

# Prise en main de l'Open Maker Machine 1.0

Par X. HINAULT – [www.mon-club-elec.fr](http://www.mon-club-elec.fr) – Juin 2015 - Tous droits réservés - Licence [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) BY NC SA



## Introduction

L'« OpenMaker-Machine » est une machine multi-outil de bureau DIY (à fabriquer soi-même) low-cost dans le pur esprit « Open Maker » :

- pièces mécaniques non-spécifiques courantes,
- pièces mécaniques spécifiques imprimées et imprimables,
- électronique simple et opensource (carte Arduino UNO + CNC-Shield)
- logiciels opensource.

Conçue par un "maker" expérimenté, pour les makers et tous les amoureux du "faire soi-même", l'ensemble du projet, francophone, est ouvert, sous licence libre. [En savoir plus...](#)

**En un mot : avec l'Open Maker Machine, dessiner, percer, fraiser, découper ou graver est aussi simple qu'imprimer une pièce en 3D !!**

## Contenu du document

Ce document est la suite logique du dossier de montage de l'Open Maker Machine : on présume donc ici que l'on dispose d'une Open Maker Machine montée et câblée.

Ce document contient :

- la procédure de première mise sous tension
- la procédure de contrôle de l'Open Maker Machine par interface de contrôle graphique
- les procédures d'utilisation des différents outils avec exemple d'application opérationnel

## Respecter les règles de sécurité

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- casque anti-bruit
- lunettes de protection
- aspiration des poussières

Pour de plus amples précisions, voir [la documentation de sécurité](#)

## Pour comprendre : la chaîne logicielle de contrôle de l'Open Maker Machine

### Principe général

Le principe général de contrôle de l'Open Maker Machine, commun aux imprimantes 3D opensource notamment, est le suivant :

- à partir d'une pièce conçue dans un logiciel, en 2D (format SVG) ou en 3D (format STL) selon les cas...
- ... l'ensemble des mouvements nécessaires de la mécanique 3 axes pour créer la pièce vont être calculés et traduits en G-Code (retenez ce « gros-mot »), un langage simple de programmation d'automate
- les instructions ainsi obtenues vont ensuite être envoyées via le port série vers la machine qui va les exécuter fidèlement.

### Structure de la chaîne logicielle utilisée

Logiquement, l'Open Maker Machine, pour être mise en œuvre, nécessite une chaîne logicielle qui est open-source (libre en fait) incluant :

- un **décodeur de G-Code** : micro-logiciel (ou firmware) programmé dans la carte Arduino une fois pour toutes. Ce « décodeur de G-Code », comme son nom l'indique va décoder le G-Code reçu par la machine sur le port série. Autrement dit, il va transformer une chaîne reçue sur le port série (par exemple « G01 X10.0 Y10.0 ») en un mouvement de la machine (positionnement de l'outil en coordonnées X=10mm et Y=10mm).
- une **interface graphique de contrôle** (interface « homme-machine ») qui va permettre :
  - le contrôle manuel de la machine via le port série (USB),
  - l'ouverture d'un fichier de G-Code et l'envoi de son contenu vers l'Open Maker machines via le port série (USB)
- un **générateur de G-code** : logiciel graphique qui à partir soit d'un fichier STL (dessin 3D décrivant la surface d'un objet), soit d'un fichier SVG (dessin 2D vectoriel), va permettre :
  - de générer le G-Code (=les mouvements machine à exécuter)
  - en prenant en compte les paramètres voulus (diamètre d'outil, vitesse de déplacement, etc.)

- un logiciel de **conception graphique** :
  - soit **2D** : qui permettra de facilement générer un parcours outil 1 passe en créant un simple dessin vectoriel (fichier de type SVG)
  - soit **3D** (fichiers de type STL) : qui permettra de créer :
    - soit des objets 2D en épaisseur pour générer des parcours outils multi-passes,
    - soit même de véritables objets 3D pour générer des parcours outils complexes de sculpture 3D,

## Synthèse des solutions concrètes retenues en pratique

Comme pour tout autre thématique, plusieurs solutions logicielles sont disponibles et je vous présente ici une synthèse résumant les choix conseillés ainsi que les alternatives possibles qui sont discutées par ailleurs sur le [wiki du projet](#).

Fonction	Solution conseillée (décrite ici)	Solutions alternatives possibles
Décodeur de G-Code	Simple G-Code decoder	GRBL
Interface graphique de contrôle	Simple G-Code GUI	Pronterface adapté ?
Générateur de G-Code	Pycam	Plugin Inkscape Slic3R adapté ?
Conception graphique 2D	Inkscape	--
Conception graphique 3D	Freecad Openscad	Blender

## Notions de G-Code

Même si il n'est pas question de faire de vous un expert en G-Code, il est cependant utile et intéressant en pratique de savoir à quoi cela correspond et comment sont construites les commandes types de G-Code.

Le G-Code est un langage industriel simple de contrôle d'automates.

### Principe général

Chaque commande de G-Code est construite sous forme :

**CODE X888.888 Y888.888 Z888.888 F888.888**

où :

- CODE définit l'action à accomplir
- chacun des éléments suivant le CODE est optionnel.

### Les lettres « clés » utilisées et leur signification

#### Lettres clés de commande principales

- Commande G : commande préparatoire, choix de modes
- Commande M : fonction machine

## Lettres clés de paramètres de commandes

- Commande X,Y,Z : commande de position absolue
- Commande F : commande de vitesse d'avance
- Commande S : vitesse de rotation
- Commande P : durée pause

## Les instructions essentielles

- **G00** X88.8 Y88.8 Z88.8 F88.8 : mouvement rapide vers les coordonnées X,Y,Z, à la vitesse F en mm/sec
- **G01** X88.8 Y88.8 Z88.8 F88.8 : mouvement linéaire vers les coordonnées X,Y,Z, à la vitesse F en mm/sec
- **G04** P888 : pause en seconde
- **G28** X Y Z : home du ou des axes précisés
- **G90** : mode coordonnées absolues
- **G91** : mode coordonnées relatives
- **G92** : Fixe la position courante interne

## Exemple

Commande G-Code :

**G01 X10.0 Y25.0 F6 ;**

Explication :

**G01** : mouvement linéaire

**X10.0 Y25.0** : vers les coordonnées X=10.0mm et Y=25.0mm

**F6** : à la vitesse de 6mm/sec

## Contenu d'un fichier de G-Code

Un fichier de G-Code va simplement contenir une succession d'instructions de G-Code à la « queue leu leu » à raison de 1 commande par ligne. Voici un extrait d'un tel fichier généré automatiquement :

```
G01 F6.00000;  
G01 Z10.0000;  
G04 P3;  
G01 X0.2826 Y100.0320;  
G01 Z0.0000;  
G01 X100.0330;  
G01 Y0.2817;  
G01 X0.2826;  
G01 Y100.0320;  
G01 Z10.0000;
```

Plusieurs remarques :

- un fichier de G-Code n'est qu'un fichier texte facile à éditer et/ou à générer
- un fichier de G-Code sera le plus souvent généré automatiquement...
  - par un logiciel dédié (appelé générateur de G-Code) à partir d'un fichier 2D ou 3D

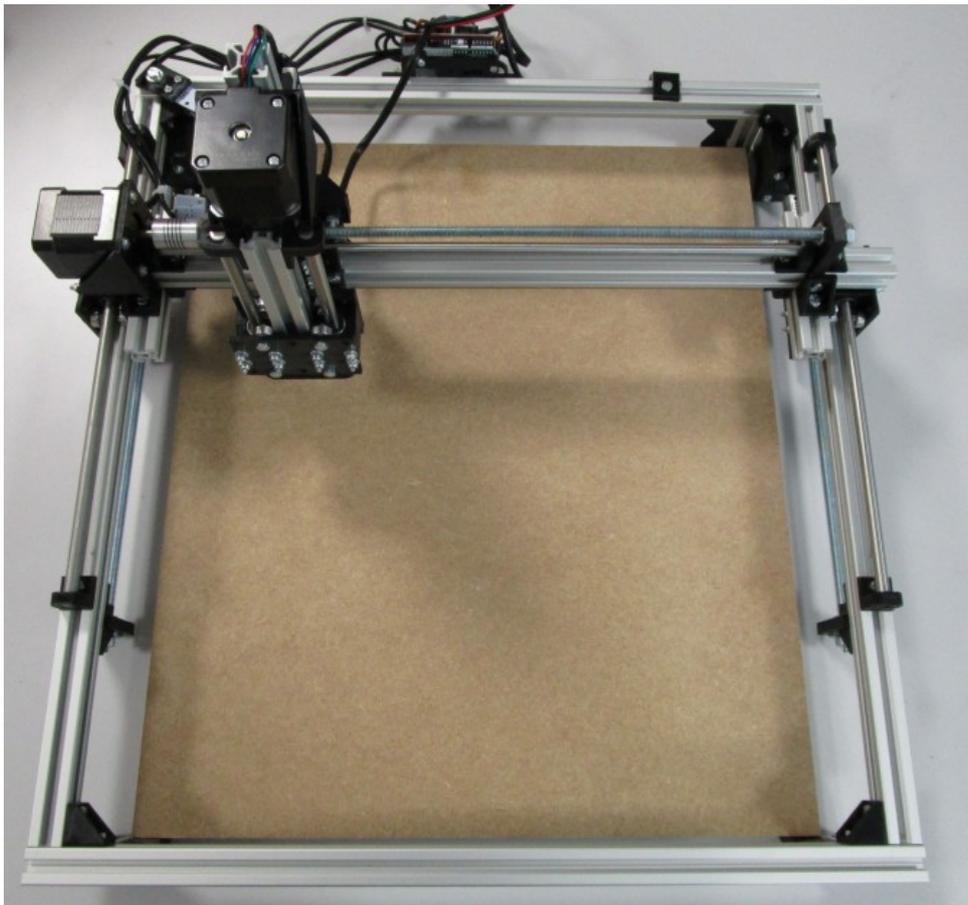
- et potentiellement par n'importe quel petit programme personnalisé dédié
- ... mais il est également possible de créer manuellement de petits fichiers de G-Code simples ou des séquences personnalisées d'actions à réaliser (perçage)
- les instructions de G-Code seront envoyées une à une vers l'Open Maker Machine via l'interface de contrôle

## **Première mise sous tension, programmation initiale et tests**

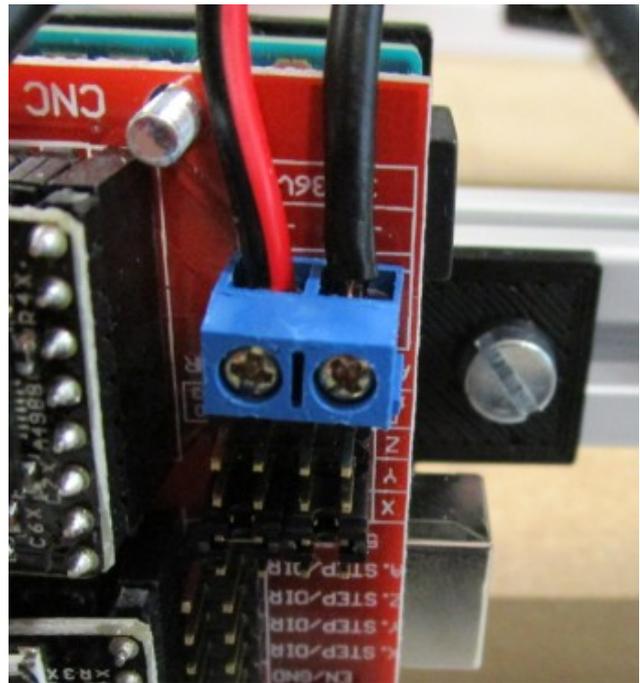
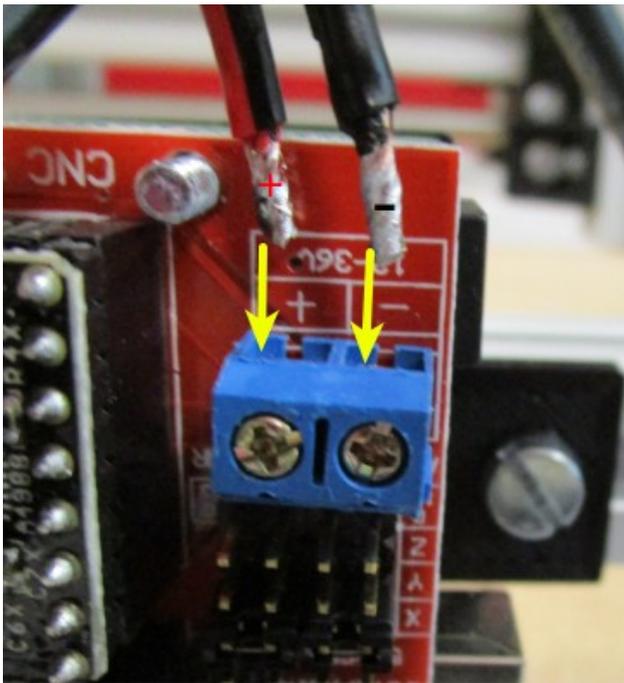
### **Matériel nécessaire**

Pour contrôler l'Open Maker Machine, on a besoin :

- de l'**Open Maker Machine** évidemment, montée et câblée conformément à la documentation de montage,



- ainsi que l'**alimentation 220V - 12V/300W** correctement connectée à l'Open Maker Machine



- deux **multiprises** dont au moins l'un d'entre eux avec interrupteur



- d'un **ordinateur de contrôle** (pc de bureau, netbook ou portable) idéalement sous Gnu/Linux : noter que l'ordinateur de contrôle pourra être une petite configuration (type dualcore - 1 ou 2 Go de RAM - HDD de 30Go) si on souhaite utiliser un poste dédié sous Gnu/Linux.



- d'un câble USB « classique » mâle A- mâle B

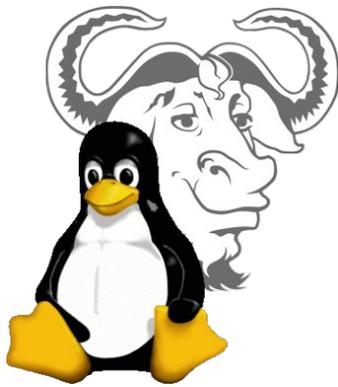


## Pré-requis

---

On présuppose ici :

- que vous disposez d'un ordinateur avec **un système opérationnel installé**
  - idéalement de type **Gnu/Linux** (=celui pour lequel l'ensemble des logiciels utilisés est fonctionnel), possiblement sous Windows ou Mac OsX (80 % des logiciels utilisés le seront, reste 20 % qu'il vous faudra adapter à votre système).
  - Je conseille idéalement un système Gnu/linux de type Debian ou Ubuntu :
    - une bonne solution est la distribution Sparkylinux (une Debian Testing) sous XFCE (voir : <http://sparkylinux.org/download/> )
    - ou bien Xubuntu : <http://xubuntu.org/getxubuntu/>
- avec **le logiciel [Arduino installé](#)**



## Installation du logiciel Arduino sous Gnu/Linux

Pour installer Arduino sous Gnu/Linux (Debian, Xubuntu) : dans un terminal :

```
sudo apt-get install arduino
```

une fois fait, brancher carte Arduino et ouvrir l'IDE Arduino : si le port série n'est reconnu, fermer l'IDE et à nouveau dans un terminal faire :

```
sudo usermod -a -G dialout $USER
```

```
sudo chmod a+rw /dev/ttyACM0
```

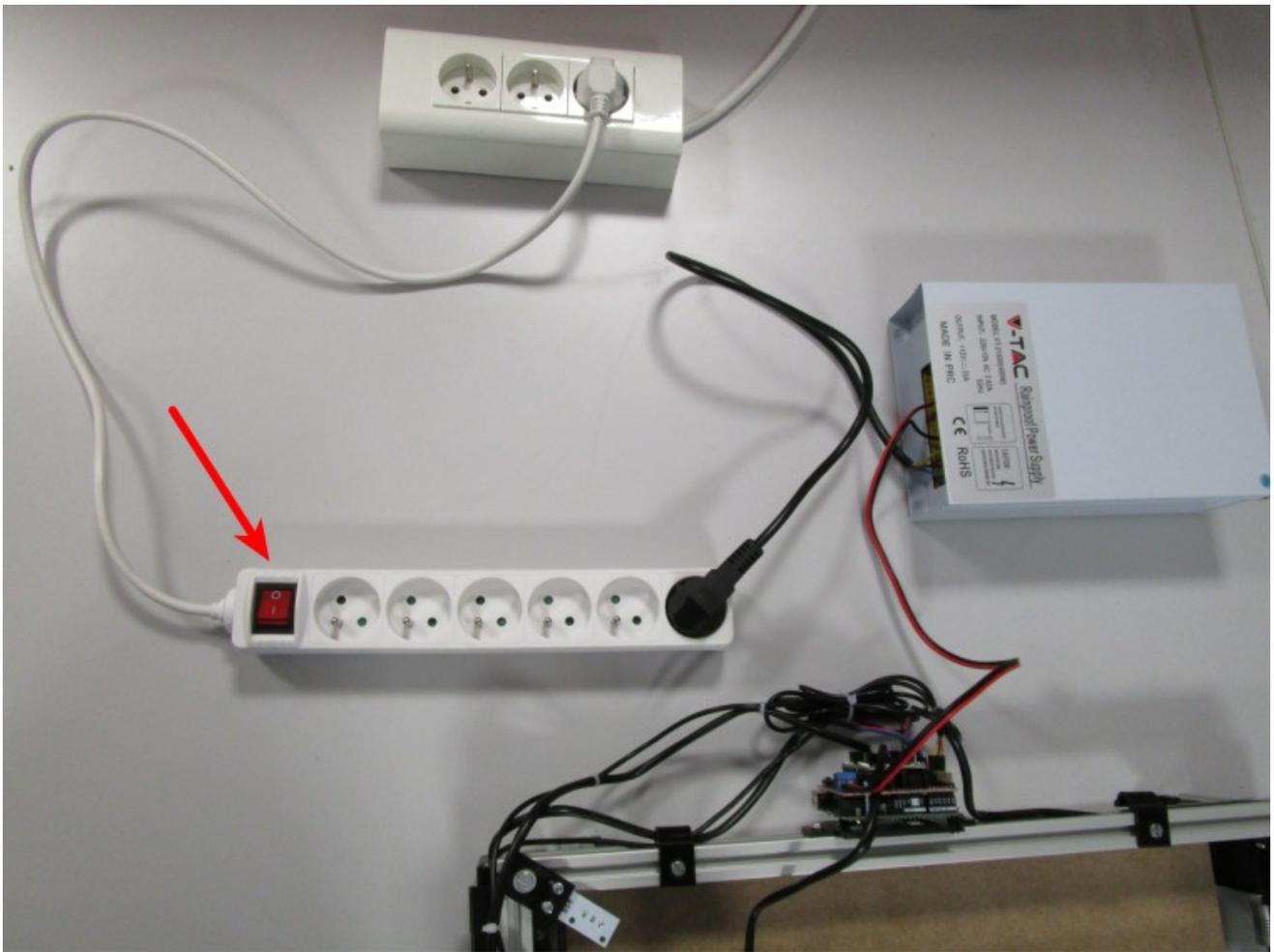
Ouvrir à nouveau l'IDE : le port série doit être détecté à présent.

Note : On pourra ensuite, si on préfère, télécharger la dernière version Arduino sur le site officiel et la dézipper pour l'exécuter de façon autonome.

## Connexion sur secteur (en restant hors tension)

A présent, on va pouvoir mettre en place la connexion sur le secteur, **SANS METTRE L'OPEN MAKER SOUS TENSION** cependant à ce stade.

**Le point clé et essentiel : prévoir un arrêt d'urgence dédié pour l'Open Maker Machine**, ce qui est réalisé au minimum en utilisant un multi-prises avec interrupteur sur lequel sera connectée l'Open Maker Machine. Idéalement, l'utilisation d'un vrai bouton d'arrêt d'urgence est recommandé :

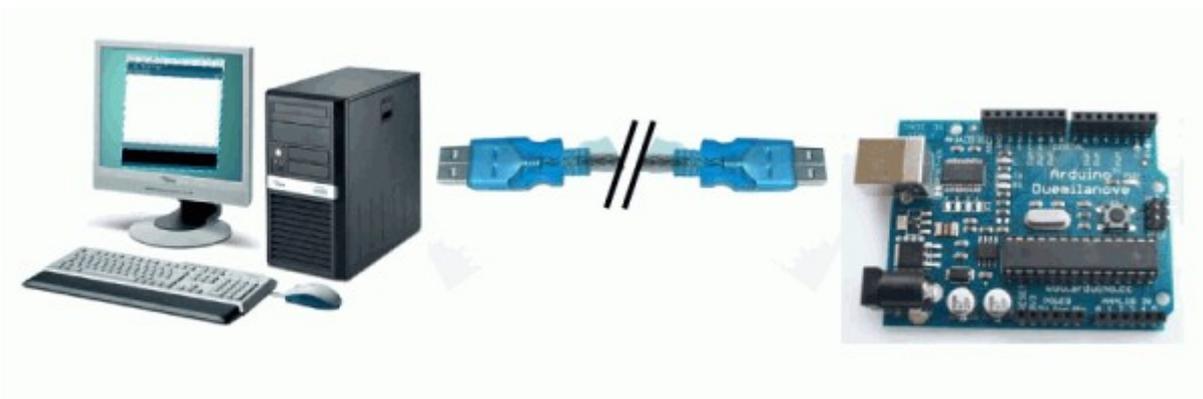


Il faudra veiller à **ne pas connecter l'ordinateur de contrôle sur le même multiprise**, de façon à pouvoir laisser ou mettre hors tension l'Open Maker machine indépendamment du poste de contrôle.

## Test de la carte Arduino

Avant de mettre l'Open Maker Machine sous tension de puissance (autrement dit, avant de mettre sous tension l'alimentation 220V - 12V/300W), on va programmer la carte Arduino alimentée simplement par le port USB.

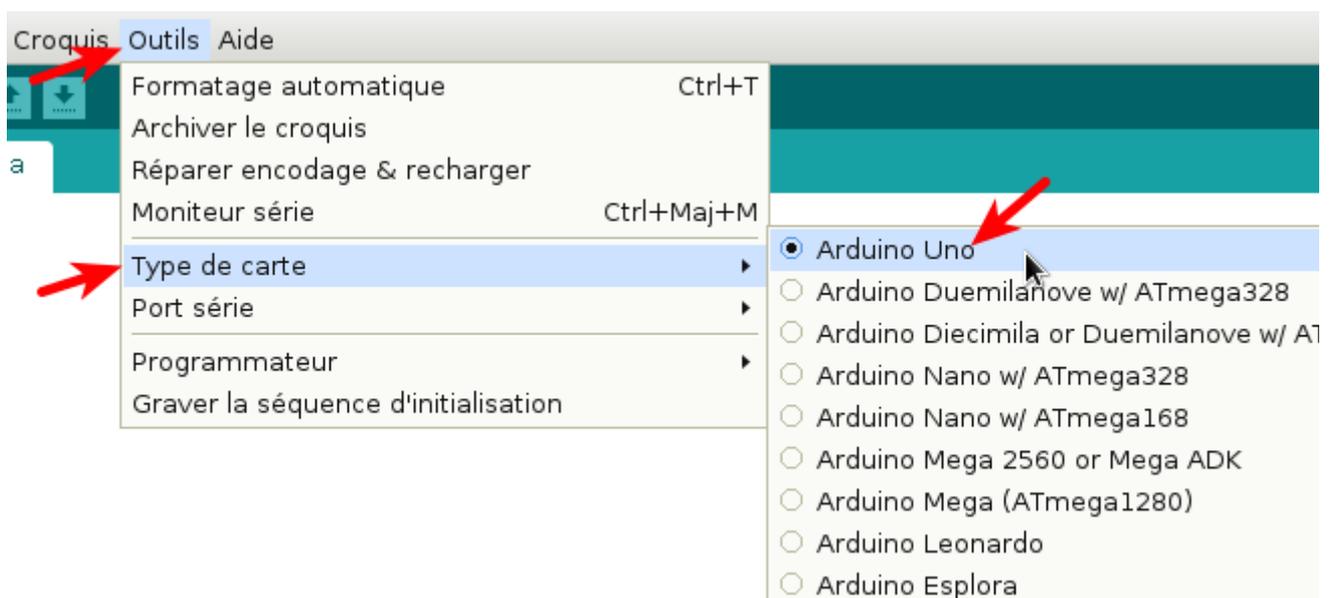
Pour cela connecter le câble USB entre l'ordinateur et la carte Arduino comme on le ferait si on utilisait une carte Arduino seule :



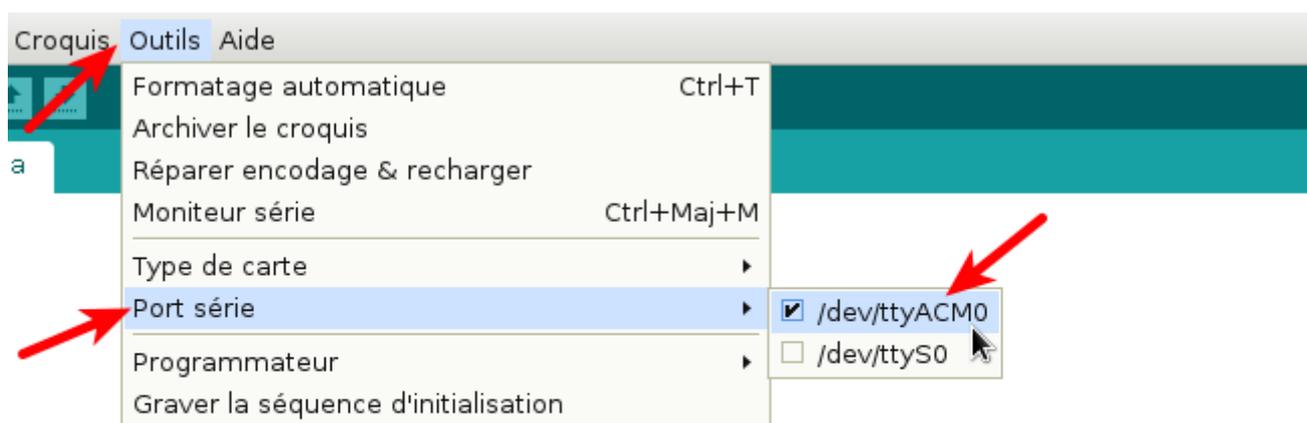
Ouvrir le logiciel Arduino :



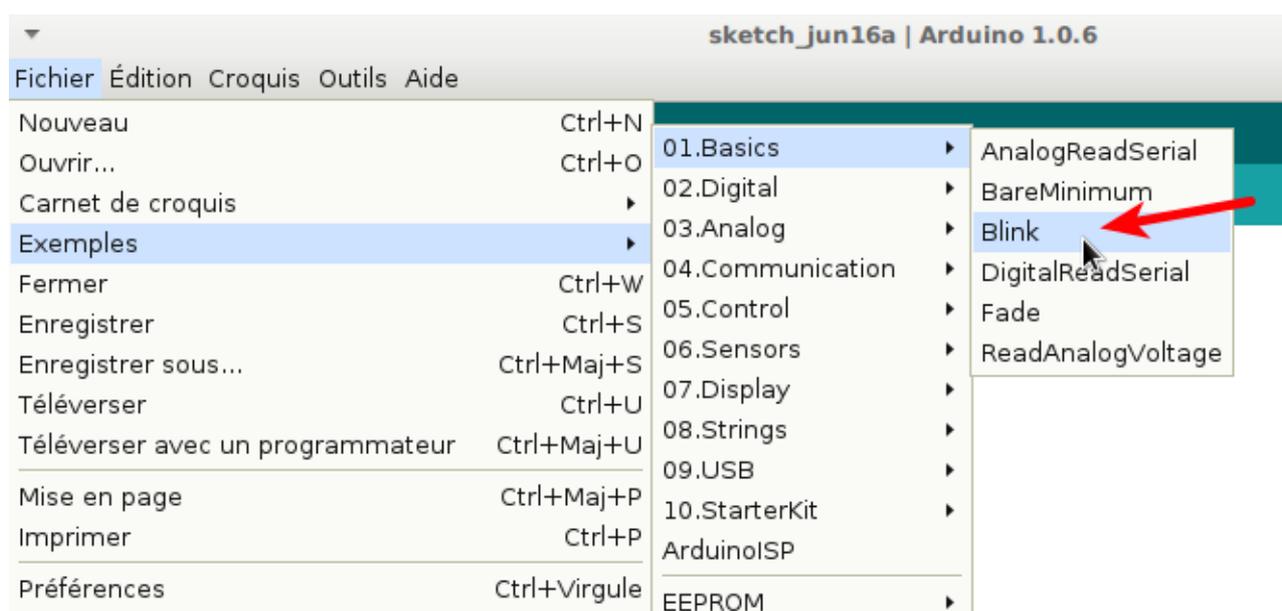
Sélectionner la bonne carte Arduino dans le menu **Outils > Type de carte > sélectionner la carte Arduino Uno** :



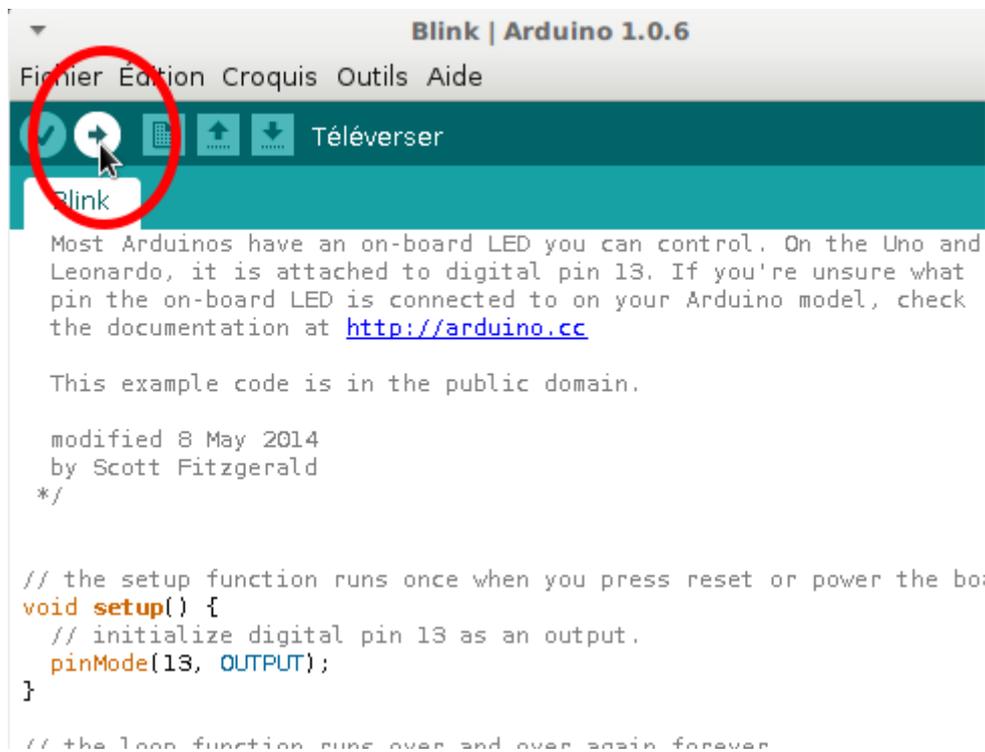
Vérifier également que la carte Arduino est correctement détectée et que le port série est bien sélectionné via le menu **Outils > Port série > sélectionner le port série de la forme /dev/ttyACM0** sous Gnu/Linux, sous la forme COM5 sous Windows, etc.



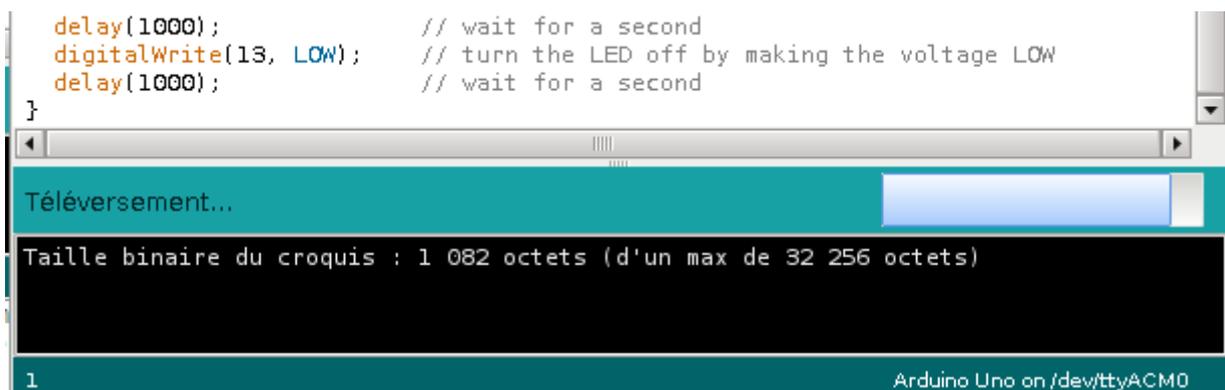
A présent, on peut tester la programmation de la carte avec un simple programme de test faisant clignoter la LED présente sur la carte, le programme d'exemple « Blink.ino » à ouvrir via le menu **Fichier > Exemples > Basics > Blink**



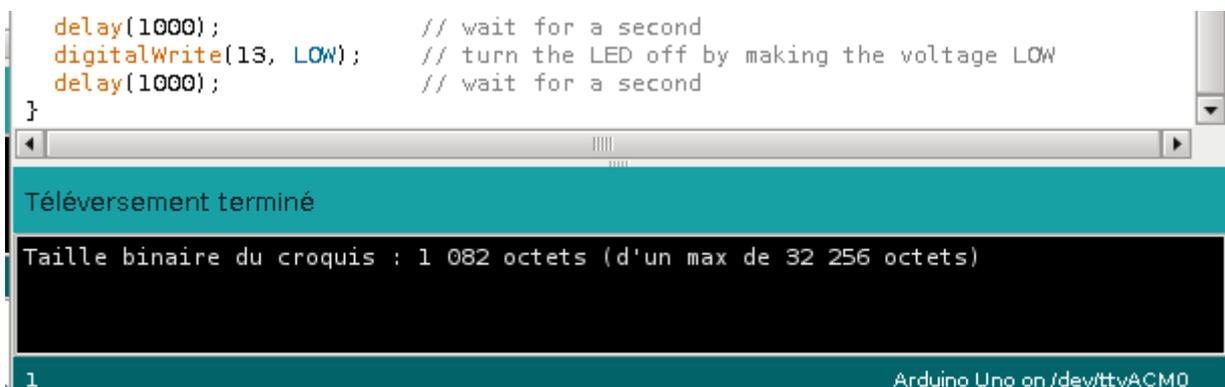
Le code s'ouvre dans la fenêtre d'édition et il suffit de cliquer sur le bouton **<Téléverser>** pour envoyer le code dans la carte Arduino :



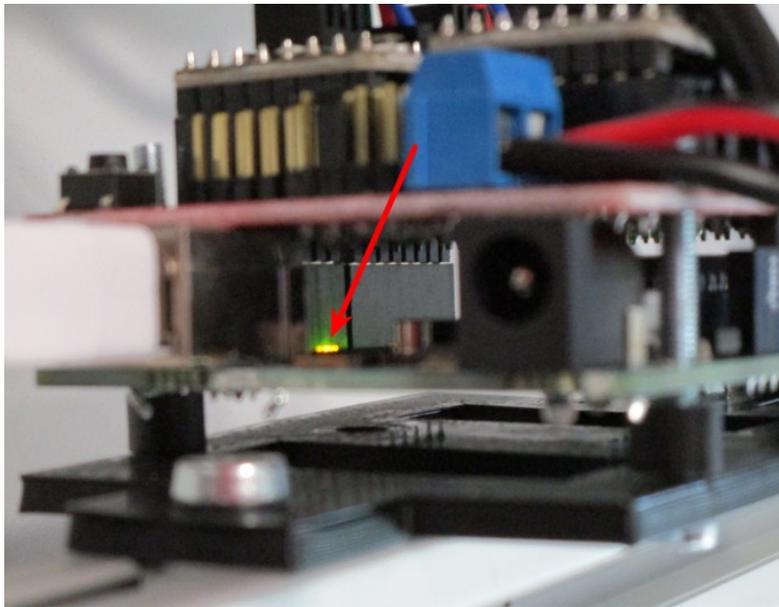
Pendant quelques secondes, on obtient une barre de progression dans le bas de la fenêtre attestant du bon transfert du programme dans la carte Arduino :



Puis suit un message attestant la fin du téléchargement :



La LED présente sur la carte Arduino UNO doit à présent clignoter :



Si tout s'est bien déroulé, vous êtes sûr que votre carte Arduino fonctionne correctement et vous pouvez passer à la suite. Si ce n'est pas le cas, reprenez la procédure en apportant les corrections nécessaires.

## Programmation du décodeur de G-Code dans la carte Arduino

---

### Introduction

L'électronique de contrôle de l'Open Maker Machine a pour rôle essentiel d'**assurer le décodage des instructions de G-Code reçues sur le port série** et de réaliser les mouvements machine correspondants. Autrement dit, l'électronique de contrôle de l'Open Maker Machine est un « décodeur de G-Code ».

**L'objectif du projet « Open Maker Machine » est de fournir une solution simple et opensource pour contrôler une mécanique 3 axes** : j'ai donc cherché à pouvoir utiliser une simple carte Arduino UNO pour atteindre l'objectif, à la fois pour des raisons de simplicité que de coût.

Le problème est que les solutions existantes de « décodeur de G-Code » qui tiennent dans une carte Arduino ne sont pas nombreuses (il faut qu'ça tienne dans les 30Ko de mémoire Flash de la carte...) : une seule même peut-être considérée comme pertinente, [GRBL](#), un décodeur de G-Code complet.

En pratique, il s'est avéré que GRBL est même déjà « trop complet », avec une mise en œuvre qui n'a pas été si simple et un code davantage écrit en C qu'en Arduino, ce qui le rend difficile à comprendre.

Profitant de l'opportunité de la mise à disposition d'une « vraie » CNC par l'un des membres de notre fablab, j'ai donc pris le parti d'écrire (de février 2015 à Avril 2015) un décodeur de G-Code très simple mais non moins opérationnel et efficace que j'ai testé au fur et à mesure de son écriture en situation réelle.

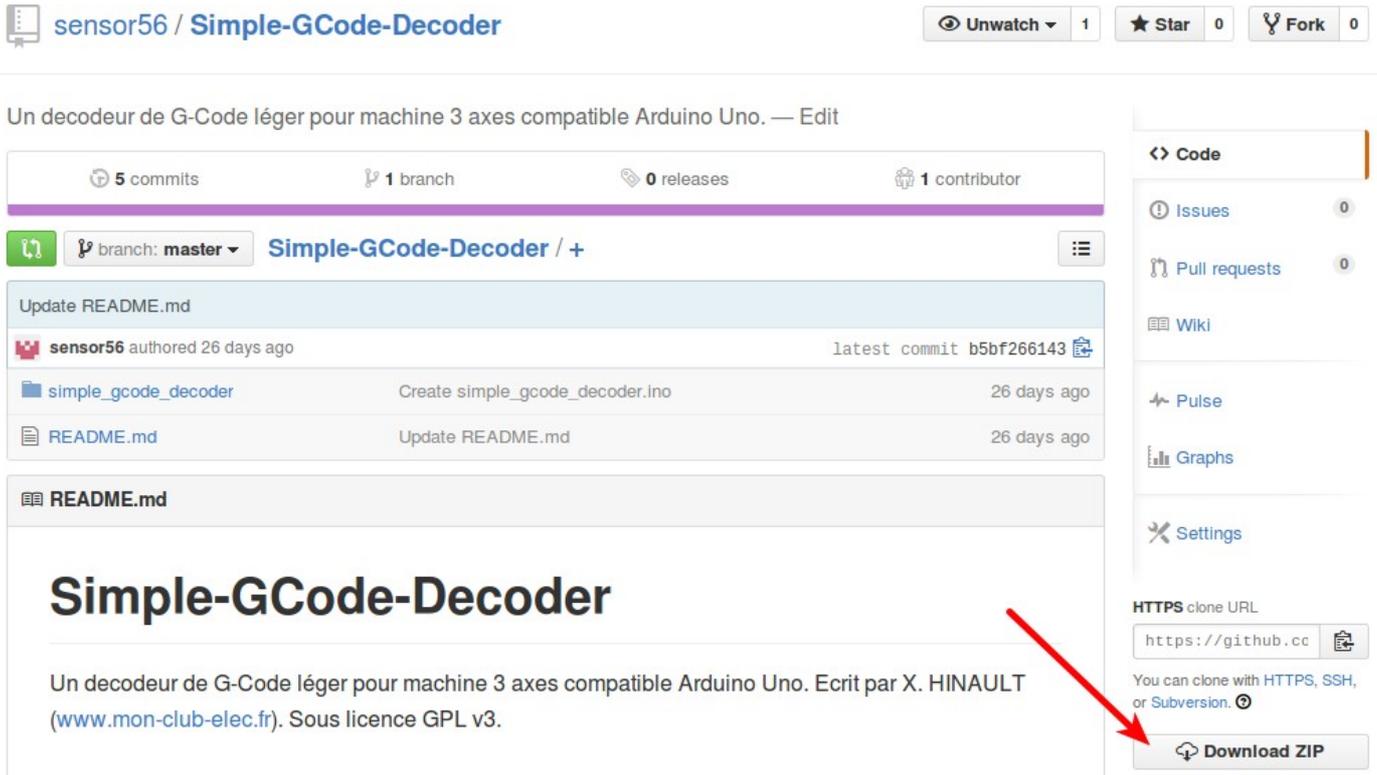
Ainsi est né le [Simple G-Code Decoder](#) : un décodeur de G-Code minimal que j'ai écrit et qui tient dans 10ko seulement, sous la forme d'un code Arduino (avec quelques sections de C natif ponctuelles). Les avantages de cette solutions sont nombreux :

- facile à adapter, ou enrichir en fonction des besoins
- polyvalent, car pouvant contrôler simplement n'importe quelle mécanique 1, 2 ou 3 axes
- low cost car permettant d'utiliser une simple carte Arduino UNO,
- opensource
- ...

Ceci étant, j'ai veillé à ce que **le brochage utilisé avec le Simple G-Code Decoder soit identique et donc compatible avec celui utilisé par GRBL** afin de pouvoir migrer facilement au besoin vers cette solution plus complète.

## Téléchargement

Le Simple G-Code Decoder est un simple code arduino (\*.ino) qui est à télécharger sur github à l'adresse suivante : <https://github.com/sensor56/Simple-GCode-Decoder>



sensor56 / Simple-GCode-Decoder

Un decodeur de G-Code léger pour machine 3 axes compatible Arduino Uno. — Edit

5 commits 1 branch 0 releases 1 contributor

branch: master Simple-GCode-Decoder / +

Update README.md

sensor56 authored 26 days ago latest commit b5bf266143

File	Commit	Time
simple_gcode_decoder	Create simple_gcode_decoder.ino	26 days ago
README.md	Update README.md	26 days ago

README.md

# Simple-GCode-Decoder

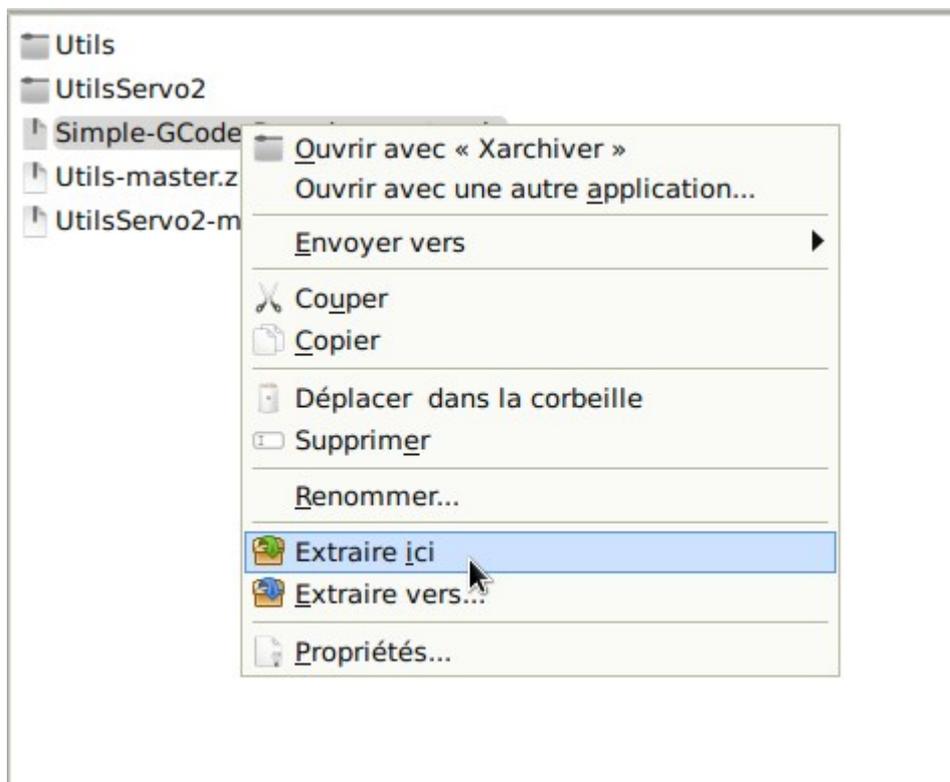
Un decodeur de G-Code léger pour machine 3 axes compatible Arduino Uno. Ecrit par X. HINAULT ([www.mon-club-elec.fr](http://www.mon-club-elec.fr)). Sous licence GPL v3.

HTTPS clone URL <https://github.cc>

You can clone with [HTTPS](#), [SSH](#), or [Subversion](#).

[Download ZIP](#)

Une fois l'archive obtenue l'extraire :

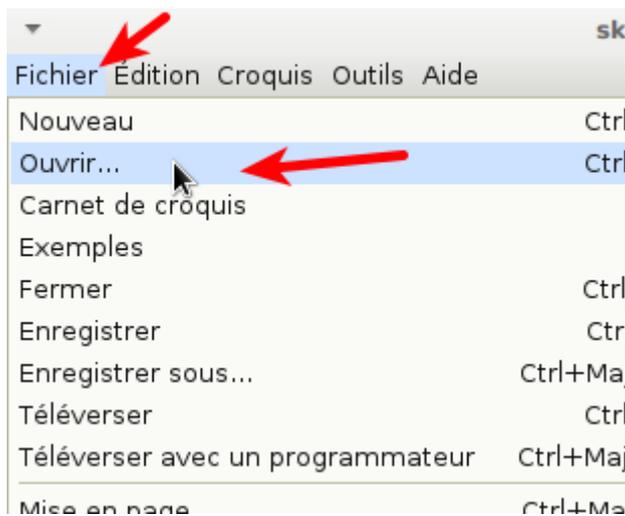


Vous obtenez un répertoire **Simple-GCode-Decoder-master** dans lequel se trouve le répertoire du code \*.ino du Simple G-Code Decoder :

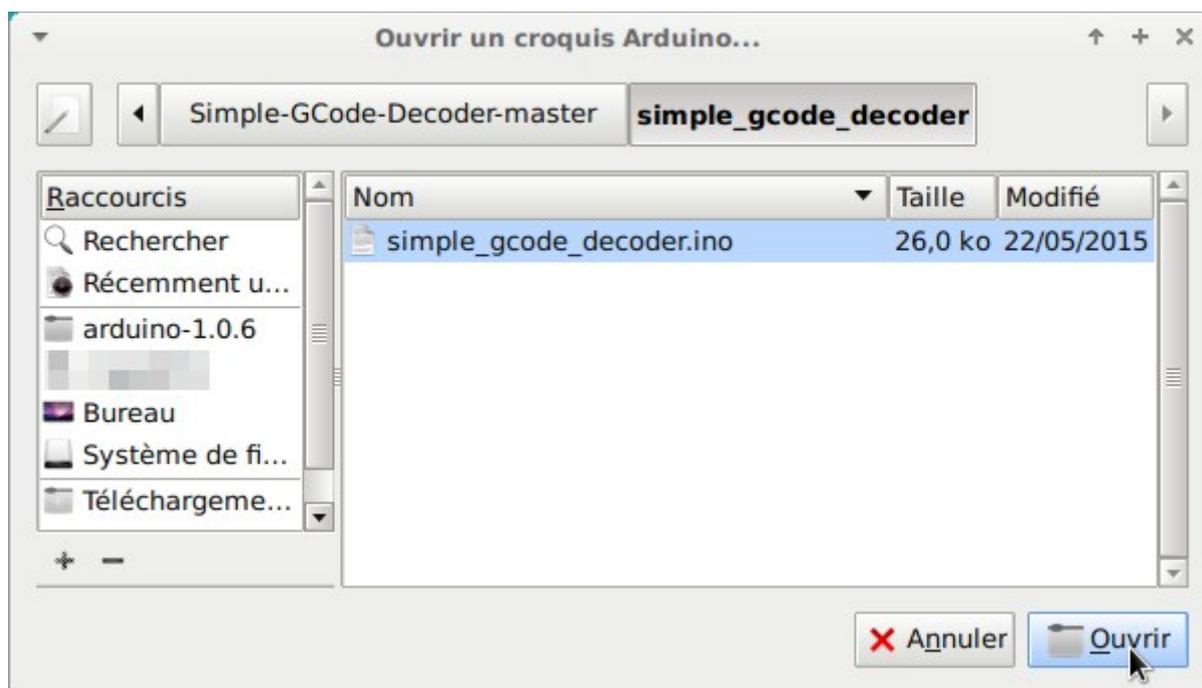


### Téléversement dans la carte Arduino du Simple G-Code Decoder

Lancer le logiciel Arduino si ce n'est déjà fait et ouvrir le simple G-Code decoder à partir du menu **Fichier** > **ouvrir**



Se placer dans le répertoire précédemment obtenu et ouvrir le code \*.ino :



Une fois fait, on obtient le code du Simple G-Code Decoder dans la fenêtre éditeur du logiciel Arduino :

```
simple_gcode_decoder | Arduino 1.0.6
Fichier Édition Croquis Outils Aide

simple_gcode_decoder
// --- Programme Arduino ---

// Auteur du Programme : X. HINAULT - Tous droits réservés - Licence GPL v3
// Programme écrit le : 02/2015
// www.mon-club-elec.fr

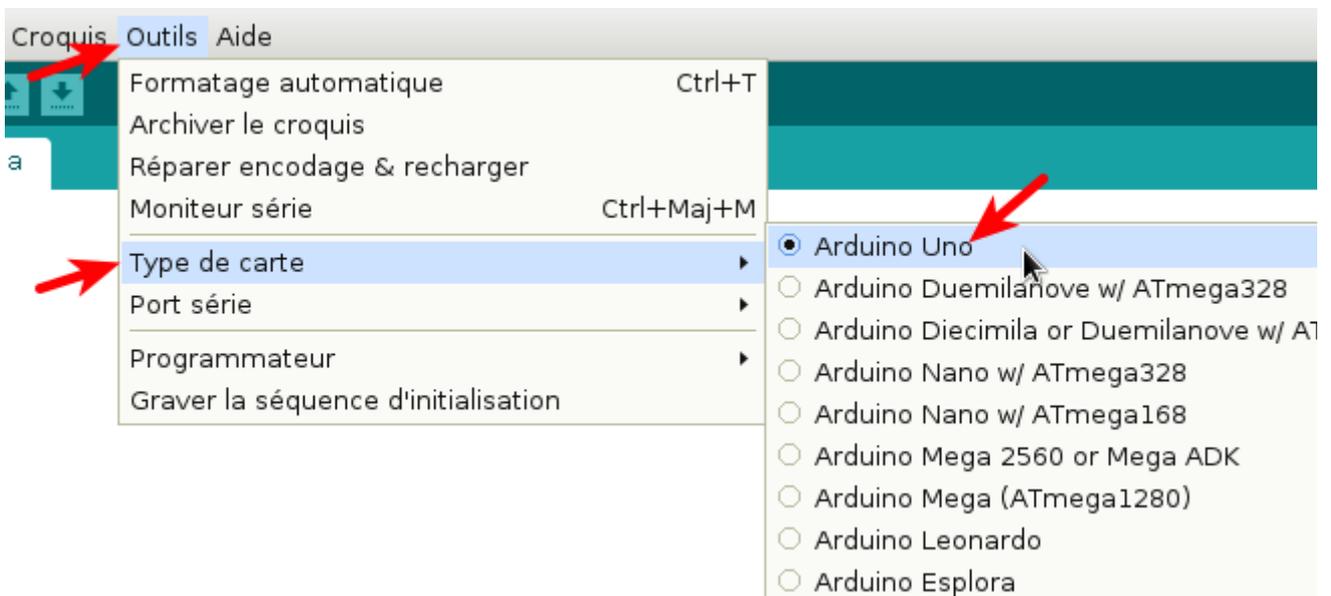
// github du projet : https://github.com/sensor56/Simple-GCode-Decoder

// initié d'après : https://www.marginallyclever.com/blog/2013/08/how-to-build-an-2-axis-ardu

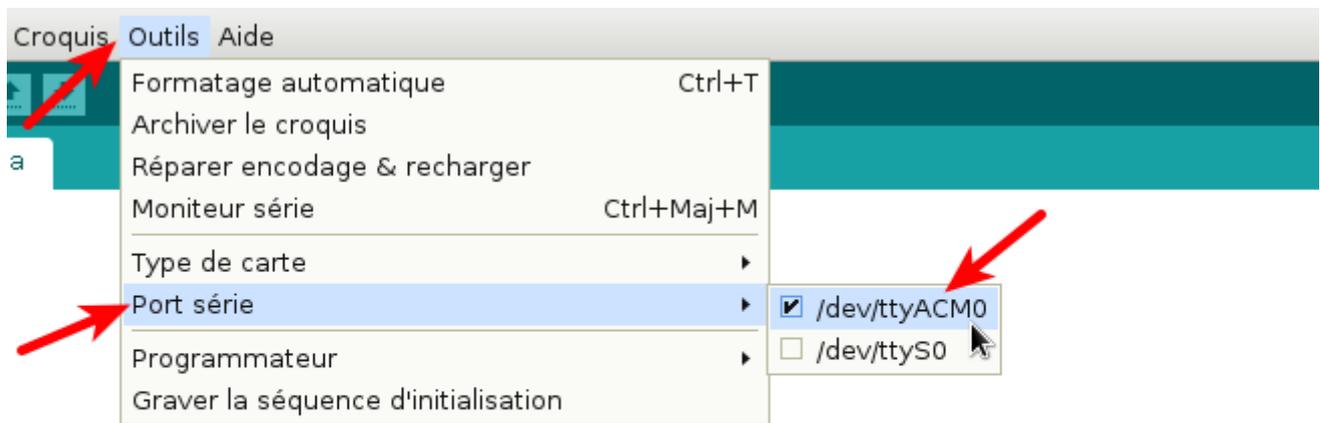
// ----- Licence du code de ce programme -----
// This program is free software: you can redistribute it and/or modify
// it under the terms of the GNU General Public License as published by
// the Free Software Foundation, either version 3 of the License,
// or any later version.
// This program is distributed in the hope that it will be useful,
// but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
// MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
// GNU General Public License for more details.
// You should have received a copy of the GNU General Public License
// along with this program. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.

// /////////////////////////////////// PRESENTATION DU PROGRAMME ///////////////////////////////////
```

Sélectionner la bonne carte Arduino dans le menu **Outils > Type de carte > sélectionner la carte Arduino Uno** :



Vérifier également que la carte Arduino est correctement détectée et que le port série est bien sélectionné via le menu **Outils > Port série > sélectionner le port série de la forme /dev/ttyACMO** sous Gnu/Linux, sous la forme COM5 sous Windows, etc.



