>

#### 10.1.2. Sites (incontournables) sur l'impression 3D :

Liste non exhaustive.

- En anglais :

<http://reprap.org>

<http://richrap.blogspot.fr/>

- En français :

<http://papykilowatt.free.fr>

Forum reprap en français : <http://forums.reprap.org/list.php?110>

Liste de diffusion : Imprimante3D sur Yahoo Groupes