Puis clic sur le bouton <Téléverser> :



Une fois fait, si tout se passe bien, on a le message de fin de téléversement :



Voilà, c'est tout !! Comme promis, rien de compliquer à faire à part simplement programmer la carte avec le code \*.ino fourni... et noter au passage que le programme ne fait bien que 10Ko !

### **Test de la communication avec l'Open Maker Machine**

Nous sommes parés pour tester la communication avec l'Open Maker Machine via le port USB.

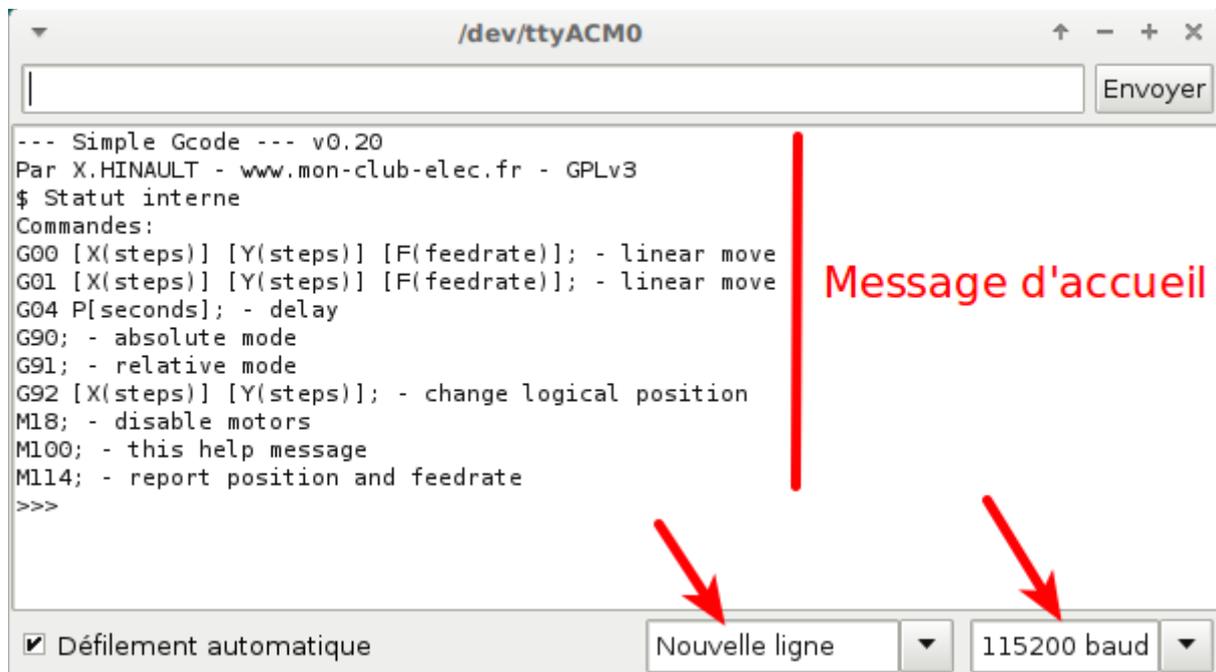
A présent, ouvrir le Terminal série en cliquant sur le bouton dans le coin supérieur droit de l'IDE Arduino :



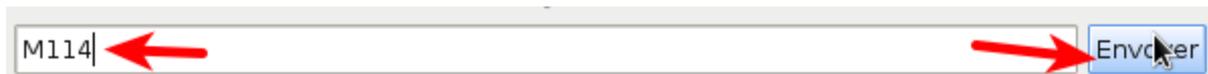
Vous devez obtenez le message d'accueil et l'invite >>> attestant du bon fonctionnement du Simple G-Code Decoder. Au besoin, vérifier que :

- le débit est bien sur 115200
- que l'option nouvelle ligne est bien sélectionnée

Si vous n'obtenez rien, appuyer sur le bouton reset de la carte Arduino ou bien relancer à nouveau le terminal série.



Pour tester la bonne réception du G-Code par l'Open Maker Machine, saisir simplement dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code M114 (qui renvoie le résumé de l'état courant de la machine ) et clic sur <envoyer> :



On doit obtenir :

```
>>>M114
X0.00
Y0.00
Z0.00
F1.00
ABS
<ok>
>>>
```

Ce message indique ici que :

- la position courante des 3 axes est 0.00mm,
- que la vitesse est de 1mm/sec
- le mode de coordonnées est absolu (ABS)

Noter que la fonction renvoie également <ok> qui est utilisé pour les communications à l'aide d'une interface : l'Open Maker Machine renverra un <ok> à chaque fin d'exécution de l'ordre reçu.

### Tout fonctionne normalement ?

**Bravo ! Votre Open Maker Machine est prête à vous obéir au doigt et à l'oeil !**

## Test des moteurs de l'Open Maker Machine par le Terminal Série

### Ce que l'on va faire ici

On va commencer par tester un à un le sens de rotation des différents moteurs et nous allons corriger au

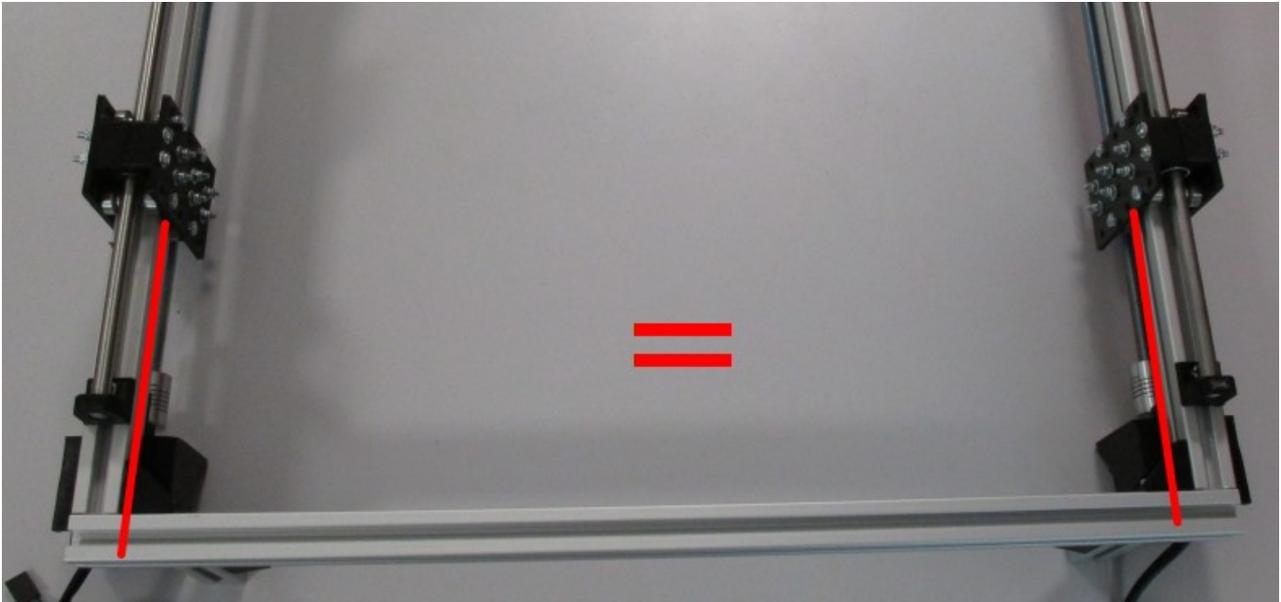
besoin le câblage des moteurs.

La procédure va consister :

- à envoyer un ordre de mouvement au moteur de chaque axe,
- d'observer le sens de rotation
- et si il le faut, à mettre la machine hors tension, à inverser le sens de connexion du moteur, à remettre sous tension
- et à revérifier le bon sens de rotation en envoyer un nouvel ordre de mouvement.

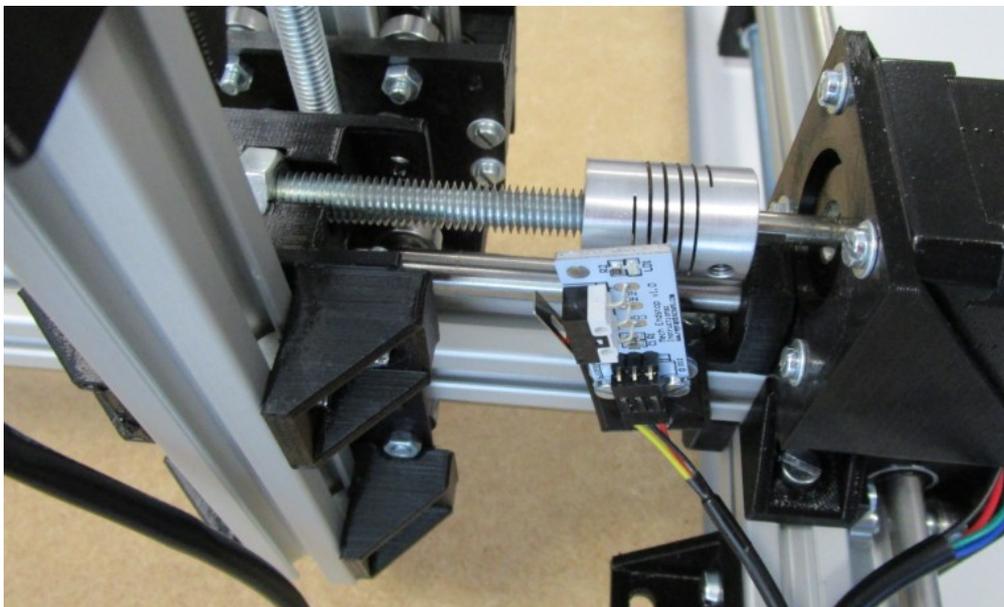
### **Vérifier la distance des chariots des Y par rapport au bord arrière**

Avant de passer à la suite, l'Open Maker Machine étant toujours « hors tension » (à part l'alimentation de la carte Arduino par le port USB) vérifier précisément au réglet que les 2 chariots Y sont bien à la même distance de l'arrière de la machine et au besoin tourner manuellement la jonction d'axe du côté voulu. Vous avez normalement déjà fait cette manip' lors du montage, et ici on vérifie simplement qu'il n'y a pas besoin de corriger à nouveau. Veiller également à ce que les chariots des axes Y soient à quelques centimètres du contact avec le capteur de fin de course du Y.

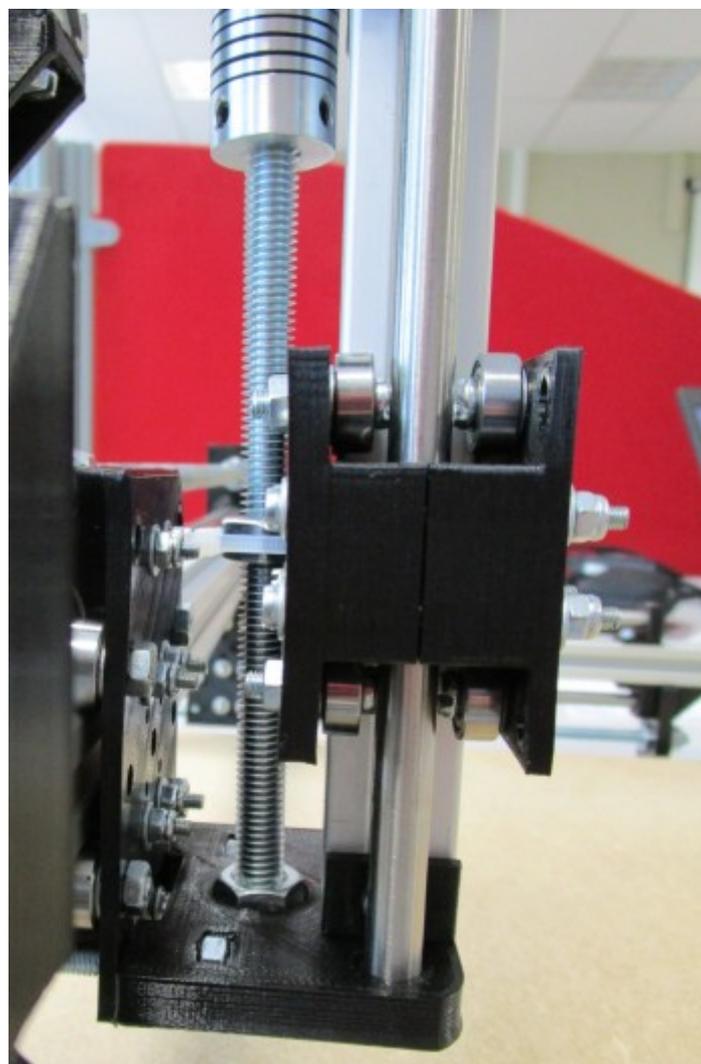


D'autre part, afin de laisser aux différents chariots un débattement suffisant pour les tests, positionner manuellement (en tournant les jonctions d'axe):

- le chariot de X à quelques centimètres du contact avec le capteur de fin de course de X

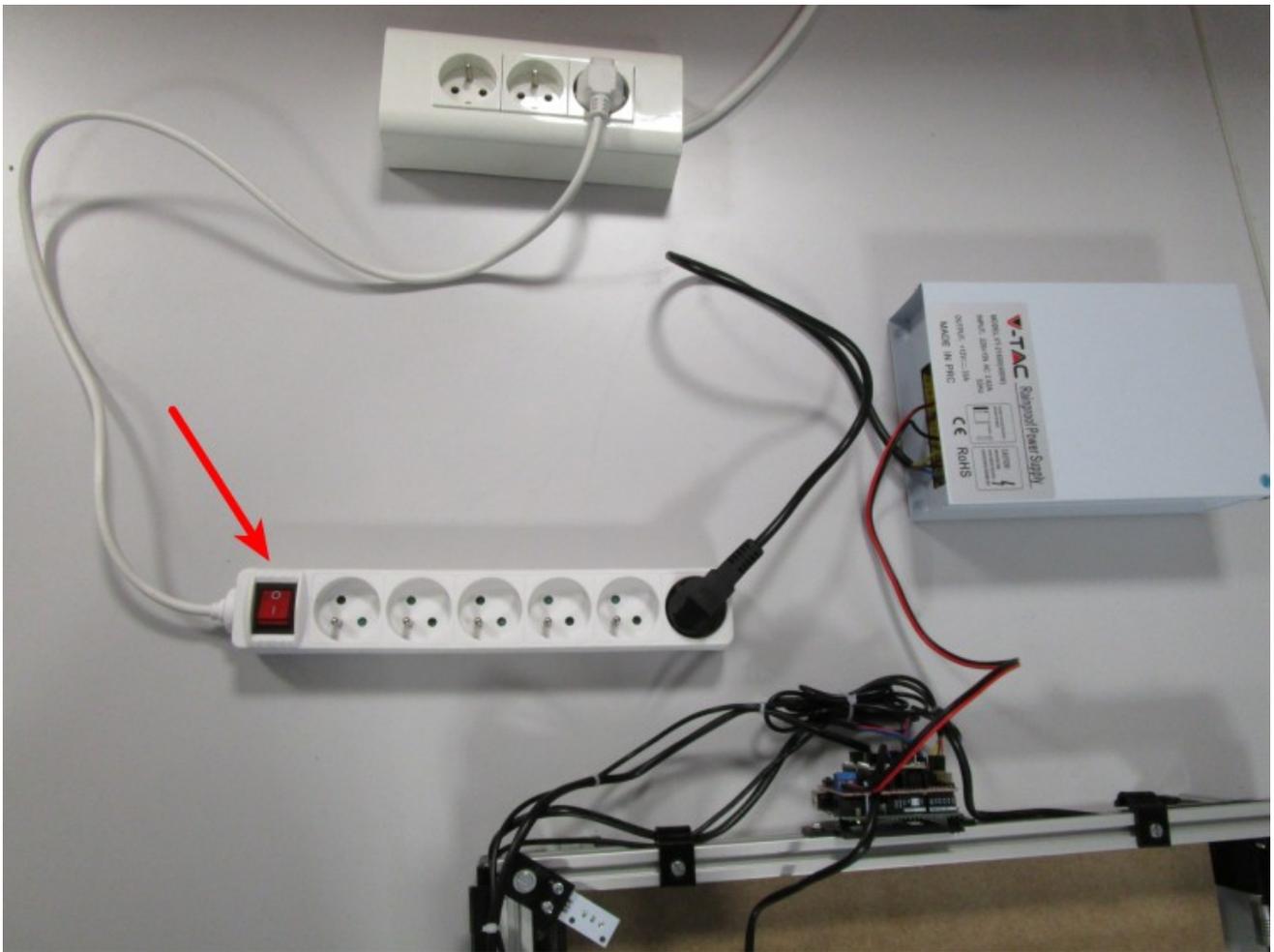


- et le chariot des Z de façon médiane



### ***Mise sous tension***

Cette fois, çà y est : **mettez l'alimentation principale de l'Open Maker Machine sous tension** :



A la mise sous tension vous devez entendre le ventilateur de l'alimentation, et vous ne devez sentir aucune odeur de brûlé ou autre fumée... si c'est le cas, mettez hors tension immédiatement et re-vérifiez votre câblage.

### ***Règle de sécurité importante***

**En cas d'anomalie de fonctionnement lors de la phase de test (bruit anormal, mouvement en force, etc.), soyez prêt à mettre hors tension l'alimentation des moteurs A TOUT MOMENT pour éviter d'abîmer votre machine.**

**Cette règle de base est et restera valable à tout moment lorsque vous utiliserez votre Open Maker Machine : c'est le moyen le plus rapide et le plus sûr de ne rien abîmer !**

### ***Avertissement***

Ne soyez pas surpris : lors des tests qui suivent, les mouvements des moteurs seront assez lents, car ils utiliseront la vitesse par défaut de 1mm/sec. Pour les tests c'est le plus prudent, mais évidemment, il sera possible d'aller plus vite ensuite !

### ***Test de la rotation de l'axe X***

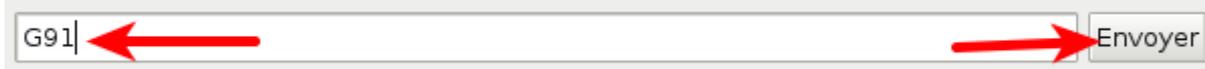
Le logiciel arduino étant lancé, ouvrir le Terminal série en cliquant sur le bouton dans le coin supérieur droit de l'IDE Arduino :



Pour faire fonctionner l'Open Maker Machine en coordonnées relatives (plus pratique pour les tests), saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

**G91**

et clic sur <envoyer> :



Pour faire avancer en sens positif le chariot X de 5.0mm, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

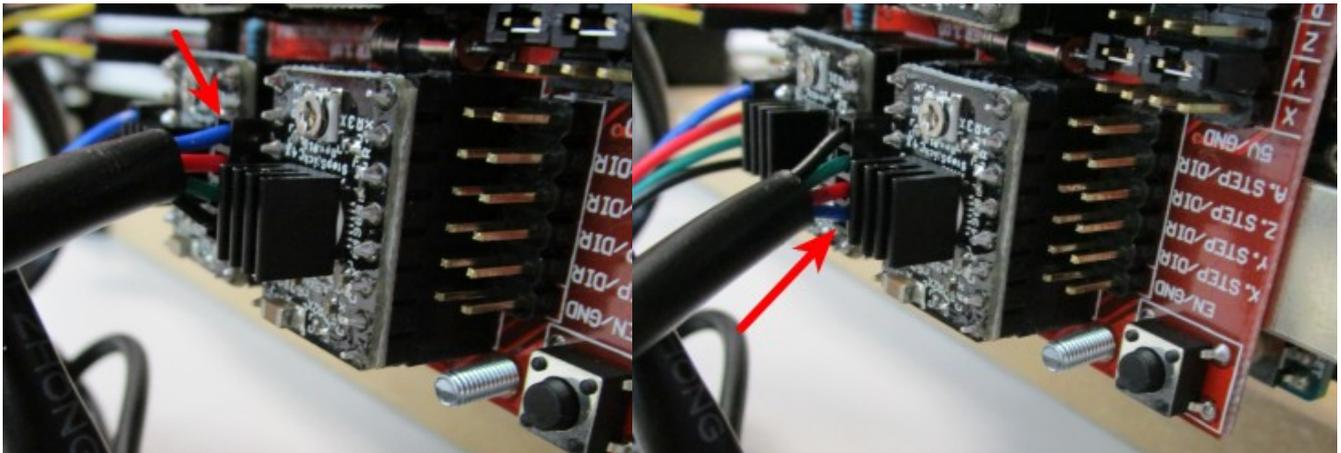
**G01 X5.0**

et clic sur <envoyer> :



Le moteur doit tourner en éloignant le chariot des X du capteur de fin de course. Si ce n'est pas le cas :

- mettre l'alimentation hors tension
- débrancher le câble du moteur X sur le CNC shield, le retourner et le rebrancher
- remettre l'alimentation sous tension



A gauche : avant retournement du câble du moteur X, à droite : après retournement.

**IL EST IMPERATIF D'ETEINDRE L'ALIMENTATION DES MOTEURS AVANT DE DEBRANCHER UN CÂBLE MOTEUR SOUS PEINE DE « GRILLER » PUREMENT ET SIMPLEMENT L'ETAGE A4988 DE COMMANDE DU MOTEUR.**

Une fois l'inversion de la connexion du câble moteur faite, ressaisir la même commande de G-Code :

**G01 X5.0**

et clic sur <envoyer> :



Cette fois, le moteur doit tourner dans le bon sens et le chariot des X doit s'éloigner du capteur de fin de course. Une fois que le moteur tourne dans le bon sens, on passe aux moteurs des axes Y.

## Test de la rotation de l'axe Y

Avant toute chose, en ce qui concerne l'axe Y, vérifier que les 2 câbles des moteurs des axes Y (étage Y et A sur le CNC shield) sont connectés DANS LE MEME SENS en ce qui concerne les couleurs des 4 fils (sinon, les moteurs vont tourner en sens opposé)

Ensuite, le terminal série étant toujours ouvert, pour faire avancer en sens positif le chariot Y de 5.0mm, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

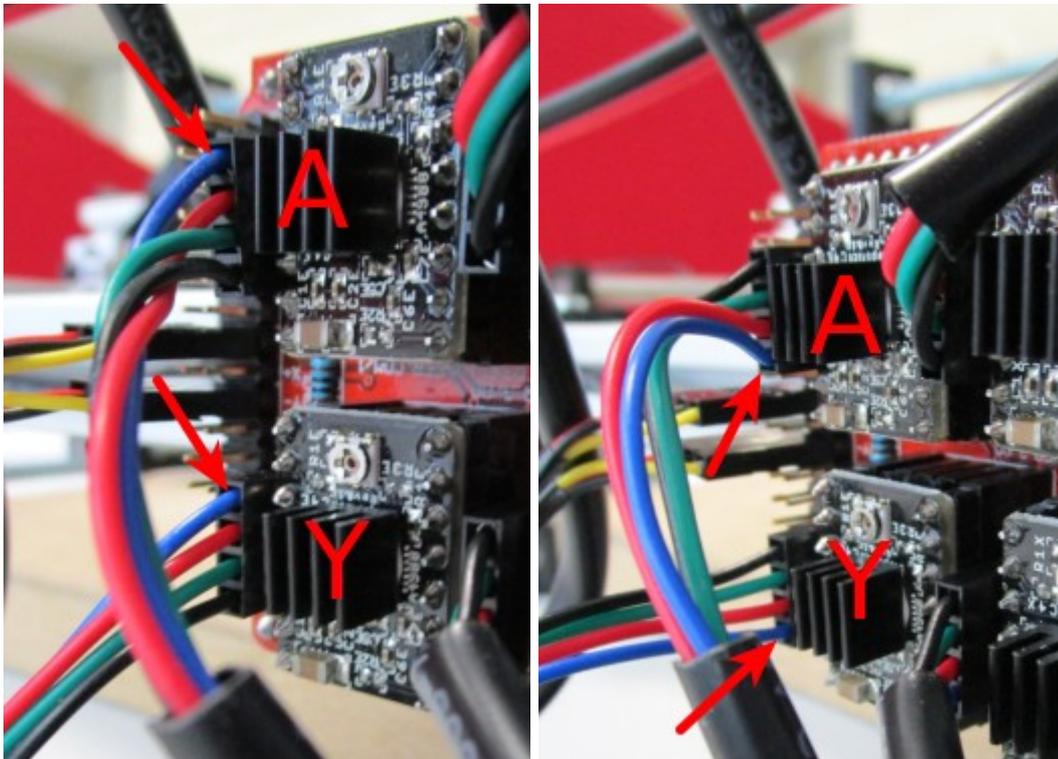
**G01 Y5.0**

et clic sur <envoyer> :



Les deux moteurs Y doivent tourner, ensemble et dans le même sens, en éloignant le chariot des Y du capteur de fin de course. Si ce n'est pas le cas :

- mettre l'alimentation hors tension
- débrancher le câble du moteur Y droit sur le CNC shield, le retourner et le rebrancher
- débrancher le câble du moteur Y gauche sur le CNC shield, le retourner et le rebrancher
- remettre l'alimentation sous tension



A gauche : avant retournement du câble des moteurs Y, à droite : après retournement.

**IL EST IMPERATIF D'ETEINDRE L'ALIMENTATION DES MOTEURS AVANT DE DEBRANCHER UN CÂBLE MOTEUR SOUS PEINE DE « GRILLER » PUREMENT ET SIMPLEMENT L'ETAGE A4988 DE COMMANDE DU MOTEUR.**

Une fois l'inversion de la connexion des **2 câbles** moteurs faite, ressaisir la même commande de G-Code :

**G01 Y5.0**

et clic sur <envoyer> :



Cette fois, les deux moteurs Y doivent tourner, ensemble et dans le même sens, en éloignant le chariot des Y du capteur de fin de course. Une fois que les deux moteurs Y tournent dans le bon sens, on passe au moteur de l'axe Z.

### **Test de la rotation de l'axe Z**

Pour faire avancer en sens positif le chariot Z de 5.0mm, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

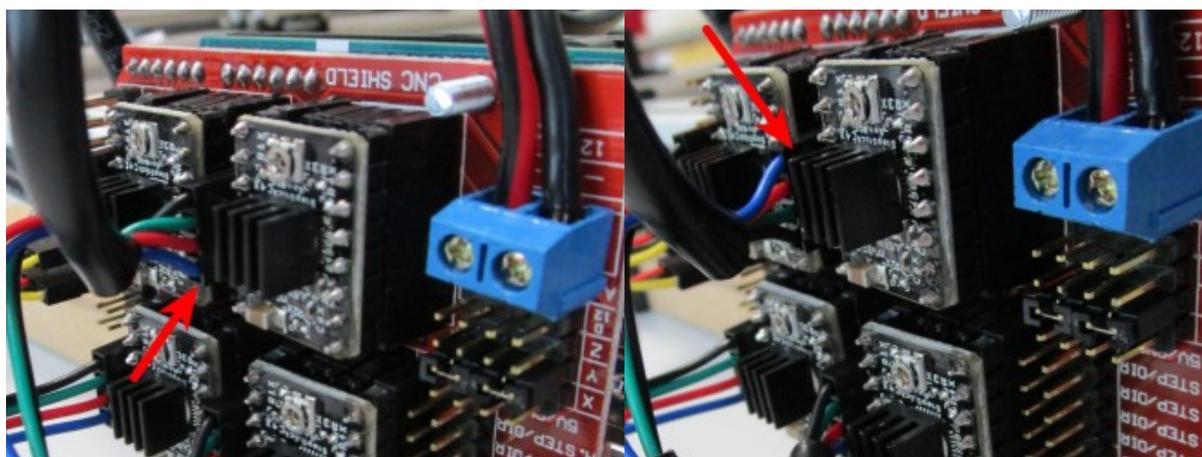
**G01 Z5.0**

et clic sur <envoyer> :



Le moteur doit tourner et faire monter le chariot des Z. Si ce n'est pas le cas :

- mettre l'alimentation hors tension
- débrancher le câble du moteur Z sur le CNC shield, le retourner et le rebrancher
- remettre l'alimentation sous tension



A gauche : avant retournement du câble du moteur Z, à droite : après retournement.

**IL EST IMPERATIF D'ETEINDRE L'ALIMENTATION DES MOTEURS AVANT DE DEBRANCHER UN CÂBLE MOTEUR SOUS PEINE DE « GRILLER » PUREMENT ET SIMPLEMENT L'ETAGE A4988 DE COMMANDE DU MOTEUR.**

Une fois l'inversion de la connexion du câble moteur faite, ressaisir la même commande de G-Code :

**G01 Z5.0**

et clic sur <envoyer> :



Cette fois, le moteur doit tourner dans le bon sens et le chariot des Z doit monter. Une fois que le moteur tourne dans le bon sens, le réglage initial des moteurs est terminé.

### **Dépannage des petits problèmes possibles**

Le moteur ne tourne pas lorsque j'envoie la commande de G-Code ...

- soit l'alimentation moteur n'est pas allumée
- soit le câble moteur est débranché
- soit l'option « Nouvelle ligne » n'est pas active dans le Terminal série
- soit vous n'avez pas appuyé sur le bouton « envoyer »

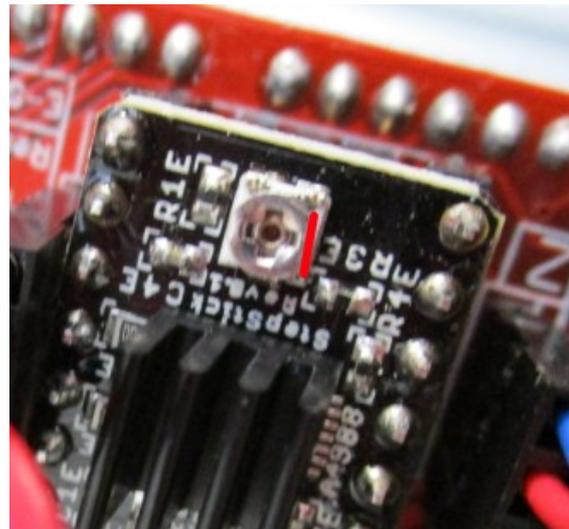
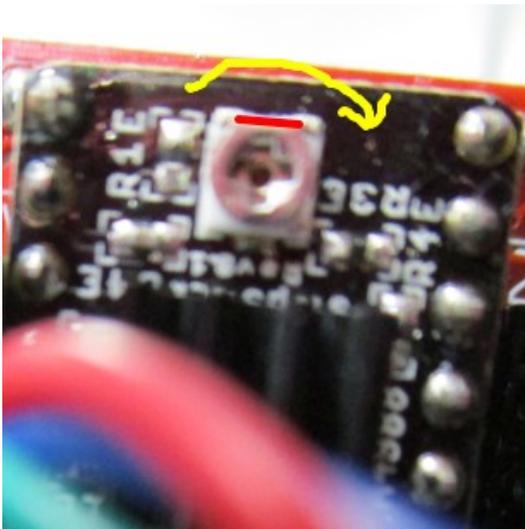
Le moteur vibre lorsque j'envoie la commande de G-Code...

- soit le câble n'est pas bien enfiché sur ses 4 broches, l'une d'entre-elle étant « à côté » : éteindre l'alimentation moteur, rebrancher et remettre sous tension
- soit l'écrou d'entraînement est trop contraint et il faut réaxer, huiler, donner un peu de « pêche » au moteur (voir l'étape suivante)
- soit vous utilisez une vitesse trop élevée (normalement pas si vous faites ce que j'ai dit) : en pratique, vous pouvez raisonnablement monter jusqu'à 8mm/sec sans problème. Au-delà, cela va dépendre de la qualité mécanique de votre machine.

## ***Petits réglages d'optimisation***

### **Booster les moteurs !**

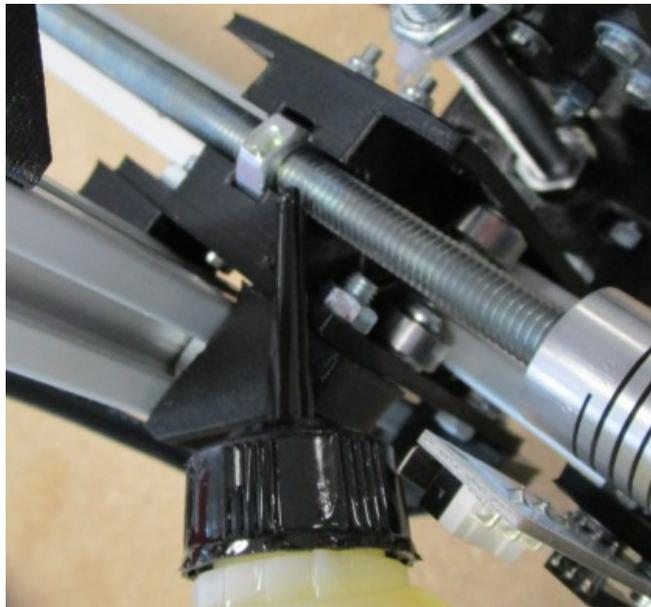
Pour que l'Open Maker Machine fonctionne de la meilleure des façons, je vous conseille de « booster » les moteurs en augmentant le courant de phase des moteurs pas à pas, ce qui se fait simplement en tournant d'un quart de tour dans le sens des aiguilles d'une montre le potentiomètre miniature présent sur chacun des étages moteurs à l'aide d'un tournevis miniature : le méplat qui est tourné vers le haut par défaut se trouve ainsi placé latéralement.



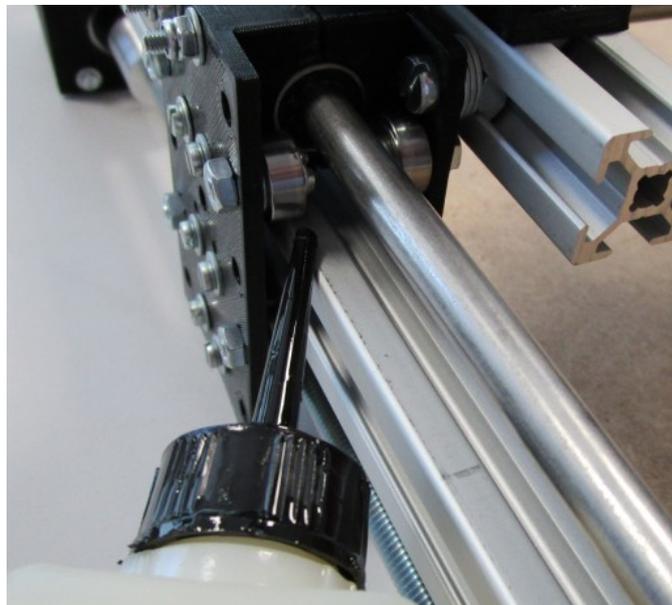
### **Huilez-moi tout ça !**

Pour optimiser le travail de la mécanique :

- au niveau des tiges filetées d'entraînement, huiler légèrement l'écrou et la tige filetée autour de l'écrou de chacun des axes :

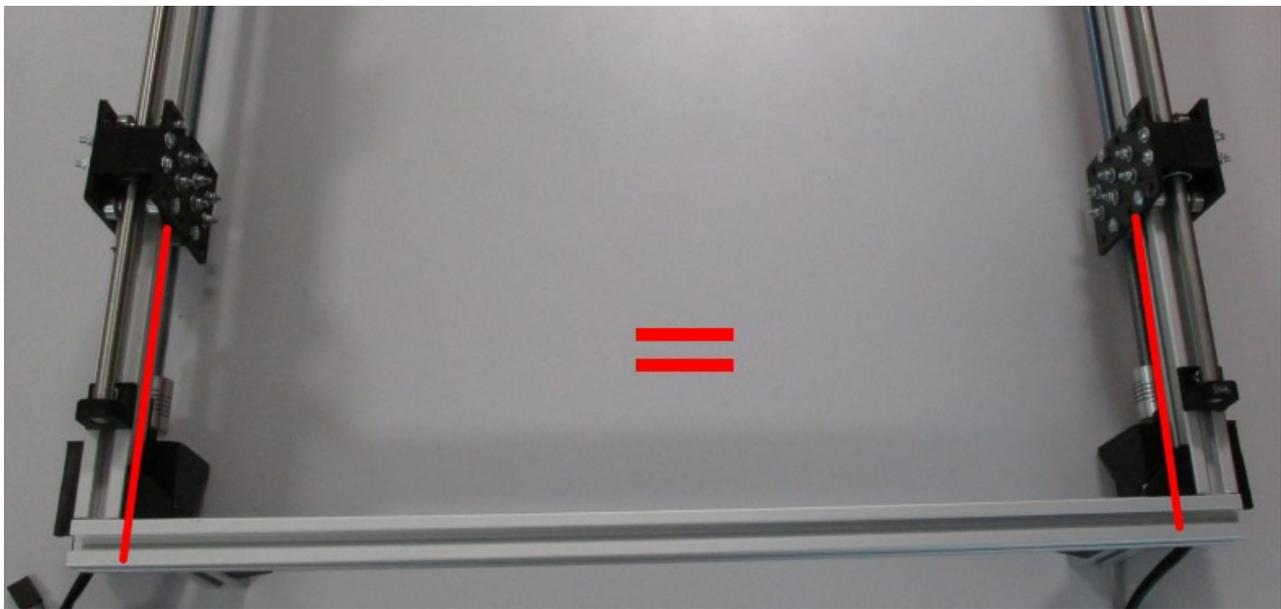


- huiler également la zone de contact entre les roulements à billes et le profilé aluminium pour tout ou partie des roulements à billes (au moins ceux qui roulent sur les surfaces supérieures des profilés):



**Soyez un poil « parano »...**

Vous pouvez également re-vérifier la distance des chariot Y au bord arrière et les recaler/affiner au besoin.



### **Test de vitesse**

Une fois que vos moteurs tournent dans le bon et sont optimisés en puissance, vous allez pouvoir **faire des tests de vitesse**. Pour cela, on va envoyer vers la machine et pour chaque axe des ordres de mouvements en majorant progressivement la vitesse, jusqu'à 8mm/sec. Au-delà, cela sera possible uniquement si votre machine est bien montée mécaniquement et les frottements limités.

#### **Test de vitesse de l'axe X**

Pour faire avancer en sens positif le chariot X de 10.0mm à la vitesse de 2mm/sec, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante (le paramètre F fixe la vitesse – f pour feedrate ) :

**G01 X10 F2**

Vous devez constater une augmentation de la vitesse. Ensuite tester successivement les instructions :

**G01 X10 F4**

**G01 X10 F6**

**G01 X10 F8**

Vous entendez que le son émis par le moteur devient plus « harmonieux » et la vitesse de rotation qui augmente au fur et à mesure.

#### **Test de vitesse de l'axe Y**

**ATTENTION : POUR LE TEST DE VITESSE DE L'AXE Y, SOYEZ PRETS A METTRE L'ALIMENTATION DES MOTEURS HORS TENSION SI L'UN DES MOTEURS TOURNE ET L'AUTRE PAS**

**(ce qui est possible aux vitesses plus élevées)**

Pour faire avancer en sens positif le chariot Y de 10.0mm à la vitesse de 2mm/sec, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante (le paramètre F fixe la vitesse – f pour feedrate ) :

**G01 Y10 F2**

Vous devez constater une augmentation de la vitesse. Ensuite tester successivement les instructions :

**G01 Y10 F4**

**G01 Y10 F6**

**G01 Y10 F8**

Vous entendez que le son émis par les moteurs devient plus « harmonieux » et la vitesse de rotation qui augmente au fur et à mesure.

## Test de vitesse de l'axe Z

Pour faire avancer en sens positif le chariot Z de 5.0mm à la vitesse de 2mm/sec, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante (le paramètre F fixe la vitesse – f pour feedrate ) :

**G01 Z5 F2**

Vous devez constater une augmentation de la vitesse. Ensuite tester successivement les instructions :

**G01 Z-5 F4**

**G01 Z5 F6**

**G01 Z-5 F8**

Vous entendez que le son émis par les moteurs devient plus « harmonieux » et la vitesse de rotation qui augmente au fur et à mesure.

**ATTENTION : L'AXE Z AYANT UN DEBATTEMENT ASSEZ COURT (5 cm en tout), UTILISER DES VALEURS PETITES OU NEGATIVES POUR LES TESTS.**

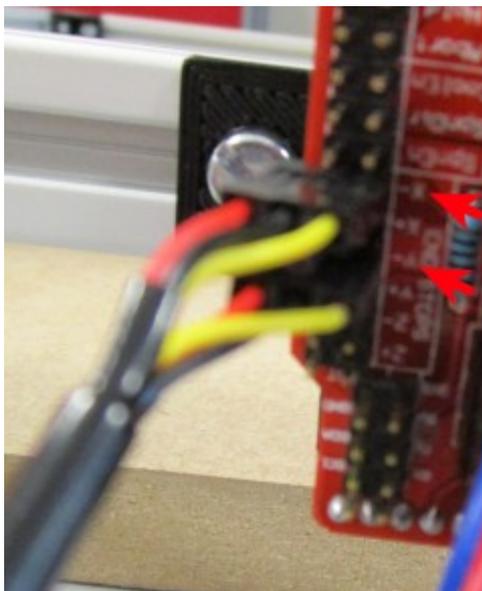
**Tout est OK ? Bravo, vos moteurs sont réglés !**

## Test des capteurs de fin de course des axes X et Y

A présent nous allons tester les capteurs de fin de course.

### Vérification du câblage

Par principe, commencer par vérifier que le câblage est correct avec le endstop de X sur X- et le endstop de Y sur Y - , le câble rouge étant « dans le vide » :



### Procédure de test

Pour les 2 endstops, on va procéder de la même manière :

- on va envoyer à la machine l'ordre de recherche du 0 pour l'axe voulu
- on va appuyer manuellement sur le endstop ce qui doit stopper le mouvement et si ce n'est pas le cas, **on mettra immédiatement hors tension l'alimentation moteur** afin de vérifier le câblage
- une fois que l'appui endstop est bien détecté manuellement, on enverra à nouveau à la machine l'ordre de recherche du 0 pour l'axe voulu : le moteur doit s'arrêter au contact et si ce n'est pas le cas, **on mettra immédiatement hors tension l'alimentation moteur**

## Test du capteur de fin de course (endstop) de l'axe X

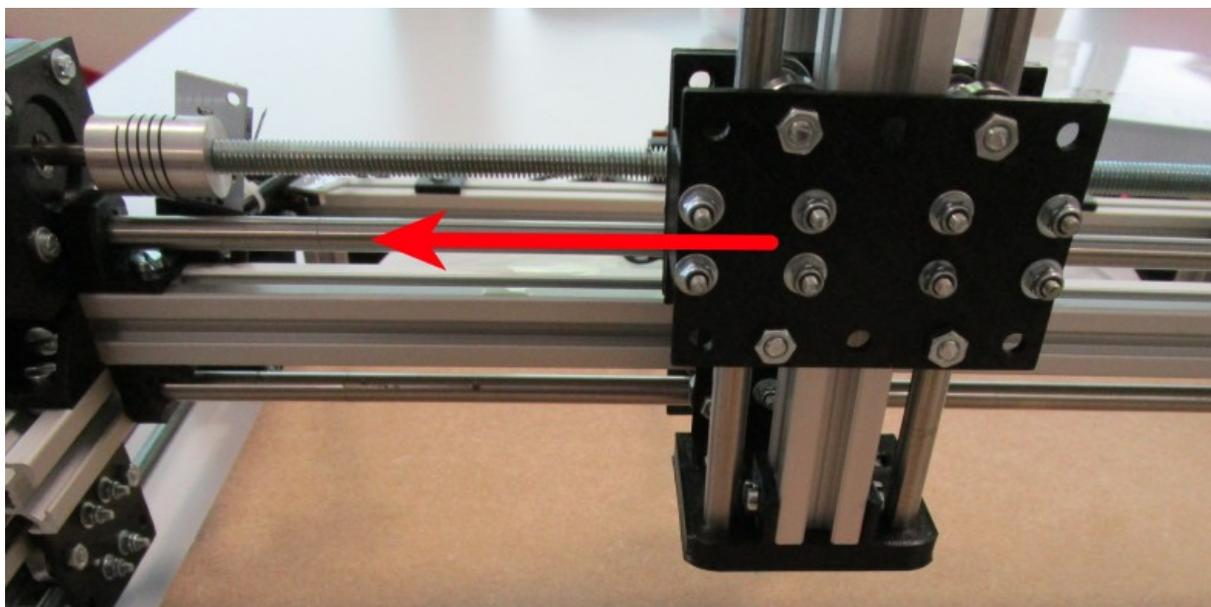
Pour lancer la recherche du zéro machine (ou home) de l'axe X, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

**G28 X**

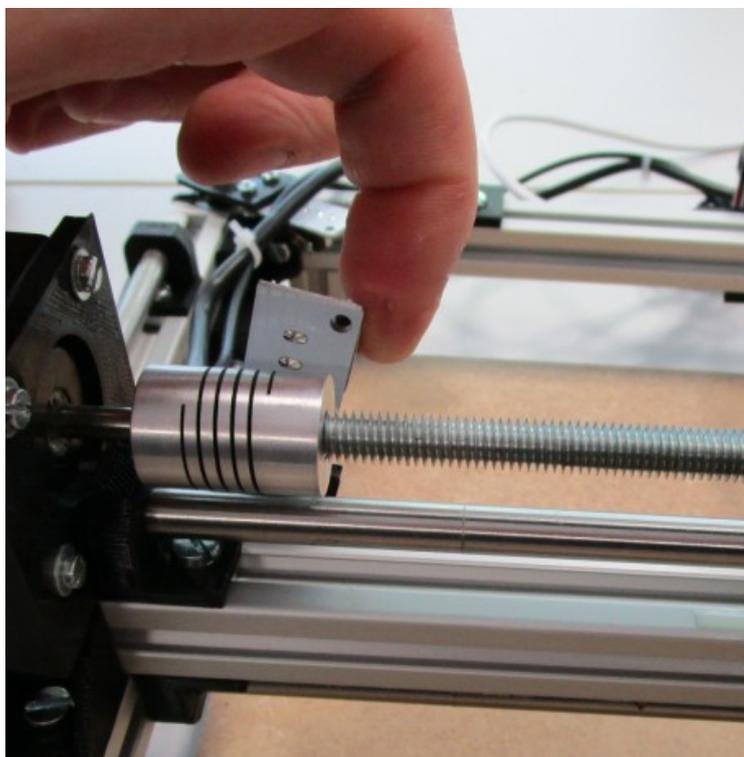
et clic sur <envoyer> :

A ce moment là, le chariot X commence à se diriger vers le endstop :



Appuyer manuellement sur le endstop ce qui doit le stopper net :



Si ce n'est pas le cas, **mettre immédiatement hors tension l'alimentation moteur** afin de vérifier le câblage.

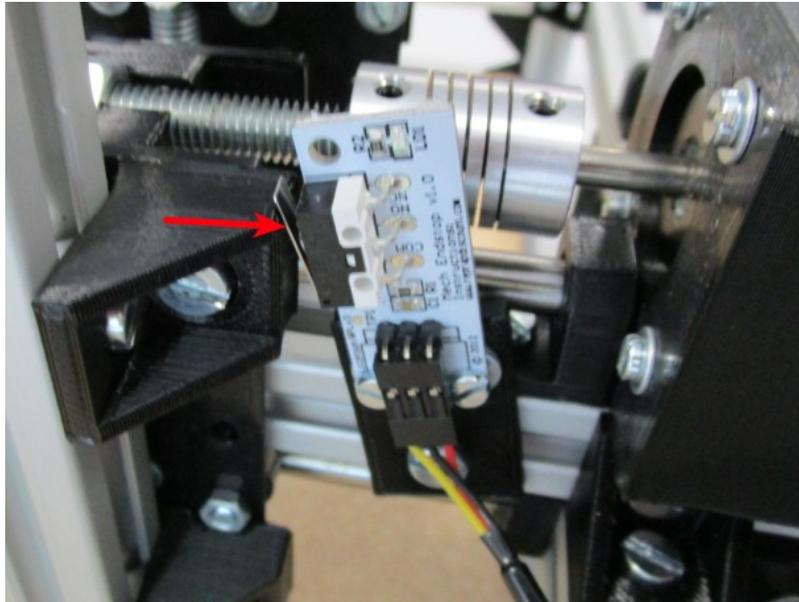
Si tout est OK, lancer à nouveau la recherche du zéro machine (ou home) de l'axe X, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

## G28 X

et clic sur <envoyer> :

A ce moment là, le chariot X commence à se diriger vers le endstop : cette fois, le laisser aller au contact du endstop. Dès que le contact mécanique a lieu, le moteur X doit s'arrêter. Si ce n'est pas le cas, **mettre immédiatement hors tension l'alimentation moteur ++ !**



Lors du fonctionnement de l'Open Maker Machine, il faudra veiller d'une manière générale à ce qu'aucun câble ne puisse venir se placer entre le chariot X et le endstop X empêchant le contact. Si pour quelque raison que ce soit, lors du fonctionnement normal de la machine, le endstop ne se déclenche pas, ayez le réflexe de mettre immédiatement hors tension l'alimentation moteur !

## Test du capteur de fin de course (endstop) de l'axe Y

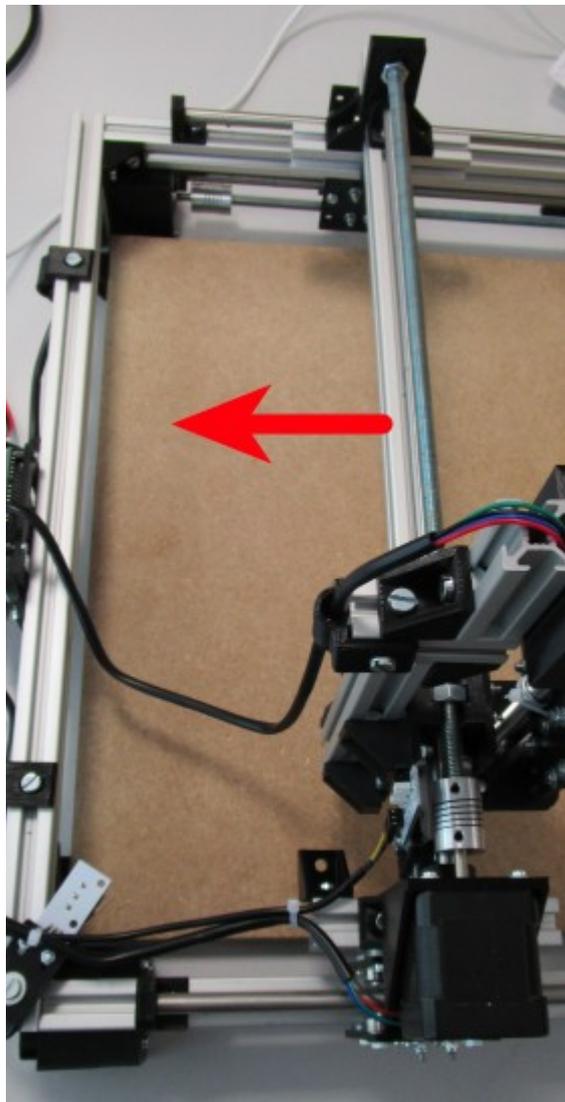
Pour lancer la recherche du zéro machine (ou home) de l'axe Y, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

## G28 Y

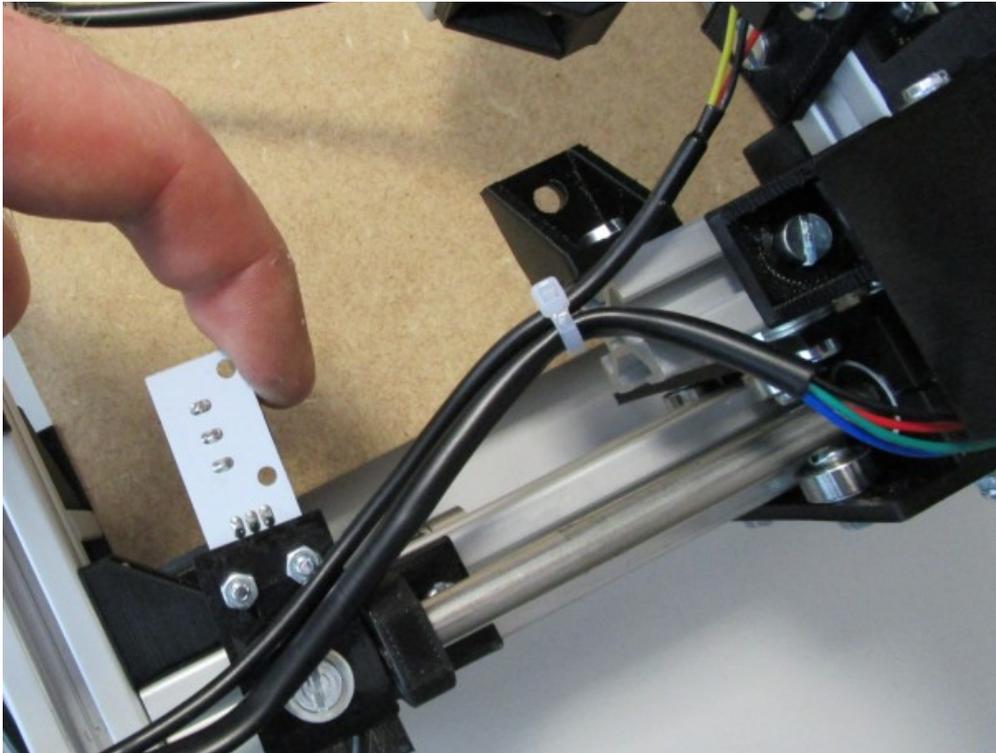
et clic sur <envoyer> :

A ce moment là, le chariot Y commence à se diriger vers le endstop :



Appuyer manuellement sur le endstop ce qui doit le stopper net :



Si ce n'est pas le cas, **mettre immédiatement hors tension l'alimentation moteur** afin de vérifier le câblage.

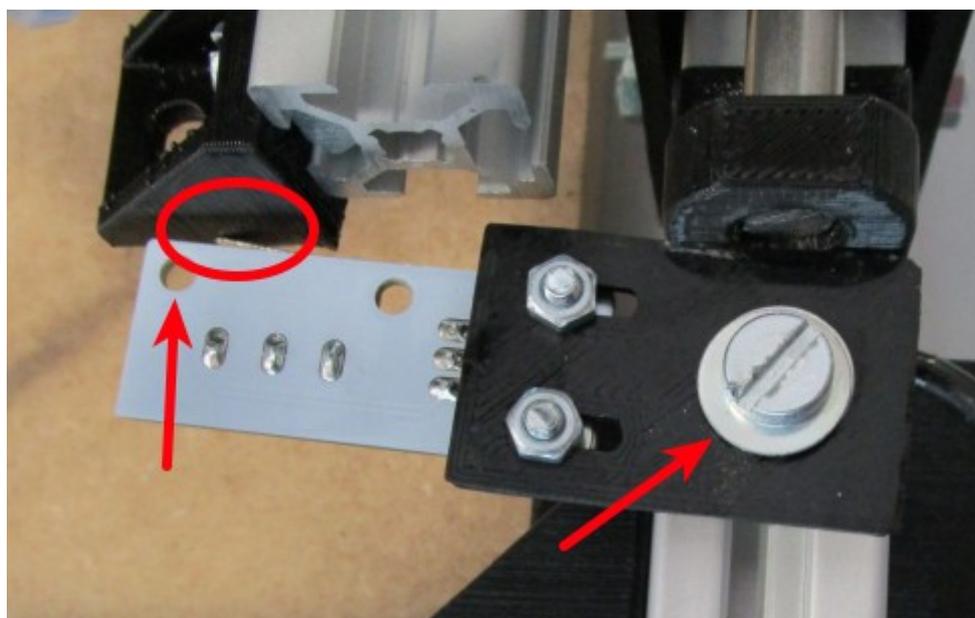
Si tout est OK, lancer à nouveau la recherche du zéro machine (ou home) de l'axe Y, saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

### G28 Y

et clic sur <envoyer> :



A ce moment là, le chariot Y commence à se diriger vers le endstop : **regarder attentivement si le contact entre le chariot Y gauche et le endstop se fait bien. Au besoin mettre hors tension lorsque le chariot Y est suffisamment près** et avancer le endstop pour qu'il y ait contact.



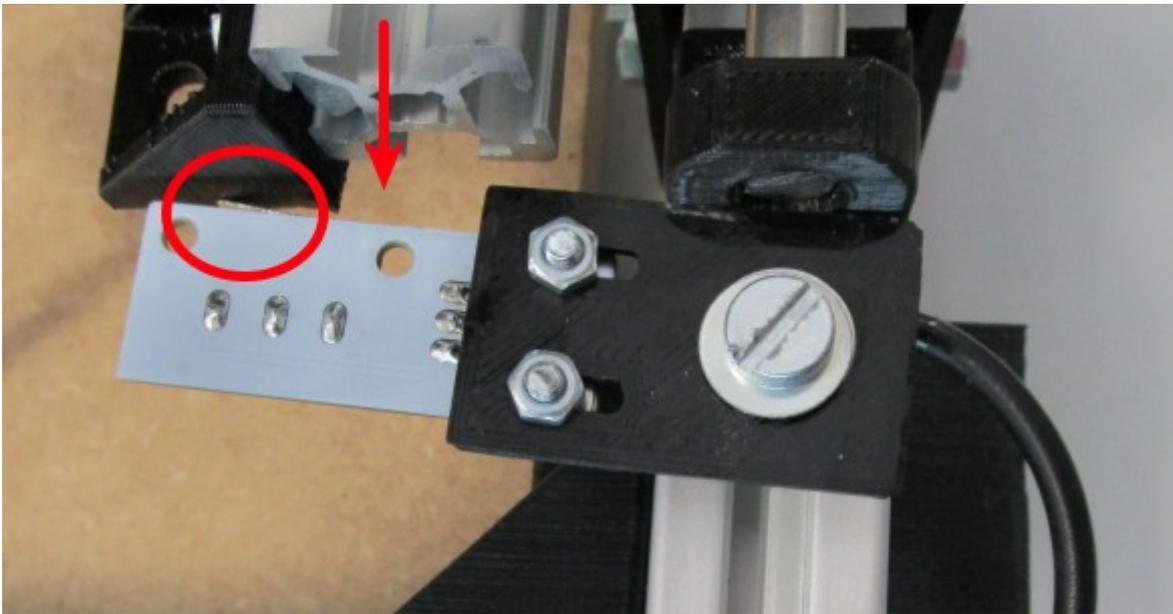
A nouveau saisir dans le champ d'envoi du Terminal série la commande de G-Code suivante :

### G28 Y

et clic sur <envoyer> :



A ce moment là, le chariot Y commence à se diriger vers le endstop : cette fois, le laisser aller au contact du endstop. Dès que le contact mécanique a lieu, le moteur X doit s'arrêter. Si ce n'est pas le cas, **mettre immédiatement hors tension l'alimentation moteur ++ !**



### **En cas de problème**

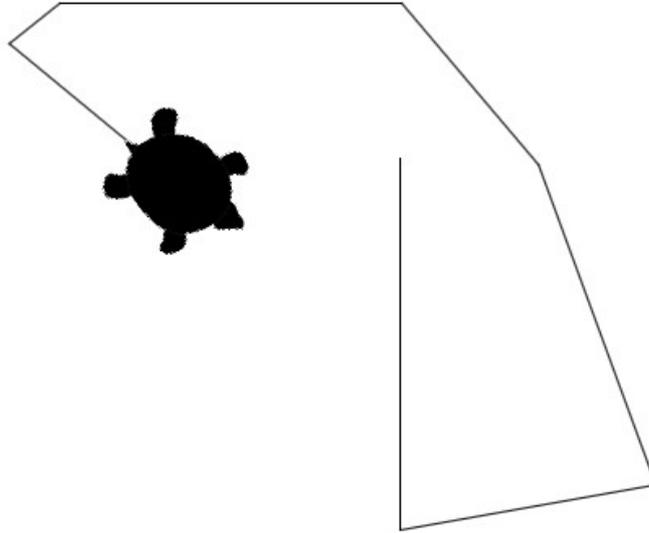
- Si l'un des endstops ne fonctionne pas, revenez aux fondamentaux : sortir le multimètre en mode ohmètre et vérifier que l'appui sur le endstop crée le contact sur les broches noir et jaune du câble (débranchez-le côté CNC-shield pour tester)
- Pour préciser le diagnostic, vous pouvez aussi connecter à des fins de test le endstop qui fonctionne sur le bornier du endstop qui ne fonctionne pas.

**Tout fonctionne ?**

**Alors, cette fois çà y est, votre Open Maker Machine est parée pour être utilisée.**

### **Faites-vous plaisir : utilisez l'Open Maker Machine en mode « Turtle »**

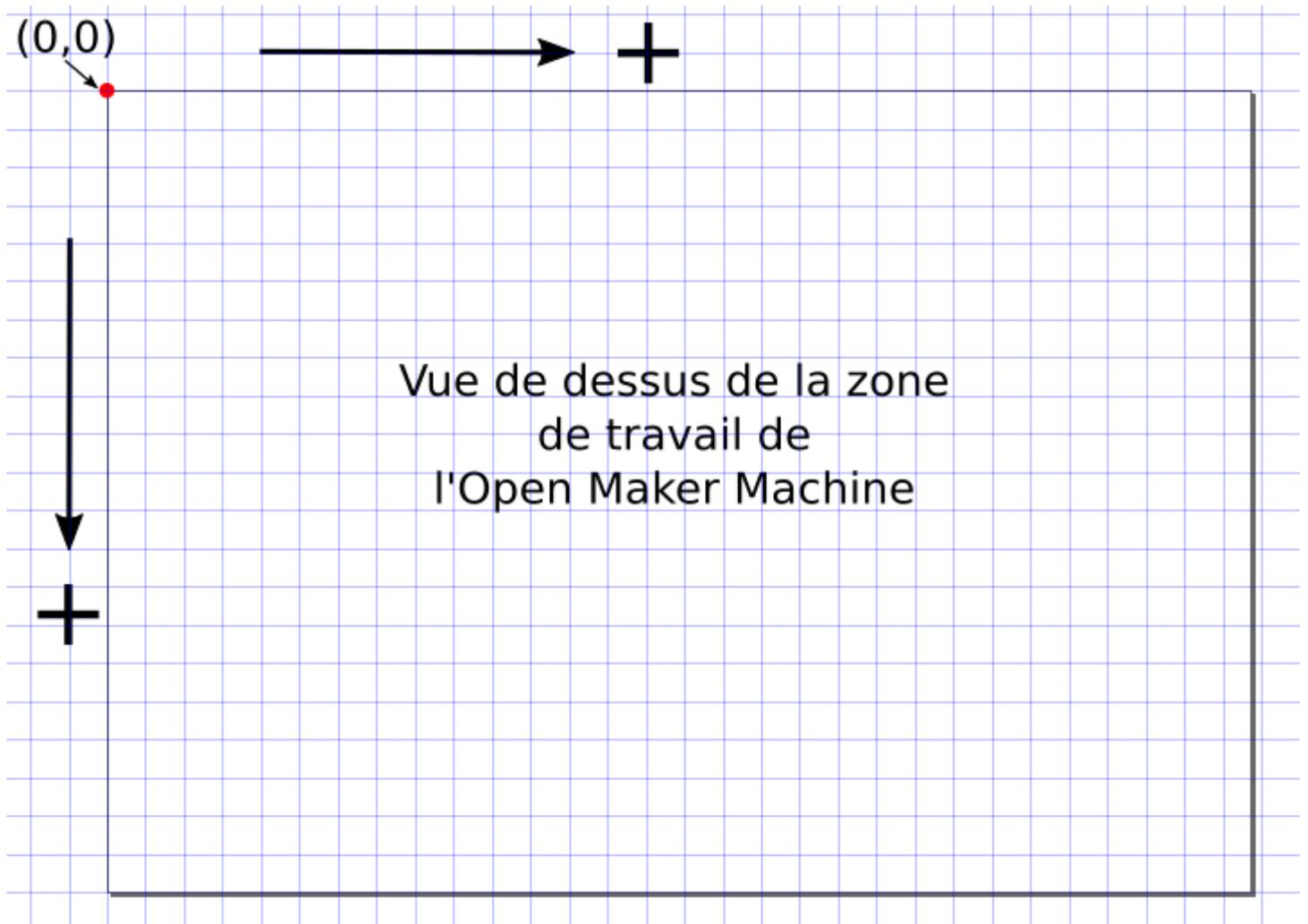
Vous avez probablement utilisé un jour ou au moins entendu parler de « [Turtle](#) », [un outil d'initiation à la programmation](#) qui vous permet de tester des actions simples (tourner, avancer, etc.) qui sont appliquées à une petite tortue affichée à l'écran...



Un exemple de dessin avec Turtle

Pour vous familiariser avec votre Open Maker Machine et vous initier au G-Code, je vous propose à présent de la tester « façon turtle » (même si c'est différent, je vous l'accorde...), c'est à dire en faisant exécuter des ordres de G-Code simples de positionnement. Vous pourrez faire la même chose par la suite avec l'outil crayon, mais vous pouvez d'ors et déjà le faire ici, « just for fun ».

Voici le système de coordonnées de la machine :

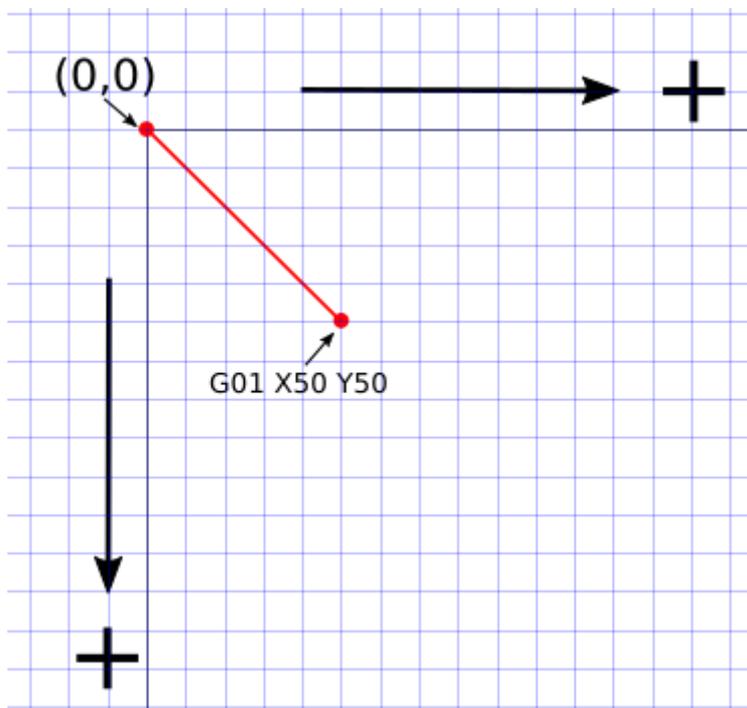


Voici quelques instructions test à saisir dans le terminal série :

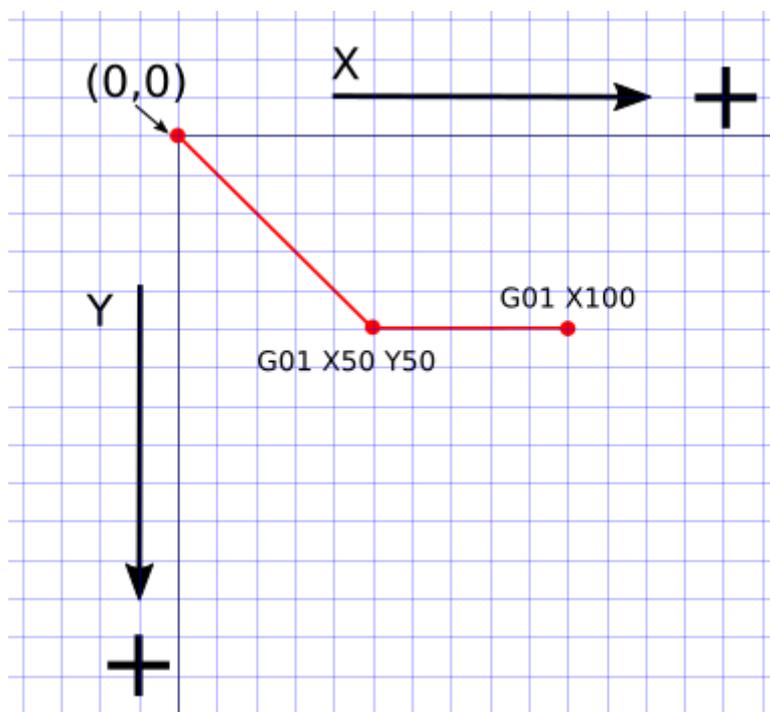
Configuration en mode de coordonnées absolues : **G90**

Positionnement à l'origine machine des axes X et Y : **G28 X Y**

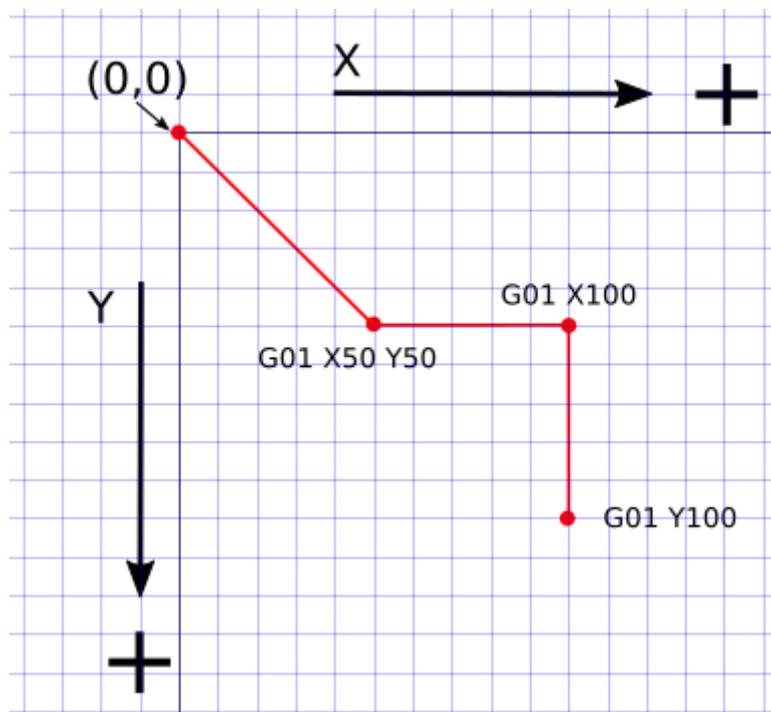
Positionnement linéaire au point X=50mm et Y=50mm à la vitesse de 6mm/sec : **G01 X50 Y50 F6**



Positionnement linéaire au point X=100mm et Y courant à la vitesse courante : **G01 X100**



Positionnement linéaire au point X courant et Y=100mm à la vitesse courante : **G01 Y100**



Etc... Prenez le temps de faire vos tests... Une fois terminé, revenez à l'origine avec **G01 X0 Y0**

## Conclusion

En pratique, **il est essentiel de pouvoir « revenir aux fondamentaux »** : indépendamment de toute interface graphique et de toute complication inutile ! Comme vous pouvez le constater, vous pouvez (re)prendre le contrôle de l'Open Maker Machine à partir du seul terminal série du logiciel Arduino.

Cette façon de procéder (mais aussi la possibilité de procéder de cette façon... vous suivez ?) vous donne une grande stabilité dans votre utilisation de la machine, puisque si quelque chose ne se passe pas comme vous le souhaitez ultérieurement avec une interface, un programme, vous pourrez toujours en revenir aux choses simples pour vérifier/trouver d'où vient le problème.

Cela veut dire également que vous pouvez créer votre propre interface de contrôle de l'Open Maker Machine, pour peu que vous soyez en mesure de communiquer avec l'Arduino via le port série. Et là, ça laisse un paquet de possibilités...

## Contrôle de l'Open Maker Machine par interface graphique

### Introduction

Une fois que l'on est en mesure de contrôler l'Open Maker Machine à partir du terminal série, nous allons « monter d'un niveau » et le faire à partir d'une interface graphique. Ceux qui ont l'habitude d'utiliser une imprimante 3D vont se sentir ici en terrain connu.

A la recherche d'une solution simple d'interface graphique pour l'Open Maker Machine, parallèlement à l'écriture du Simple G-Code Decoder, j'ai écrit une interface graphique simple en PyQt (Python + Qt), Simple Gcode GUI, permettant d'assurer :

- le contrôle manuel de l'Open Maker Machine
- l'ouverture et l'envoi d'un fichier de G-Code vers l'Open Maker Machine.

Cette interface présente là encore plusieurs avantages :

- très légère et pouvant tourner sur de toutes petites plateformes

- simple à adapter pour peu que l'on ait quelques rudiments de PyQt
- polyvalente, en soi l'interface n'étant qu'un terminal série couplé à un « joystick » graphique pour contrôler manuellement tout dispositif programmé avec le Simple Gcode Decoder
- opensource

Des alternatives potentielles existent, mais non opérationnelles à ce jour, notamment il devrait être possible de réaliser une interface Pronterface (comme celle des imprimantes 3D) adaptée au cas de l'Open Maker Machine, ou encore avec Processing pour ceux qui aiment bien cet outil.

## Installation de l'interface Simple G-Code GUI

---

L'interface Simple G-Code GUI (interface graphique pour Simple Gcode decoder) est écrite en PyQt (Python 2.x + Qt 4.x) et est potentiellement portable sur n'importe quel système où PyQt est installé, tout en s'intégrant à la charte graphique du système.

### Présentation

L'interface est minimale, très légère, et permet :

- la **connexion série** à l'Open Maker Machine avec visualisation de l'ensemble des échanges entre l'interface et la carte Arduino
- la **saisie manuelle** d'instructions de G-Code
- le **contrôle graphique manuel** de l'Open Maker Machine
- l'**ouverture d'un fichier de G-Code**, l'édition du fichier au besoin
- l'**envoi d'un fichier de G-Code** ouvert vers l'Open Maker Machine et le contrôle du déroulement de son exécution

### Installation sous Gnu/Linux

#### Installation des dépendances

La façon la plus simple et la plus efficace d'installer Simple G-Code GUI est d'installer les dépendances nécessaires et de télécharger l'archive sur le dépôt Github de projet.

Les dépendances à installer au préalable sont les suivantes (saisir la commande dans un Terminal) :

```
sudo apt-get install python-qt4 python-serial
```

#### Téléchargement sur Github

Une fois fait, télécharger l'archive de l'interface ici : <https://github.com/sensor56/Simple-GCode-GUI>

Interface PyQt de contrôle d'une machine 3 axes programmée avec Simple G-Code Decoder — Edit

7 commits 1 branch 0 releases 1 contributor

branch: master Simple-GCode-GUI / +

Update README.md		
sensor56	authored 4 hours ago	latest commit b73ecaf1d5
LICENSE	Initial commit	4 hours ago
README.md	Update README.md	4 hours ago
SimpleGCodeGUI.py	Create SimpleGCodeGUI.py	4 hours ago
SimpleGCodeGUI.ui	Create SimpleGCodeGUI.ui	4 hours ago
SimpleGCodeGUIMain.py	Create SimpleGCodeGUIMain.py	4 hours ago



Code

Issues 0

Pull requests 0

Wiki

Pulse

Graphs

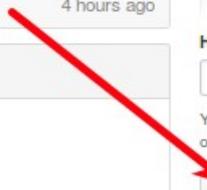
Settings

HTTPS clone URL

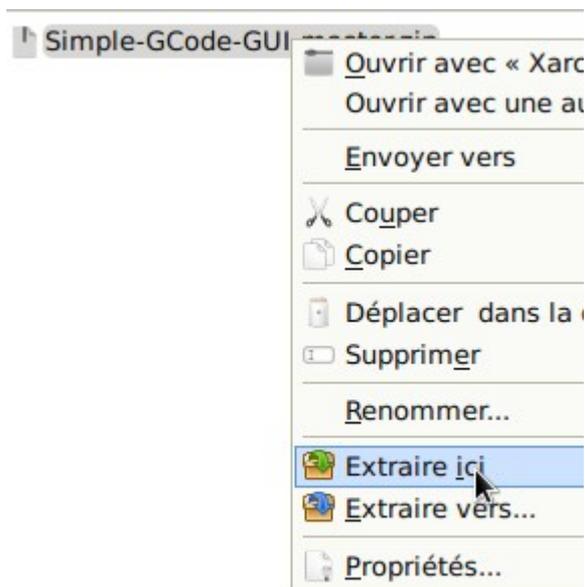
https://github.com

You can clone with HTTPS, SSH, or Subversion.

Download ZIP



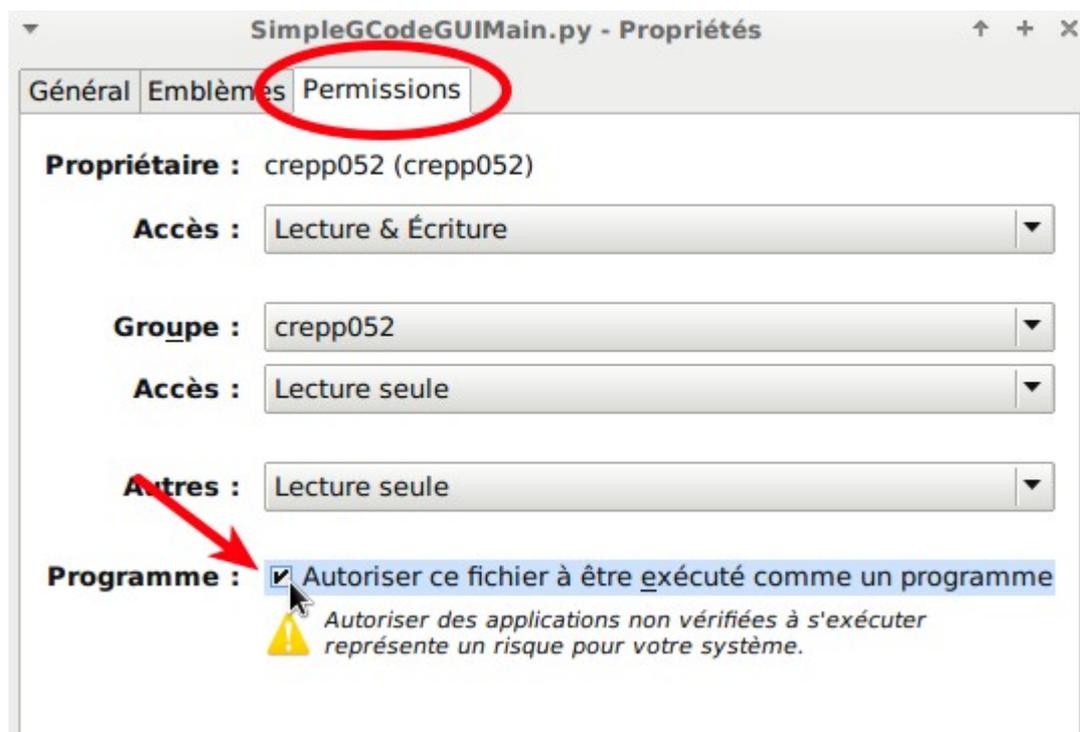
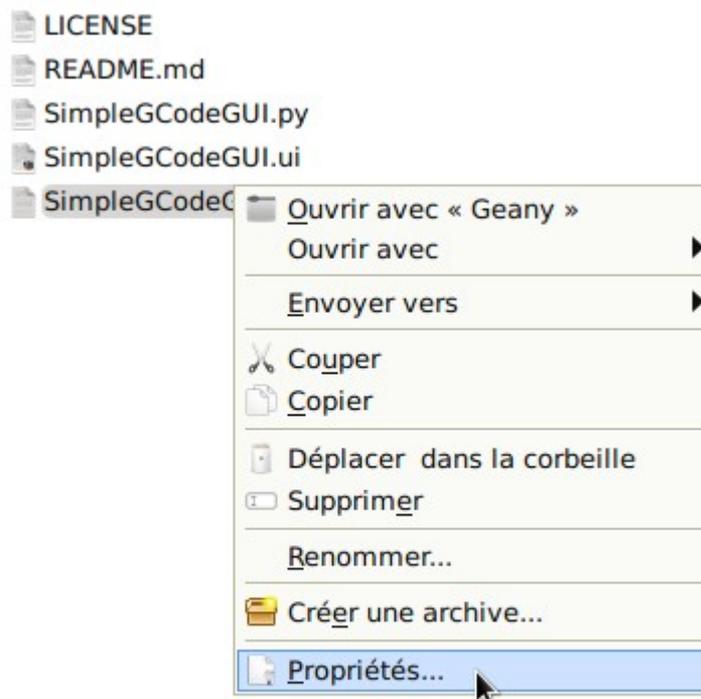
L'extraire par clic droit sur le fichier d'archive > extraire ici :



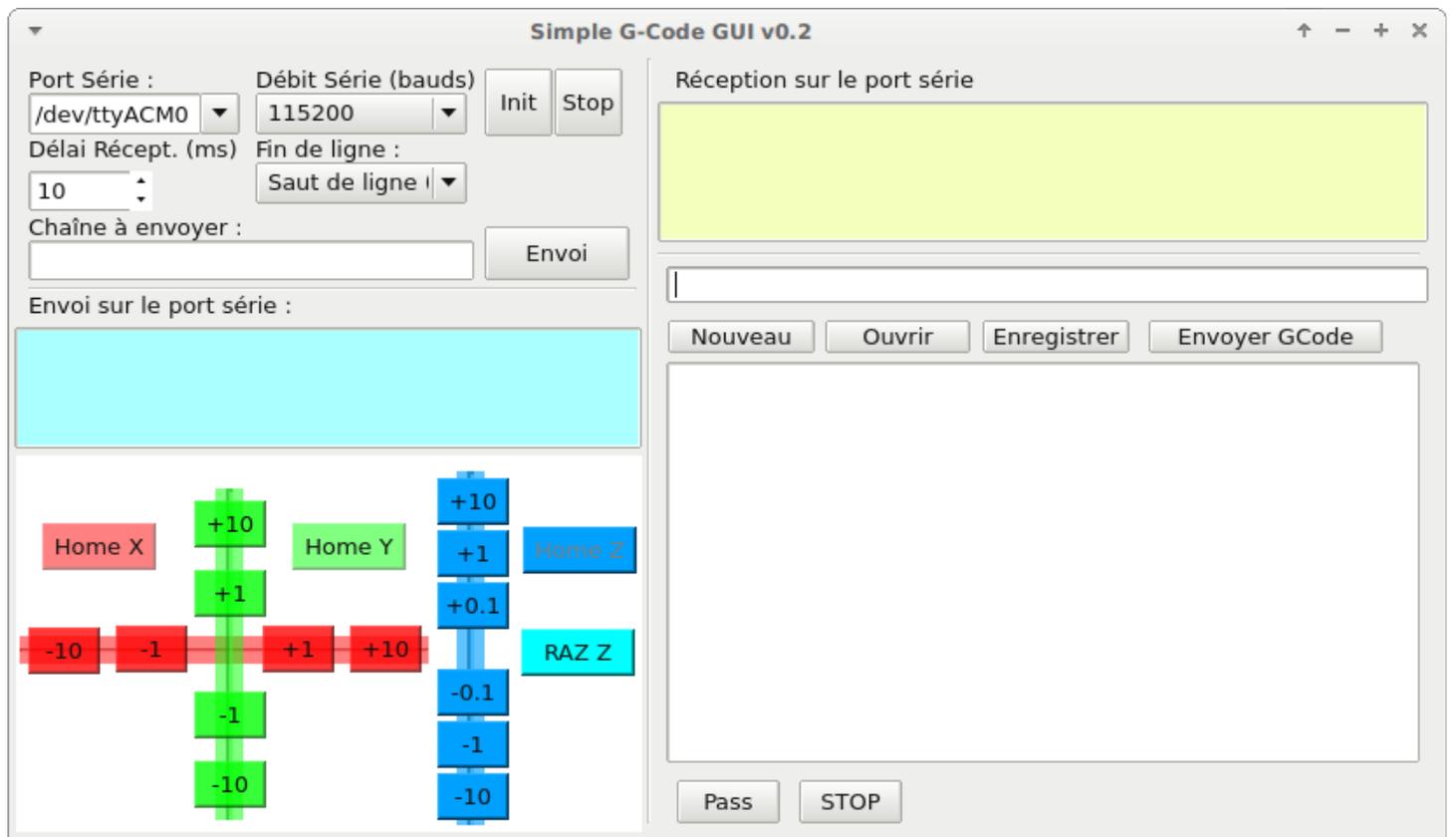
ce qui donne un répertoire avec le contenu suivant :

- LICENSE
- README.md
- SimpleGCodeGUI.py
- SimpleGCodeGUI.ui
- SimpleGCodeGUIMain.py

Rendre exécutable le fichier \*Main.py par clic droit > propriétés > onglet permissions >



Une fois fait, un double clic sur le fichier \*Main.py lance l'application.



Il est également possible de le lancer en ligne de commande avec (ceci présente l'avantage de montrer les messages dans le terminal système pendant l'exécution) :

```
/chemin/ou/se/trouve/le/fichier/SimpleGCodeGUIMain.py
```

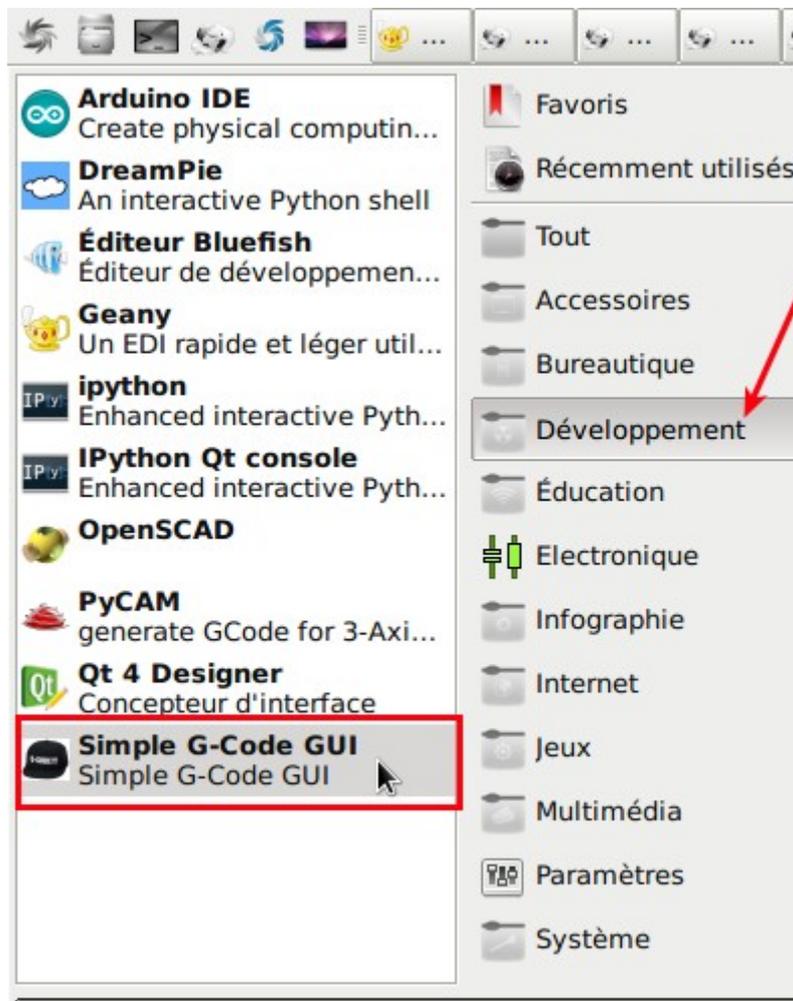
### Paquet \*.deb

Il s'agit d'un paquet \*.deb autonome qui n'est pas dans les dépôt et qui nécessitera pour s'installer du logiciel Gdebi , à installer avec la commande :

```
sudo apt-get install gdebi
```

Ce paquet \*.deb est [disponible ici](#) et gère l'installation des dépendances avec Gdebi. Pour l'utiliser, il suffit de le télécharger et de l'installer avec Gdebi.

Une fois fait, l'interface se lance comme n'importe quel autre logiciel du système :



### Pour aller plus loin

Si vous souhaitez pouvoir modifier ou éditer vous-même cette interface PyQt, vous pouvez également installer :

```
sudo apt-get install pyqt4-dev-tools qt4-designer geany geany
```

Pour plus de détails sur la création d'une interface PyQt, voir : [http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki\\_mon\\_club\\_elec/pmwiki.php?n=MAIN.PYQT](http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_mon_club_elec/pmwiki.php?n=MAIN.PYQT)

### Installation sous MacOSX

Une fois installé PyQt sur votre système, l'application devrait s'exécuter en lançant le fichier \*Main.py..

Voir : <http://mon-club-elec.fr/openmakermachine/wiki/doku.php?id=logiciels:simplegcodegui>

### Installation sous Windows

Une fois installé PyQt sur votre système, l'application devrait s'exécuter en lançant le fichier \*Main.py.

Voir : <http://mon-club-elec.fr/openmakermachine/wiki/doku.php?id=logiciels:simplegcodegui>

### Pré-requis

L'interface graphique Simple Gcode Gui nécessite l'installation sur votre système de :

- Python 2.7
- PyQt 4.8

- PySerial

### Installation de Python 2.7.8

On téléchargera ici l'archive voulue : <https://www.python.org/download/releases/2.7.8/>

à savoir parmi :

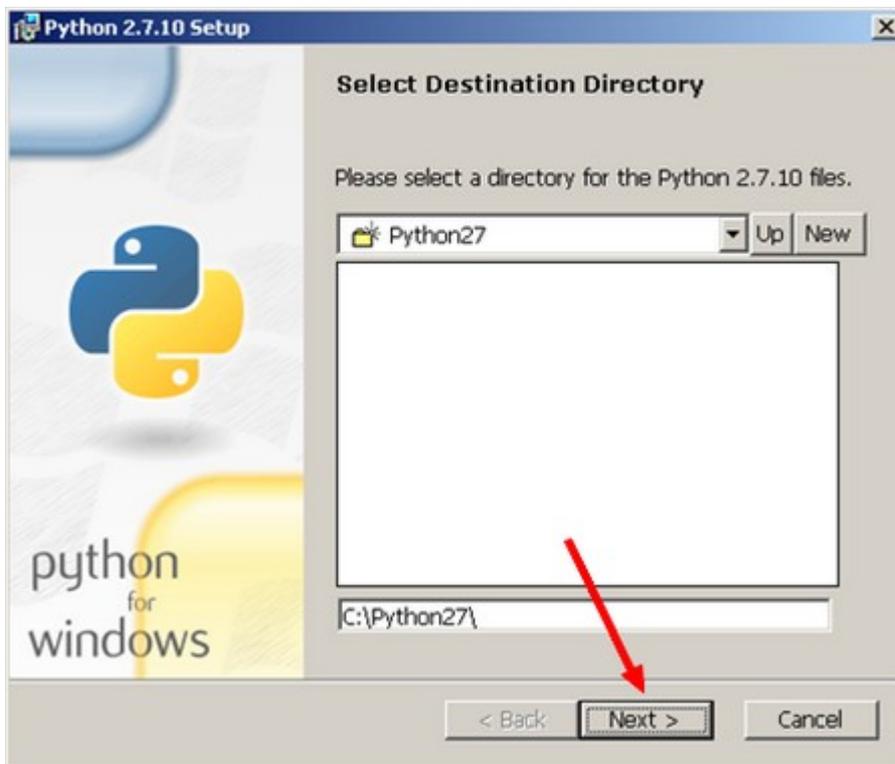
[Windows x86 MSI Installer \(2.7.8\)](#)

[Windows X86-64 MSI Installer \(2.7.8\)](#)

Tout d'abord, exécuter le programme d'installation "**python-2.7.10.msi** ", la fenêtre suivante s'affiche:



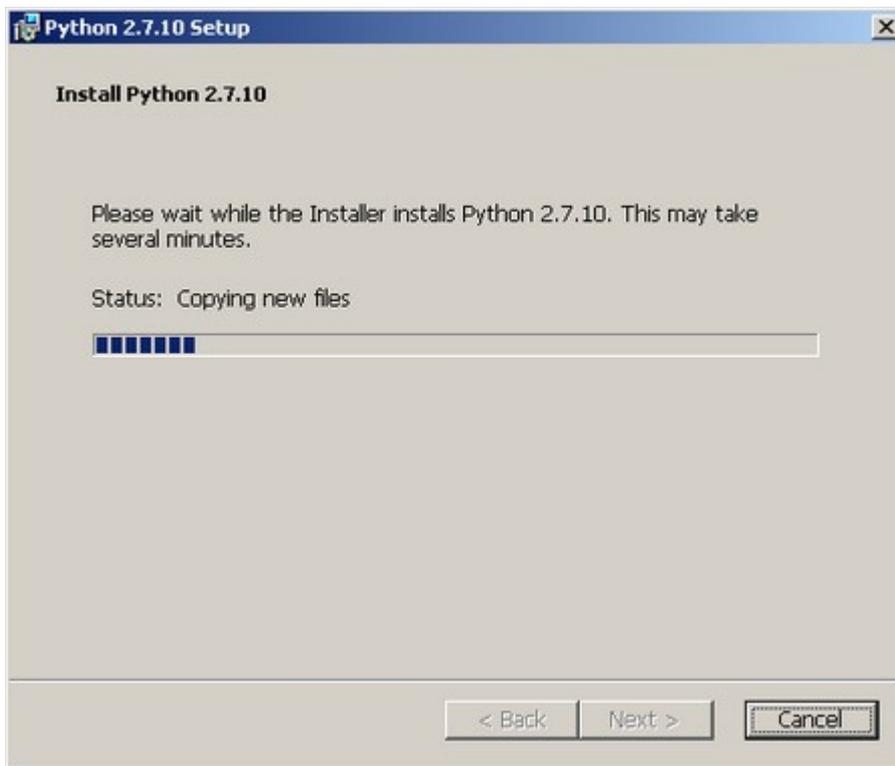
Cliquer sur **Next**



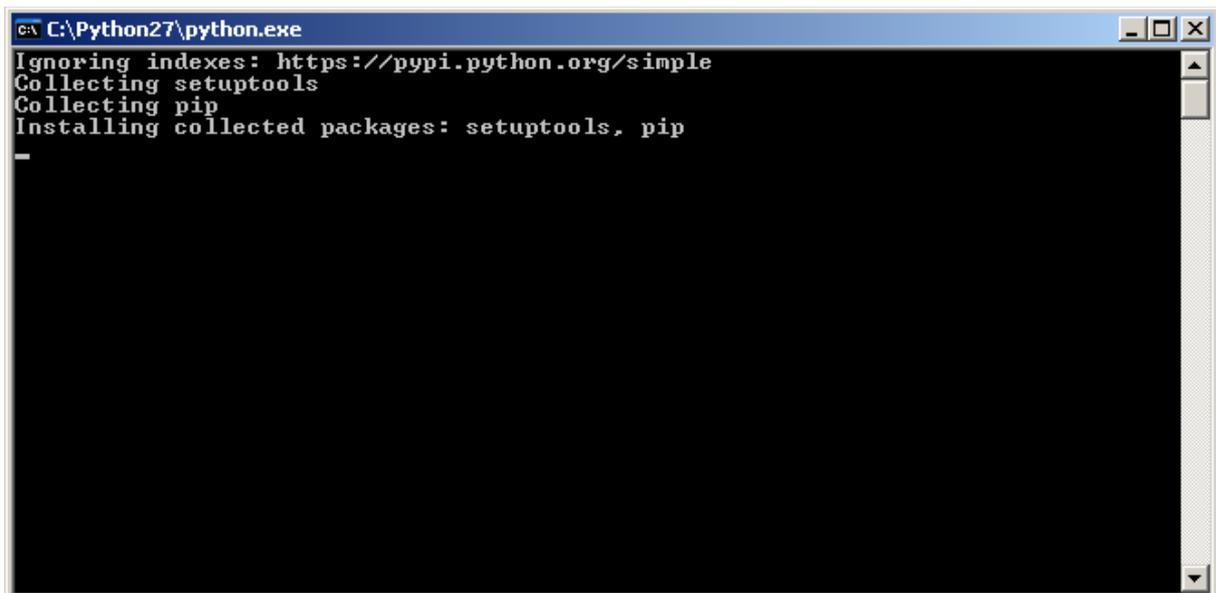
Conserver de préférence le répertoire d'installation par défaut dans c:\Python27\ puis cliquer sur **Next**



De nouveau sur **Next**



La fenêtre ci-dessus indique la progression de l'installation et peut prendre quelques minutes...



La fenêtre ci-dessus apparaît puis disparaît durant l'installation, ne pas la fermer elle se ferme toute seule



Une fois l'installation terminée, vous n'avez plus qu'à cliquer une dernière fois sur **Finish**.

**Python est maintenant installé sur votre PC, passer maintenant à l'installation de PyQt.**

#### Installation de PyQt

Pour l'installation de PyQt sous Windows, une procédure est décrite ici : [http://www.mon-club-elec.fr/mes\\_downloads/tutos\\_pyqt/pyqt\\_abc\\_installation\\_windows.pdf](http://www.mon-club-elec.fr/mes_downloads/tutos_pyqt/pyqt_abc_installation_windows.pdf)

On trouvera également des installateurs ici (voir binary package) : <http://www.riverbankcomputing.co.uk/software/pyqt/download>

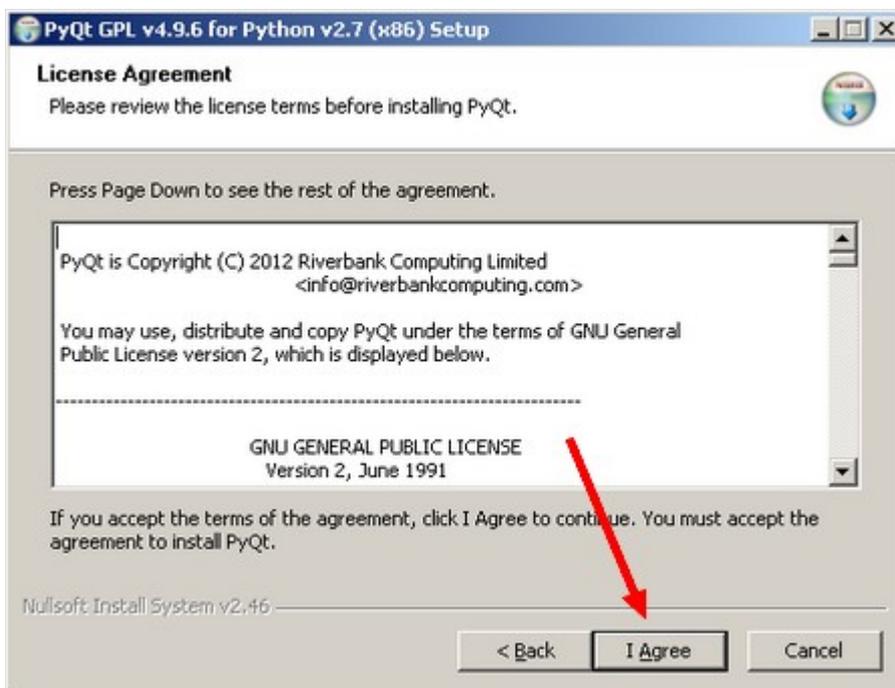
Il faut maintenant installer PyQt pour la version de Python 2.7 . Il est important de choisir l'installateur adapté à savoir l'un des 2 suivants :

[PyQt4-4.11.4-gpl-Py2.7-Qt4.8.7-x64.exe](#) Windows 64 bit installer

[PyQt4-4.11.4-gpl-Py2.7-Qt4.8.7-x32.exe](#) Windows 32 bit installer



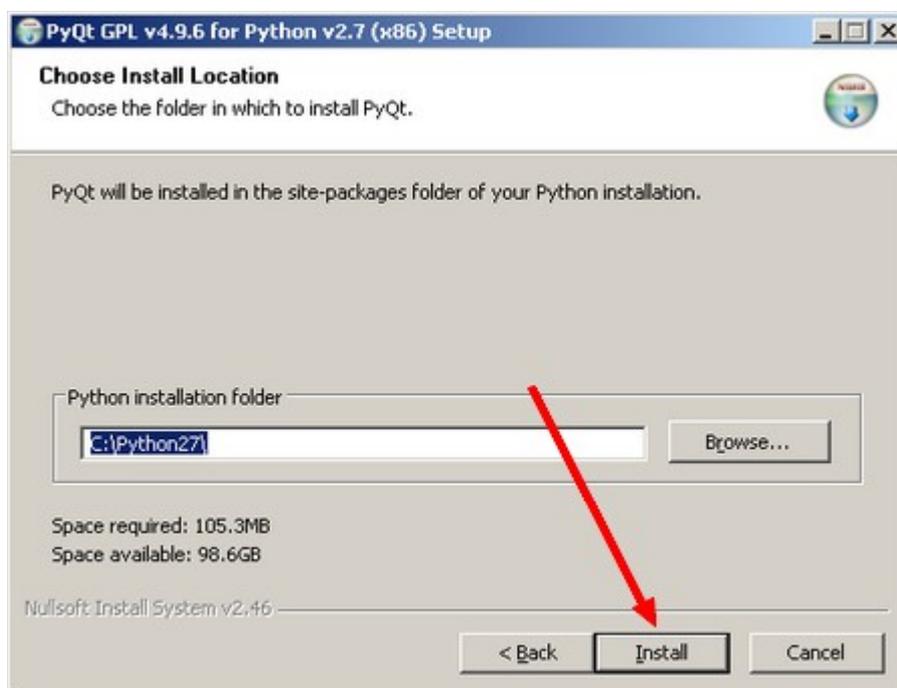
Cliquer sur **Next**



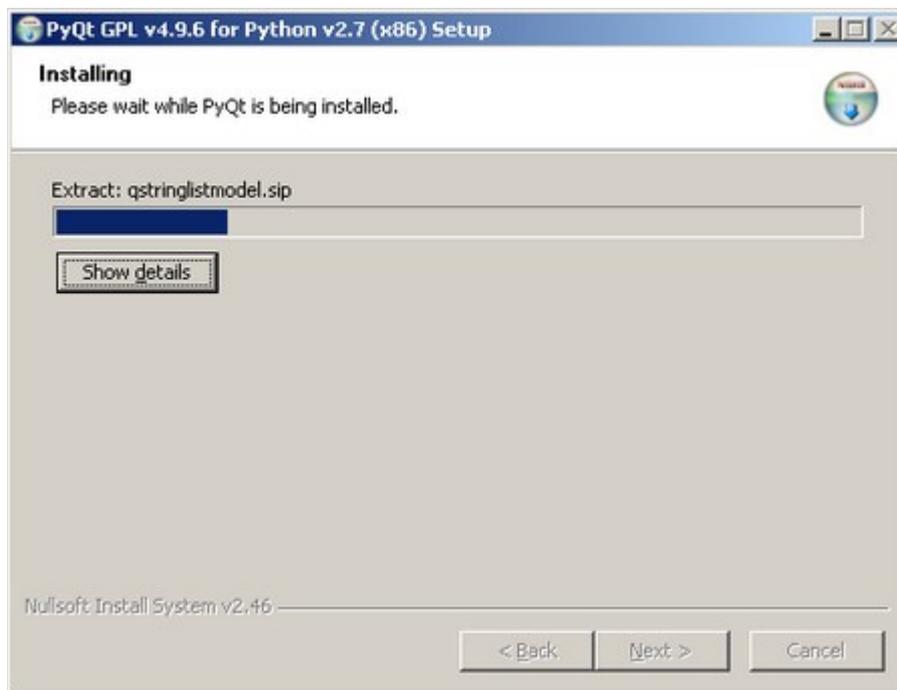
Accepter les conditions de licence en cliquant sur **I Agree**



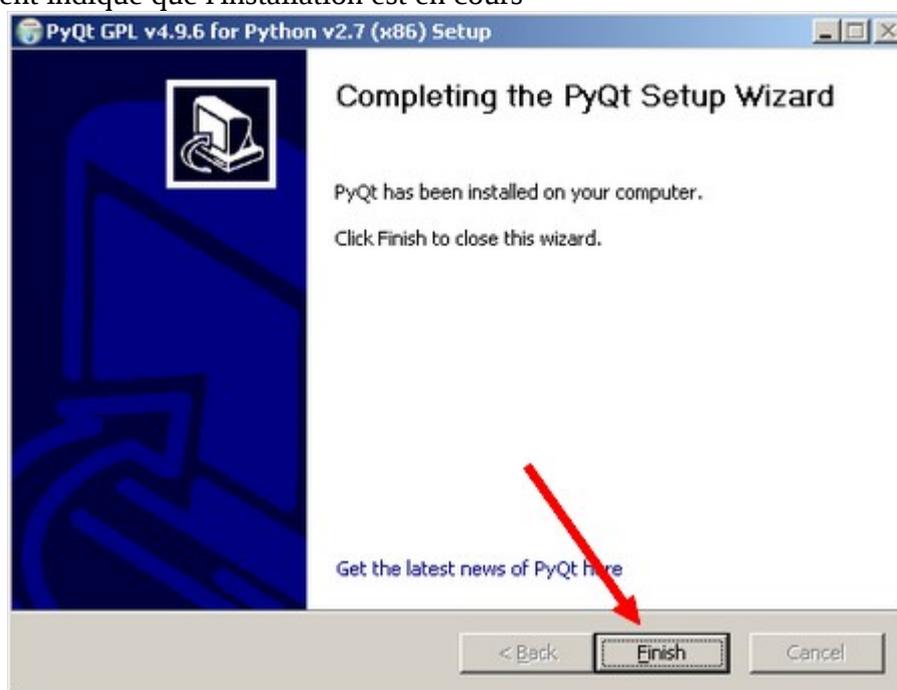
Cliquer sur **Next**



S'assurer que le répertoire de destination pointe bien vers le répertoire d'installation de Python (c:\Python27\), s'il a été modifié durant l'installation de Python, bien indiquer ici le bon répertoire. Si vous avez bien suivi la procédure, vous n'avez rien d'autre à faire que de cliquer sur **Install**



La barre de défilement indique que l'installation est en cours



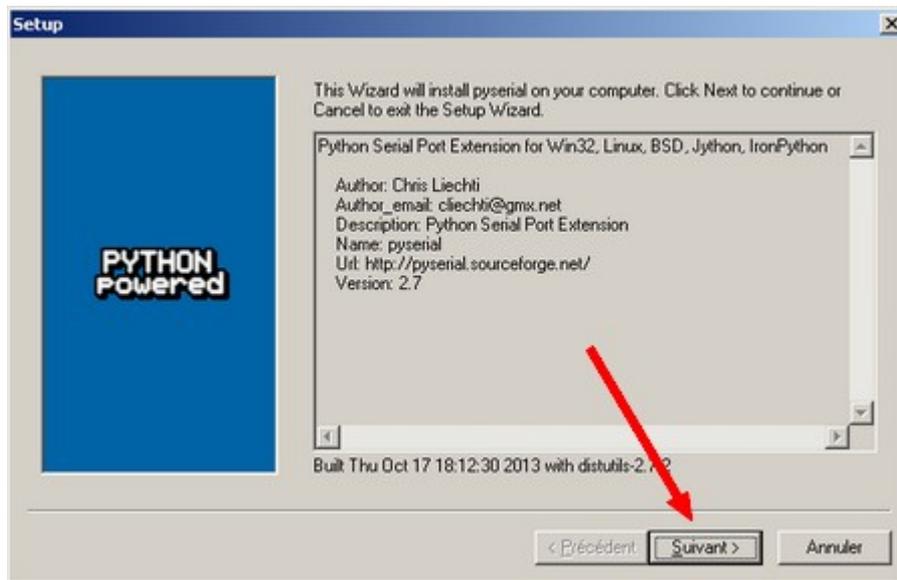
Cliquer sur **Finish** pour terminer l'installation de PyQt.

**PyQt est maintenant installé sur votre PC, passer maintenant à l'installation du module PySerial.**

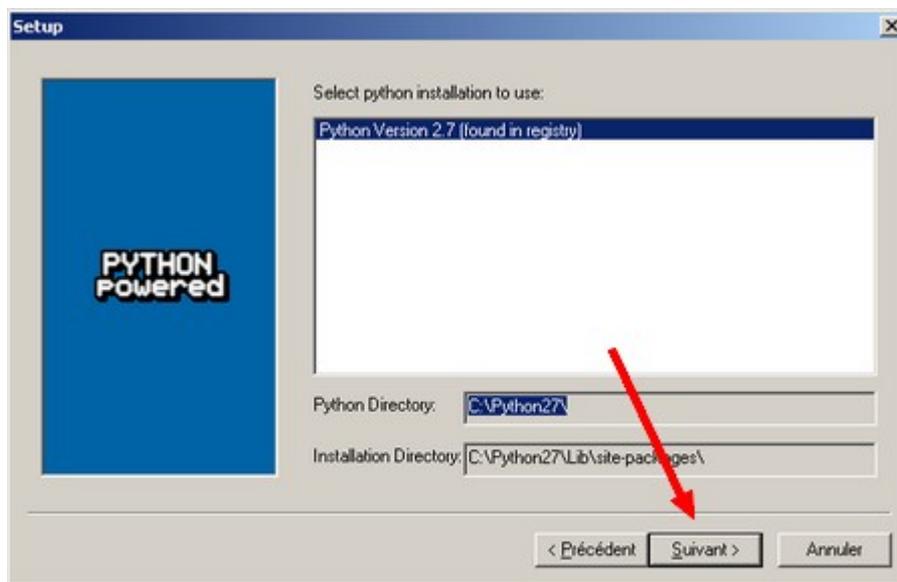
### Installation de PySerial

L'installateur de PySerial est à télécharger ici : <http://pypi.python.org/pypi/pyserial>

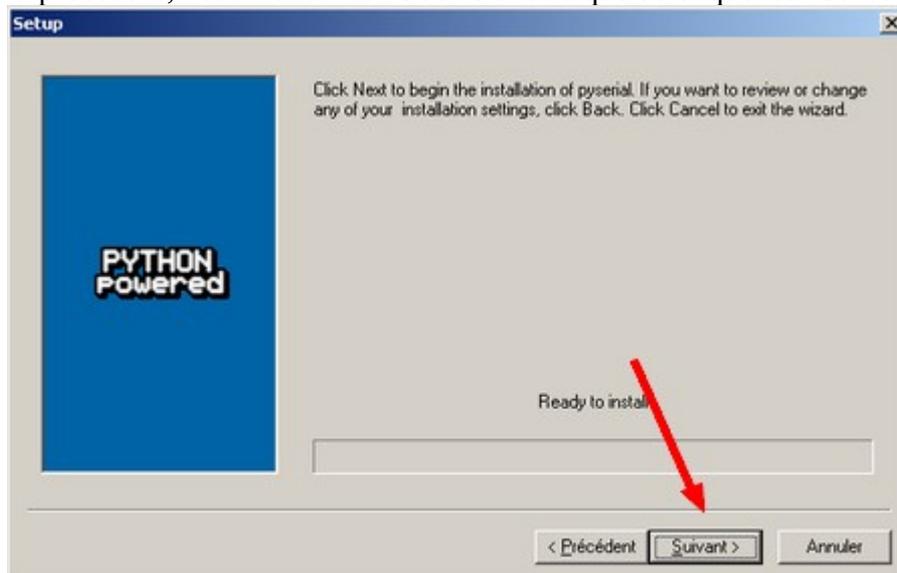
Exécuter le fichier "**pyserial-2.7.win32.exe**"



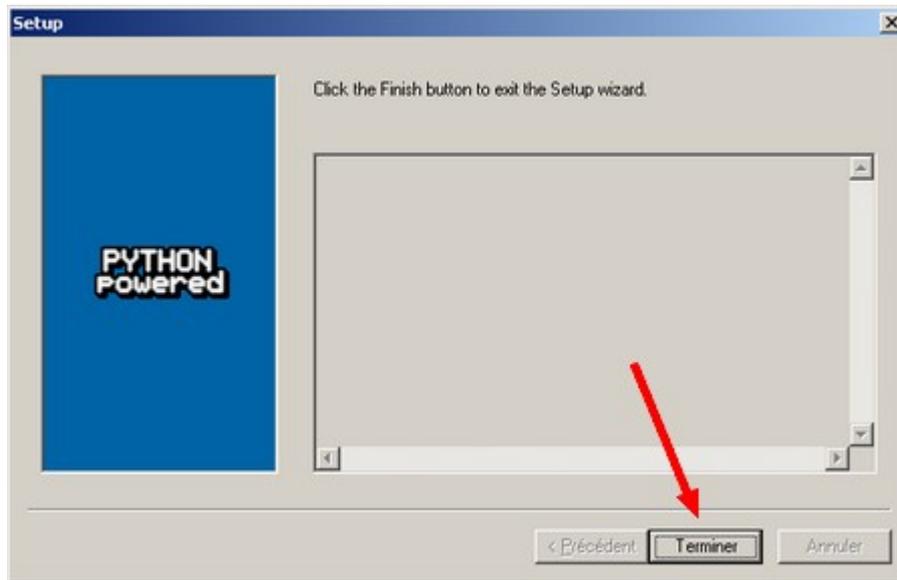
Cliquer sur **Suivant**



Comme pour PyQt, s'assurer que le répertoire de destination pointe bien vers le répertoire d'installation de Python (c:\Python27), s'il a été modifié durant l'installation de Python, bien indiquer ici le bon répertoire. Si vous avez bien suivi la procédure, vous n'avez rien d'autre à faire que de cliquer sur **Suivant**



Cliquer sur **Suivant**



Cliquer sur **Terminer** pour terminer l'installation de PyQt.

En cas de souci, pour l'installation de PySerial sous Windows, voici une autre procédure utile (installation manuelle à partir des sources) :

Download pySerial from <http://pypi.python.org/pypi/pyserial> - click on pyserial-2.6.tar.gz to download the library.

Run 7-Zip (Start -> All Programs -> 7-Zip -> 7-Zip File Manager).

Open the pyserial-2.6.tar.gz file with 7-Zip (File -> Open).

Double click the "dist" folder.

Single click on the "pyserial-2.6.tar" file and click the "Extract" button at the top of the window. When asked where to put the file, specify c:\Python27\Lib\site-packages\pyserial-2.6

Exit from 7-Zip

Now that you have downloaded pySerial, install it:

Open a command window (Start -> All Programs -> Accessories -> Command Prompt) and type into the command line: `cd c:\Python27\Lib\site-packages-\pyserial-2.6`

Install pySerial by typing this command: `c:\Python27\python.exe setup.py install`

Voir ici :

- <http://www.instructables.com/id/The-Arduino-Internet-Gizmo/step19/Installing-the-software/>
- <http://stackoverflow.com/questions/8491111/pyserial-for-python-2-7-2>

### Téléchargement de l'interface Simple Gcode GUI

L'interface Simple G-Code est téléchargeable sur github : <https://github.com/sensor56/Simple-GCode-GUI/tree/windows>

sensor56 / Simple-GCode-GUI

Unwatch 1 Star 0 Fork 0

Code Issues 0 Pull requests 0 Wiki Pulse Graphs Settings

Interface PyQt de contrôle d'une machine 3 axes programmée avec Simple G-Code Decoder — Edit

20 commits 3 branches 0 releases 1 contributor

Branch: windows New pull request New file Find file HTTPS https://github.com/sensor56/ Download ZIP

This branch is 4 commits ahead of master. Pull request Compare

sensor56 Update SimpleGCodeGUIMain.py Latest commit 8b0a25c 3 days ago

files_gcode_test	Update test.ngc	8 months ago
LICENSE	Initial commit	8 months ago
README.md	Update README.md	3 days ago
SimpleGCodeGUI.py	Update SimpleGCodeGUI.py	3 days ago
SimpleGCodeGUI.ui	Update SimpleGCodeGUI.ui	3 days ago
SimpleGCodeGUIMain.py	Update SimpleGCodeGUIMain.py	3 days ago

README.md

## Simple-GCode-GUI pour Windows

Version pour Windows de l'interface PyQt de contrôle d'une machine 3 axes programmée avec [Simple G-Code Decoder](#). Ecrit par X. HINAULT (<http://www.mon-club-elec.fr>). Licence GPLv3.

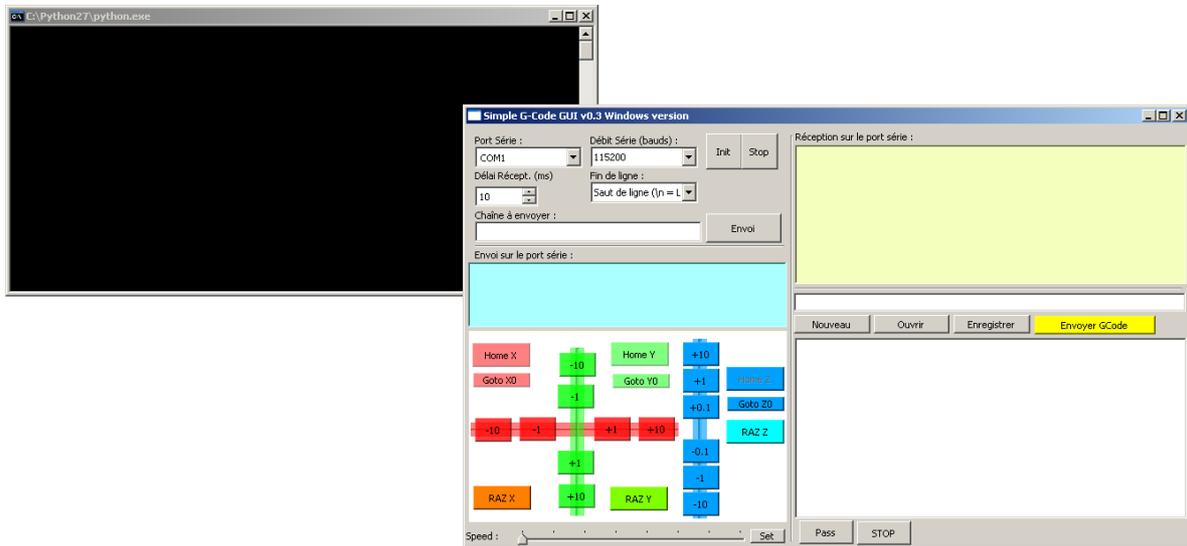
Extraire l'archive : on obtient le répertoire suivant :

files_gcode_test	Dossier de fichiers	08/12/2015 17:53
LICENSE	35 Ko Fichier	08/07/2015 06:16
README.md	1 Ko Fichier MD	08/07/2015 06:16
SimpleGCodeGUI.py	25 Ko Python File	13/12/2015 11:11
SimpleGCodeGUI.pyc	16 Ko Compiled Python File	13/12/2015 11:11
SimpleGCodeGUI.ui	26 Ko Fichier UI	13/12/2015 10:58
SimpleGCodeGUIMain.py	43 Ko Python File	13/12/2015 10:55

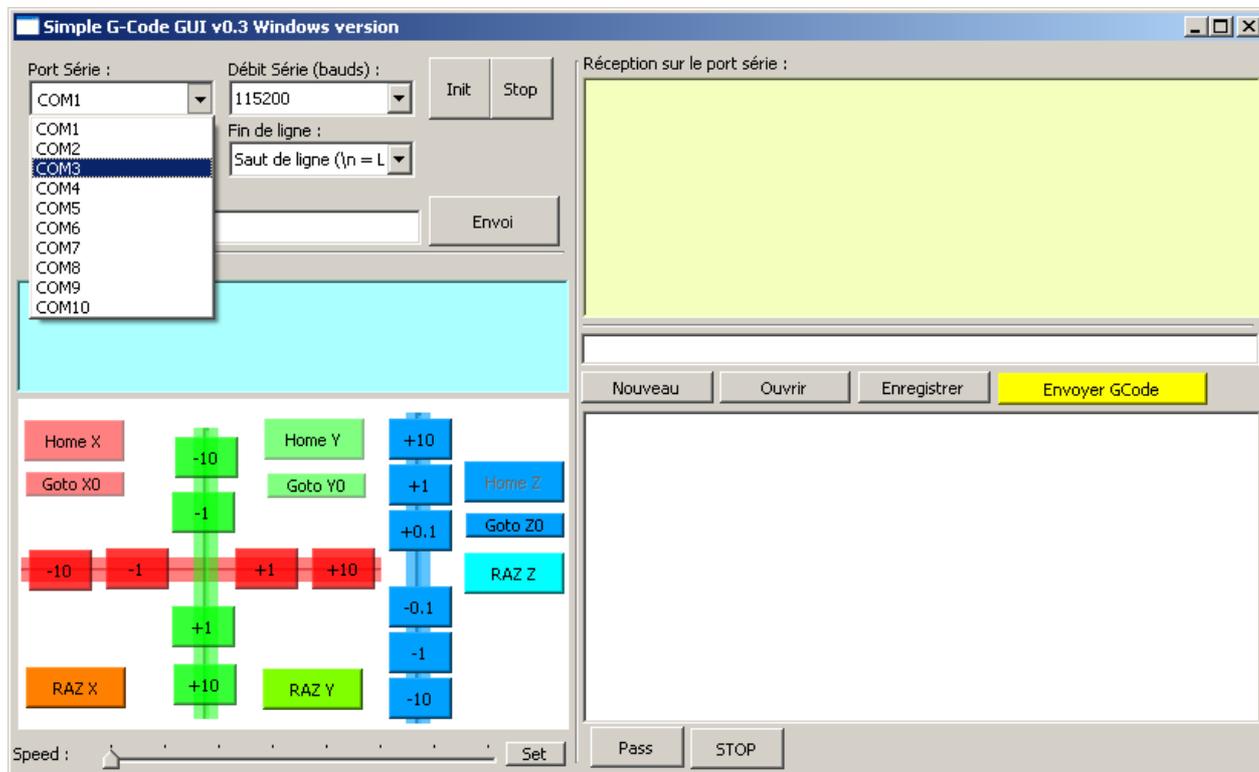
Type : Python File  
 Date de modification : 13/12/2015 10:55  
 Taille : 42,8 Ko

Lancer simplement le fichier "**SimpleGCodeGUIMain.py**" et l'interface graphique va s'afficher automatiquement.

Une fenêtre "Dos" C:\Python\python.exe s'affiche en arrière plan ne pas en tenir compte c'est normal.



Sélectionner le port de la carte Arduino comme lors de la programmation de la carte dans le gestionnaire de périphériques et l'indiquer dans le menu déroulant "Port Série".



Cliquer alors sur le bouton **INIT** qui doit passer au vert. Voir ci-dessous pour le détail de la prise en main de l'interface.

## Lancement et découverte de l'interface graphique Simple G-Code GUI

On présume ici que l'interface Simple Gcode GUI est correctement installée sur votre système. Au lancement, on a :

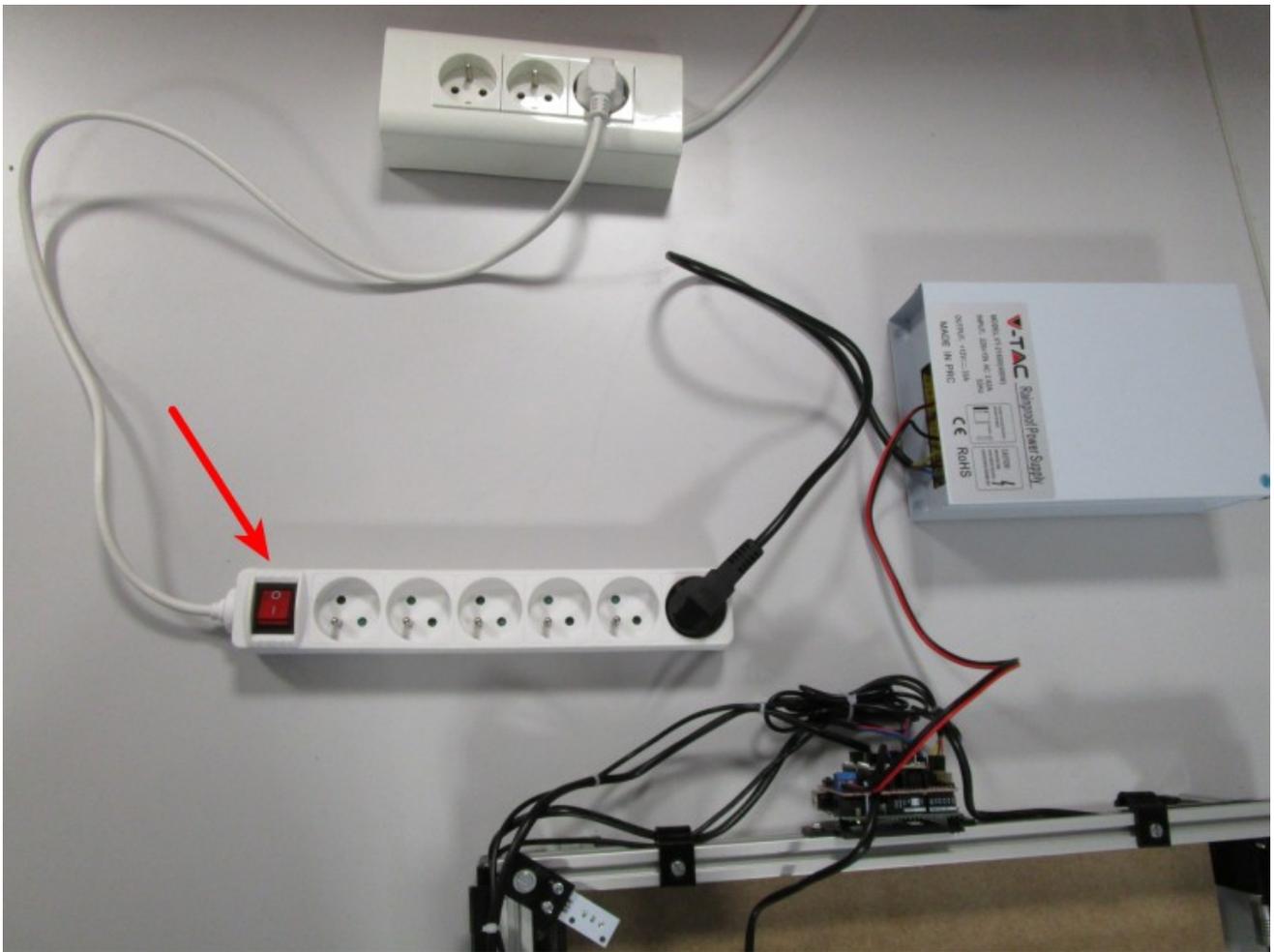


Repérer :

- la zone de contrôle du port série
- les zones texte de message de communication vers et depuis la machine
- la zone de contrôle manuel de la machine
- la zone de gestion des fichiers de G-Code

## Mettre la machine sous tension

Si ce n'est déjà fait, **mettez l'alimentation principale de l'Open Maker Machine sous tension** :



### **RAPPEL : Règle de sécurité importante**

**En cas d'anomalie de fonctionnement (bruit anormal, mouvement en force, etc.), soyez prêt à mettre hors tension l'alimentation des moteurs A TOUT MOMENT pour éviter d'abîmer votre machine.**

**Cette règle de base est et restera valable à tout moment lorsque vous utiliserez votre Open Maker Machine : c'est le moyen le plus rapide et le plus sûr de ne rien abîmer !**

### **Initialiser le port série**

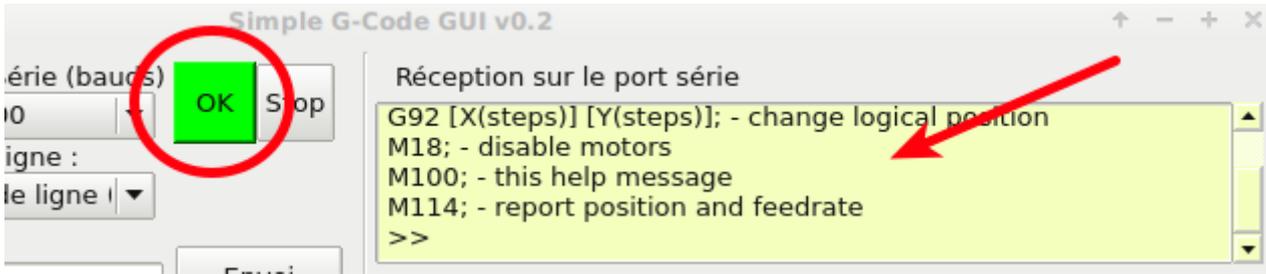
La première chose à faire est d'initialiser le port série. Commencer par vérifier comme on le ferait dans le logiciel Arduino :

- le choix du port série, (ttyACM0 ou équivalent sous GNU/Linux)
- le débit utilisé (115200)
- l'option de fin de chaîne en envoi (saut de ligne)
- puis cliquer sur « init » :



Une fois la communication établie, le bouton init devient vert et la réponse de la carte Arduino s'affiche

dans la zone de texte de réception :

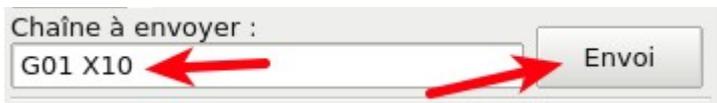


## Envoi d'une commande de G-Code

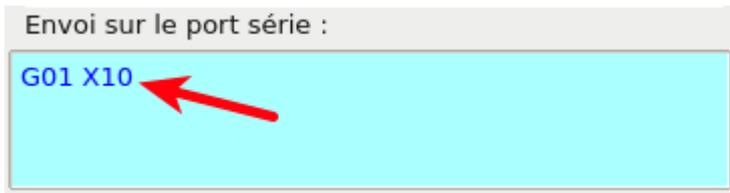
Comme avec le terminal du logiciel Arduino, vous pouvez saisir et envoyer une commande de G-Code vers l'Open Maker Machine. Par exemple, pour avance de 10mm sur l'axe des X, saisir dans le champ dédié la commande puis cliquer sur envoi :

### G01 X10

ce qui donne :



On obtient alors dans la fenêtre des messages d'envoi un message témoignant du bon envoi de la chaîne :



Et quand la commande est exécutée entièrement, le message « <ok> » est envoyé en réponse par Arduino et s'affiche dans la fenêtre de réception :

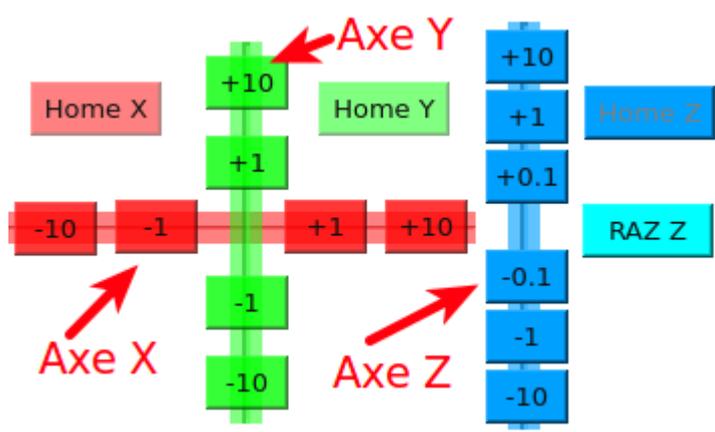


Vous voyez au passage comment fonctionne la communication entre l'interface et la carte Arduino :

- une commande de G-Code est envoyée vers Arduino (Simple G-Code Decoder)
- une réponse <ok> est envoyée à l'interface lorsque la commande est exécutée.

## Contrôle manuel des mouvements des axes

A présent, nous allons tester le mouvement des axes en « relatif », façon « imprimante 3D » pour ceux qui connaissent. Pour cela, nous disposons d'une interface « Joystick » minimaliste qui permet de réaliser des mouvements de 10, 1 ou 0.1mm dans les différents axes. Ces mouvements sont relatifs et s'appliquent à la position courante.

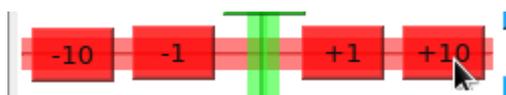


### Avertissement

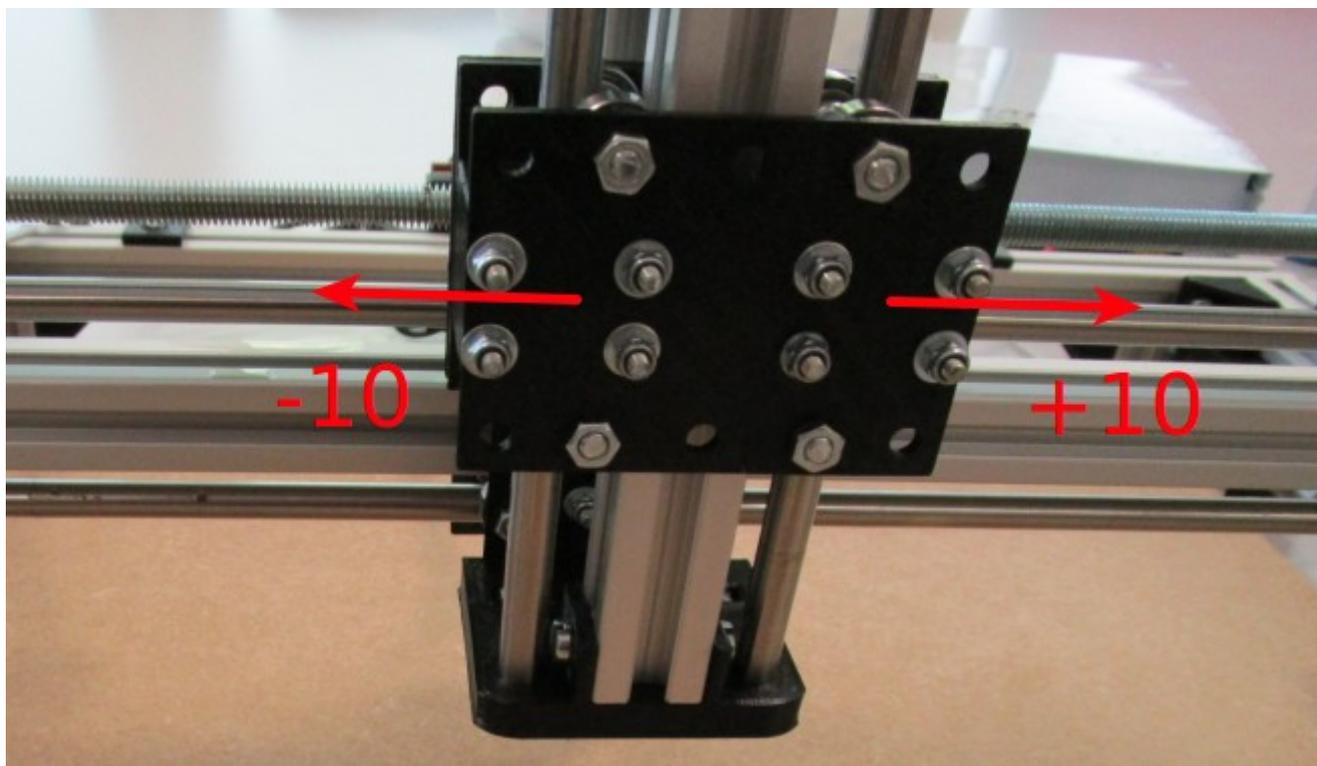
ATTENTION : pour la suite, lors des mouvements manuels, quand vous êtes proches des limites de l'axe, ne donnez surtout pas un ordre de mouvement qui ferait sortir de la zone normale de fonctionnement ! **Si vous vous trompez, mettez immédiatement l'alimentation des moteurs hors tension.**

### Test de mouvements de l'axe X

A l'aide de quelques clics sur les boutons +1, +10mm dédiés au contrôle de l'axe X, on obtient le mouvement correspondant de l'axe X. Idem dans l'autre sens avec les boutons -1, -10mm.



Le chariot des X bouge en conséquence :

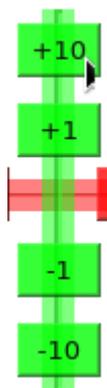


Si vous trouvez les mouvements trop lents (la vitesse est de 1mm/seconde par défaut), pour fixer la vitesse (feedrate) à 6mm/sec, envoyer manuellement la commande :

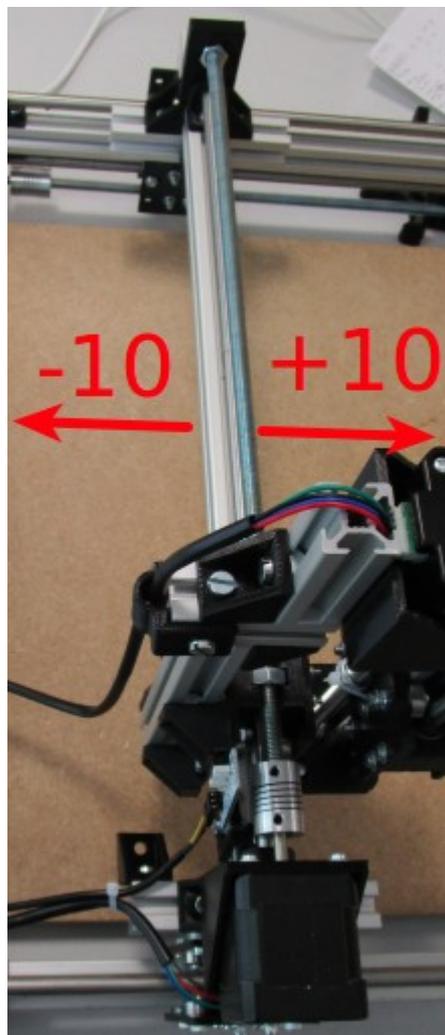
**G01 F6**

### Test de mouvements de l'axe Y

A l'aide de quelques clics sur les boutons +1, +10mm dédiés au contrôle de l'axe Y, on obtient le mouvement correspondant de l'axe Y. Idem dans l'autre sens avec les boutons -1, -10mm.

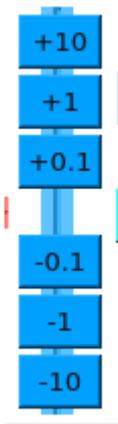


Le chariot des Y bouge en conséquence :

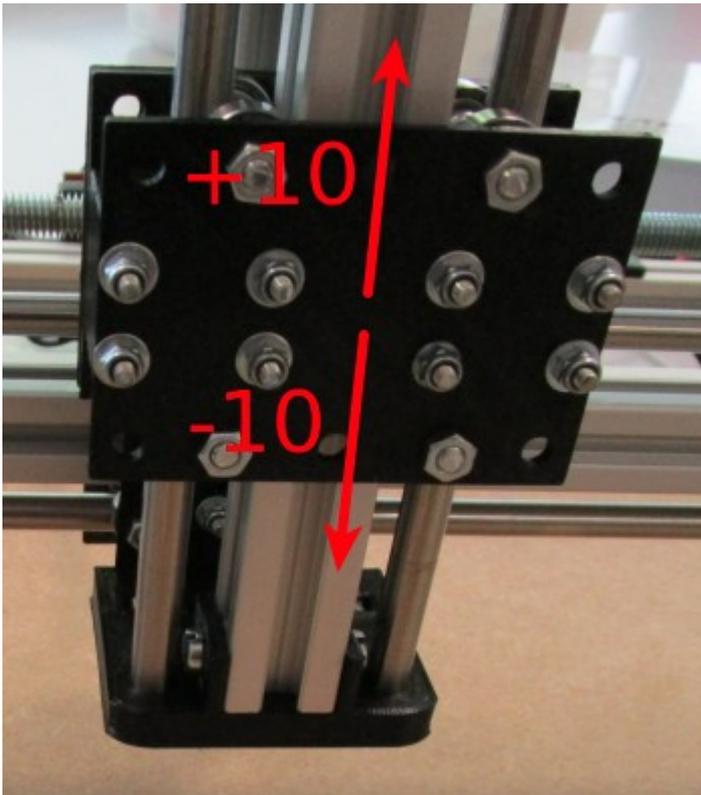


### Test de mouvements de l'axe Z

A l'aide de quelques clics sur les boutons +0.1, +1, +10mm dédiés au contrôle de l'axe Z, on obtient le mouvement correspondant de l'axe Z. Idem dans l'autre sens avec les boutons -0.1, -1, -10mm. **Point important : le sens négatif est vers le bas.**



Le chariot des Z bouge en conséquence :



**Noter la particularité de l'axe Z de pouvoir être mobilisé par 0.1mm : ceci sera utile pour caler le zéro machine manuellement lors de l'utilisation des outils.**

## Utilisation des endstops

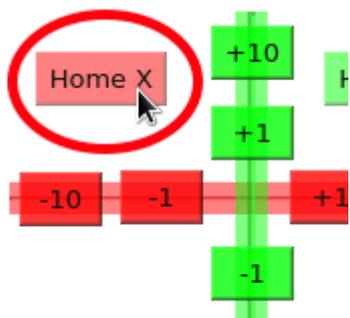
---

Pour réaliser le retour au zéro machine, on dispose :

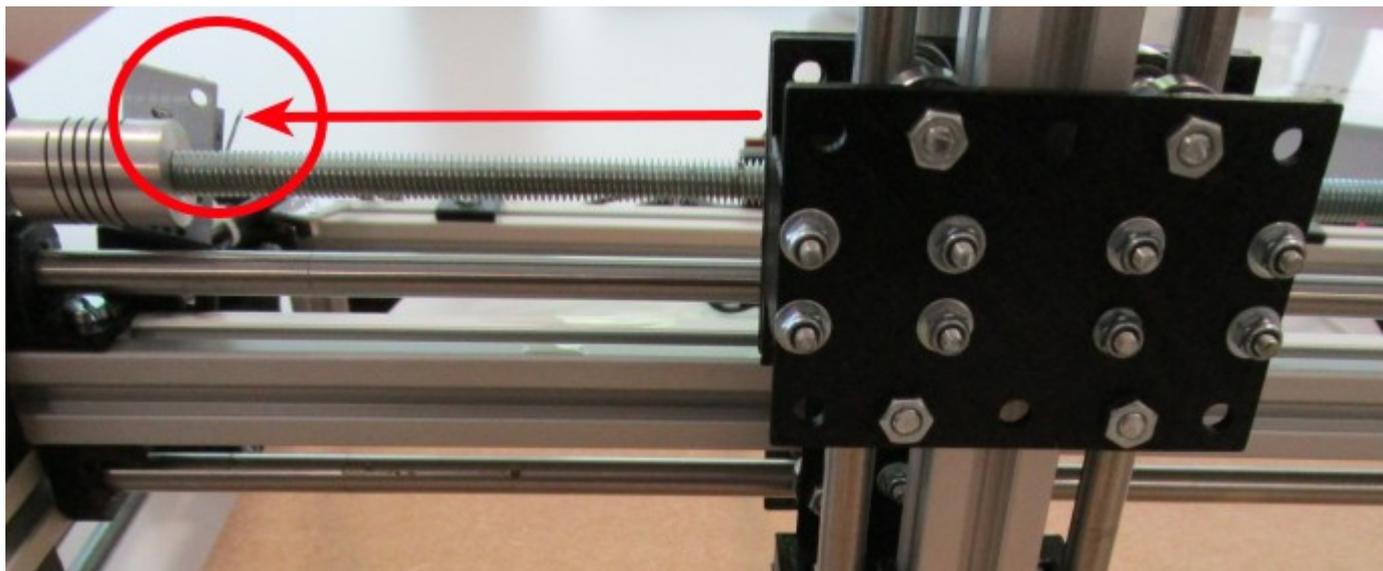
- d'un bouton de <Home> pour l'axe X
- d'un bouton <Home> pour l'axe Y.
- d'un bouton de réinitialisation du zéro machine à la position courante pour l'axe Z, à utiliser une fois que l'on aura réglé manuellement la position zéro avec l'outil en place.

## Utilisation du endstop X (origine machine X)

Pour réaliser un retour à l'origine machine de l'axe X, il suffit de cliquer sur le bouton HOME X :

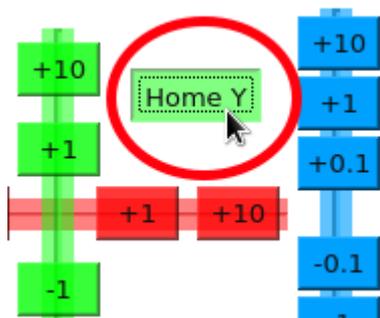


Le chariot des X vient jusqu'au endstop puis s'arrête au contact :

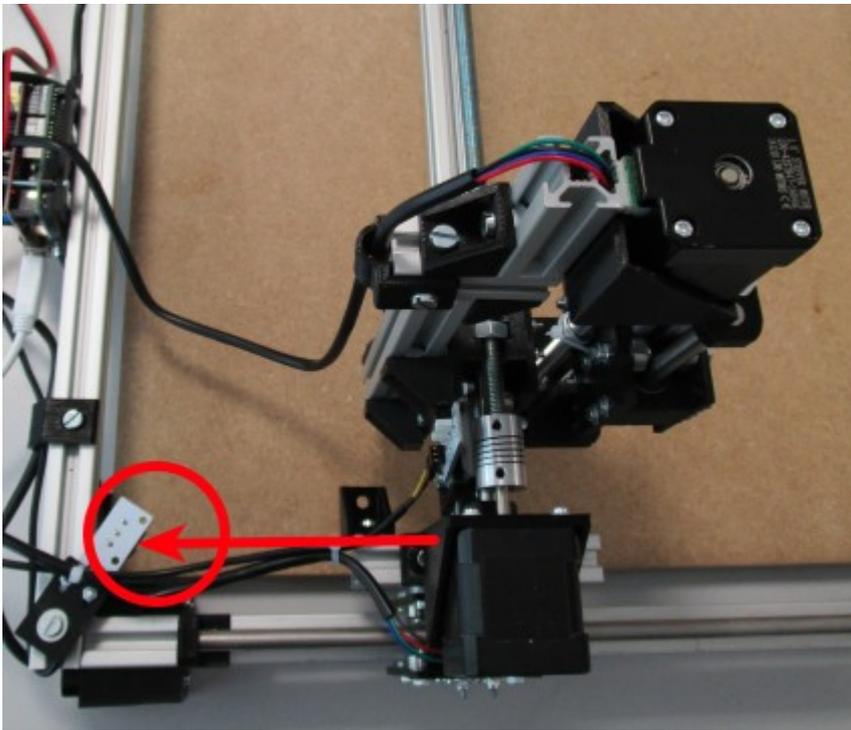


## Utilisation du endstop Y (origine machine Y)

Pour réaliser un retour à l'origine machine de l'axe Y, il suffit de cliquer sur le bouton HOME Y :

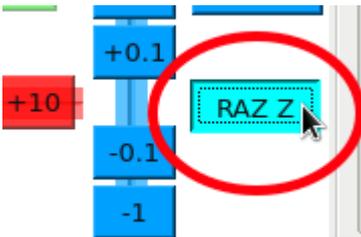


Le chariot des Y vient jusqu'au endstop puis s'arrête au contact :



### Réinitialisation de l'origine machine du Z

Pour l'axe Z, pas d'origine machine prédéfinie : la position courante au démarrage est la position zéro par défaut. En pratique, on pourra initialiser l'origine machine de l'axe Z à tout moment avec le bouton RAZ Z :



Concrètement, on règlera manuellement la position du zéro du Z, notamment à l'aide des boutons  $\pm 0.1$ mm puis une fois fait, on ré-initialisera l'origine machine. En pratique, c'est la solution la plus simple de procéder, notamment en cas de changement d'outil fréquent.

### Ouvrir et exécuter un fichier de G-Code

A présent, on va (enfin) entrer dans le vif du sujet : ouvrir et envoyer vers l'Open Maker Machine un fichier de G-Code. Copier/coller le G-Code suivant dans un fichier texte que vous nommerez test.ngc :

```
G01 F6.00000
G01 Z10.0000
G04 P3
G01 X10.0 Y110.0
G01 Z0.0000
G01 X110.0
G01 Y10.0
G01 X10.0
G01 Y110.0
G01 Z10.0000
```

## G28 X Y

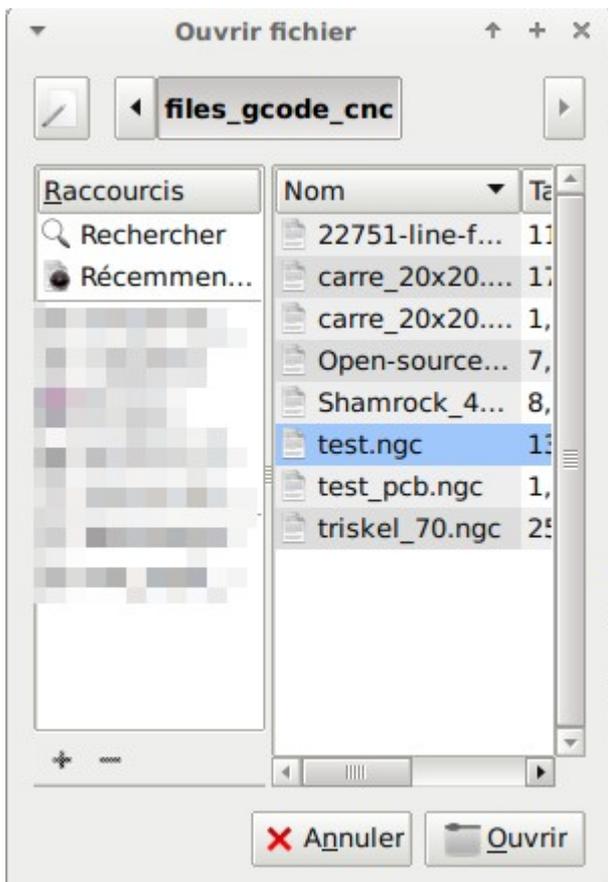
Ce G-Code correspond à un carré de 100x100. Vitesse utilisée de 6mm/sec et retour à l'origine en fin d'exécution.

```
test.ngc x
1 G01 F6.00000
2 G01 Z10.0000
3 G04 P3
4 G01 X10.0 Y110.0
5 G01 Z0.0000
6 G01 X110.0
7 G01 Y10.0
8 G01 X10.0
9 G01 Y110.0
10 G01 Z10.0000
11 G28 X Y
12
```

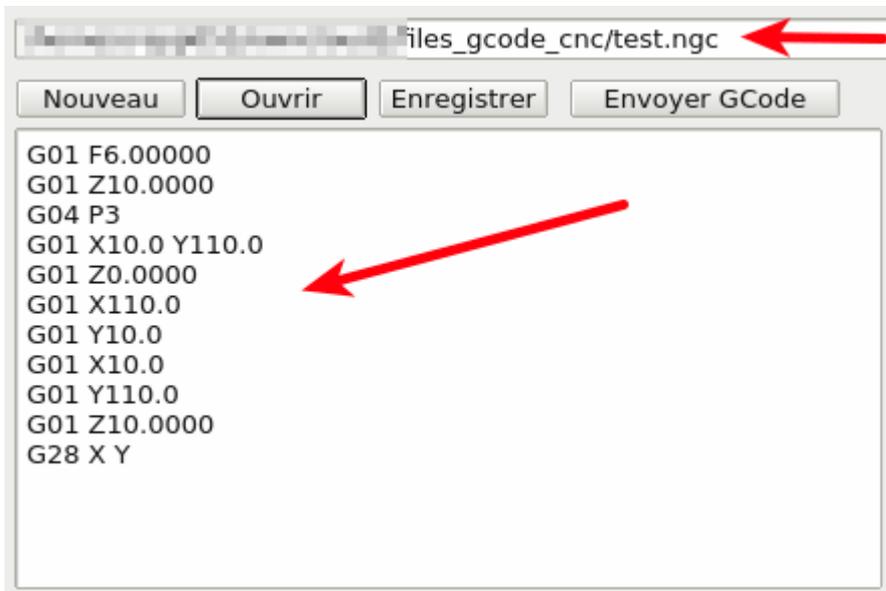
Une fois votre fichier créé, ouvrez le directement à l'aide du bouton **<OUVRIR>** de l'interface :



Ce qui ouvre une classique fenêtre de sélection de fichier :

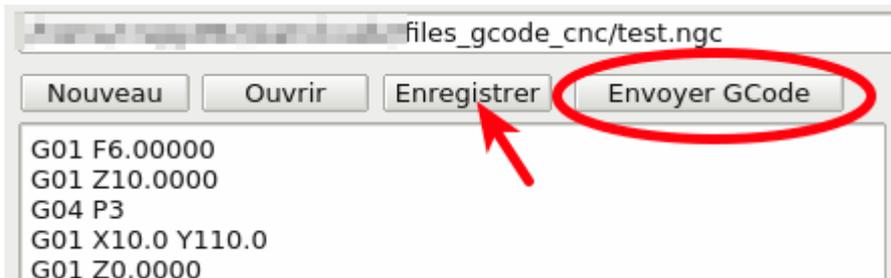


Une fois le fichier ouvert, son chemin s'affiche dans le champ de l'interface et son contenu s'affiche dans la zone texte :



**Noter que la zone texte est éditable, donc vous pouvez modifier en « live » le fichier de G-Code et l'enregistrer avec le bouton <enregistrer>.**

**Une fois le G-Code chargé, vous êtes prêt : un simple clic sur le bouton <Envoyer G-Code> va lancer le mouvement machine programmé !**



Si tout se passe bien, la machine va faire exactement ce que vous lui avez demandé !

Deux boutons de l'interface vous permettent de garder le contrôle de la machine pendant ce temps :

- Si un problème de communication survient (blocage du mouvement), vous disposez du bouton **<pass>** pour passer à l'instruction suivante.
- Et si vous avez besoin de stopper le mouvement machine, vous disposez du bouton **<stop>**



Une fois l'ensemble des instructions de G-Code terminée, la machine s'arrête.

**Tout fonctionne normalement ? Bravo, vous avez pris en main votre Open Maker Machine et vous allez pouvoir passer à la suite.**

## ***Introduction à l'utilisation des différents outils***

### **Ce que l'on va faire ici**

Ici une introduction générale est faite à l'usage des différents outils : des documentations séparées détaillées approfondiront les procédures utiles pour chaque type d'outil.

## Respecter les règles de sécurité

---

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- casque anti-bruit
- lunettes de protection
- aspiration des poussières

Pour de plus amples précisions, voir [la documentation de sécurité](#)

## Quelques conseils pratiques

---

### ***Bien s'organiser***

Prenez le temps de bien vous installer pour chaque outil, notamment en ce qui concerne les accessoires : chaque outil est un « univers » en soi avec ses contraintes et ses fournitures propres. Personnellement, j'utilise **une boîte de rangement pour les accessoires utiles pour chaque outil différent**. C'est la façon la plus simple de ne pas transformer l'usage de l'Open Maker Machine en « grand bazar »... !

### ***Avancer progressivement***

Même si l'envie de se faire plaisir est bien légitime, prenez le temps de **prendre en main chaque outil l'un après l'autre, avec une approche progressive allant du plus simple au plus compliqué** dans ce que vous essaieriez de faire.

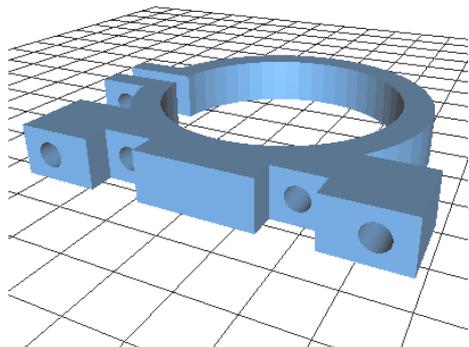
Une fois que vous serez à l'aise avec un outil donné, et seulement dans ce cas, passer au suivant. Ensuite, **une fois que aurez pris vos marques pour chaque outil, et seulement dans ce cas, vous pourrez ensuite facilement changer d'outil en quelques minutes et enchaîner leur utilisation rapidement**.

## Pièces 3D nécessaires

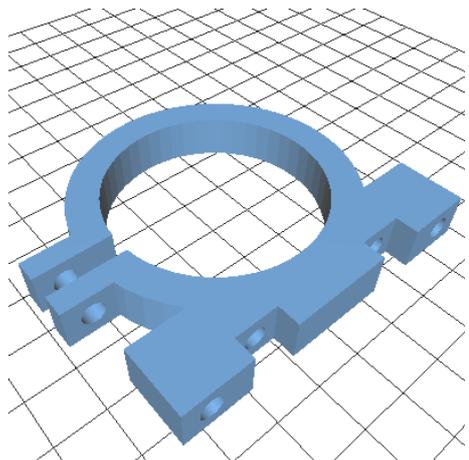
---

### *Accessoires de fixation des outils*

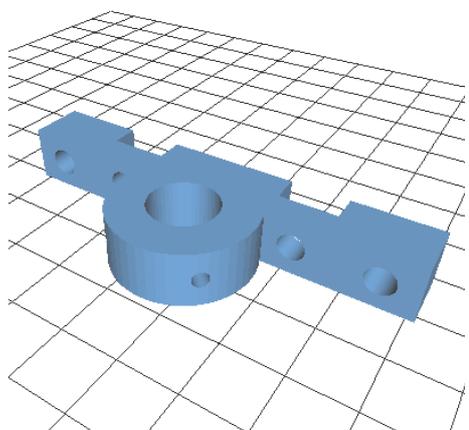
**1 x Support supérieur outil broche (50mm)**



**1 x Support inférieur outil broche (48mm)**



**1 x Support outil crayon**



## Montage et test de l'outil crayon

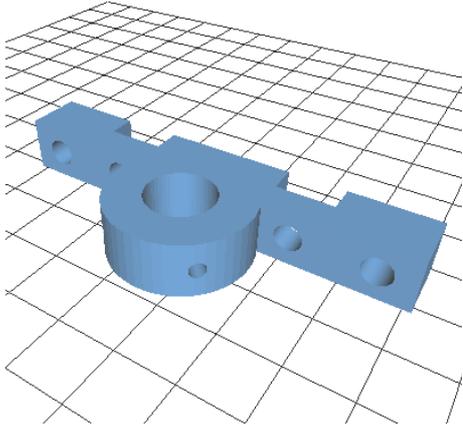
L'outil crayon est l'outil idéal pour des tests initiaux car il ne nécessite pas de broche (=mini-perceuse), ne fait pas de poussière, n'est pas bruyant et ne nécessite que des fournitures standards.

### Pièces nécessaires

---

#### *Pièces imprimées*

1 x Support outil crayon



#### *Pièces mécaniques non-imprimées*

Un crayon feutre « classique » de coloriage :

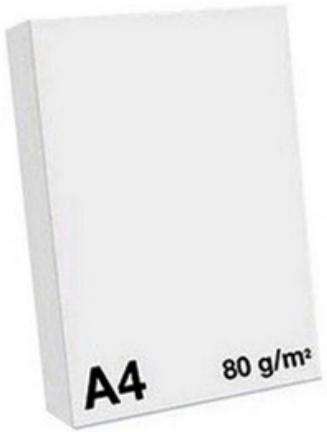


ou un stylo bic :



#### *Fournitures utiles*

Quelques feuilles de papier blanches A4



Un rouleau de scotch



### **Visserie**

#### **M3**

2 x vis M3 à tête cylindrique x 25mm

#### **M5**

2 x écrous M5 standards

2 x vis M5 à tête cylindrique x 20mm

### **Pré-requis**

---

- Commencer par fixer à l'aide de quelques bouts de scotch la feuille de papier sur le martyre, sous la zone d'évolution du chariot X

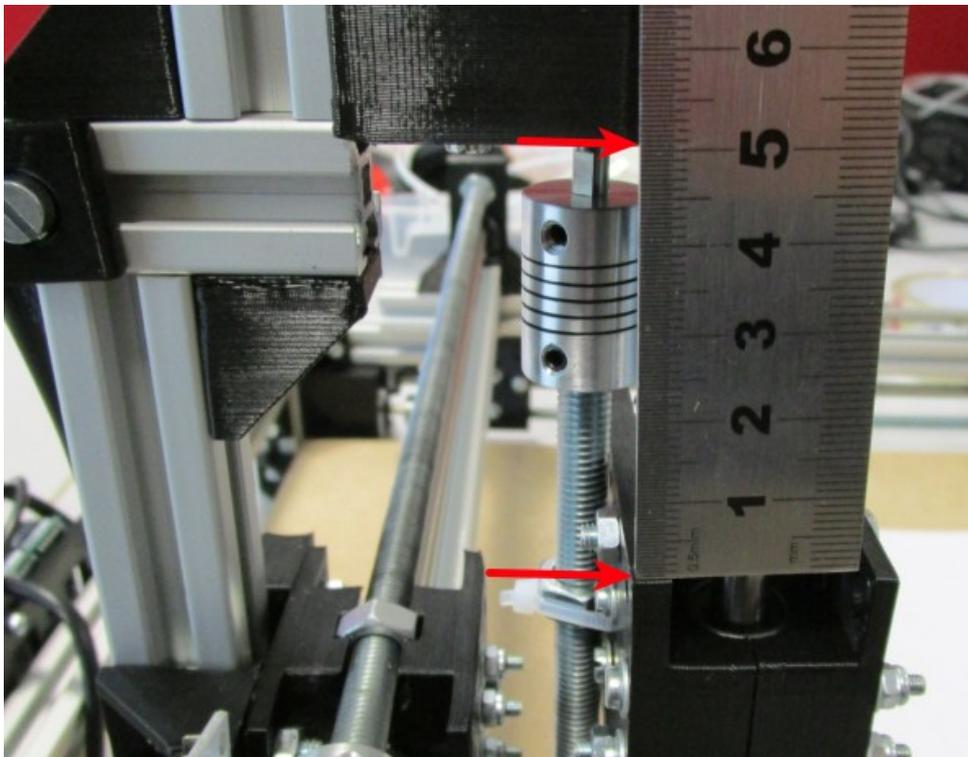


## Montage de l'outil « crayon »

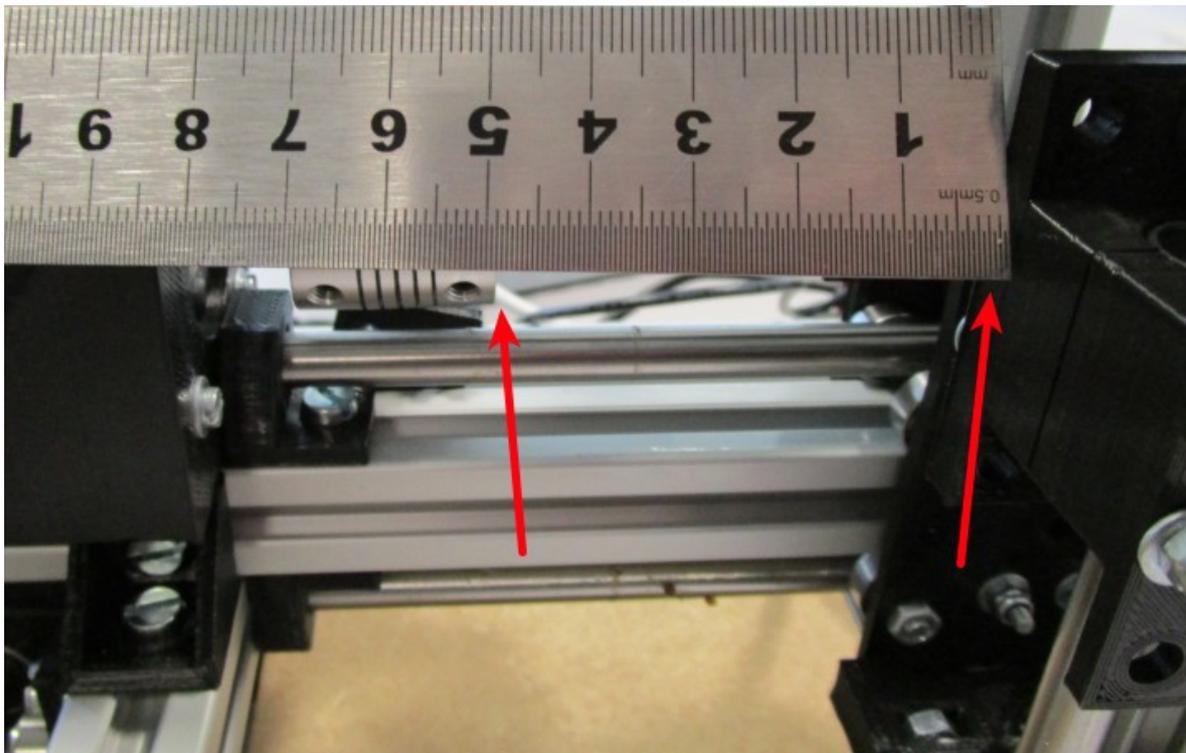
---

### ***Positionner manuellement le chariot de Z en position « changement d'outil » via l'interface***

Commencer par positionner le chariot du Z en position tiers haut (**bord supérieur du chariot Z à environ 5cm de la face avant du support moteur Z**) manuellement à l'aide de l'interface de contrôle (2 ou 3 clics sur le bouton +10 pour monter puis figurer avec +1): Ceci pour que les trous de vissage de l'outil ne soit pas en regard des barres lisses ou de la tige filetée du bloc X :

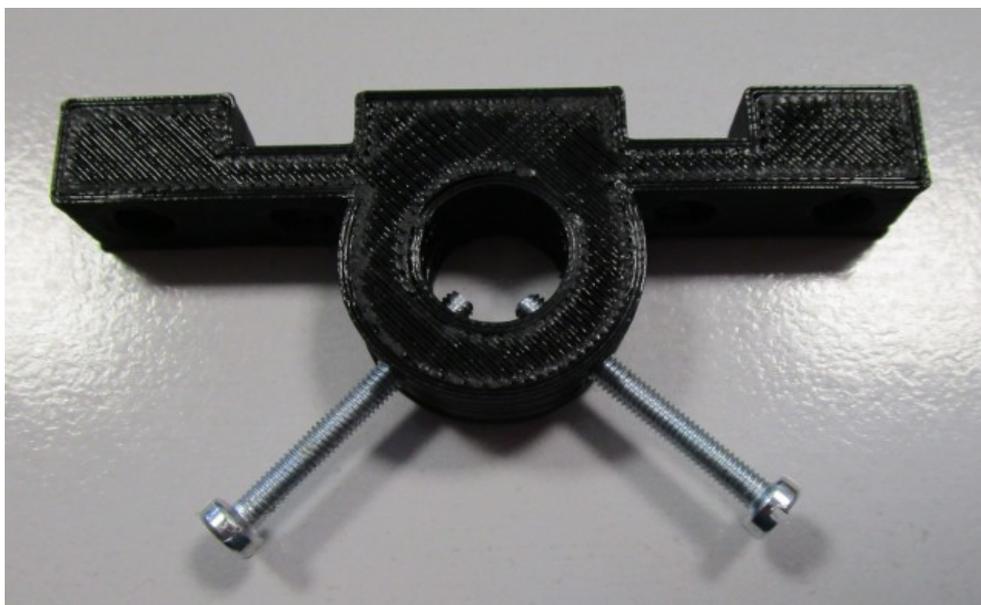


Positionner également le chariot X à 30 ou 40mm de l'origine manuellement à l'aide de l'interface de contrôle (3 ou 4 clics sur le bouton +10). Ceci pour éviter d'être trop près de l'endstop lors du vissage du support d'outil.

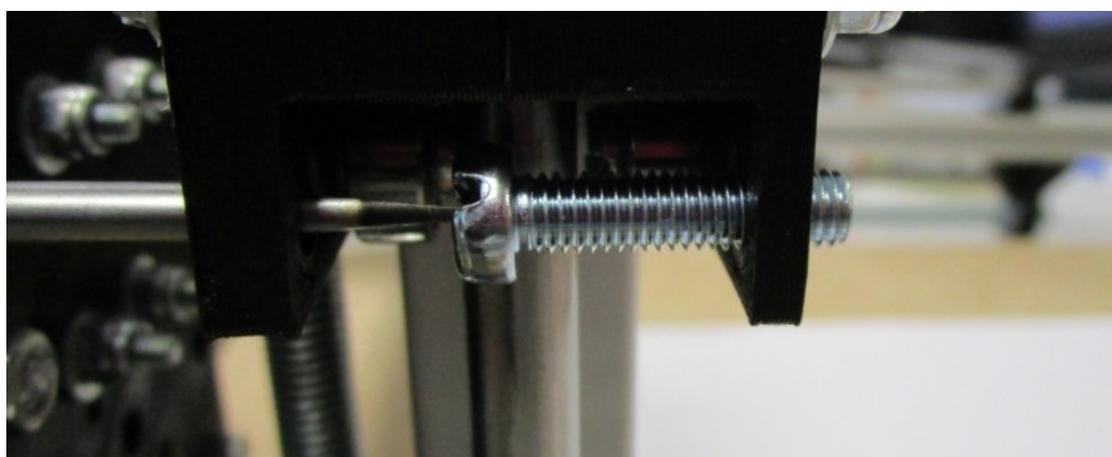
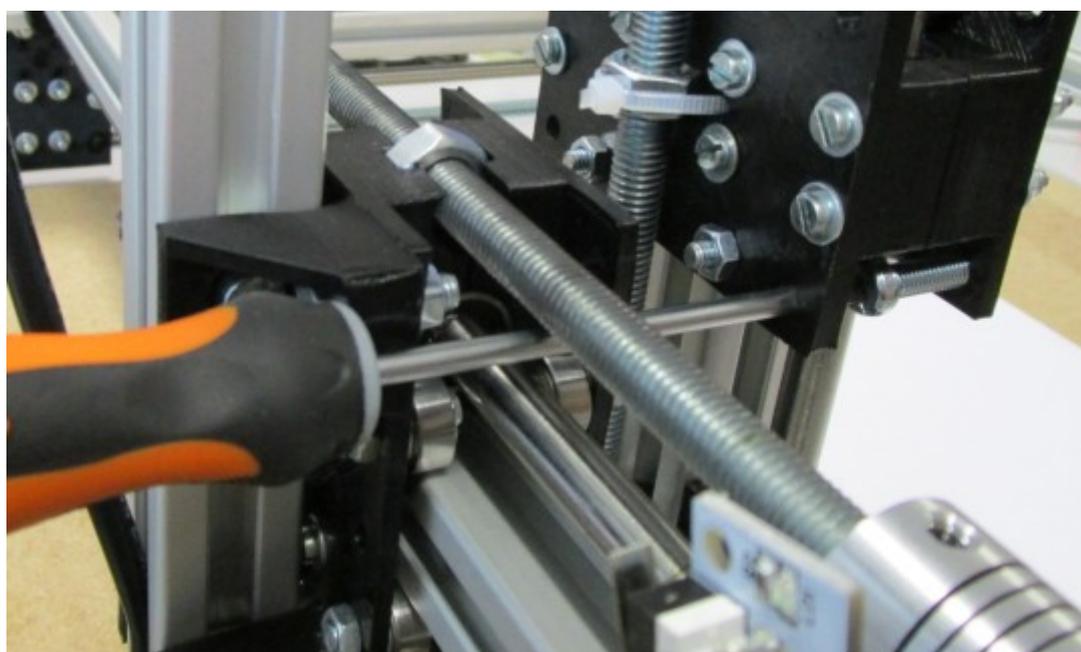


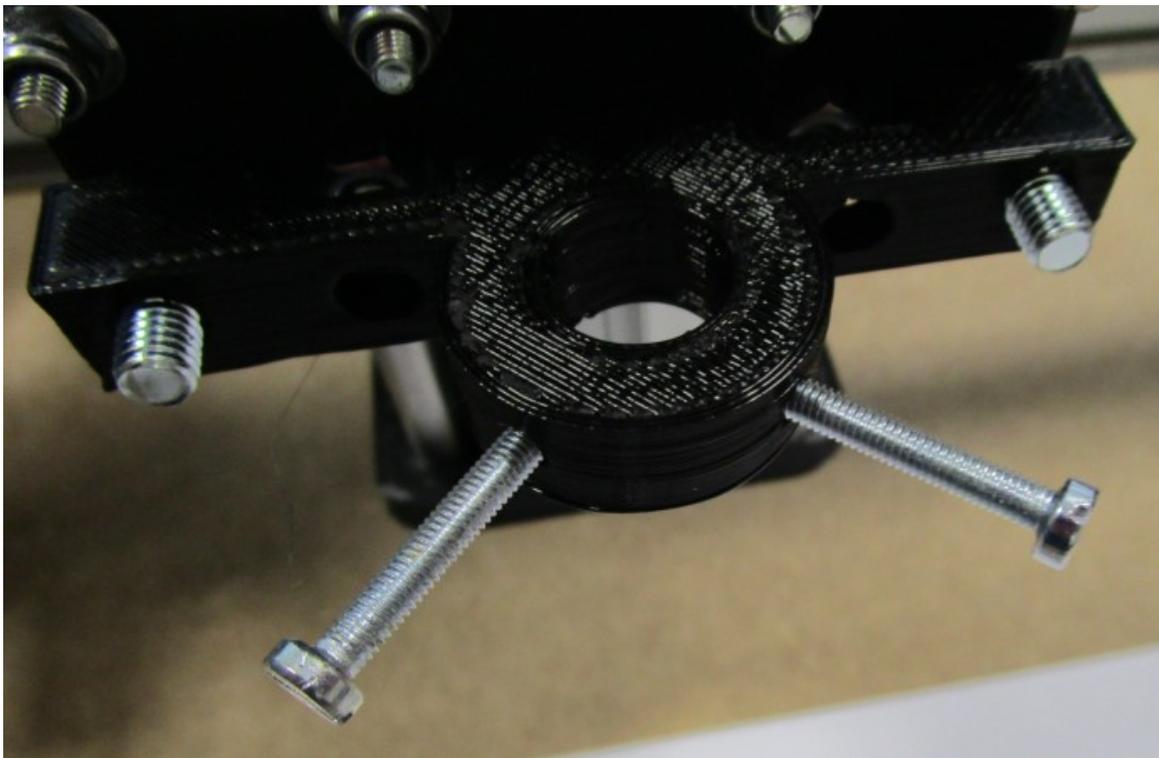
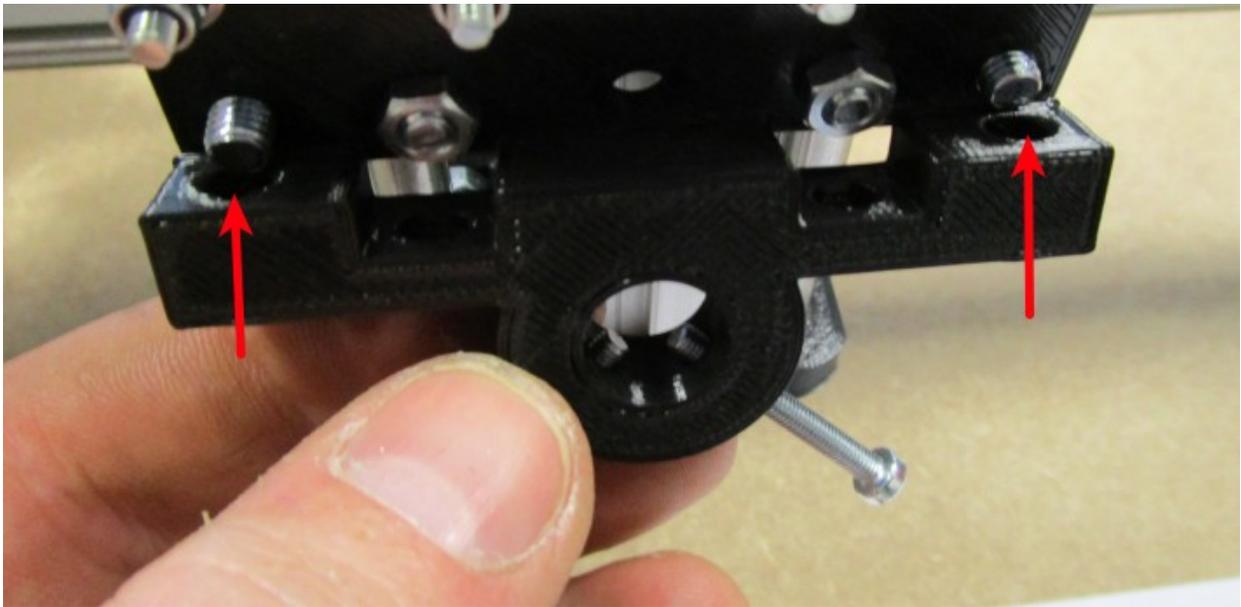
### **Fixation du support d'outil « crayon »**

Préparer le support d'outil « crayon » en prévrissant les 2 vis M3 x 25mm dans les trous dédiés sur le pourtour arrondi (il est normal que le vissage réalise un auto-taraudage de la pièce plastique):



Fixer le support de crayon sur le bas de la face avant du chariot de Z à l'aide de 2 vis M5x20 (passer le tournevis par l'arrière pour le serrage) :





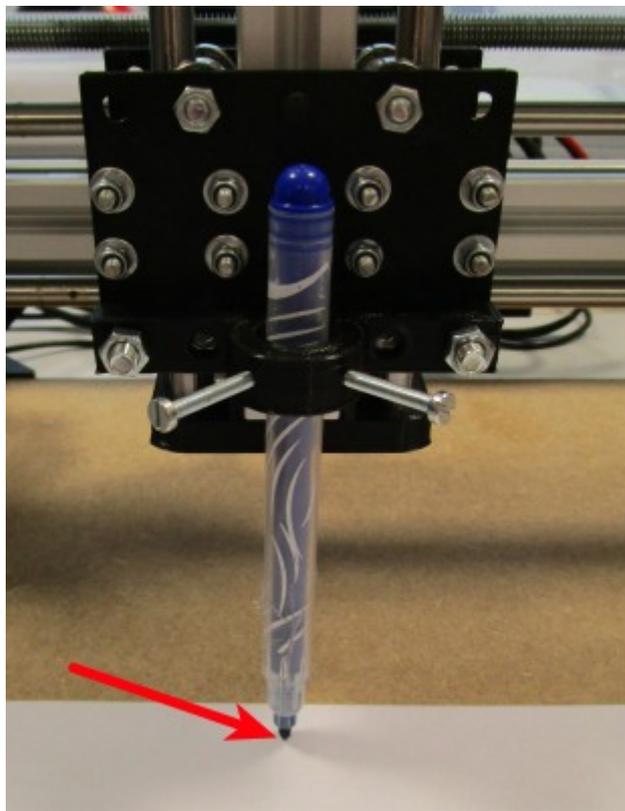
Note : les vis M5x20 sont une « dures » à passer la première fois, mais ce n'est pas plus mal car cela assurera une bonne tenue du support utilisé. On pourra d'ailleurs les laisser en place entre 2 changement d'outils.

et un écrou face avant (serrer les écrous à l'aide d'une clé plate de 8) :



### ***Mise en place du crayon***

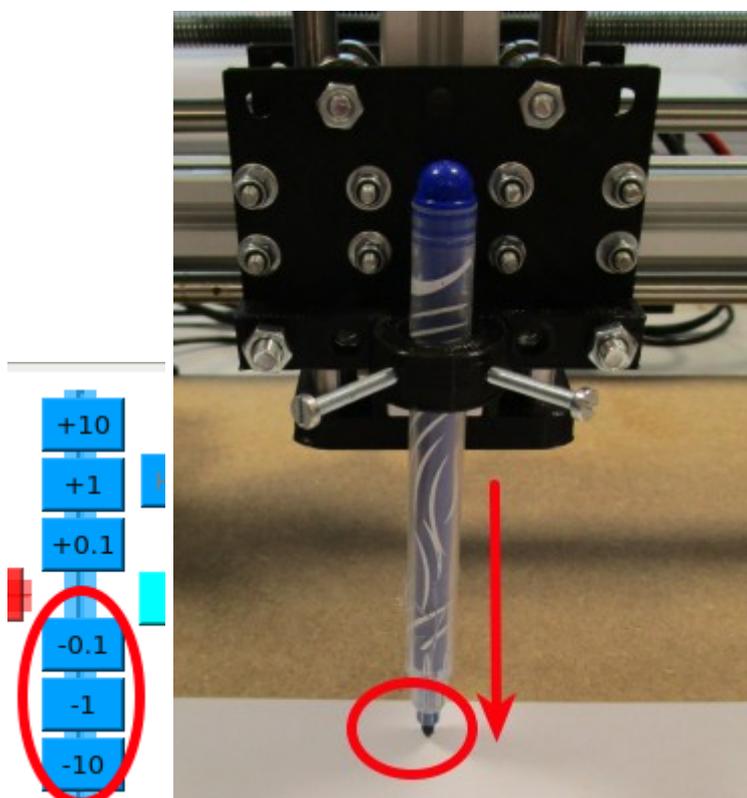
Une fois fait, descendre le chariot de **Z à 10mm de sa limite basse** et mettre en place le crayon **sans** son capuchon de façon, en faisant toucher la feuille de papier à la pointe :



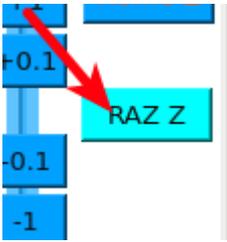
Visser pour fixer le crayon.

### Caler le zéro de l'outil « crayon »

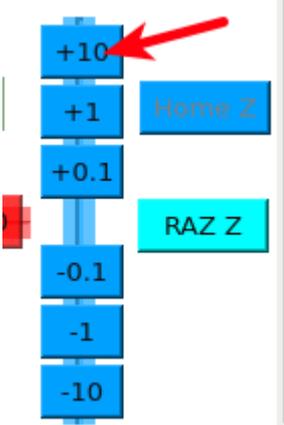
Une fois le crayon en place, remonter un peu le Z puis **descendre le chariot de Z par petites touches jusqu'au contact de la pointe avec la feuille de papier** à l'aide des boutons -10, -1 et même -0.1 de l'interface :



Une fois fait, cliquer sur le bouton RAZ Z

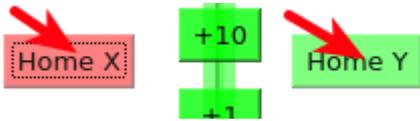


Puis remonter le chariot de Z de 10mm

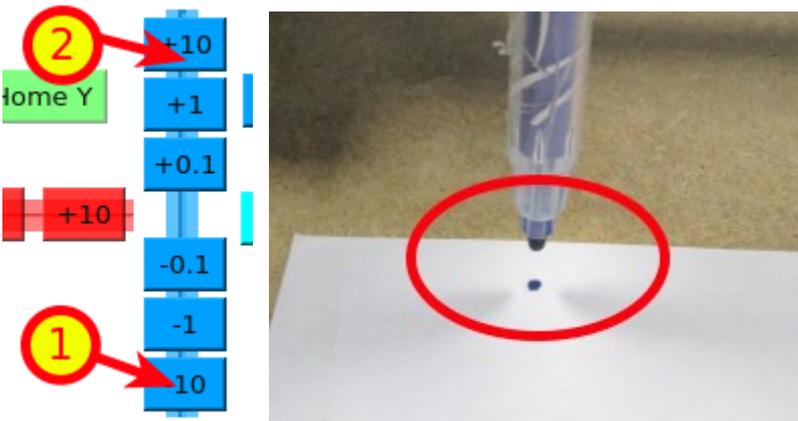


## Vérifier la mise à niveau du martyre

Dernière petite chose : il faut vérifier que le martyre est bien à niveau dans toutes les directions. Pour cela, commencer par se placer à l'origine machine des axes X et Y ce qui se fait à l'aide des boutons Home X et Home Y :



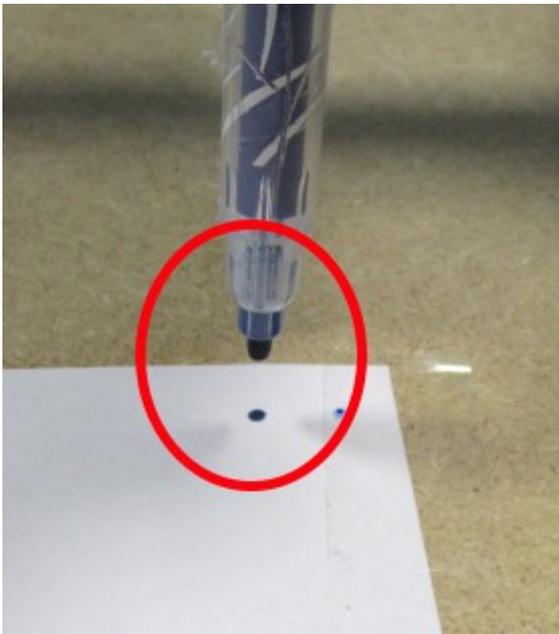
Une fois fait, descendre le Z de 10 puis relever le Z de 10 : on doit obtenir un point sur la feuille de papier.



Ensuite, se placer en 250 sur l'axe X à l'aide de la commande de G-Code :

**G01 X250 Y0 F6**

A nouveau, descendre le Z de 10 puis relever le Z de 10 : on doit obtenir un point sur la feuille de papier.



Si ce n'est pas le cas, ou si le point est trop appuyé, rebaisser le chariot de Z de 10 de façon à mettre la pointe du crayon en position de contact, et régler la hauteur de l'équerre de fixation du coin correspondant pour adapter la hauteur (passer un tournevis plat sous le martyr pour aider à lever légèrement le martyr).

Répéter l'opération en allant aux positions :

**G01 X250 Y200 F6**

puis :

**G01 X0 Y200 F6**

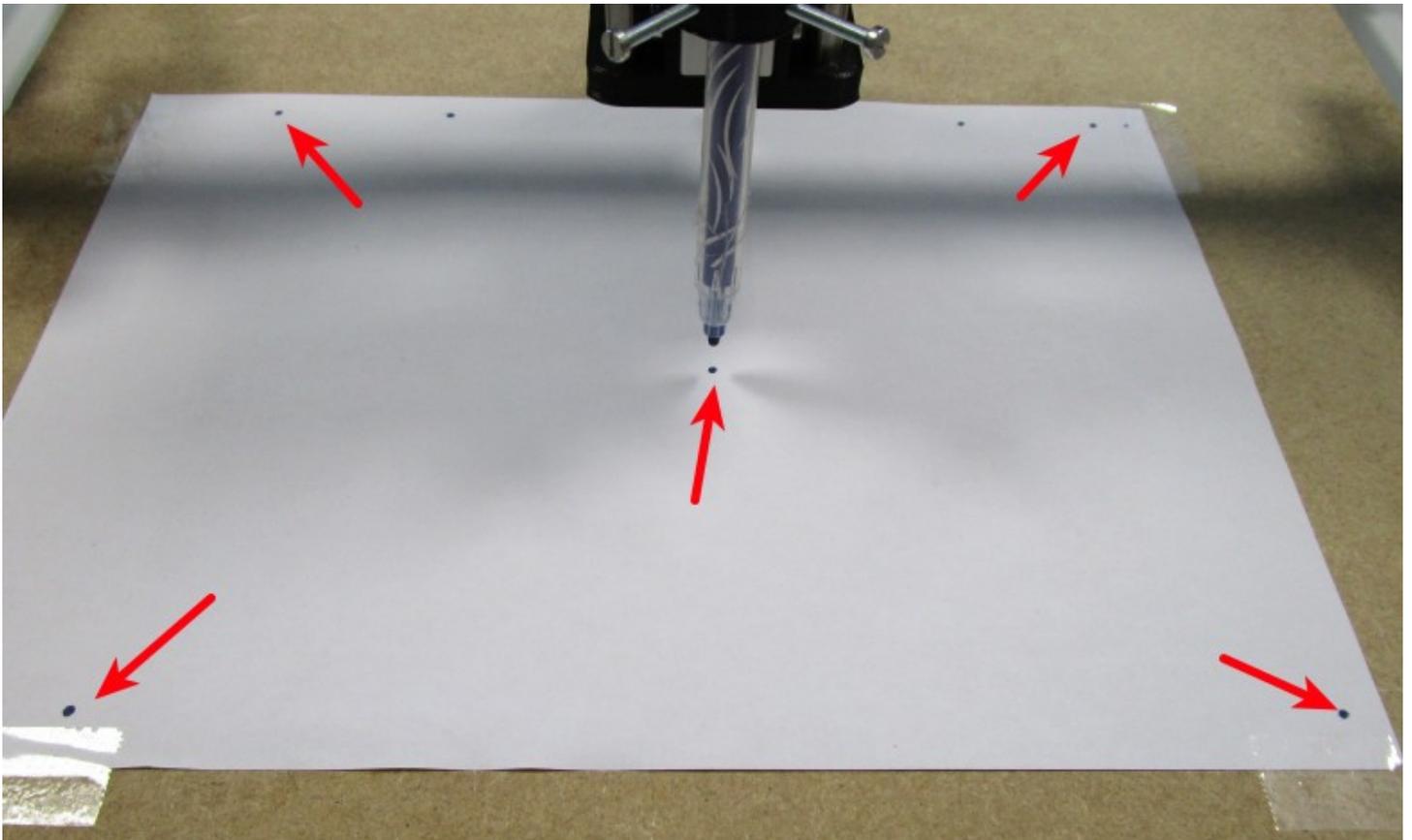
puis

**G01 X125 Y100 F6**

puis

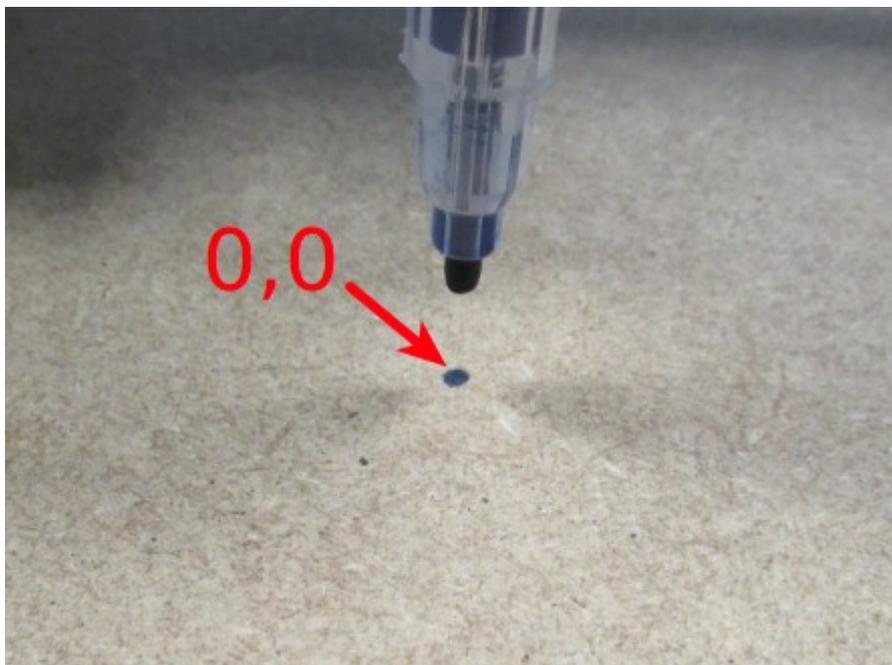
**G01 X0 Y0 F6**

Ce qui donne :



Une fois que vous obtenez un point dans tous les coins de la feuille, vous êtes prêt à utiliser le crayon. Noter que cette manipulation ne sera à faire qu'au début de l'utilisation et ensuite après un transport, etc...

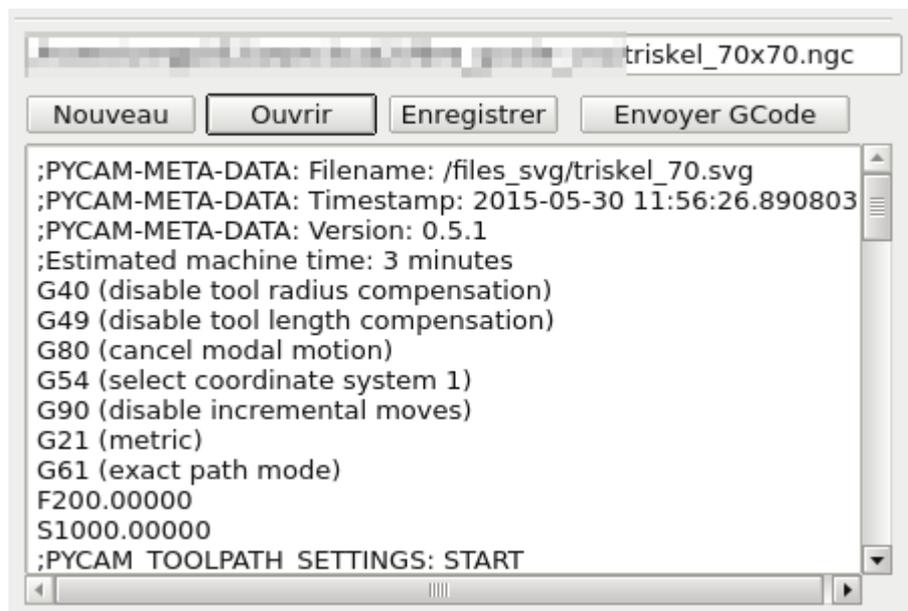
Vous pouvez à ce moment là enlever la feuille, vous placer en home X et home Y et descendre le Z de 10 pour toucher le plateau : de cette façon, vous aurez le repère de l'emplacement du 0,0 machine de votre outil crayon. En pratique, il sera pertinent de le faire avec l'outil « perceuse » et un foret de petit diamètre.



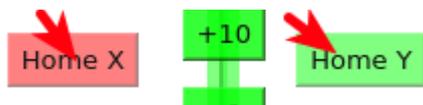
## **Tester l'outil crayon : dessiner un Triskell à partir d'un g-code tout prêt**

A présent, vous êtes parés : il suffit de charger un fichier gcode de test, par exemple [le dessin d'un Triskell 70x70mm](#).

Télécharger ce fichier : ouvrir le lien ci-dessus et enregistrer la page.  
Ensuite, l'ouvrir avec l'interface graphique :

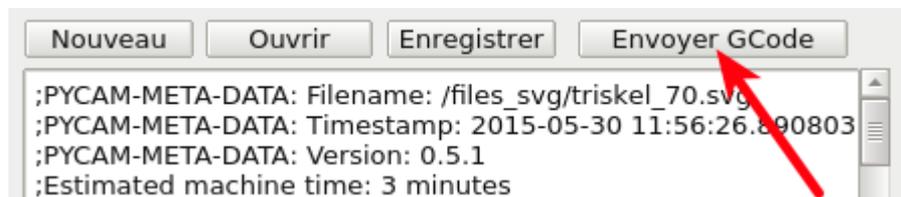


Placer la machine à l'origine :



Recaler le zéro du Z au besoin (voir précédemment).

Puis cliquer sur **<Envoyer G-Code>** :



La machine réalise le dessin :

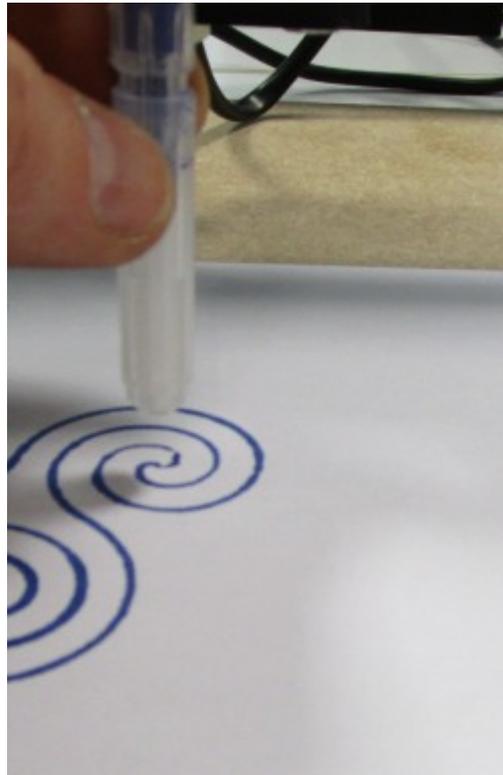


la pointe du feutre était un peu abîmée... finesse du trait pas terrible...



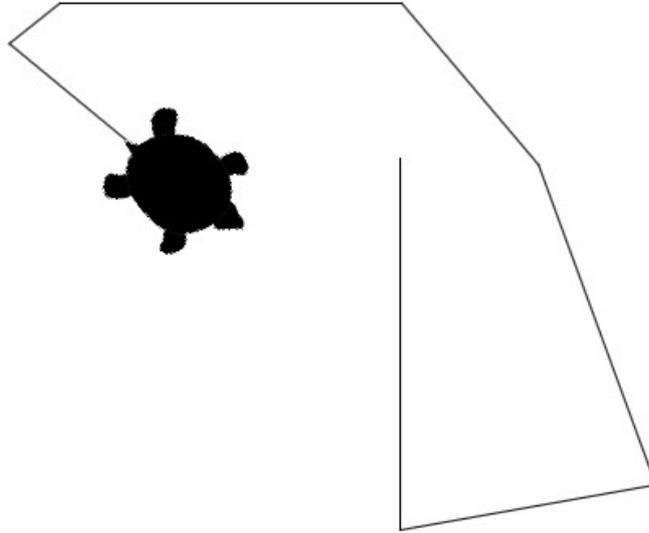
Sur la même machine, après changement du feutre...

Une fois le dessin terminé, on peut relever le chariot de Z de 20mm ou 30mm et remettre le capuchon.



## Utilisez l'Open Maker Machine en mode « Turtle » avec l'outil crayon

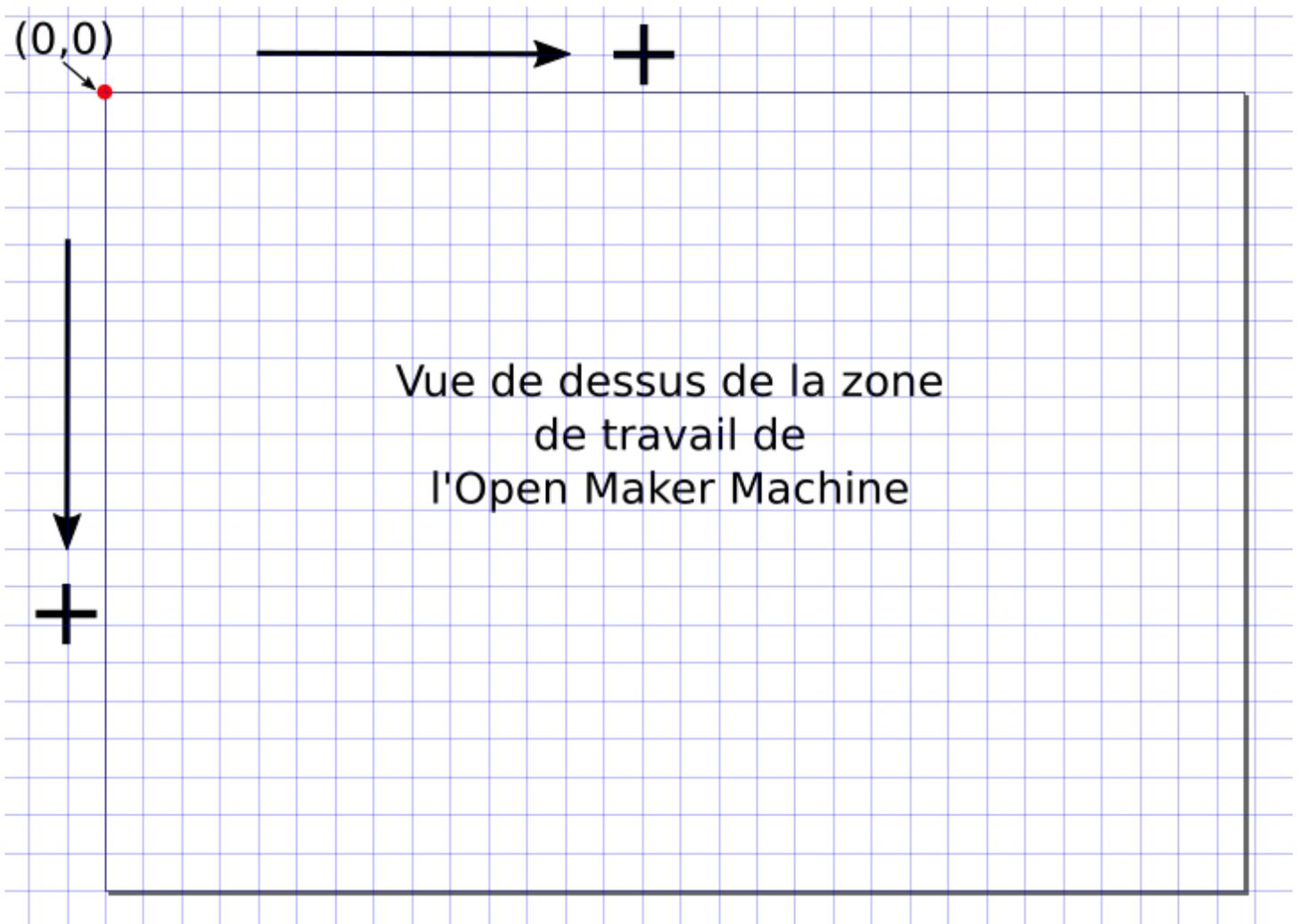
Comme nous l'avons déjà présenté précédemment, vous connaissez « [Turtle](#) », un outil d'initiation à la programmation qui permet de tester des actions simples (tourner, avancer, etc.) qui sont appliquées à une petite tortue affichée à l'écran...



Un exemple de dessin avec Turtle

L'outil crayon est particulièrement adapté pour vous permettre d'utiliser votre Open Maker Machine et vous initier au G-Code, « façon turtle », c'est à dire en faisant exécuter des ordres de G-Code simples de positionnement.

Voici le système de coordonnées de la machine :



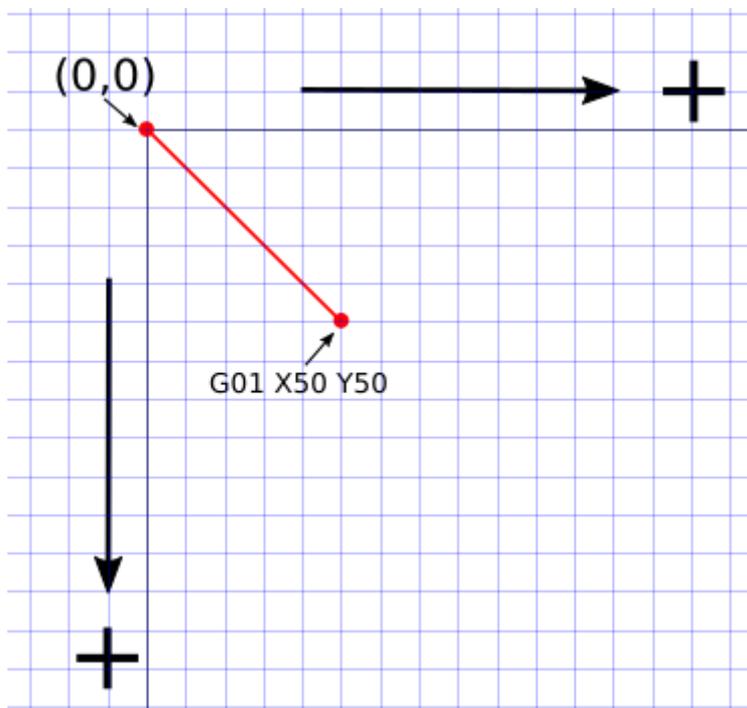
Voici quelques instructions test à saisir dans le terminal série :

Configuration en mode de coordonnées absolues : **G90**

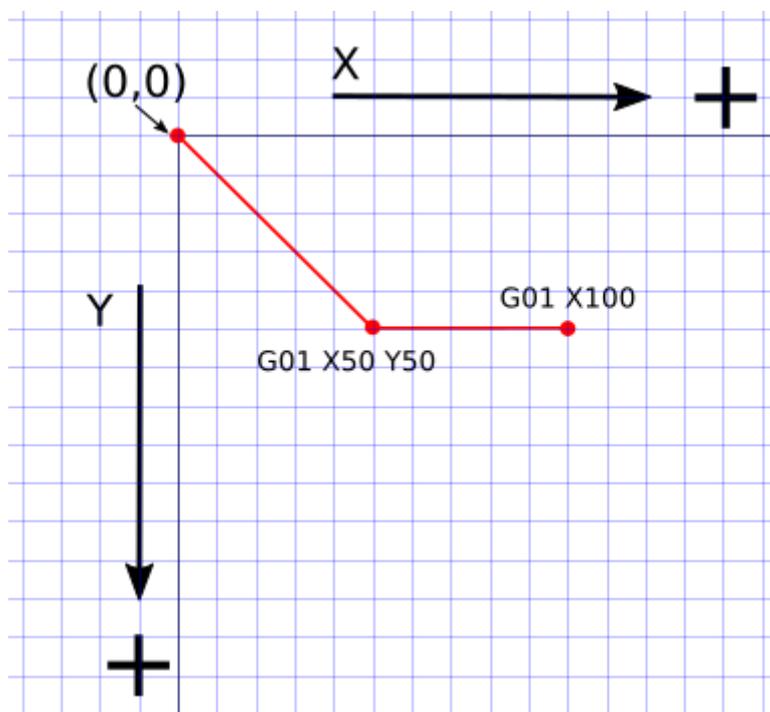
Positionnement à l'origine machine des axes X et Y : **G28 X Y**

Descente du crayon : **G01 Z0**

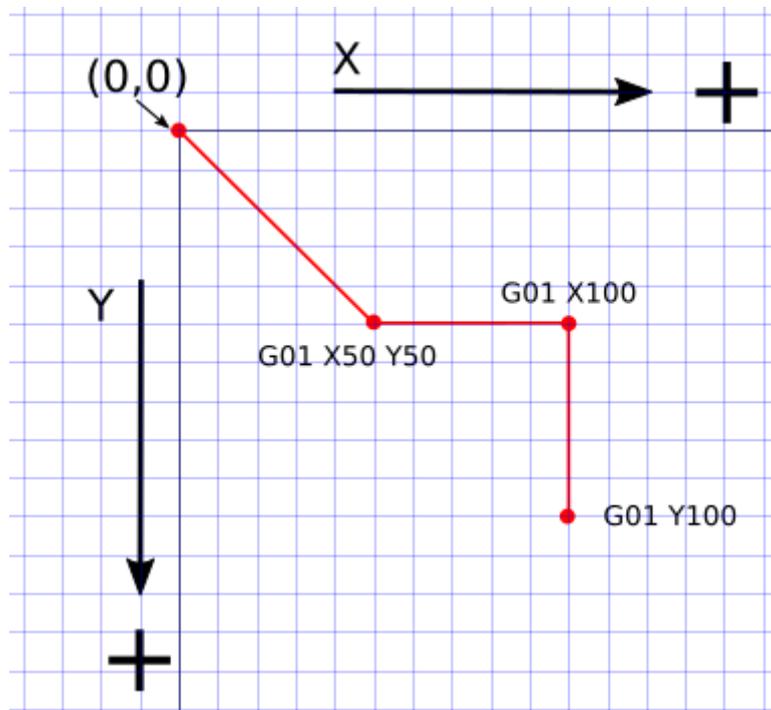
Positionnement linéaire au point X=50mm et Y=50mm à la vitesse de 6mm/sec : **G01 X50 Y50 F6**



Positionnement linéaire au point X=100mm et Y courant à la vitesse courante : **G01 X100**

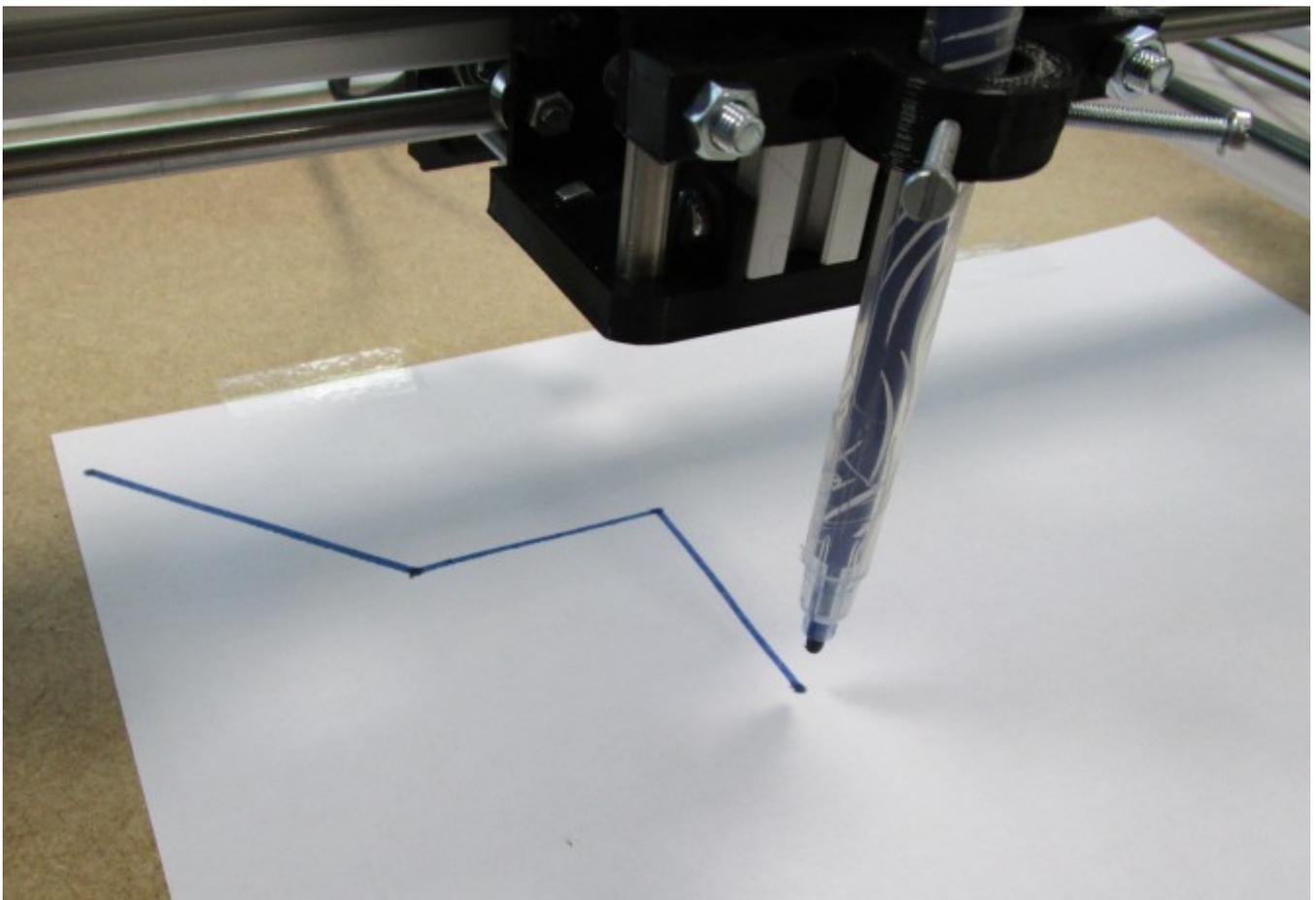


Positionnement linéaire au point X courant et Y=100mm à la vitesse courante : **G01 Y100**



Lever du crayon : **G01 Z0**

Ce qui donne :



L'Open Maker Machine vous obéit au doigt et à l'oeil !

Prenez le temps de faire vos tests... et de comprendre comment la machine fonctionne. Une fois terminé,

revenez à l'origine avec **G01 X0 Y0**

Une fois le dessin terminé, relever le chariot de Z de 20mm ou 30mm et remettre le capuchon, comme précédemment.

## **Montage et test de l'outil « découpe vinyle »**

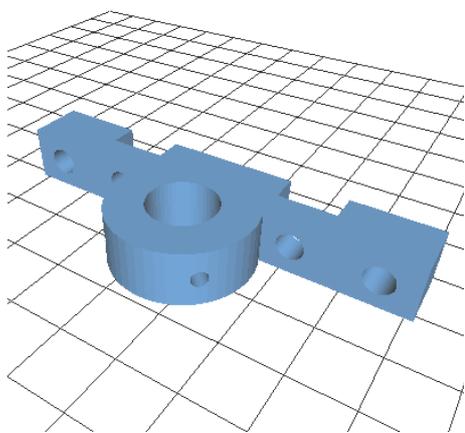
L'outil découpe vinyle est également intéressant car il ne nécessite pas de broche (=mini-perceuse), ne fait pas de poussière, n'est pas bruyant. Cet outil est également assez sympa, car il permet de faire rapidement choses concrètes « qui servent dans la vraie vie »... Côté fourniture, on aura besoin simplement de vinyle auto-collant.

## **Pièces nécessaires**

---

### ***Pièces imprimées***

**1 x Support outil crayon**



### ***Pièces mécaniques non-imprimées***

**2 x profilé aluminium 20x20 en 10 cm**



## Porte lame rotatif Roland et sa lame de cutter rotative



## Fournitures utiles

### Feuilles de vinyle auto-collant de divers couleurs



Un fournisseur que j'ai testé et que je vous conseille : [adzif.biz](http://adzif.biz)

Prix corrects, livraison rapide, packaging nickel, produit livré conforme.

### Scotch



### Morceau de plaque de Depron 5 ou 6mm

Un morceau de plaque de Dépron 5 ou 6mm (plaque de polystyrène de 5 ou 6mm) trouvé en magasin de bricolage et qui sera à placer sous le vinyle à découper.

Par exemple, chez <http://www.bricodepot.fr/> sous la référence « Extrupor » en épaisseur 6mm. Une plaque

ne coûtera que quelques euros et vous servira longtemps.

L'utilisation d'une telle couche de Depron évitera d'abîmer la lame de cutter en étant directement en contact avec le martyr.

Découper au ciseau ou cutter un morceau un peu plus grand que la zone de travail A4, en l'occurrence 32cm x 23cm par exemple.



## **Visserie**

### **M3**

2 x vis M3 à tête cylindrique x 25mm

### **M5**

2 x vis M5 tête cylindrique x 8mm

2 x vis M5 tête cylindrique x 16mm

2 x rondelles M5

4 x écrous lourds M5 pour profilé alu rainuré

## **Pré-requis**

---

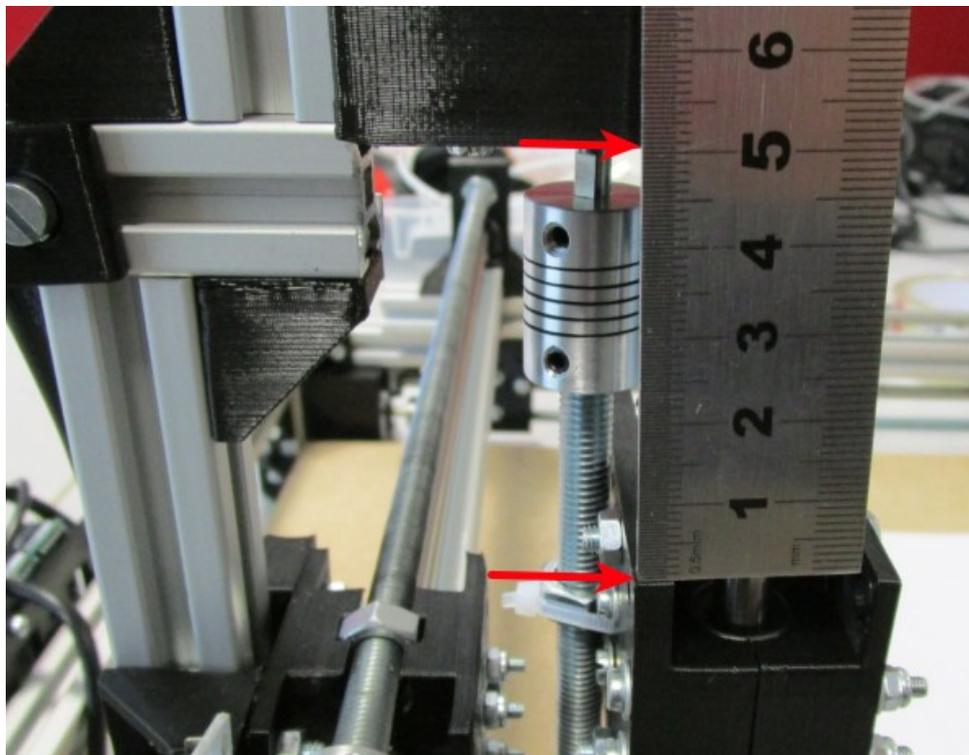
- Positionner le morceau de Depron 5mm sur le martyr sur la zone de travail et fixer à l'aide de morceaux de scotch. On peut aussi créer des petites pièces en impression 3D pour fixer le Depron plus facilement par vissage.



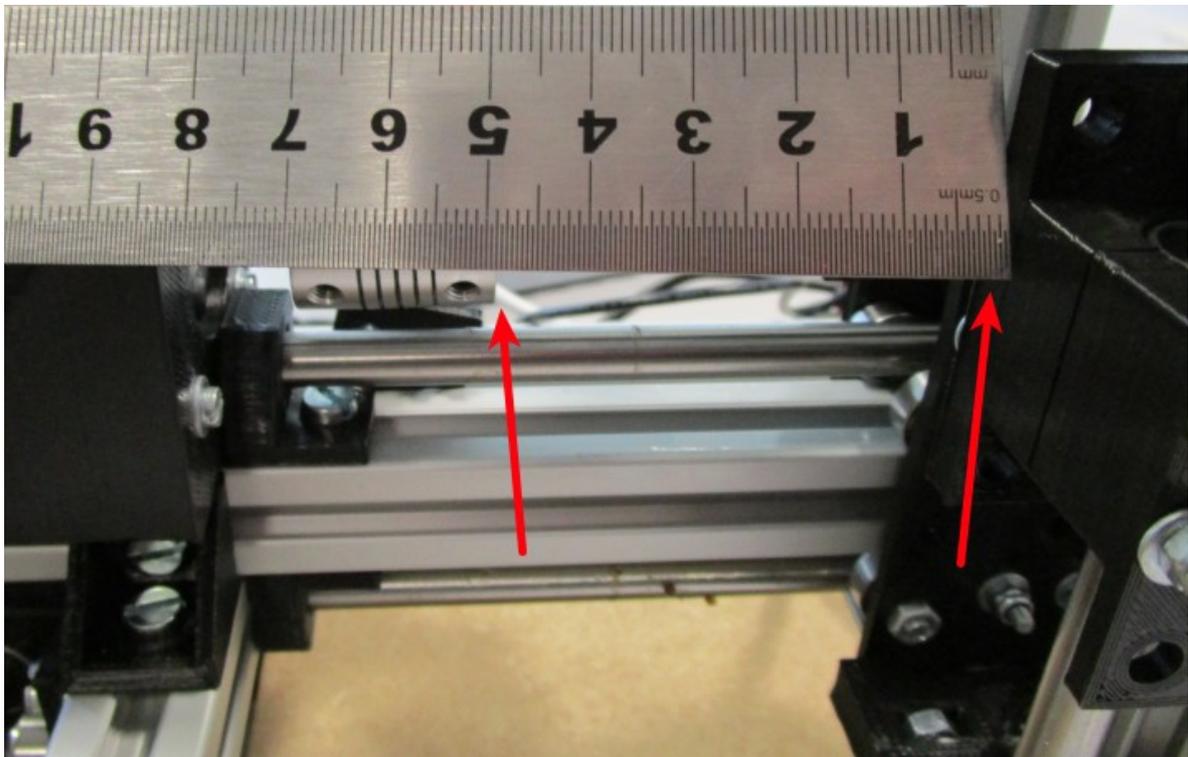
## Montage de l'outil « découpe vinyle »

### **Positionner manuellement le chariot de Z en position « changement d'outil » via l'interface**

Commencer par positionner le chariot du Z en position tiers haut (**bord supérieur du chariot Z à environ 5cm de la face avant du support moteur Z**) manuellement à l'aide de l'interface de contrôle (2 ou 3 clics sur le bouton +10 pour monter puis figoler avec +1): Ceci pour que les trous de vissage de l'outil ne soit pas en regard des barres lisses ou de la tige filetée du bloc X :

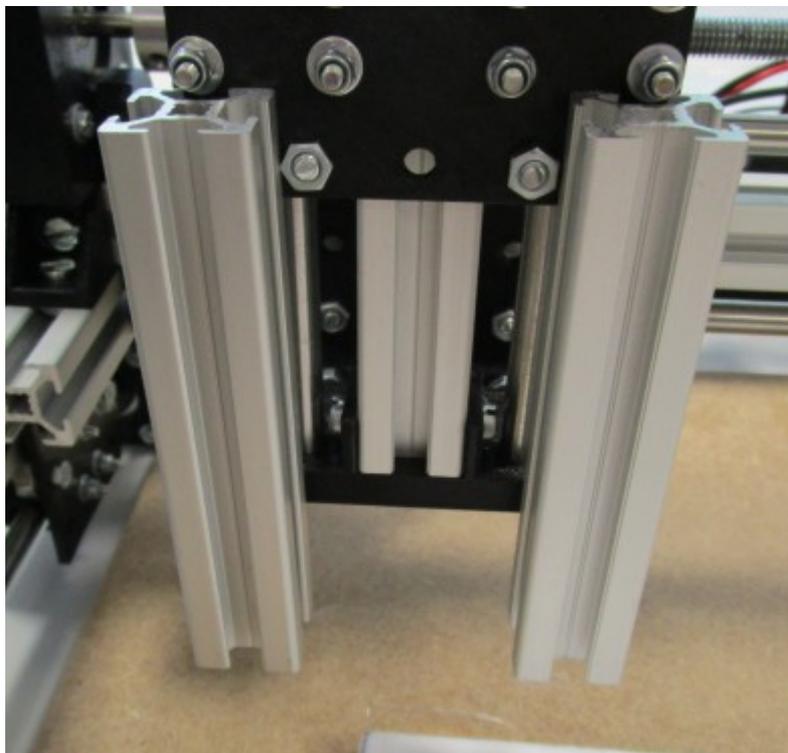


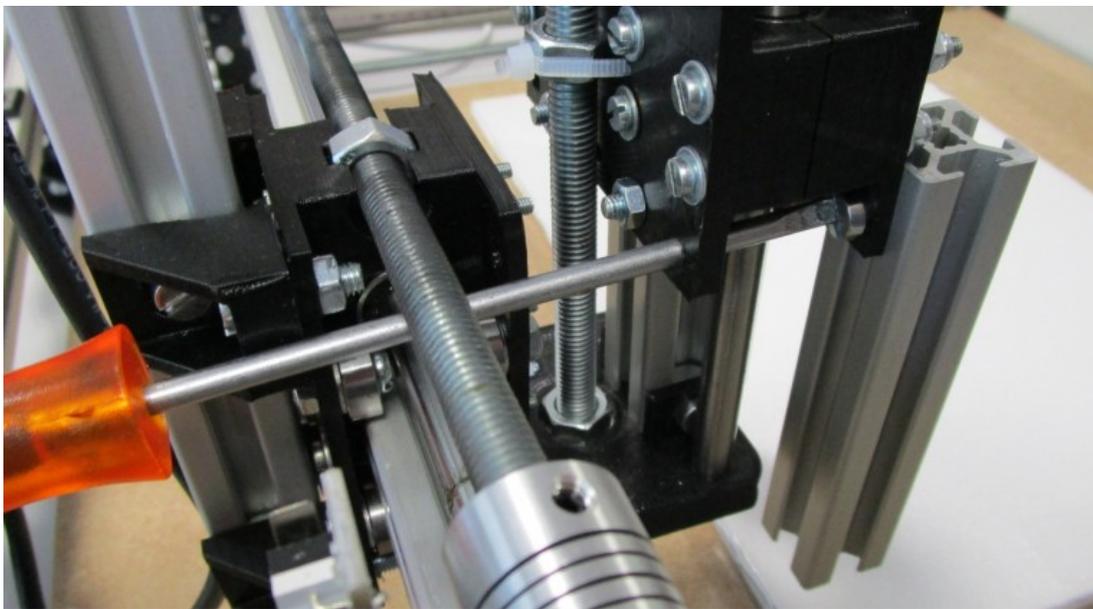
Positionner également le chariot X à 30 ou 40mm de l'origine manuellement à l'aide de l'interface de contrôle (3 ou 4 clics sur le bouton +10). Ceci pour éviter d'être trop près de l'endstop lors du vissage du support d'outil.



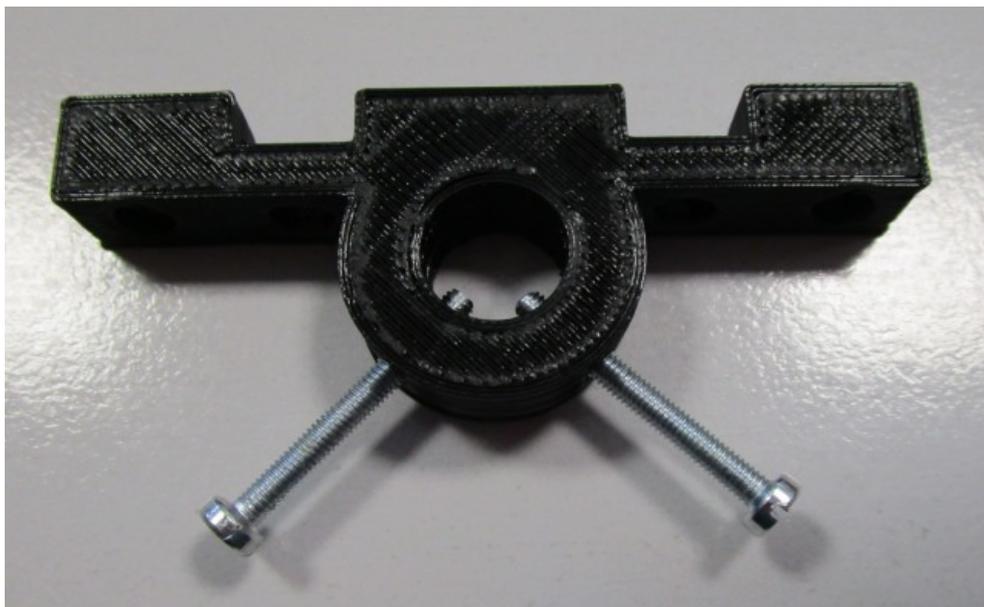
**Fixation du support d'outil « crayon» utilisé également comme support de la découpe vinyle**

Fixer le bas de la face avant du chariot de Z les 2 profilés aluminium de 10cm à l'aide des 2 vis M5x8mm et 2 écrous , en passant le tournevis par l'arrière :

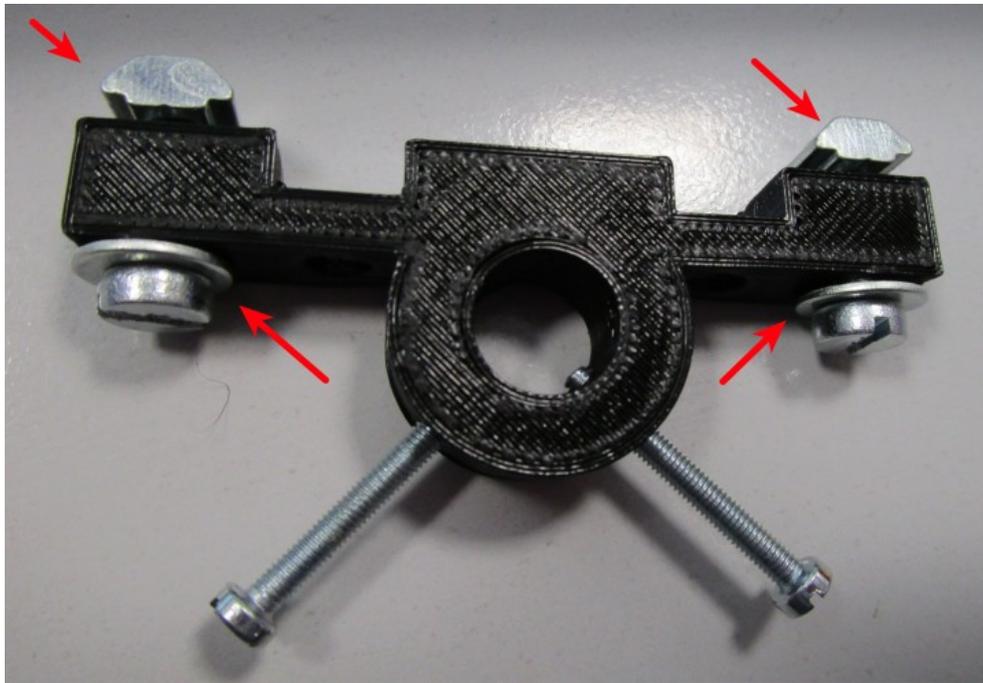




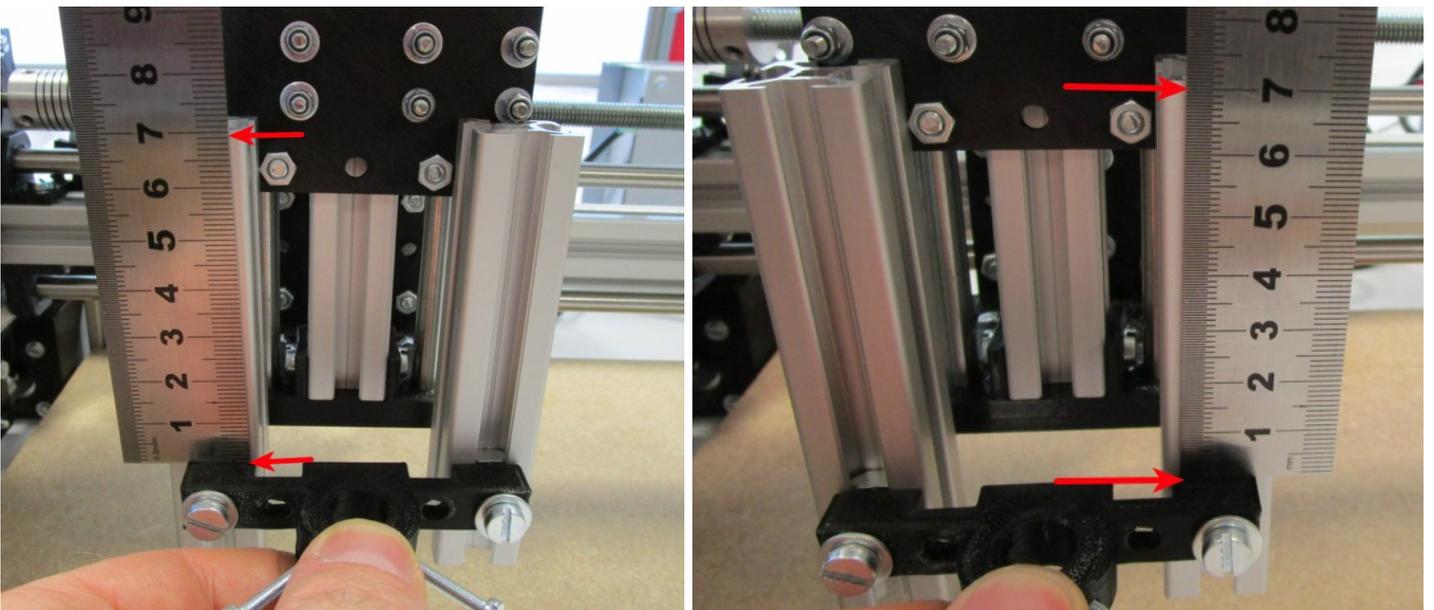
Préparer le support d'outil « crayon » en prévisant les 2 vis M3 x 25mm dans les trous dédiés sur le pourtour arrondi (il est normal que le vissage réalise un auto-taraudage de la pièce plastique):

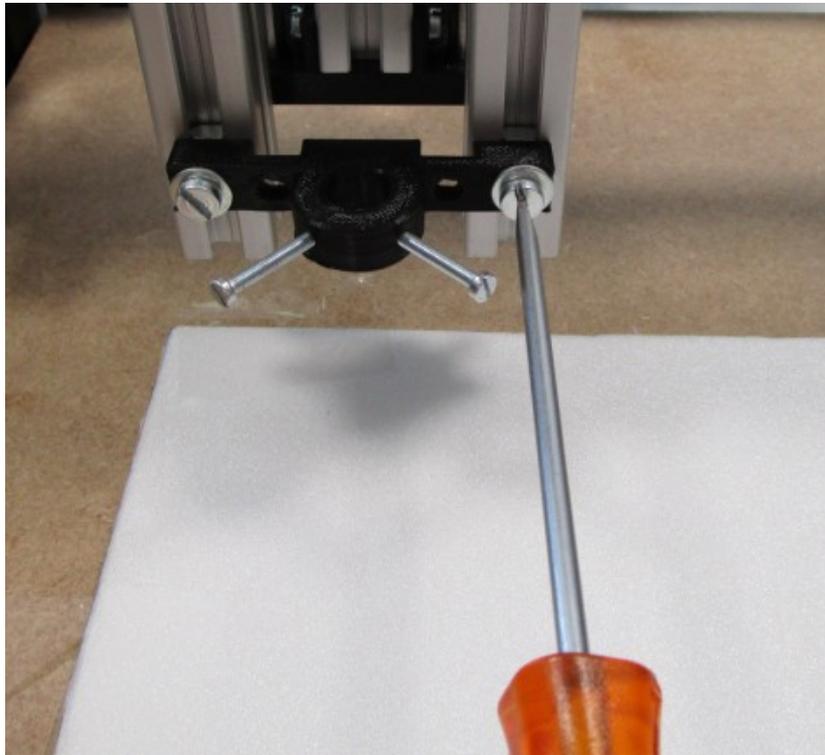


Visser les 2 vis M5x16, en mettant une rondelle à la tête, et préengager les 2 écrous dans les trous de fixation du support :



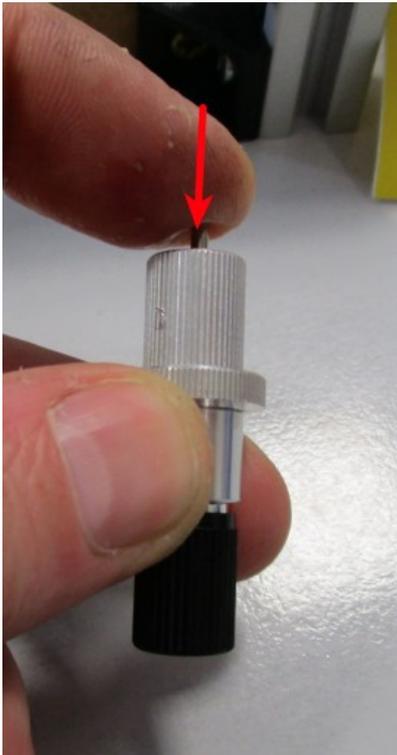
Fixer le support de l'outil « crayon » à 7cm du haut des profilés alu à l'aide d'un réglet et d'un tournevis :



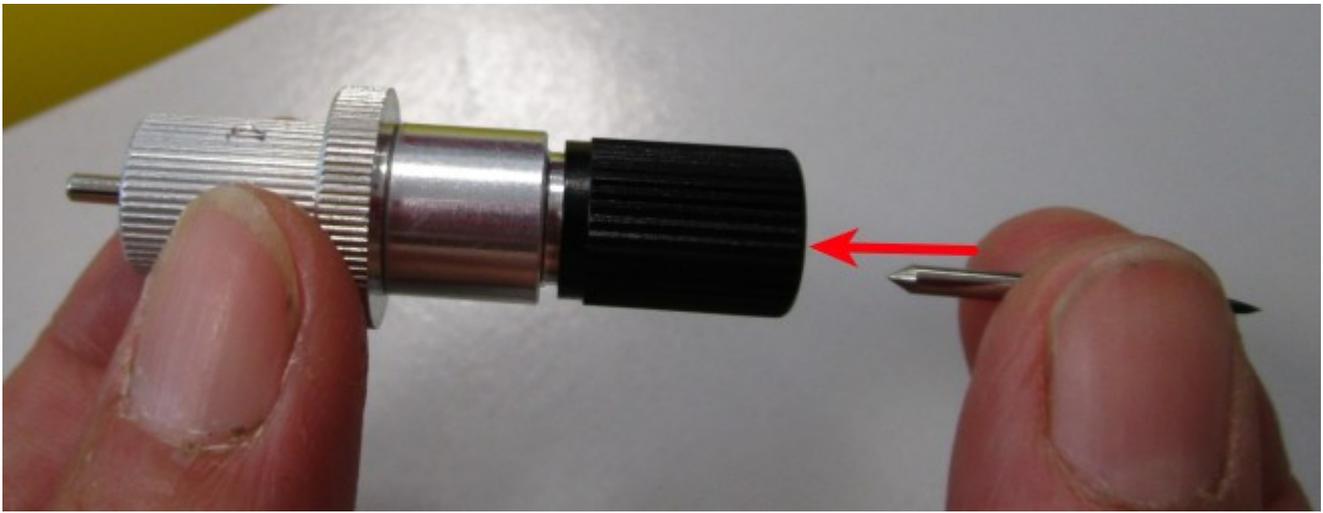


### ***Préparer l'outil « découpe vinyle »***

Vérifier qu'une lame est en place en appuyant sur l'axe qui dépasse du cutter rotatif



Si la lame n'est pas déjà en place, l'enfiler dans le cutter rotatif :

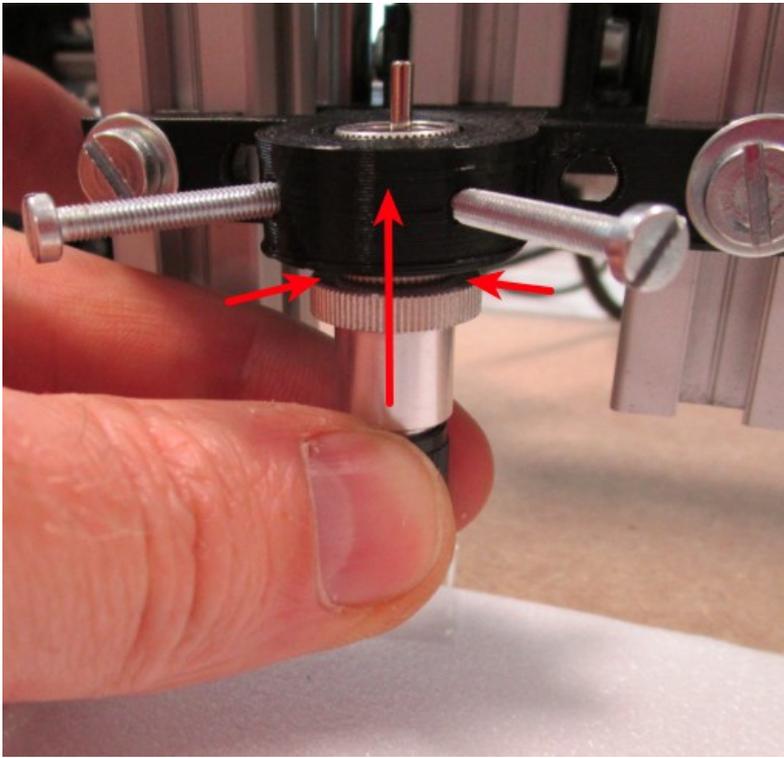


Visser l'embout du cutter rotatif de façon à ce que la lame dépasse :

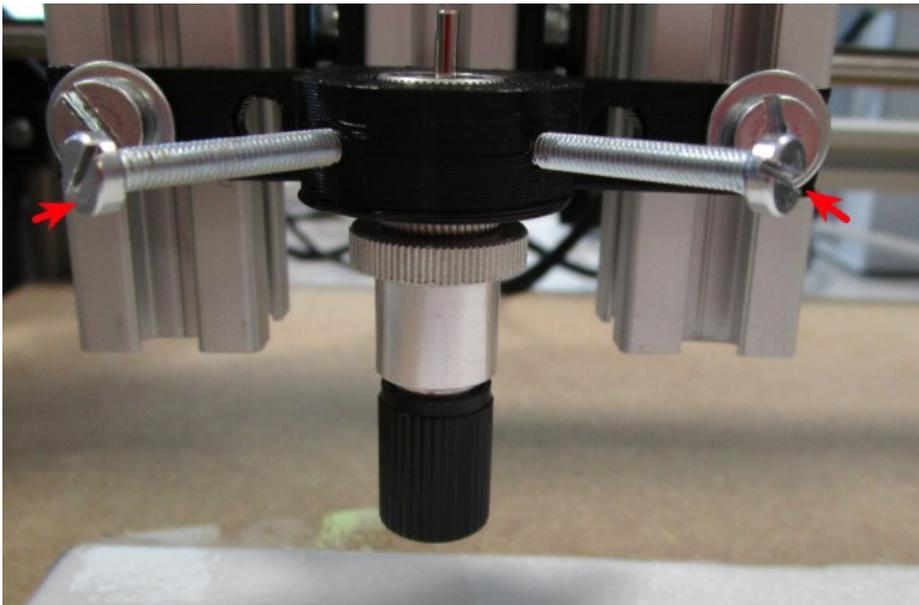


### ***Mise en place de l'outil « découpe vinyle »***

Une fois fait, mettre en place le cutter rotatif dans le support en passant par le dessous de façon à venir plaquer la bague de serrage sur la face inférieure du support :



Puis serrer les vis de serrage M3 de façon équilibrée de manière à ce que l'outil soit centré :



Voilà, l'outil « découpe de vinyle » est monté !

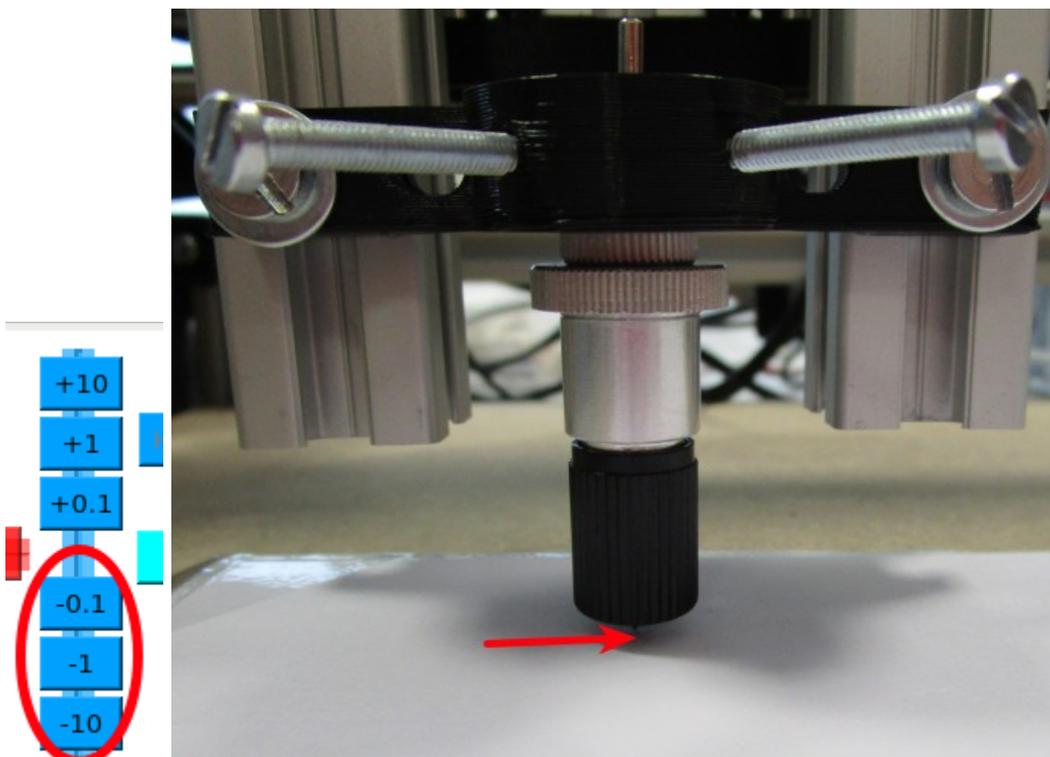
### **Caler le zéro de l'outil «découpe vinyle »**

Mettre en place et fixer avec du scotch une feuille de papier de test sur le dépron précédemment placé sur le martyr :

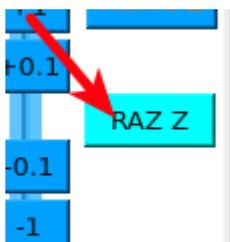


Blanc sur blanc, cela ne se voit pas bien, mais il y a une feuille de papier A4 sur le Depron

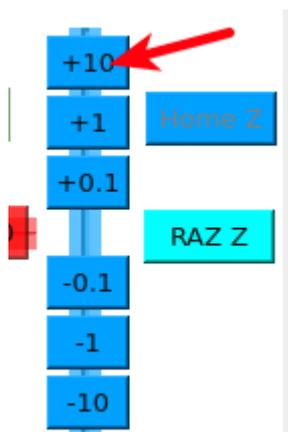
Une fois le crayon en place, remonter un peu le Z puis **descendre le chariot de Z par petites touches jusqu'au contact de la pointe du cutter avec la feuille de papier** à l'aide des boutons -10, -1 et même -0.1 de l'interface :



Une fois fait, cliquer sur le bouton RAZ Z



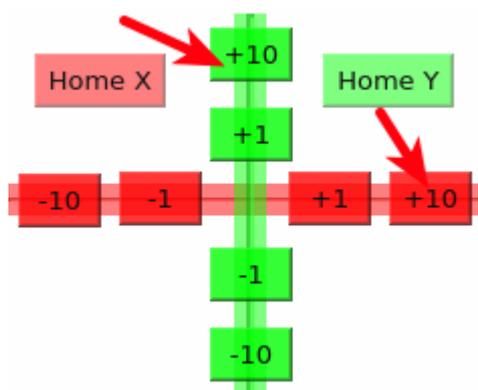
Puis remonter le chariot de Z de 10mm



Bien calé, l'outil de découpe vinyle a une très bonne longévité.

## Tester l'outil « découpe vinyle » manuellement avec du papier

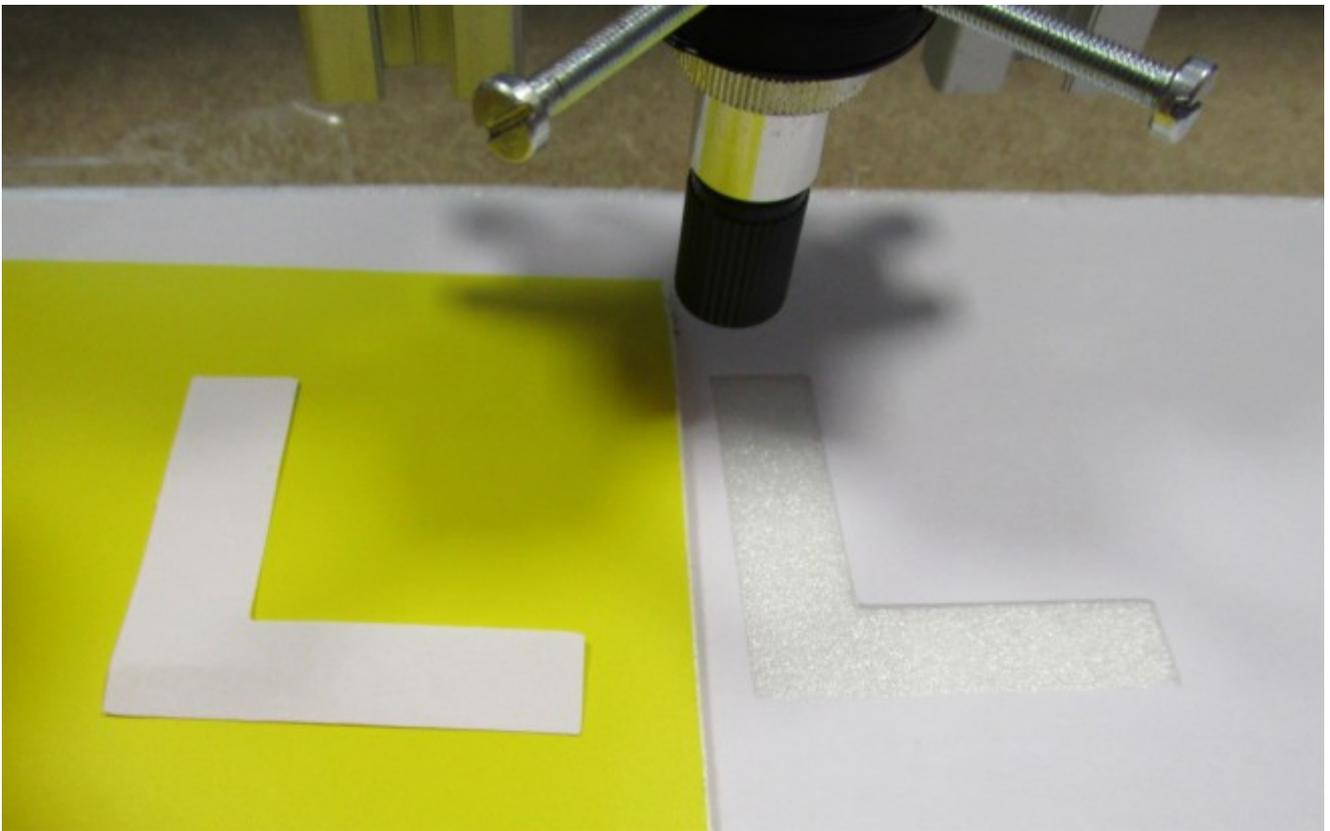
A présent, nous allons découper manuellement un L afin de tester la découpe avec du papier. Fixer une feuille de papier sur le Depron à l'aide de scotch. Une fois le zéro calé, le Z étant levé, on se place en 10,10 par 1 clics sur +10 pour l'axe X et l'axe Y.



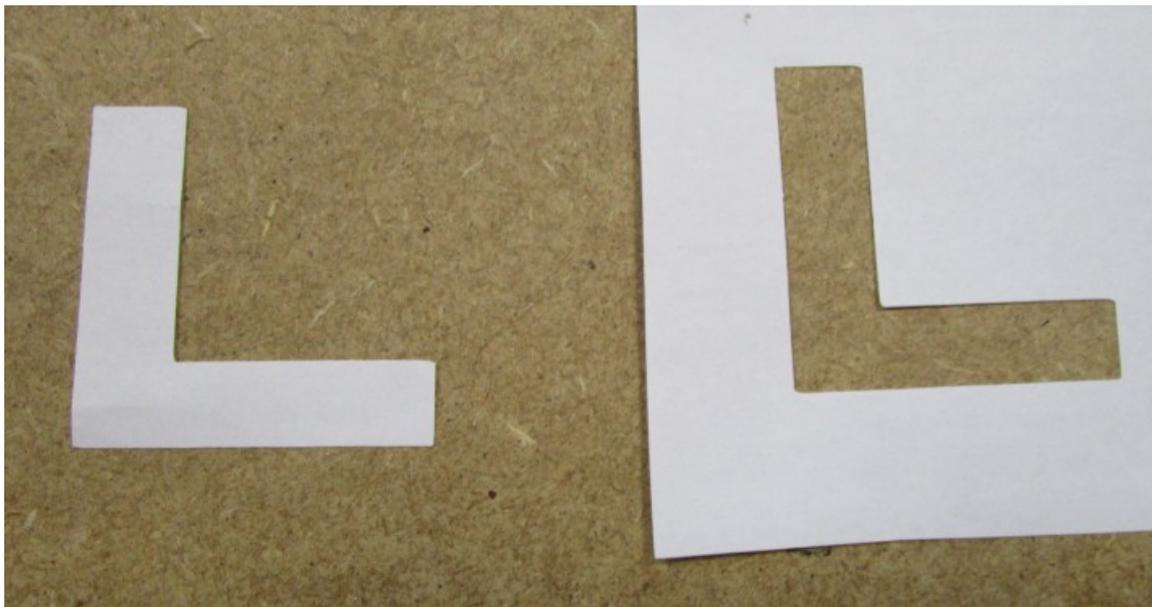
Ensuite, successivement :

- -10 sur le Z
- +10 sur le X
- +10 sur le Y , trois fois
- +10 sur le X, trois fois
- +10 sur le Y,
- -10 sur le X, 4 fois
- -10 sur le Y, 4 fois
- +10 sur le Z

On obtient ainsi un L découpé :



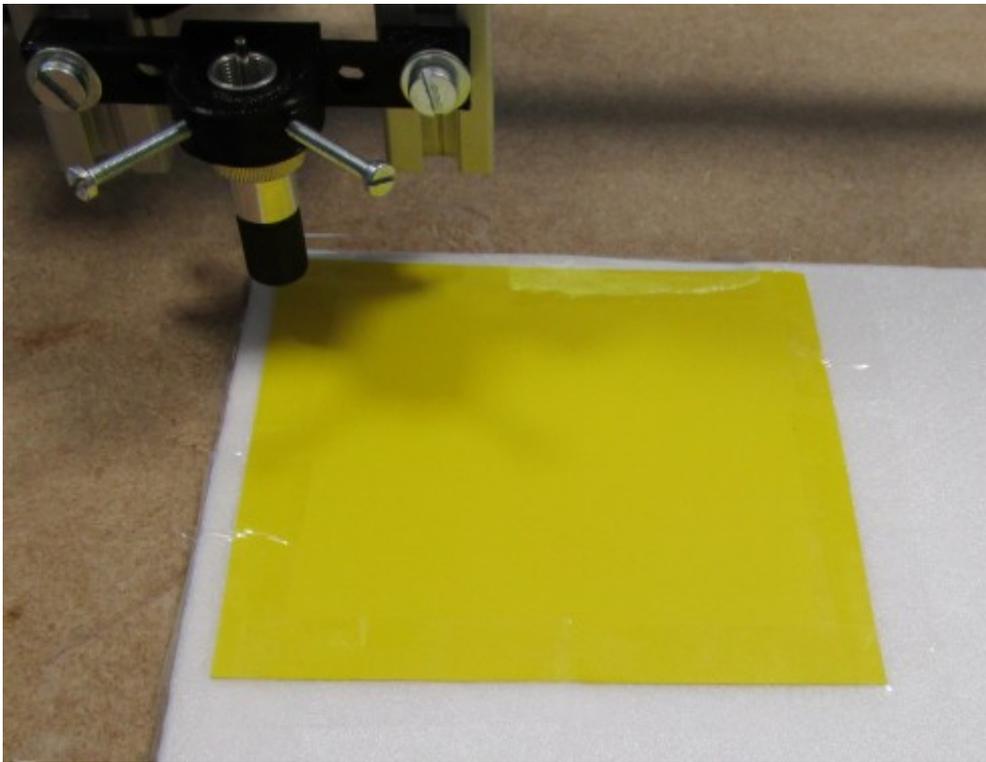
Le fond jaune est ici présent uniquement pour rendre le L découpé bien visible.. Sympa non ?



Encore une fois, un simple test manuel vous permet de vérifier que votre outil fonctionne bien.

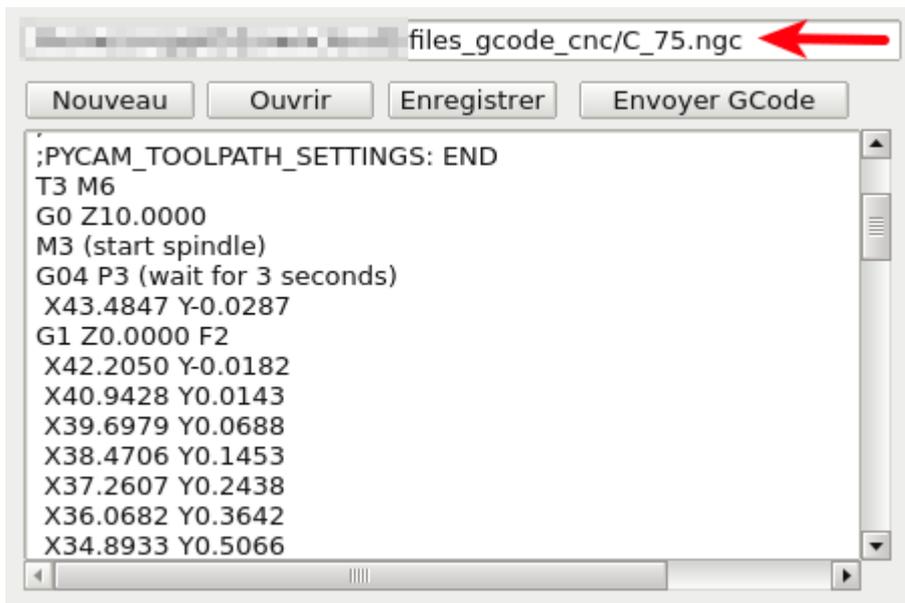
### **Tester l'outil « découpe vinyle » à partir d'un fichier de G-Code tout prêt**

A présent, vous êtes prêts pour tester la découpe de vinyle à partir d'un fichier. Fixer sur le Depron avec du scotch un morceau de vinyle 10x10cm à découper :

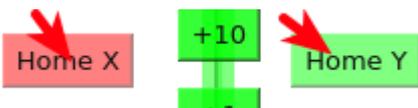


Il suffit de charger un fichier gcode de test, par exemple [la lettre C en taille 75](#) :

- Télécharger ce fichier : ouvrir le lien ci-dessus et enregistrer la page.
- Ensuite, l'ouvrir avec l'interface graphique :

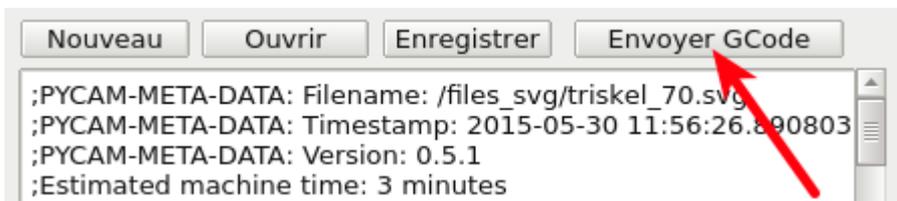


Placer la machine à l'origine :

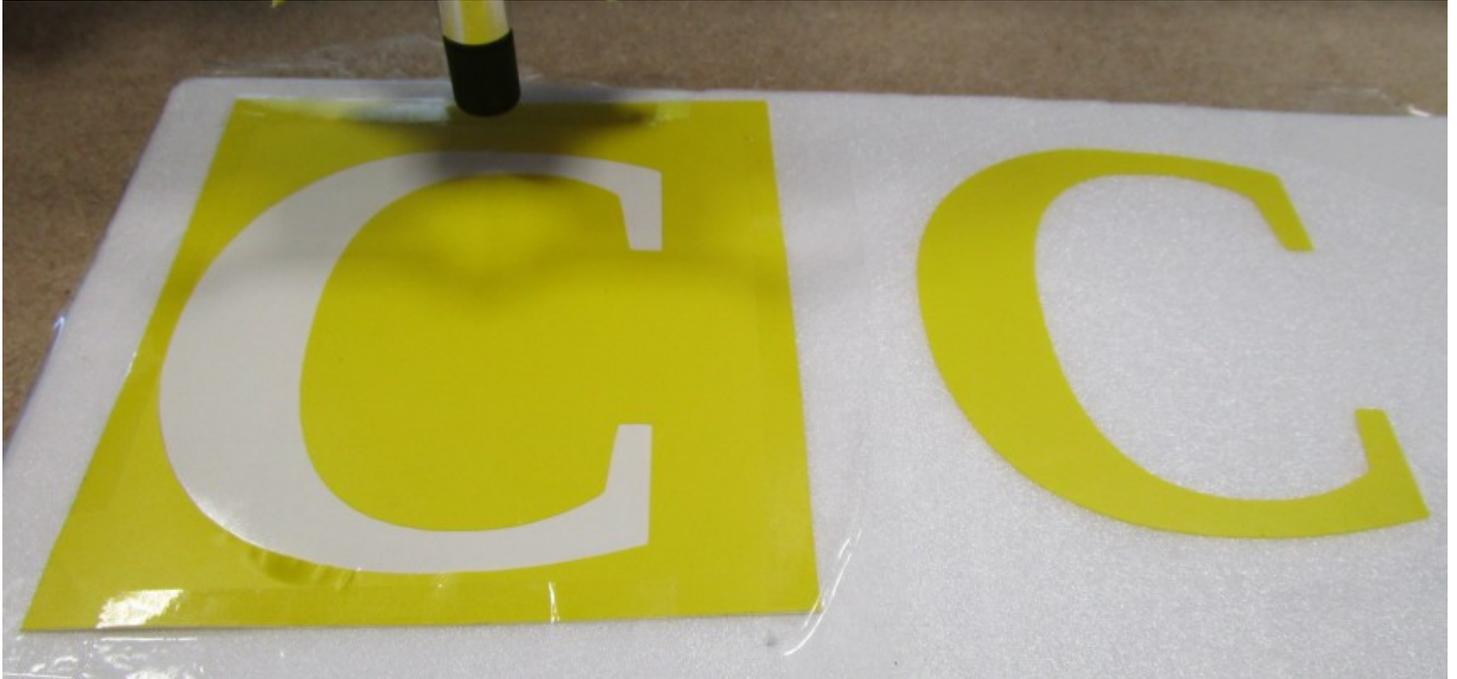


Recaler le zéro du Z au besoin (voir précédemment).

Puis cliquer sur **<Envoyer G-Code>** :



La machine réalise la découpe : on pourra accompagner à la main le mouvement du cutter pour plaquer le vinyle sur le Depron. Une fois la découpe terminée, décoller le vinyle auto-collant : la forme obtenue est propre.



Découpe Vinyle de la lettre C en 75mm...



A part une petite « accroche » au point de démarrage, le trait de découpe est vraiment propre !  
Elle coûte combien cette machine déjà ??



Regardez attentivement la lame de cutter rotative lors des changements de direction : l'effet de réalignement par rotation est vraiment fluide et rapide, permettant quasiment un sans-faute, même pour les angles droits.

## Optimiser la découpe vinyle

---

Note : Ne vous étonnez pas si vous n'y arrivez pas du premier coup : ici le réglage de votre Z est essentiel ainsi que le « placage » du vinyle sur le Depron. Il est normal également de devoir prendre ses marques lorsque l'on apprend à utiliser un nouvel outil . Une fois calé par contre, vous êtes parés pour enchaîner les découpes.

Réussir des découpes vinyle propres, comme pour tout le reste, est un « art » en soi... et comme l'on n'est pas « plus royaliste que le roi », je vous conseille de regarder cette petite vidéo de notre partenaire <http://www.cncfraises.fr/> qui donne plusieurs conseils pour réussir vos découpes :



<https://www.youtube.com/watch?v=y4liy4EZmF4>

Et comme vous pouvez le voir, bien réglée, le cutter rotatif a du potentiel :



## Montage de la broche (commun à tous les outils utilisant la broche)

### Vocabulaire utile

---

Le petit monde des machines à commande numérique (CNC and Co...) a son propre vocabulaire spécifique et quelques définitions s'imposent pour éviter les confusions

#### **Broche**

La broche désigne le bloc moteur, autrement dit la « mini-perceuse », sur l'axe duquel on fixe un outil (foret, fraise, pointe) qui sera entraîné en rotation à haute vitesse.

#### **Outil**

Désigne l'élément qui est mis en place à l'aide d'un serrage sur l'axe de la broche (le moteur d'entraînement). Selon les cas, l'outil pourra être un foret, une fraise, une pointe, etc.

### Equipement et règles de sécurité

---

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- **casque anti-bruit**
- **lunettes de protection**
- **aspiration des poussières**

Pour de plus amples précision, voir [la documentation de sécurité](#)

### Equipement utile

---

- Un **multiprise** avec interrupteur dédié **pour la broche** (moteur) à brancher **sur une prise différente de celle utilisée pour l'alimentation moteurs**

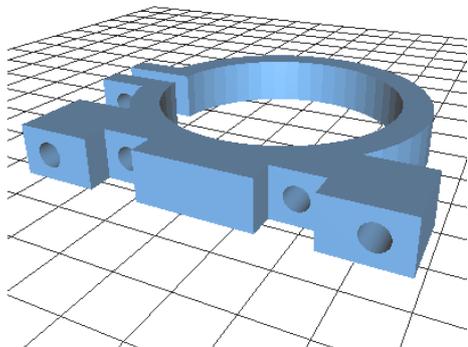


## Pièces nécessaires

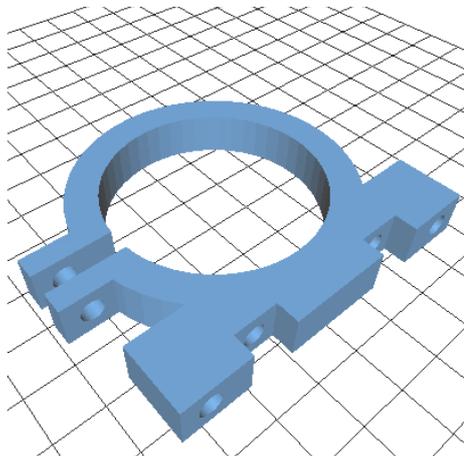
---

### *Pièces imprimées*

1 x Support supérieur outil broche (50mm)



1 x Support inférieur outil broche (48mm)



### *Pièces mécaniques non-imprimées*

La broche



Vous pouvez au choix utiliser la broche de votre choix ou celle fournie avec le kit. La broche fournie avec le kit, si vous avez choisi cette option, est un **multi-outil d'entrée de gamme 135W, à vitesse variable 8 000 à 32 000 trs/min**, pouvant recevoir un outil jusqu'à 3.2mm. Cette broche est garantie 2 ans constructeur et est livrée avec 40 accessoires polyvalents, mais que je ne vous conseille pas d'utiliser en tant qu'outil de travail : utiliser plutôt les outils que nous vous fournissons, de qualité éprouvée.

## Visserie

### M5

6 x écrous M5 standards

5 x vis M5 à tête cylindrique x 20mm

1 x vis M5 à tête cylindrique x 25mm

## Pré-requis

---

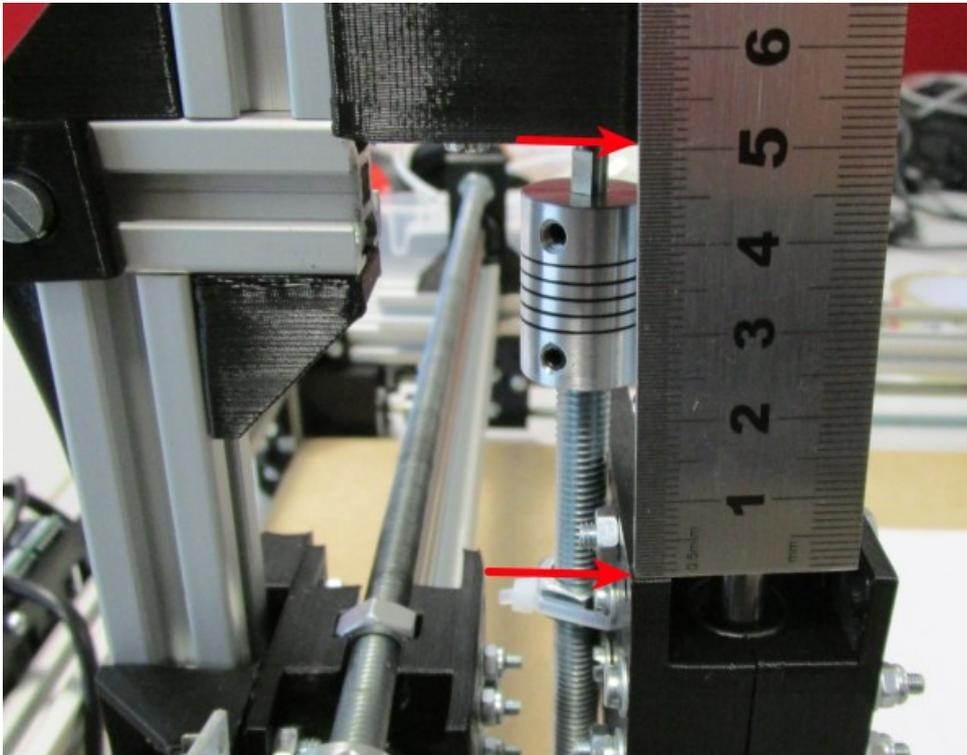
- Aucun...

## Montage de la broche

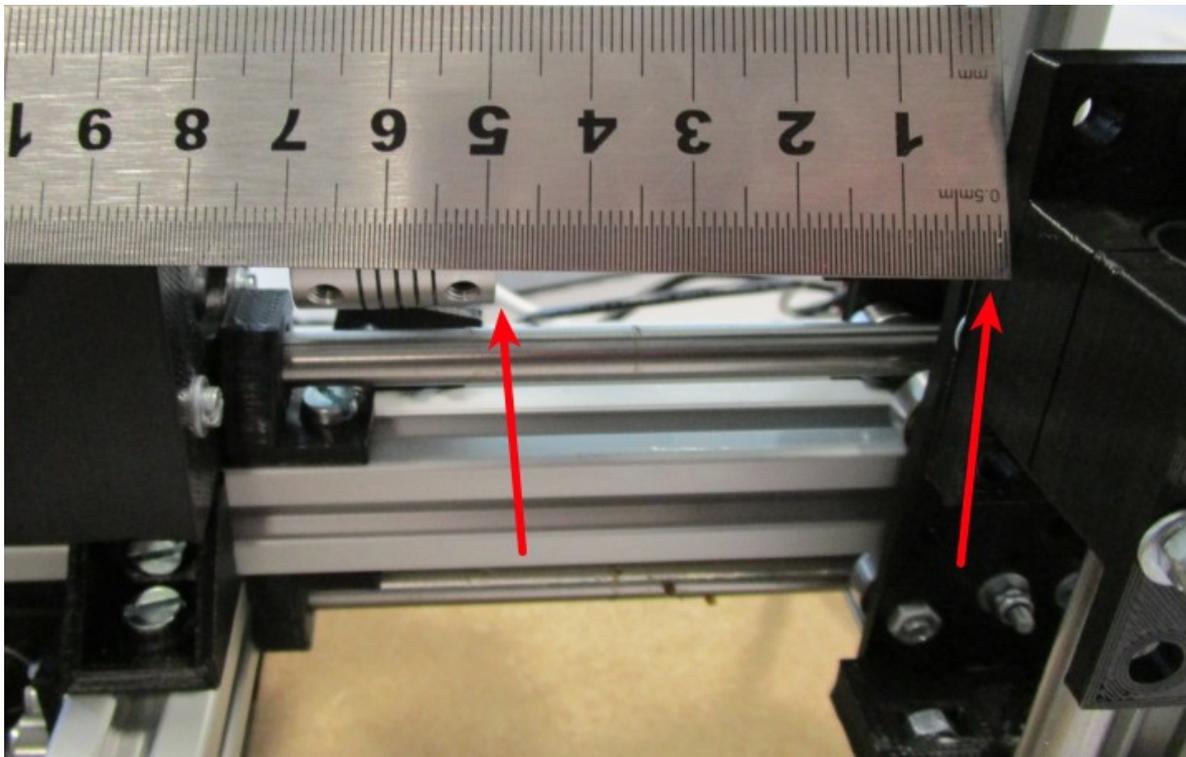
---

### ***Positionner manuellement le chariot de Z en position « changement d'outil » via l'interface***

Commencer par positionner le chariot du Z en position tiers haut (**bord supérieur du chariot Z à environ 5cm de la face avant du support moteur Z**) manuellement à l'aide de l'interface de contrôle (2 ou 3 clics sur le bouton +10 pour monter puis figoler avec +1): Ceci pour que les trous de vissage de l'outil ne soit pas en regard des barres lisses ou de la tige filetée du bloc X :



Positionner également le chariot X à 30 ou 40mm de l'origine manuellement à l'aide de l'interface de contrôle (3 ou 4 clics sur le bouton +10). Ceci pour éviter d'être trop près du endstop lors du vissage du support d'outil.



Démonter l'outil utilisé précédemment au besoin.

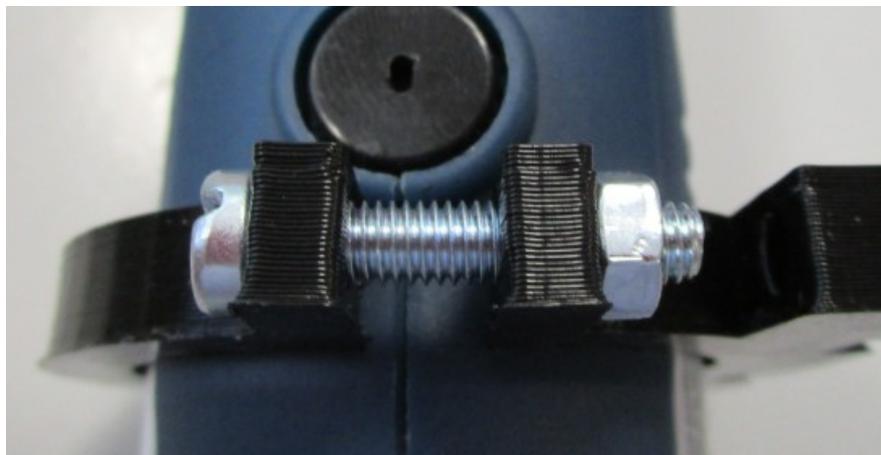
### ***Mise en place des colliers de serrage sur la broche***

Mettre en place le collier de serrage de **50mm** (le plus large) en enfilant la broche dedans jusqu'au niveau des 2 protubérances plastiques qui serviront de blocage mécanique :

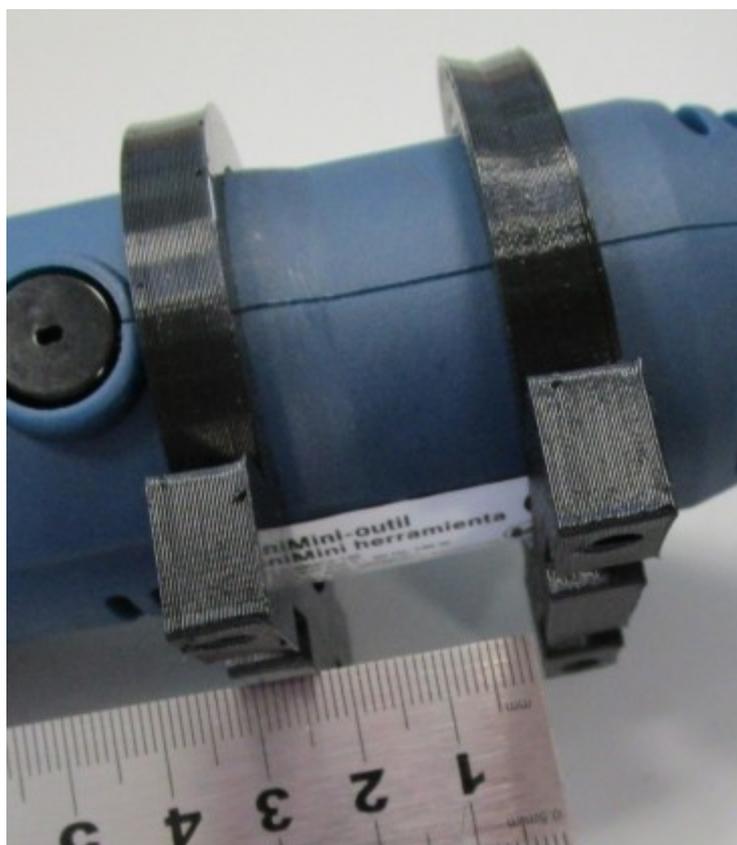
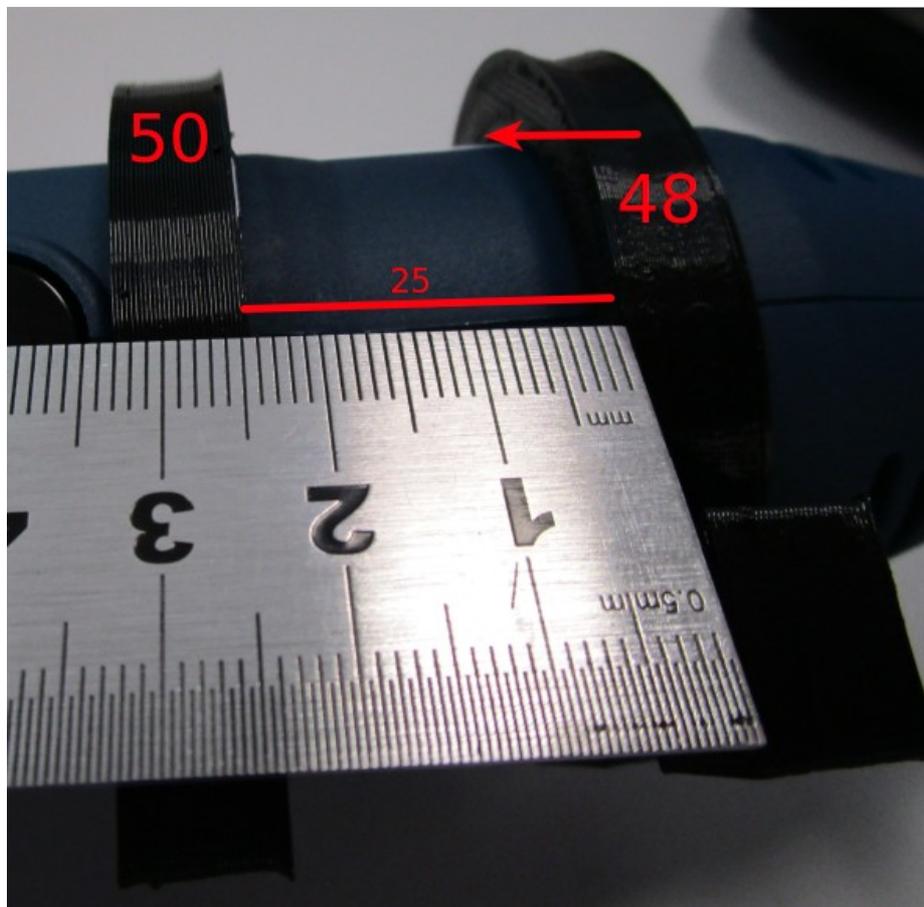




Serrer le collier à l'aide d'une vis M5 x **25**mm et d'un écrou M5 en serrant modérément :



Mettre en place le collier de serrage de **48mm** (le plus étroit) en enfilant la broche dedans en laissant 2,5cm d'espace environ entre les 2 colliers :

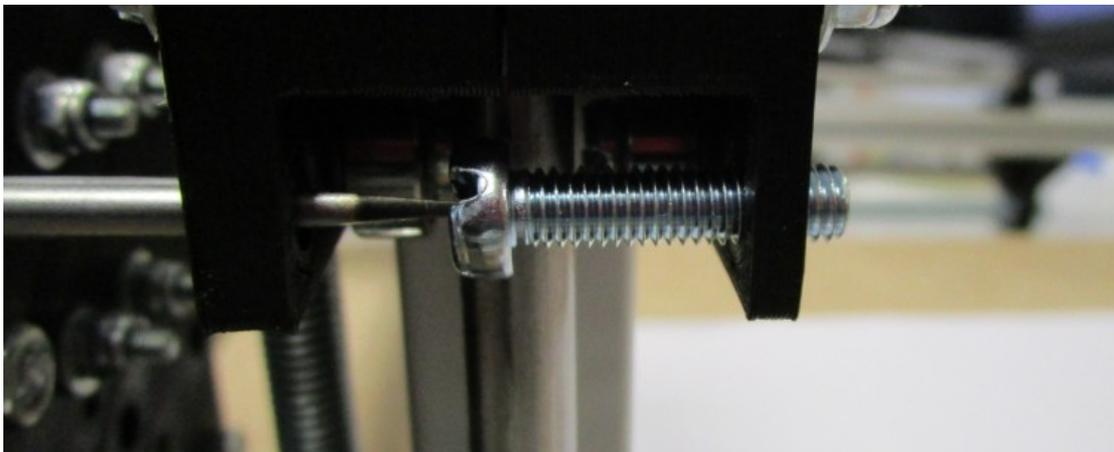
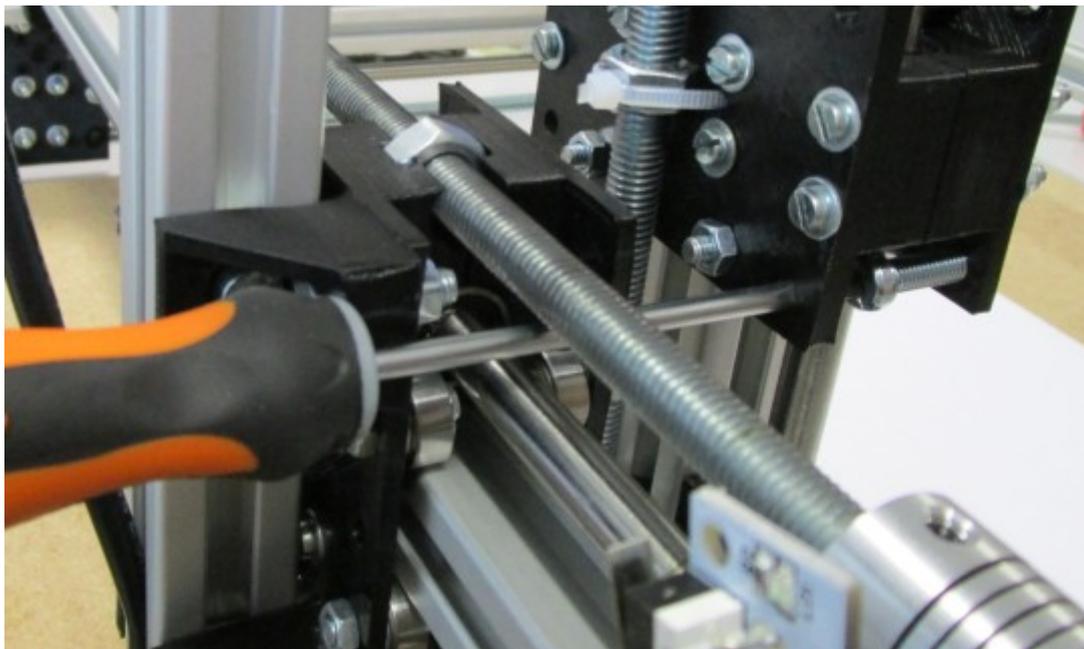


Serrer le collier à l'aide d'une vis M5 x **20**mm et d'un écrou M5 en serrant modérément laissant le collier un peu mobile pour pouvoir ensuite facilement adapter sa position lors de la fixation sur le chariot de l'axe Z :

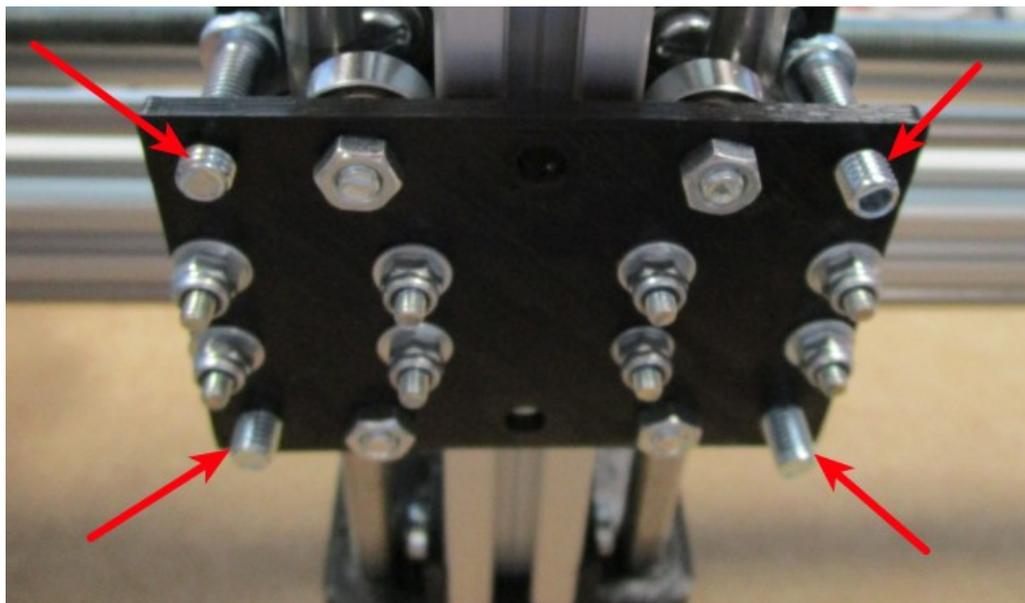


### **Fixation de la broche sur le chariot de l'axe Z**

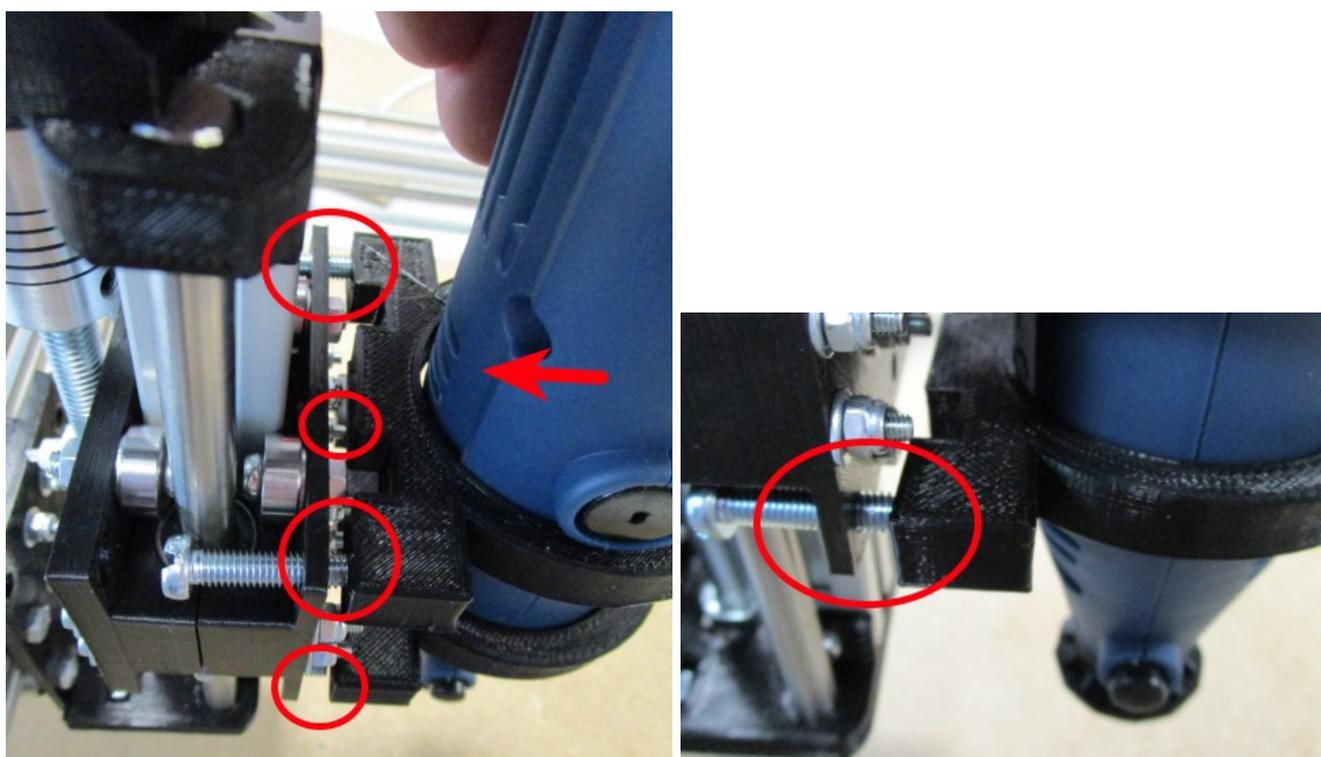
Prévisser les 4 vis M5x20mm dans les trous de la face avant du chariot de l'axe Z, tête vers l'arrière : utiliser un tournevis en le faisant passer dans le trou en vis à vis de la face arrière du chariot de l'axe Z.



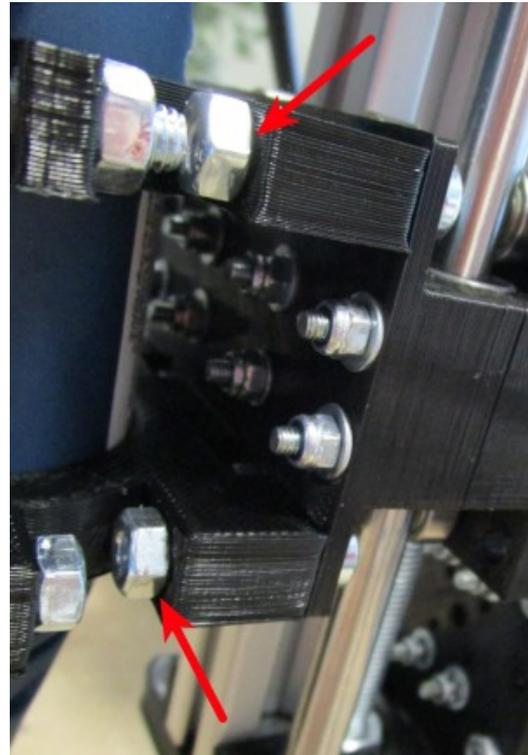
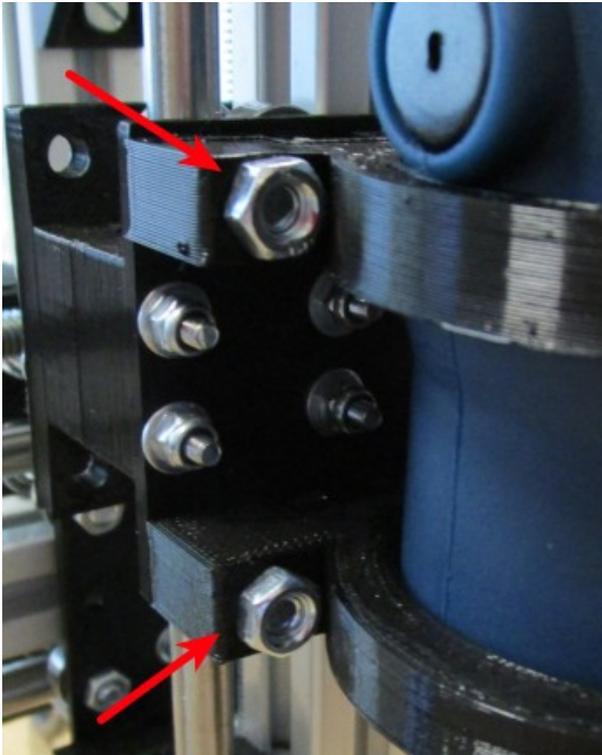
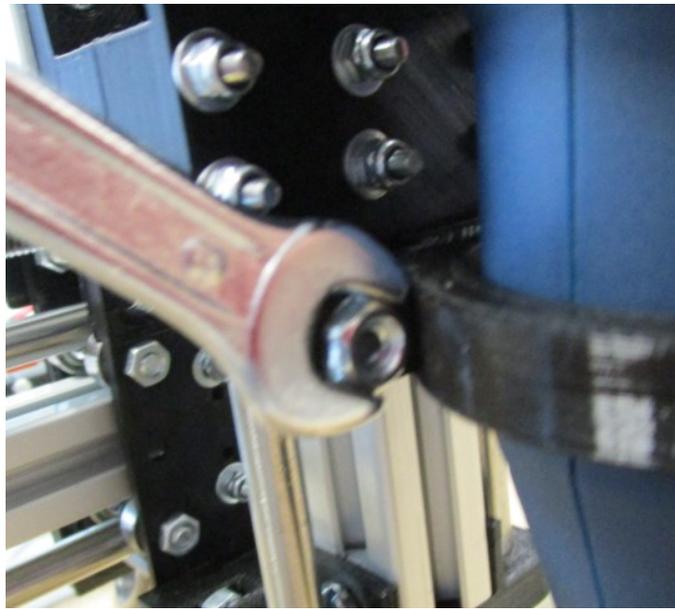
Arrêter le vissage lorsque les 4 vis dépassent de quelques millimètres de la face avant :



Ensuite, tenir à la main et approcher la broche avec les colliers en place et mettre en vis-à-vis les trous des colliers de serrage précédemment fixés sur la broche :



Puis visser les vis de fixation des colliers de serrage sur le support de l'axe Z en utilisant un écrou pour serrer chaque vis en face avant (s'aider d'une clé plate de 8) :



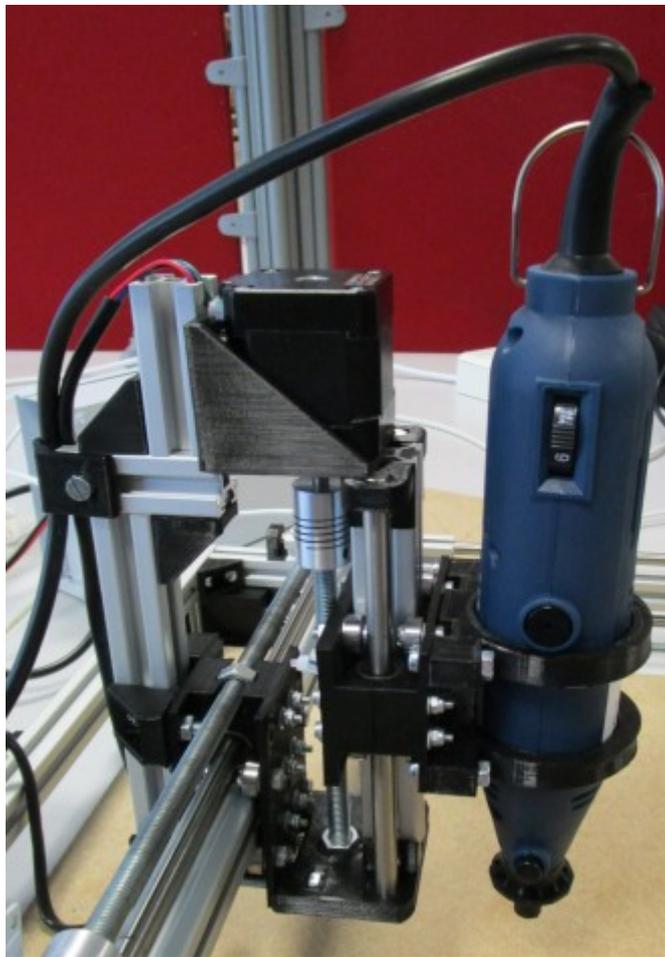
Une fois la broche en place, serrer la vis du collier 48mm (celui du bas) que l'on avait laissé un peu lâche pour la mise en place de la broche :



Dernier petit détail d'importance : faire passer le câble de la broche dans le clip passe câble du moteur Z (le dévisser pour pouvoir passer le câble de broche) **Ce point est ESSENTIEL pour que le câble de broche ne puisse se placer accidentellement au niveau du endstop des X ou Y empêchant le contact et source de « casse » !**



Cette fois, çà y est, la broche est en place !



C'est qu'elle aurait presque belle allure cette petite machine...

## Test de la broche

La broche étant toujours hors tension, régler la vitesse du moteur de broche en route à vitesse rapide (5/6) à l'aide de la mollette variable sur la broche :



**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**



La broche étant toujours HORS TENSION engager l'interrupteur de la broche sur ON en appuyant dessus et en le faisant glisser :



Vérifier que la broche est bien connectée sur son propre multiprise et **mettre sous tension** : la broche doit se mettre à tourner.

**Note : à ce stade, la commande de l'outil se fait manuellement, mais à terme, il sera possible de la contrôler via un relais et la broche « Spindle » du CNC shield, et de l'activer directement via le G-Code. Dans une première approche, la commande manuelle est plus rationnelle.**

Une fois montée, la broche permet d'utiliser au choix :

- [l'outil « perçage »](#)
- [l'outil « gravure de circuit électronique »](#)
- [l'outil « découpe par fraisage »](#)
- [l'outil « sculpture 3D par fraisage » \(expérimental\)](#)

## Montage et test de l'outil « perçage »

### Vocabulaire utile

---

Le petit monde des machines à commande numérique (CNC and Co...) a son propre vocabulaire spécifique et quelques définitions s'imposent pour éviter les confusions

#### **Broche**

La broche désigne le bloc moteur, autrement dit la « mini-perceuse », sur l'axe duquel on fixe un outil (foret, fraise, pointe) qui sera entraîné en rotation à haute vitesse.

#### **Outil**

Désigne l'élément qui est mis en place à l'aide d'un serrage sur l'axe de la broche (le moteur d'entraînement). Selon les cas, l'outil pourra être un foret, une fraise, une pointe, etc.

#### **Foret**

Un foret est un outil de perçage. Typiquement, on pourra utiliser soit les forets bois ou les forets métaux.



A gauche, foret bois, à droite, foret métal.

### Equipement et règles de sécurité

---

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- **casque anti-bruit**
- **lunettes de protection**
- **aspiration des poussières**

Pour de plus amples précisions, voir [la documentation de sécurité](#)

### Equipement utile

---

- Un **multiprise** avec interrupteur dédié **pour la broche** (moteur) à brancher **sur une prise différente de celle utilisée pour l'alimentation moteurs**

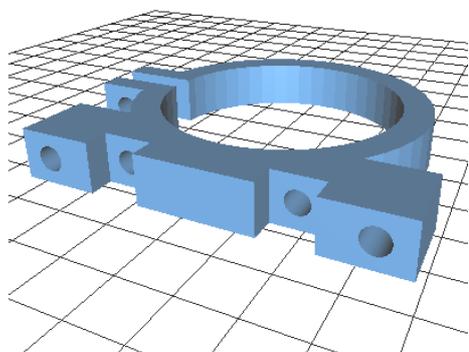


## Pièces nécessaires

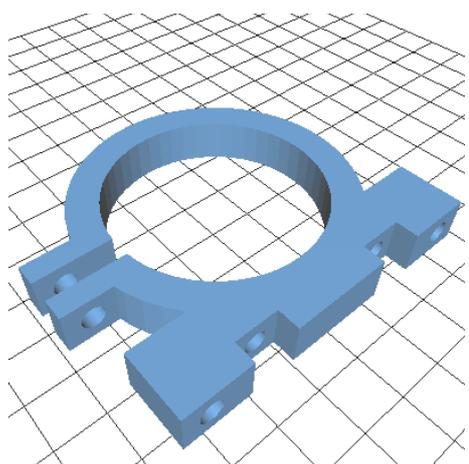
---

### *Pièces imprimées*

**1 x Support supérieur outil broche (50mm)**



**1 x Support inférieur outil broche (48mm)**



## Pièces mécaniques non-imprimées

### La broche



Vous pouvez au choix utiliser la broche de votre choix ou celle fournie avec le kit. La broche fournie avec le kit, si vous avez choisi cette option, est un **multi-outil d'entrée de gamme 135W, à vitesse variable 8 000 à 32 000 trs/min**, pouvant recevoir un outil jusqu'à 3.2mm. Cette broche est garantie 2 ans constructeur et est livrée avec 40 accessoires polyvalents, mais que je ne vous conseille pas d'utiliser en tant qu'outil de travail : utiliser plutôt les outils que nous vous fournissons, de qualité éprouvée.

### Un foret à bois 3mm



Ici, nous allons percer une plaque de médium à titre de test, d'où un foret bois 3mm.

### Fournitures utiles

Une plaque médium 22x22 cm (ou tout autre dimension à votre convenance) à percer de 6mm d'épaisseur.



### Visserie

#### M5

6 x écrous M5 standards

5 x vis M5 à tête cylindrique x 20mm

1 x vis M5 à tête cylindrique x 25mm

## Pré-requis

---

- Aucun...

## Montage de la broche

---

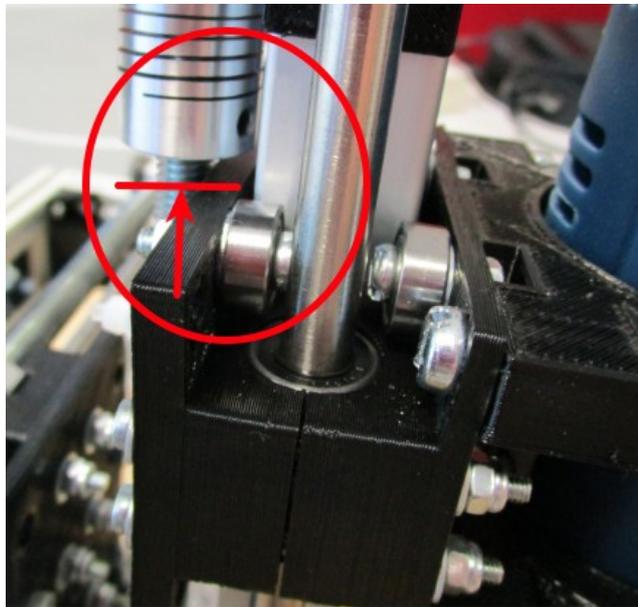
On présume ici que la broche est en place : si ce n'est pas le cas, voir : [Montage de la broche \(commun à tous les outils utilisant la broche\)](#)



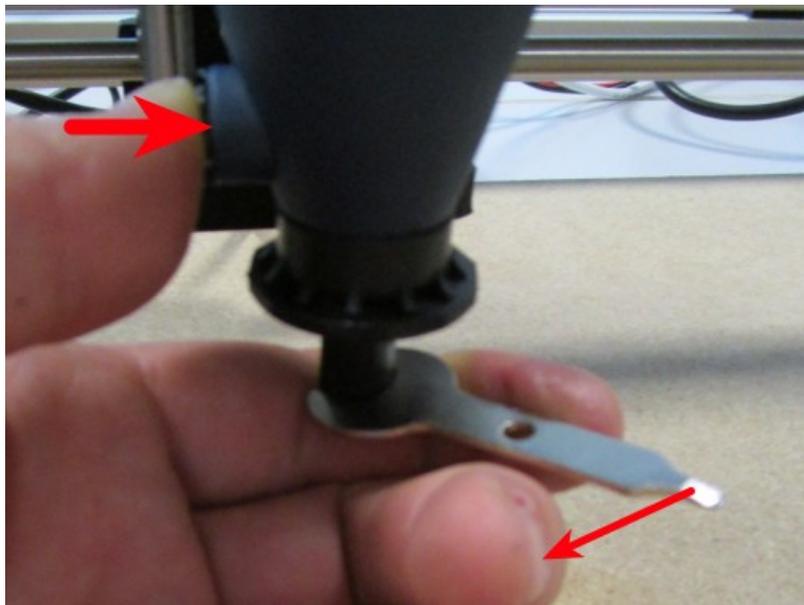
## Montage de l'outil « perçage »

---

Une fois que la broche est en place, on va mettre en place l'outil : ici un foret bois 3mm. Pour cela, commencer par monter au maximum le chariot Z à l'aide de l'interface (**le faire par petite touches de 1mm une fois que vous êtes à moins de 1cm du max !**), de façon à avoir le maximum d'espace sous la broche :



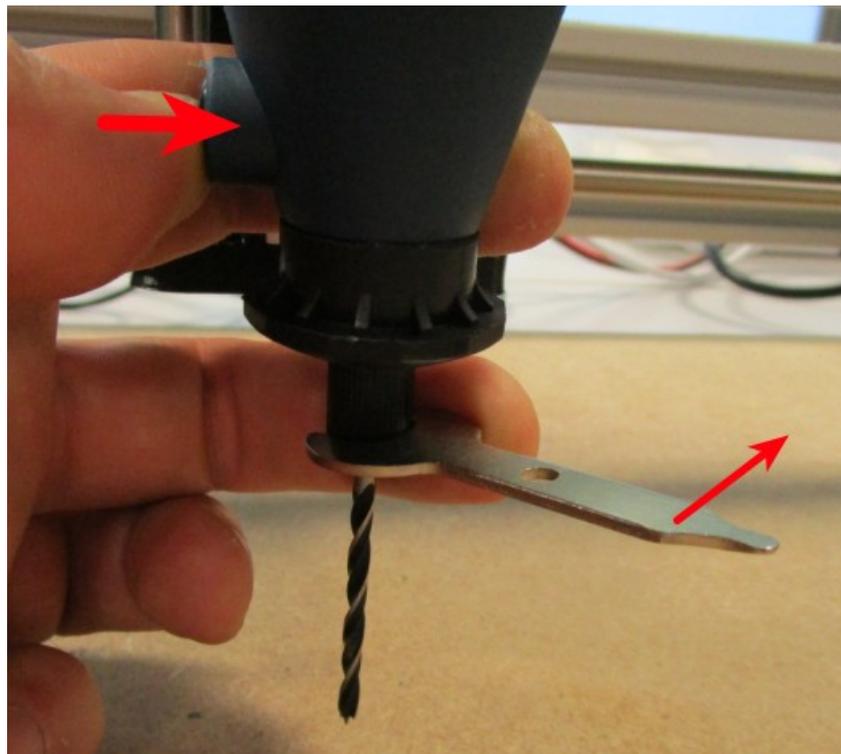
Une fois fait, dévisser le mandrin de serrage tout en appuyant sur le bouton latéral présent sur le côté du bas de la broche, **en s'aidant au besoin de la petite clé plate fournie avec la broche** :



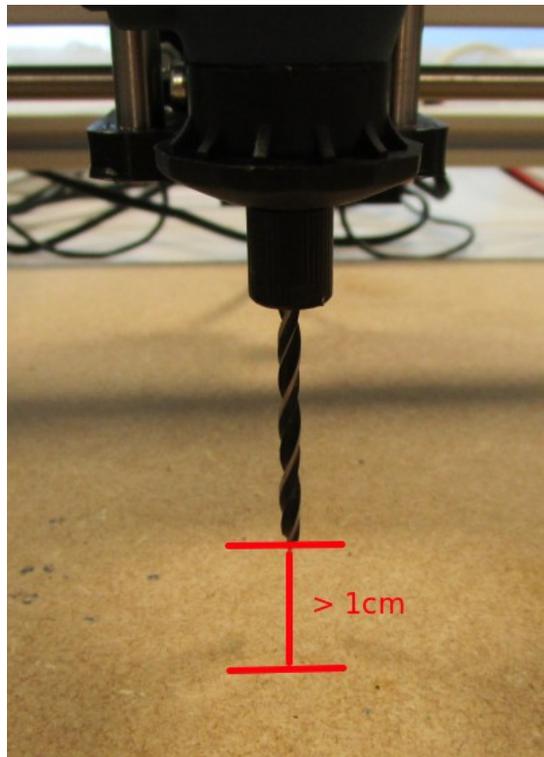
Une fois le mandrin dévissé totalement, l'enlever et y engager le foret 3mm :



Puis remettre l'ensemble en place sur la broche, **en remontant autant que possible le foret**, prévisser manuellement avant de serrer en appuyant sur le bouton de blocage et en s'aidant de la clé petite plate :



Une fois fait, le foret est en place et vous devez disposer d'1 centimètre ou 2 d'espace entre la pointe du foret et la surface du martyr :

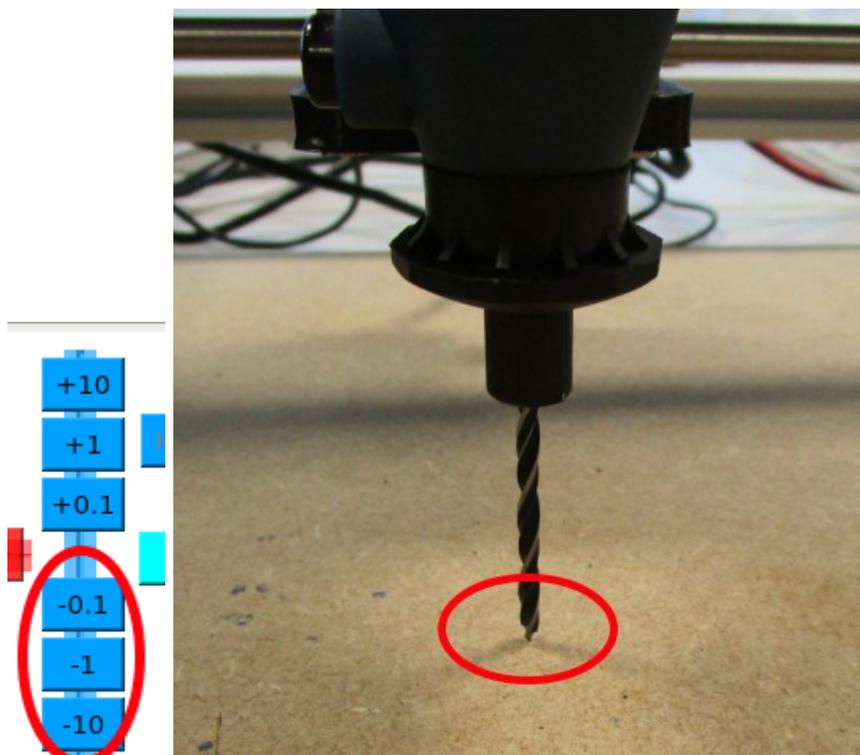


Une fois fait, vous êtes parés pour (enfin...!) passer à l'action !

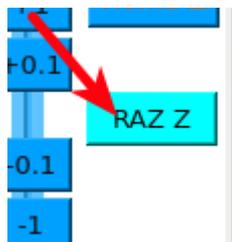
## Caler l'origine machine et mise en place de guides de travail

### Caler le zéro du « martyr »

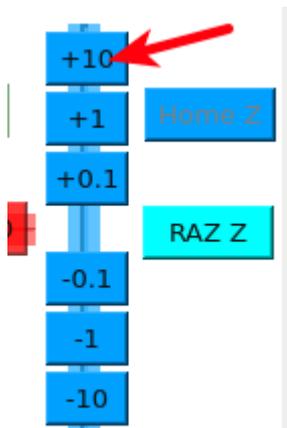
Une fois le foret en place, **descendre le chariot de Z par petites touches jusqu'au contact de la pointe avec la surface du martyr** à l'aide des boutons -10, -1 et même -0.1 de l'interface, **moteur de la broche toujours à l'arrêt** :



Une fois fait, cliquer sur le bouton RAZ Z

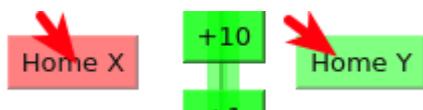


Puis remonter le chariot de Z de 10mm



### ***Marquer empreinte de l'origine machine sur le martyr***

Faire un home X et Y :



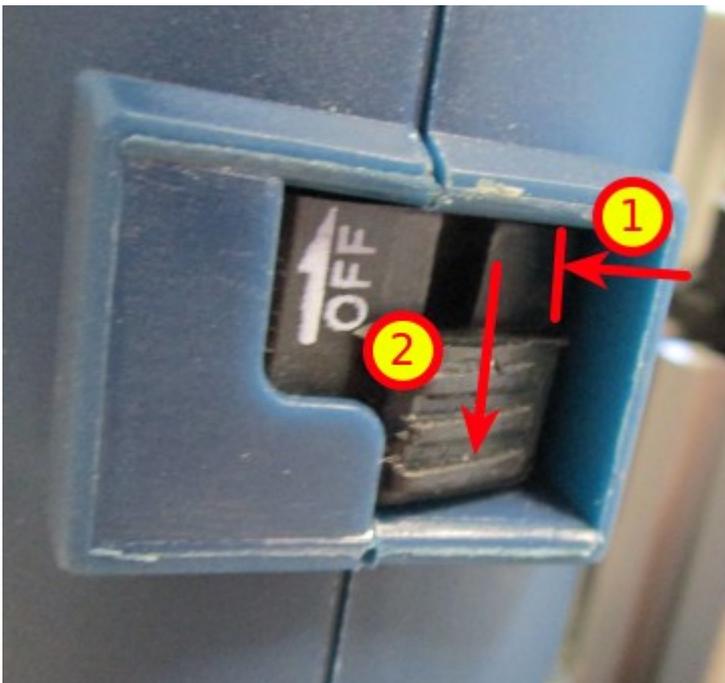
La broche étant toujours hors tension, régler la vitesse du moteur de broche en route à vitesse rapide (5/6) à l'aide de la mollette variable sur la broche :



**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**



La broche étant toujours HORS TENSION engager l'interrupteur de la broche sur ON en appuyant dessus et en le faisant glisser :



Vérifier que la broche est bien connectée sur son propre multiprise et **mettre sous tension** : la broche doit se mettre à tourner.

**Note : à ce stade, la commande de l'outil se fait manuellement, mais à terme, il sera possible de la contrôler via un relais et la broche « Spindle » du CNC shield, et de l'activer directement via le G-Code. Dans une première approche, la commande manuelle est plus rationnelle.**

Faites descendre le Z de 10 avec la commande :

**G01 Z0 F2** (vitesse lente)

Puis remonter le Z de 10

Le foret doit faire une marque sur le martyr:



Ce point est le zéro machine de coordonnées (0,0) :



**Tracer les axes X=0 et Y=0 sur le martyr**

Ensuite aller en X=100 avec la commande :

**G01 X100 Y0 F6**

Puis baisser à nouveau le Z avec la commande

**G01 Z0 F2**

Relever de 10

On obtient le point (100,0).



Ensuite, aller en Y=100 avec la commande :

**G01 X0 Y100 F6**

Puis baisser à nouveau le Z avec la commande

**G01 Z0 F2**

Relever de 10

On obtient le point (0,100) :

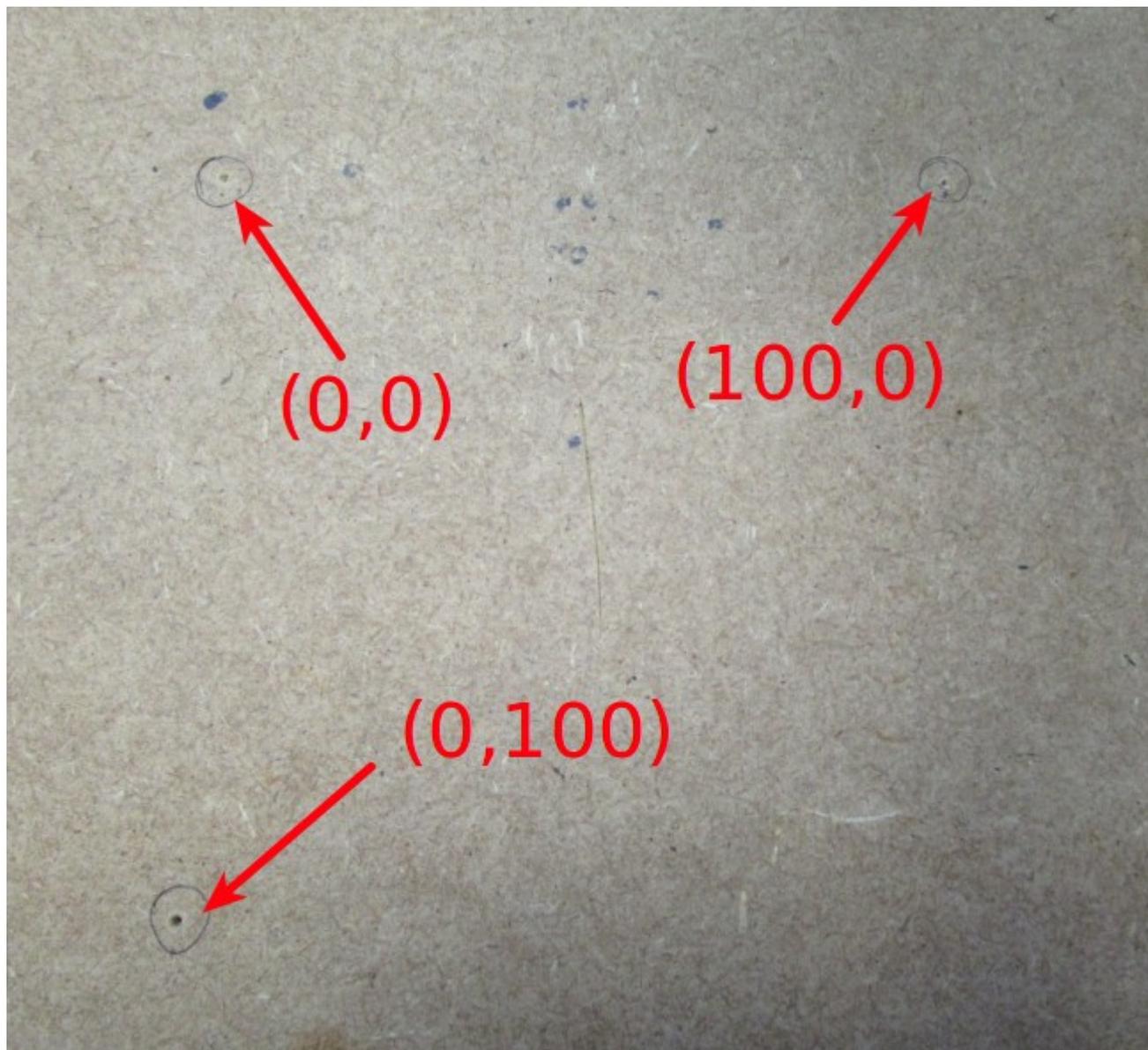


Une fois fait, mettre la broche hors tension et saisir la commande :

**G01 X250 Y0 F6**

L'outil se place ainsi en dehors de la zone qui nous intéresse.

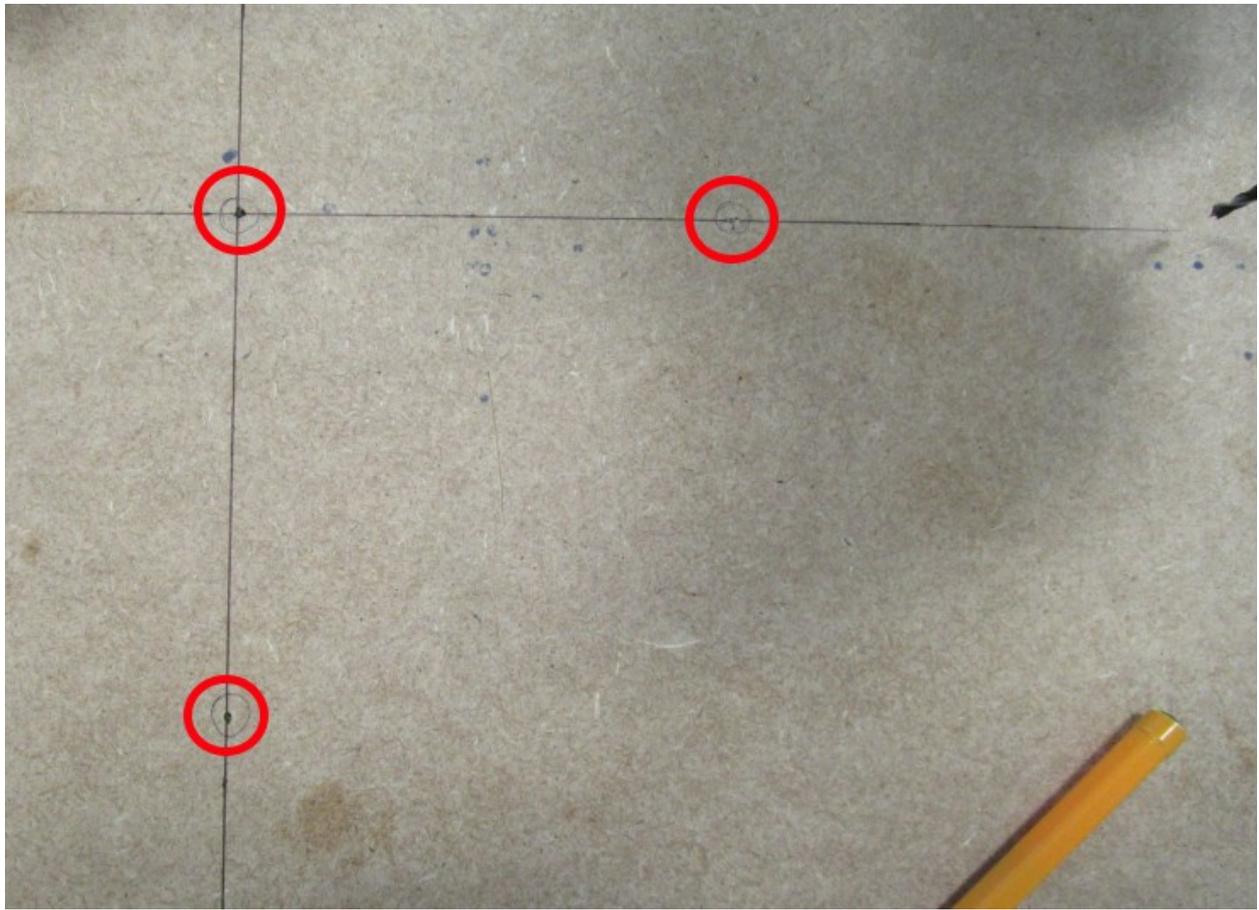
Repérer les 3 empreintes de perçage précédente avec un stylo bic :



**Note : Si vous voulez être encore plus précis, vous pouvez utiliser un 3ème point sur chacun des axes X et Y, par exemple les points (0,250) et (180,0), en procédant de la même façon pour obtenir les marquages.**

Tracer les droites qui passent par :

- l'origine (0,0) et le point (100,0)
- l'origine (0,0) et le point (0,100)



On peut vérifier au passage que les points se trouvent à la bonne côte :



### ***Mise en place de guides de positionnement sur le martyr***

Ensuite, **de la façon qui vous semblera la plus judicieuse**, fixer 2 guides alignés sur ces droites, en laissant un espace vide de plusieurs centimètres par rapport à l'origine afin de faciliter les retours en 0,0

Note : il faudra faire attention par la suite à ne pas faire des home X ou home Y qui pourraient venir cogner les guides une fois en place – au pire, si vous vous rendez-compte que ça va percuter un guide, déclencher le endstop voulu manuellement. Il vaudra mieux faire un retour à l'origine avec G01 X0 Y0 suivi d'un home des X et Y.

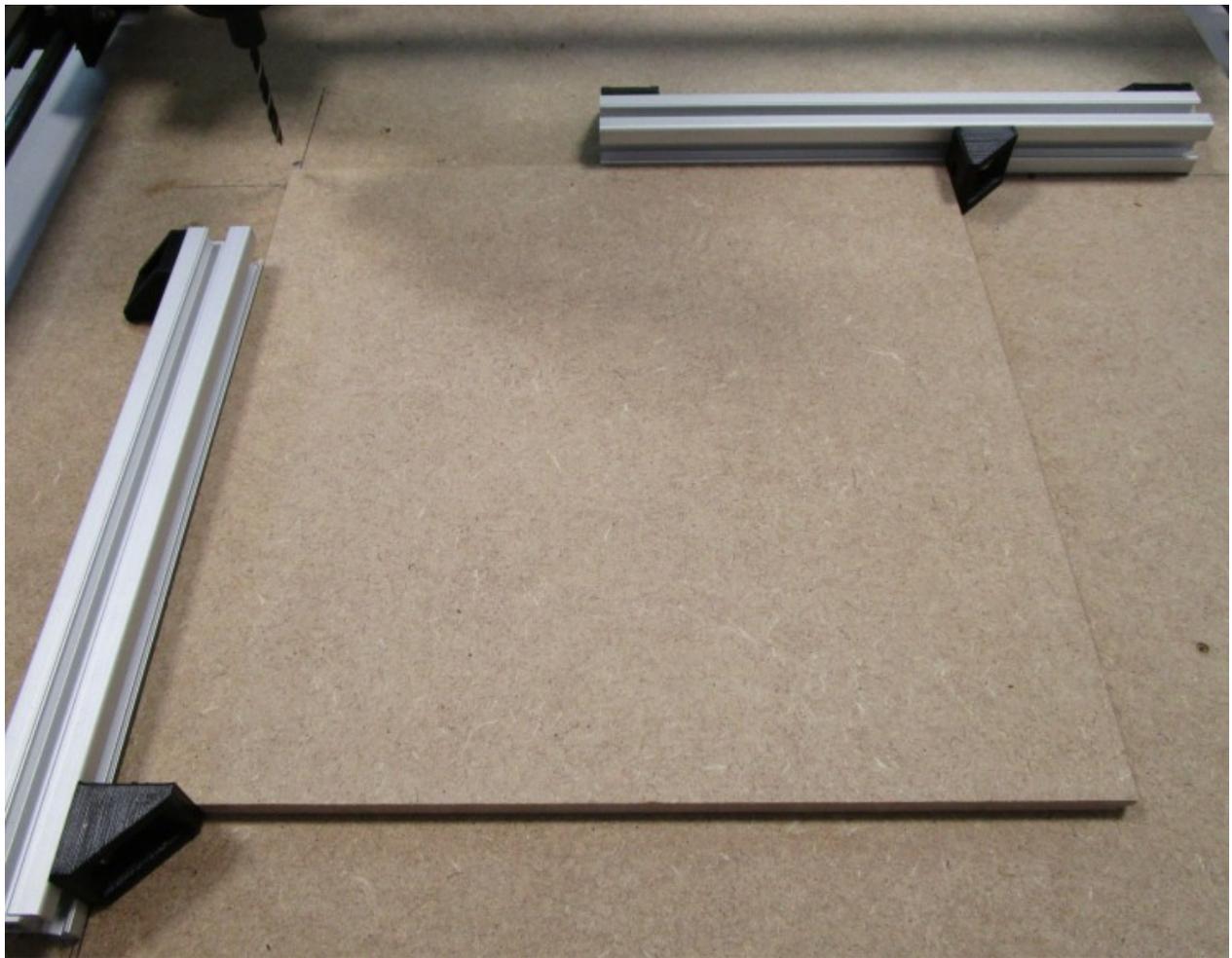


Moi, j'ai utilisé simplement 2 profilés aluminium de 20cm fixés par des équerres et des équerres internes pour caler la plaque à percer. Mais je n'impose pas ma solution : les jeux sont ouverts, à vous de jouer... et [partagez votre solution sur le wiki](#) !

## **Caler le zéro de l'outil « perçage »**

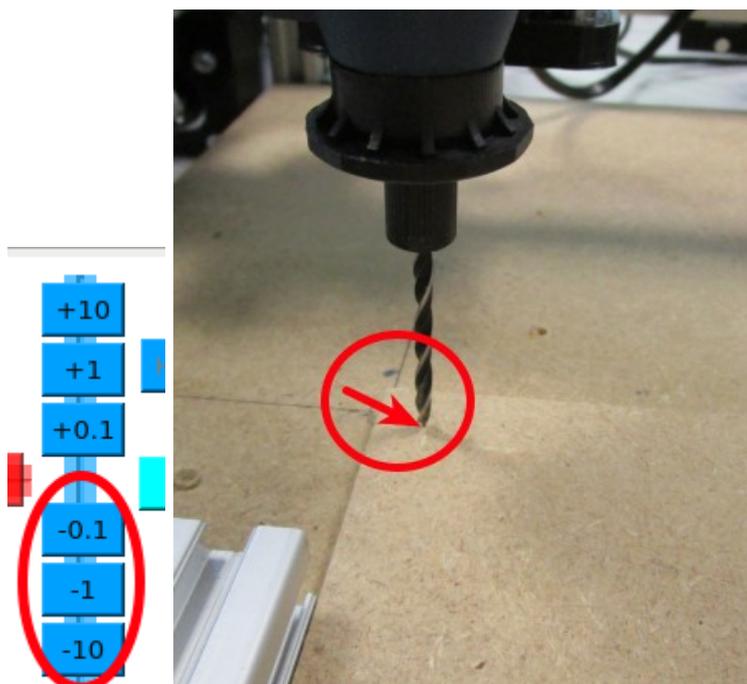
---

Positionner et fixer sur le martyr sur la plaque à percer :

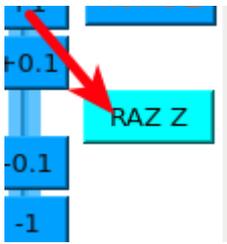


Une fois la plaque en place, et quelque soit son épaisseur, **il faut recalibrer le zero de façon à ce qu'il corresponde à la surface de la plaque.**

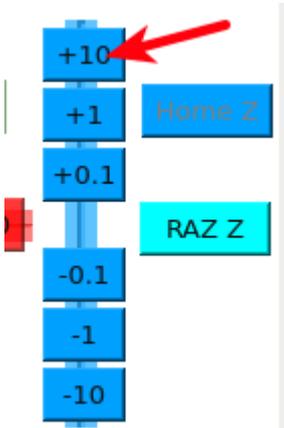
Le foret étant en place, se positionner en 10,10 et **descendre le chariot de Z par petites touches jusqu'au contact de la pointe avec la surface du martyr** à l'aide des boutons -10, -1 et même -0.1 de l'interface, **moteur de la broche toujours à l'arrêt** :



Une fois fait, cliquer sur le bouton RAZ Z :



Puis remonter le chariot de Z de 10mm



## Test manuel de l'outil perçage : percer un trou à une position voulue

Une fois la plaque à percer en place et une fois le 0 calé, on va pouvoir percer un trou en position voulue. Ici, nous allons percer un trou en 50x50. **La procédure de perçage va être la même pour chaque trou :**

- **se placer à la position voulue en vitesse rapide**
- **descente de la broche en vitesse lente**
- **remontée rapide**
- etc.

**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**



**Mettre la broche sous tension : le foret tourne alors en rotation rapide.**

Se positionner en 50,50 avec la commande :

**G01 X50 Y50 F6**

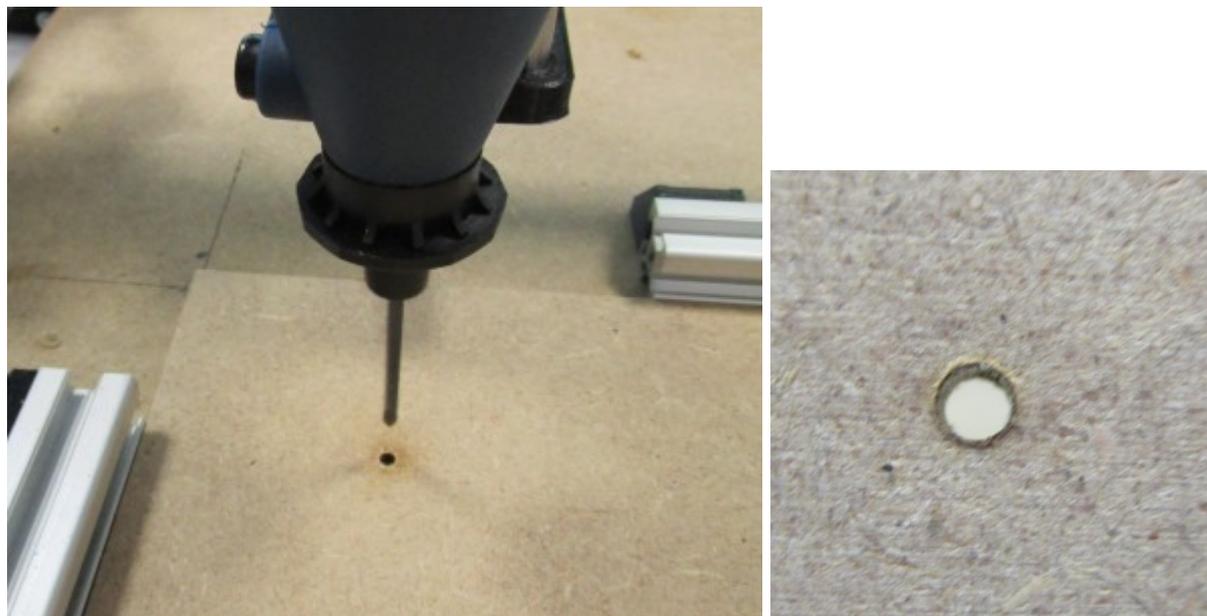
Descendre l'outil de 8mm (la plaque faisant 6mm) en vitesse lente

**G01 Z-8 F1**

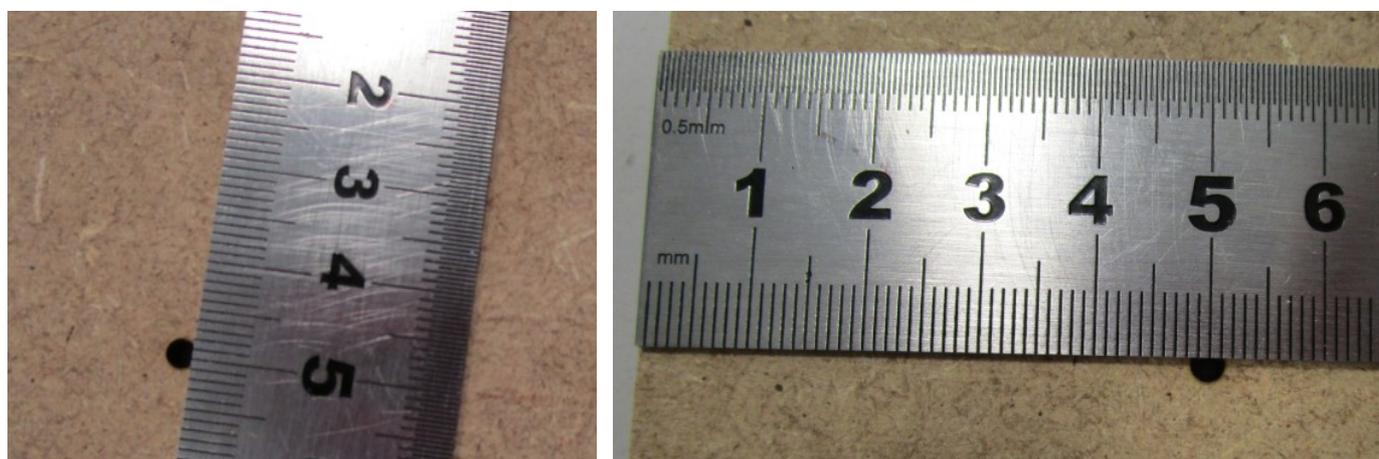
Remontée rapide :

**G01 Z10 F4**

On obtient le trou :



en position voulue :



Si le trou n'est pas à la position attendue, c'est que vos guides sont mal réglés : corriger et ça devrait rentrer dans l'ordre.

## **Test de l'outil perçage à partir d'un fichier tout prêt : percer un carré de trous**

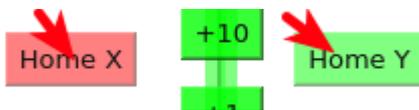
Maintenant que l'on sait percer un trou, on peut facilement en percer plusieurs : nous allons ici percer un carré de 9 trous espacés de 1cm chacun.

Il suffit de charger un fichier gcode de test

- Télécharger le fichier d'exemple : [ouvrir ce lien](#) et enregistrer la page.
- Ensuite, l'ouvrir avec l'interface graphique :



Faites un mouvement de +10 en X et en Y et placer la machine à l'origine :



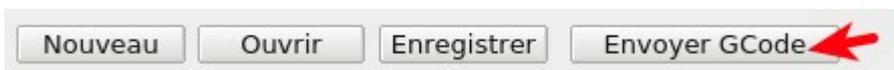
Si ce n'est déjà fait, placer une plaque bois de **6mm** à percer, recalcr le zéro du Z au besoin (voir précédemment).

**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**

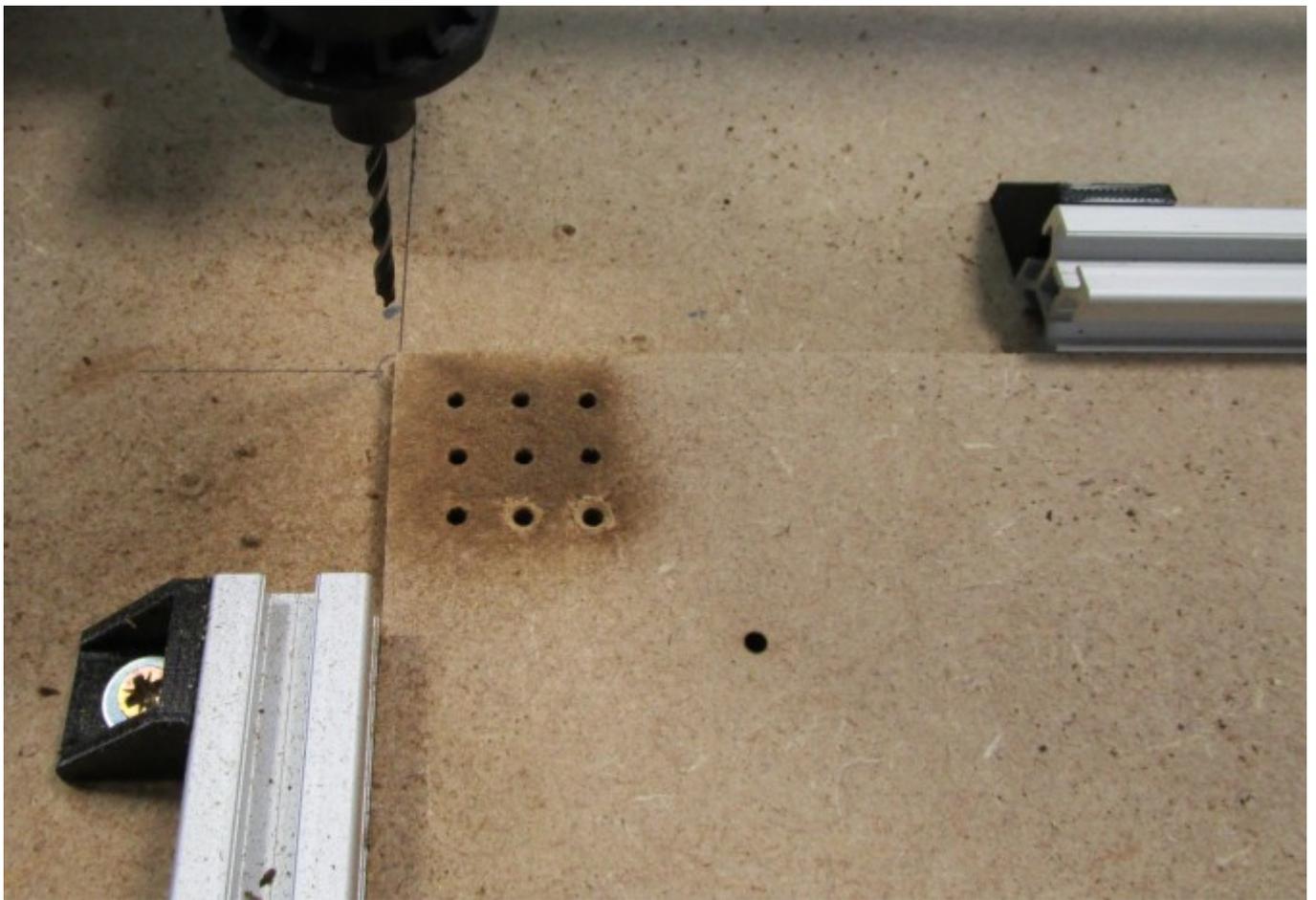


**Mettre la broche sous tension : le foret tourne alors en rotation rapide. Si vous en avez une, lancer l'aspiration.**

Puis cliquer sur <**Envoyer G-Code**> :

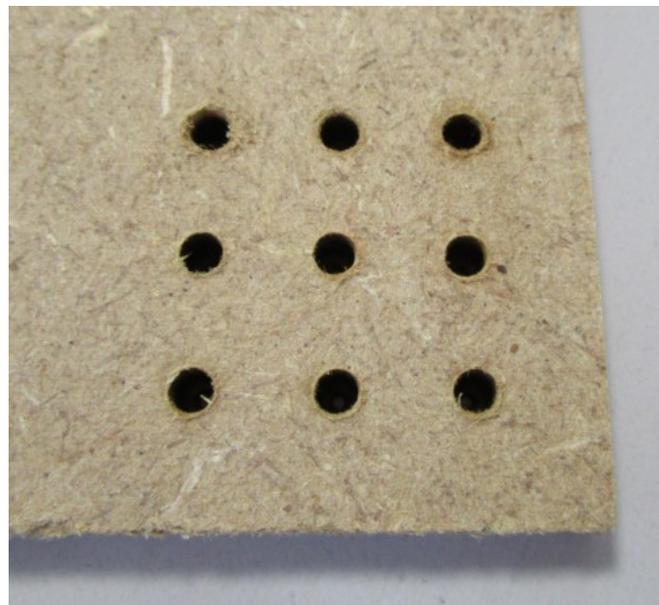


La machine réalise le perçage des 9 trous espacés de 1 cm :

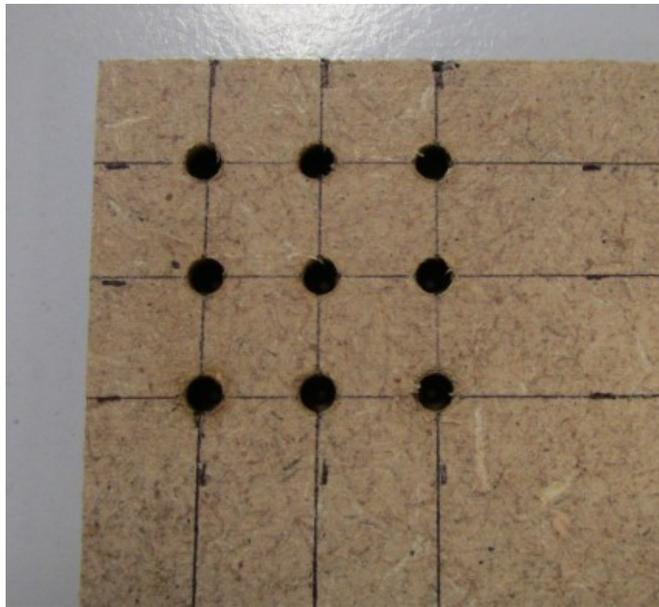


Une fois terminé, **mettez la broche hors tension. Aspirer les poussières.**

Vous pouvez alors retirer la plaque...



...et vérifier l'alignement des trous par traçage manuel :



Le tracé manuel est paradoxalement bien moins précis que le positionnement des trous... !

Au final, un résultat satisfaisant et qui permettra d'automatiser facilement des travaux de perçages répétitifs. Une sympathique petite machine que vous avez là, je vous dis !

## **Exemples d'application concrètes :**

---

### ***Application : Percer les trous de fixation d'une carte Arduino UNO***

Une première application simple toute trouvée est de percer les trous de fixation d'une carte Arduino UNO sur un support. Cela pourra servir dans de très nombreuses situations où une carte Arduino devra être fixée.

A venir...

### ***Application : percer les trous du châssis d'un Simple CD Bot***

Une autre application concrète simple de perçage est de percer le châssis d'un [Simple CD-Bot](#)

A venir

### ***Application : percer les trous d'un plateau de l'Open Maker Prusa i3***

Une application également très concrète : percer le plateau Y d'une imprimante 3D [Open Maker Prusa i3](#).

C'est une situation où la précision est essentielle pour éviter tout défaut d'axe ou autre. Et une application très concrète de l'Open Maker Machine, qui entre nous, est l'une des motivations de la conception de cette machine numérique.

Voir la fiche d'activité : [Percer le plateau de l'Open Maker Prusa i3 avec l'Open Maker Machine !](#)

## **Montage et test de l'outil « gravure de circuit électronique »**

## **Vocabulaire utile**

---

Le petit monde des machines à commande numérique (CNC and Co...) a son propre vocabulaire spécifique et quelques définitions s'imposent pour éviter les confusions

## Broche

La broche désigne le bloc moteur, autrement dit la « mini-perceuse », sur l'axe duquel on fixe un outil (foret, fraise, pointe) qui sera entraîné en rotation à haute vitesse.

## Outil

Désigne l'élément qui est mis en place à l'aide d'un serrage sur l'axe de la broche (le moteur d'entraînement. Selon les cas, l'outil pourra être un foret, une fraise, une pointe, etc.

## Pointe Javelot

Désigne l'outil utilisé pour la gravure des circuits électroniques : c'est un outil dont l'extrémité est en pointe biseautée selon un angle précis.

## Equipement et règles de sécurité

---

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- **casque anti-bruit**
- **lunettes de protection**
- **aspiration des poussières**

Pour de plus amples précisions, voir [la documentation de sécurité](#)

## Equipement utile

---

- Un **multiprise** avec interrupteur dédié pour la broche (moteur) à brancher sur une prise différente de celle utilisée pour l'alimentation moteurs

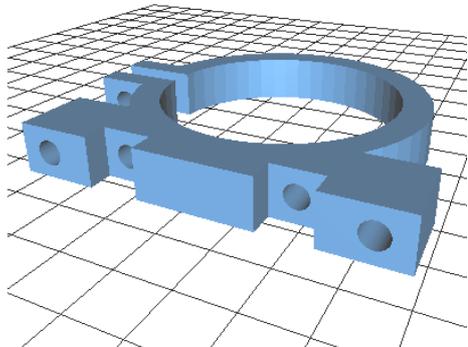


## Pièces nécessaires

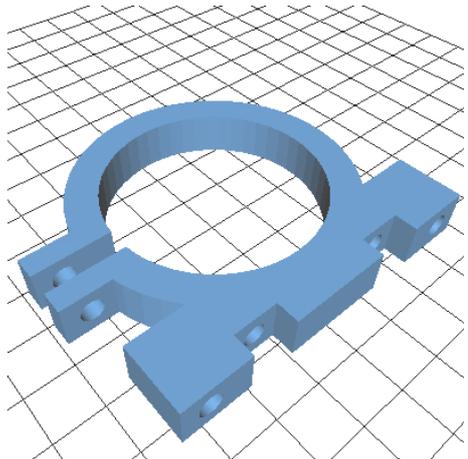
---

### *Pièces imprimées*

1 x Support supérieur outil broche (50mm)



1 x Support inférieur outil broche (48mm)



### *Pièces mécaniques non-imprimées*

La broche



Vous pouvez au choix utiliser la broche de votre choix ou celle fournie avec le kit. La broche fournie avec le kit, si vous avez choisi cette option, est un multi-outil d'entrée de gamme 135W, à vitesse variable 8 000 à 32 000 trs/min, pouvant recevoir un outil jusqu'à 3.2mm. Cette broche est garantie 2 ans constructeur et est livrée avec 40 accessoires polyvalents, mais que je ne vous conseille pas d'utiliser en tant qu'outil de travail : utiliser plutôt les outils que nous vous fournissons, de qualité éprouvée.

## Une pointe javelot 45°



Pour graver un PCB, il vous faut une pointe javelot carbure de 45° ou 30°. Une telle pointe en rotation permet d'enlever la couche de cuivre. Noter qu'une telle pointe peut être utilisée aussi pour graver du verre, du bois...

Une pointe javelot se caractérise par son angle : cet angle détermine la finesse du « trait » qu'elle réalise. Il existe par ailleurs des pointes javelots spéciales permettant de graver de l'acier, de l'aluminium, etc.

Pour des besoins spécifiques, vous pouvez consulter le grand choix de pointes javelot proposées par notre partenaire : <http://www.cncfraises.fr/177-gravure>

## Fournitures utiles

### Plaque cuivre époxy 1 couche



Pour graver un PCB (Printed Circuit Board), vous avez assez logiquement besoin d'une plaque de cuivre époxy : ces plaques existent en version 1 face ou 2 face, en « cuivre brut » ou « présensibilisée » pour la photoexposition précédant la gravure chimique.

La bonne nouvelle : ici, vous pouvez vous contenter de plaque cuivre epoxy « brutes » 1 face, moins chères. Ces plaques existent en format 100x160 (~2€) et peuvent être facilement coupées à la taille voulue à l'aide d'une scie à métaux.

Vous pourrez vous fournir chez Gotronic : <http://www.gotronic.fr/cat-plaques-epoxy-cuivrees-brutes-784.htm>

## Un rouleau de scotch ou scotch double face



Ou

## Visserie

### M5

6 x écrous M5 standards

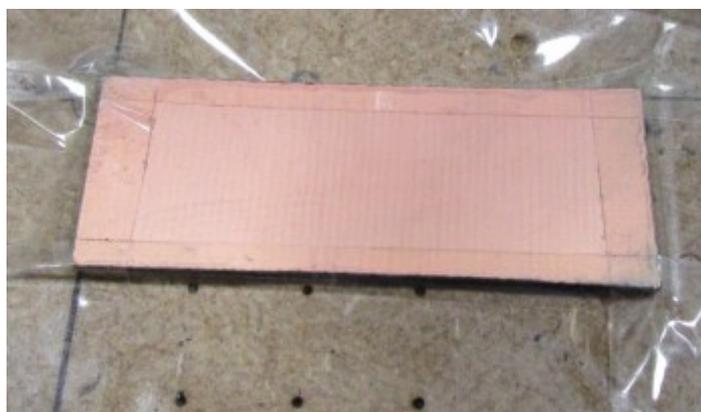
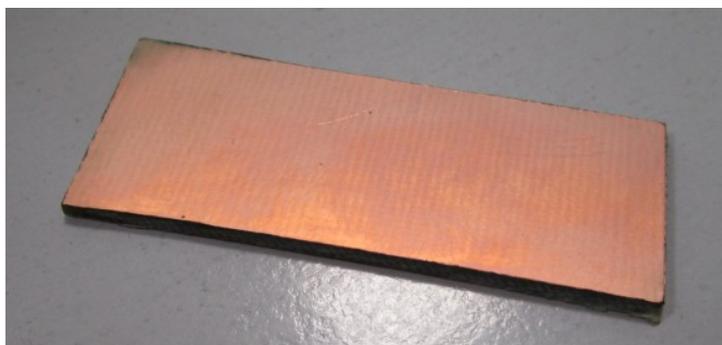
5 x vis M5 à tête cylindrique x 20mm

1 x vis M5 à tête cylindrique x 25mm

## Pré-requis

---

- Prédécouper un morceau de plaque epoxy cuivre 1 face aux dimensions voulues. Pour les tests, on peut utiliser un bout de petite taille 20x40mm par exemple.
- Fixer la plaque époxy cuivre sur le martyr à l'aide de scotch sans trop empiéter sur la plaque, cuivre tourné vers le haut bien sûr. Une autre façon de faire est d'utiliser du scotch double face.



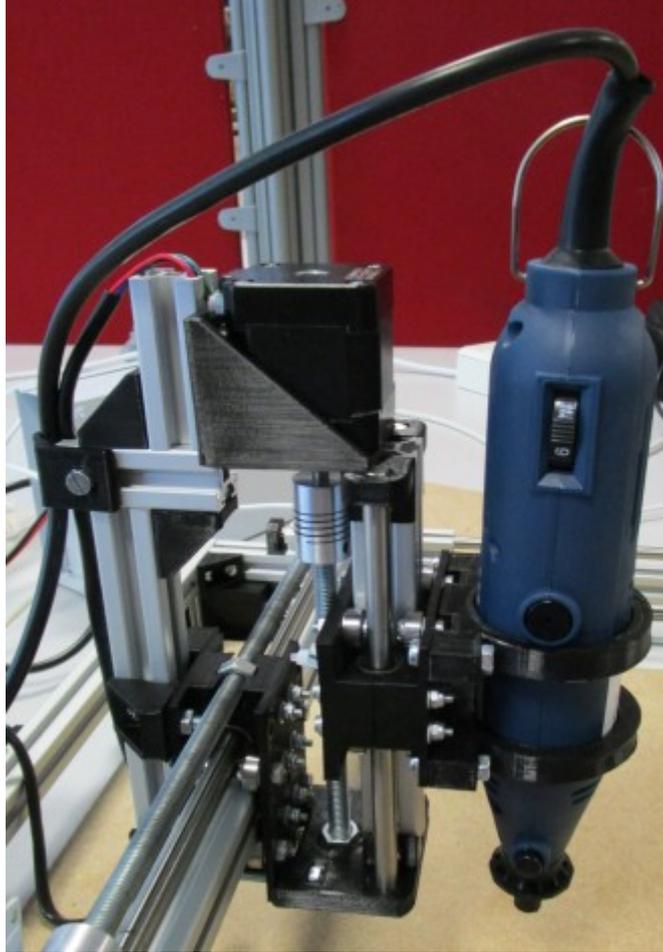
**Note : pour la fixation du PCB, l'utilisation du scotch est ce qui est le plus simple, même si**

c'est un peu « brut de décoffrage »... Encore une fois, il est possible de prévoir un système de fixation par vissage sur le martyr ou autre... Libre à vous de l'imaginer.

## Montage de la broche

---

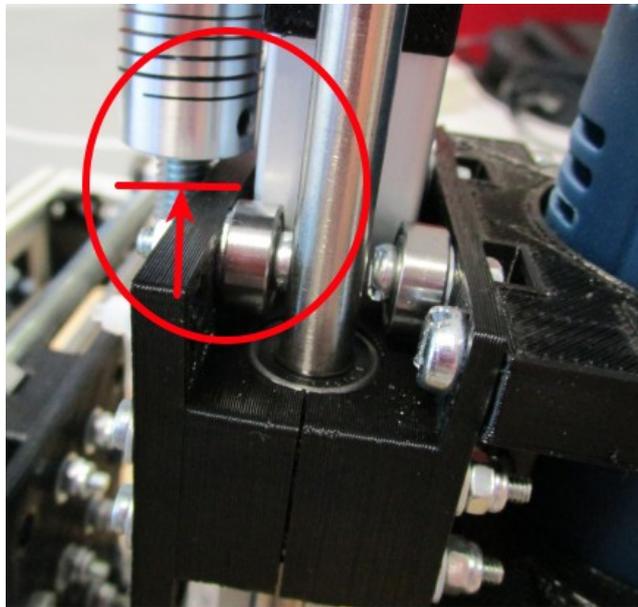
On présuppose ici que la broche est en place : si ce n'est pas le cas, voir : [Montage de la broche \(commun à tous les outils utilisant la broche\)](#)



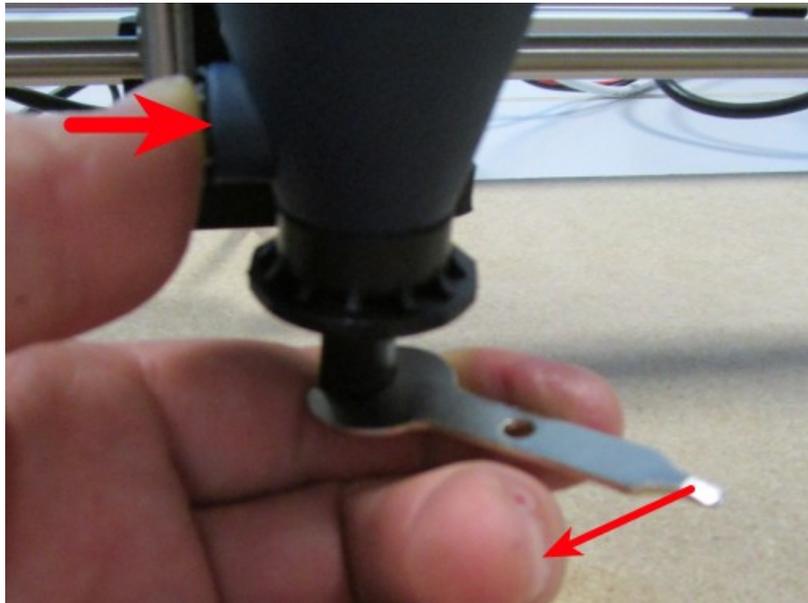
## Montage de l'outil « gravure de circuit électronique »

---

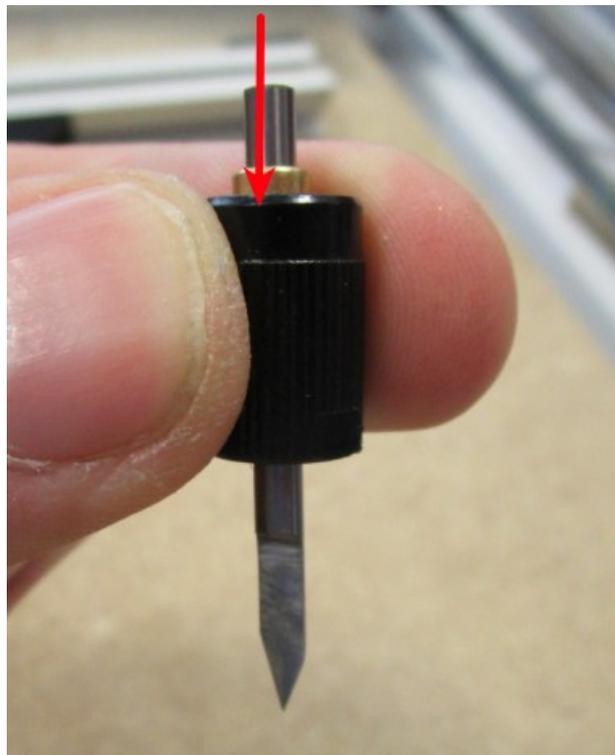
Une fois que la broche est en place, on va mettre en place l'outil : ici une pointe javelot. Pour cela, commencer par monter au maximum le chariot Z à l'aide de l'interface (**le faire par petite touches de 1mm une fois que vous êtes à moins de 1cm du max !**), de façon à avoir le maximum d'espace sous la broche :



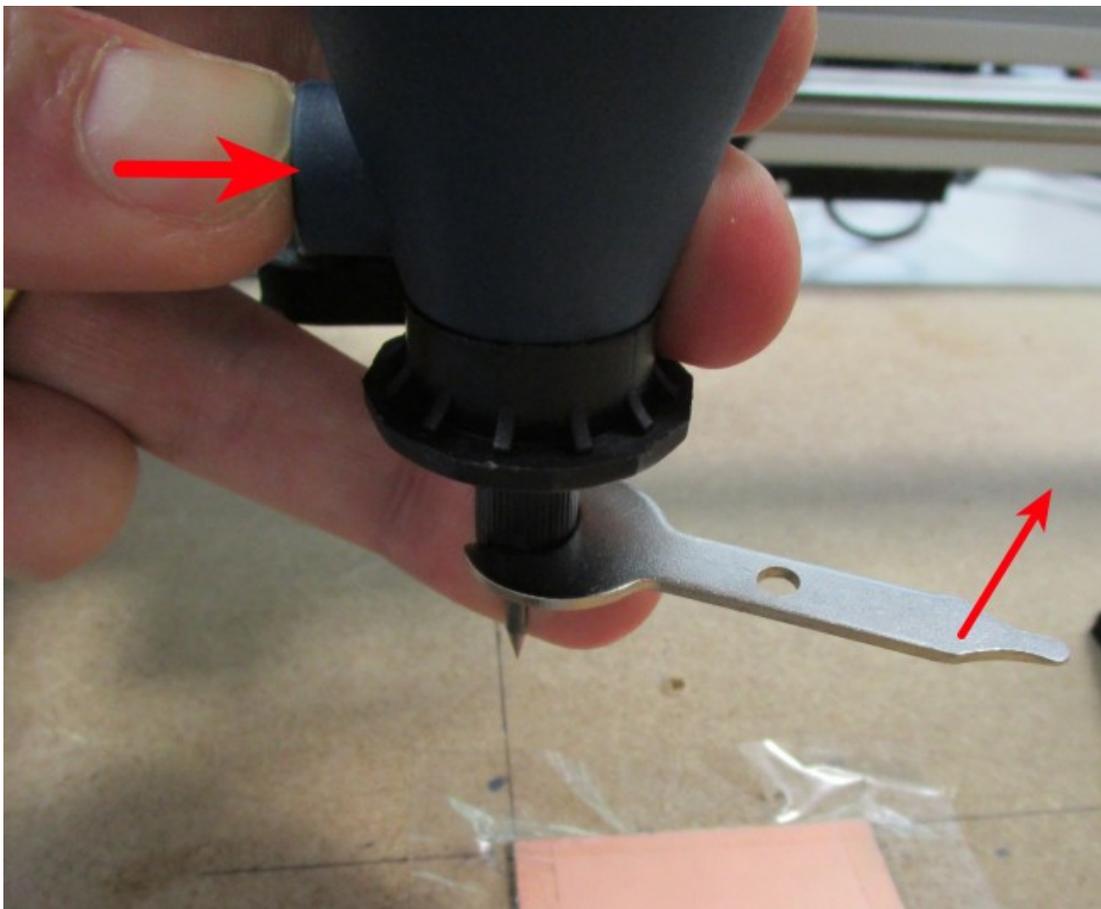
Une fois fait, dévisser le mandrin de serrage tout en appuyant sur le bouton latéral présent sur le côté du bas de la broche, **en s'aidant au besoin de la petite clé plate fournie avec la broche** :



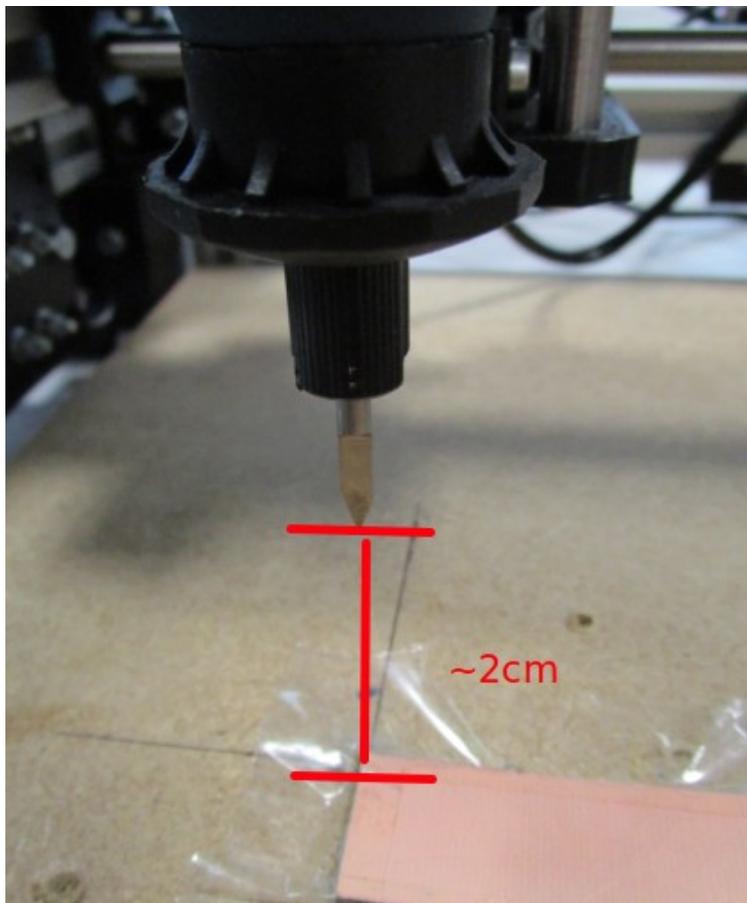
Une fois le mandrin dévissé totalement, l'enlever et y engager la pointe javelot :



Puis remettre l'ensemble en place sur la broche, **en laissant dépasser la pointe javelot sur 2cm environ**, prévisser manuellement avant de serrer en appuyant sur le bouton de blocage et en s'aidant de la clé petite plate :



Une fois fait, le foret est en place et vous devez disposer d'1 centimètre ou 2 d'espace entre la pointe du foret et la surface du martyr :

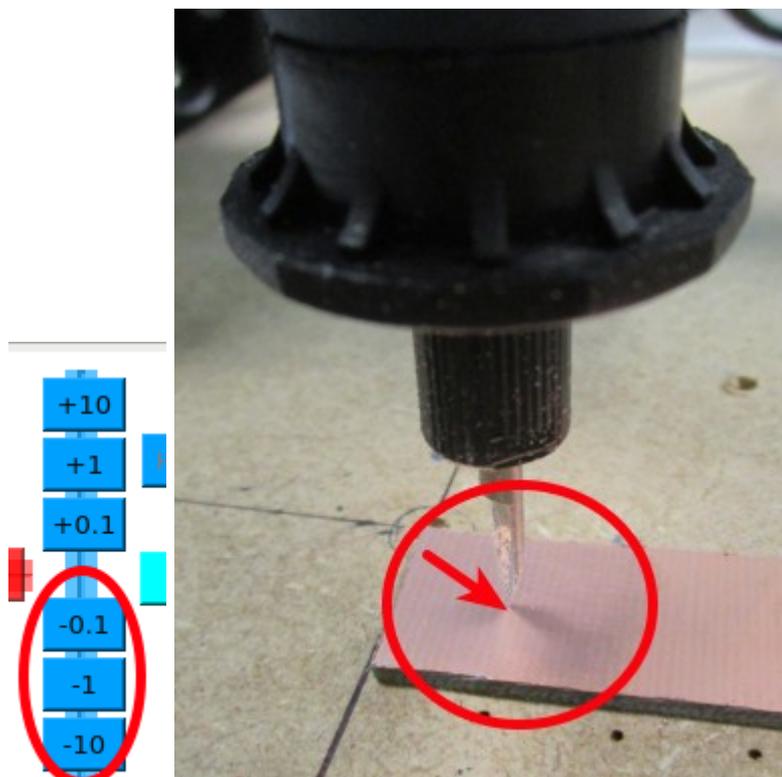


Une fois fait, vous êtes parés pour (enfin...!) passer à l'action !

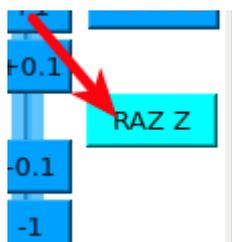
## Caler le zéro de l'outil « gravure de circuit électronique »

### Caler le zéro de l'outil gravure

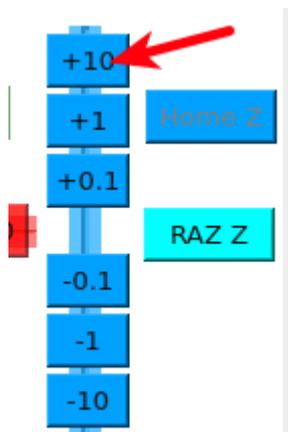
Une fois la pointe javelot en place, **descendre le chariot de Z par petites touches jusqu'au contact de la pointe avec la surface de cuivre** à l'aide des boutons -10, -1 et même -0.1 de l'interface, **moteur de la broche toujours à l'arrêt** :



Une fois fait, cliquer sur le bouton RAZ Z



Puis remonter le chariot de Z de 10mm



## Tester l'outil « gravure de circuit électronique » manuellement

A présent, de la même façon que vous l'aviez fait pour l'outil « crayon » ou l'outil « découpe vinyle », il va être possible de tester manuellement à l'aide de l'interface, la gravure d'un circuit.

La broche étant toujours hors tension, régler la vitesse du moteur de broche en route à vitesse rapide (5/6) à l'aide de la mollette variable sur la broche :



**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**



**Mettre la broche sous tension : la pointe javelot tourne alors en rotation rapide.**

**Remonter la broche au besoin de façon à ce que la pointe ne soit pas en contact avec la plaque.**

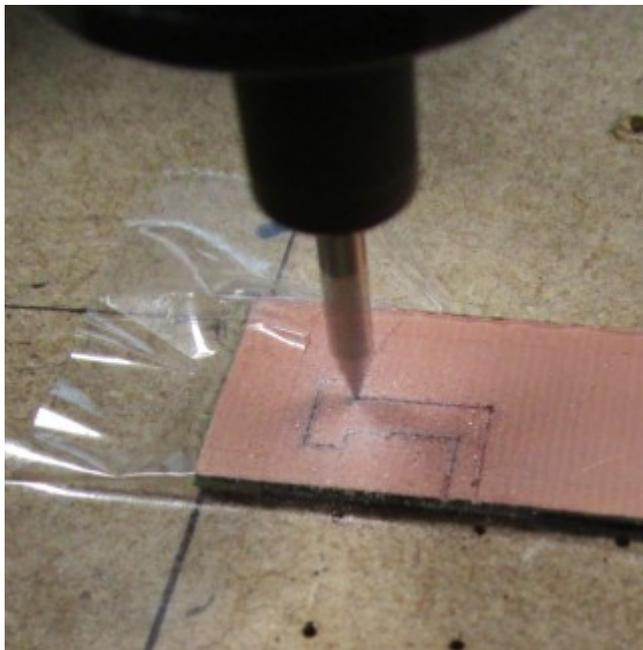
Se placer en 10,10 avec la commande

**G01 X10 Y10 F6**

Descendre en position zéro le Z pour que la pointe javalot soit au contact du cuivre avec la commande :

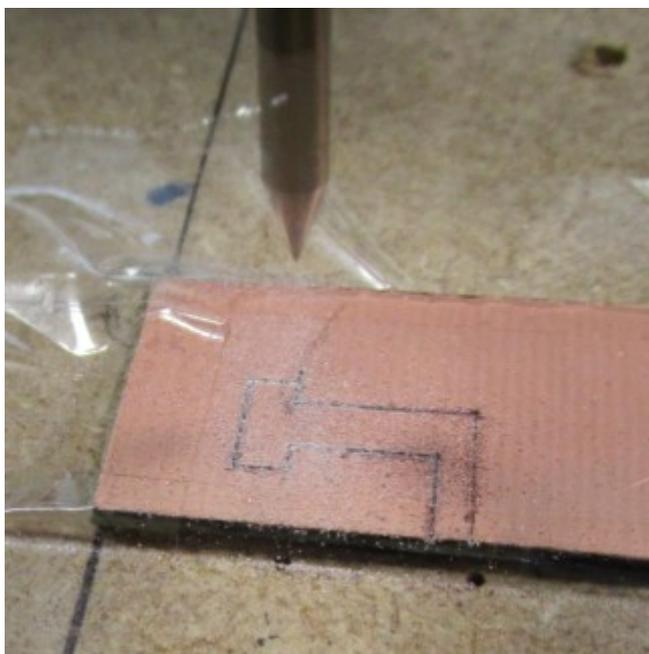
**G01 Z0 F2**

Ensuite, utiliser l'interface pour mobiliser la pointe javalot et tracer une piste : par déplacements successifs de +10/-10, +1/-1 en X et en Y :

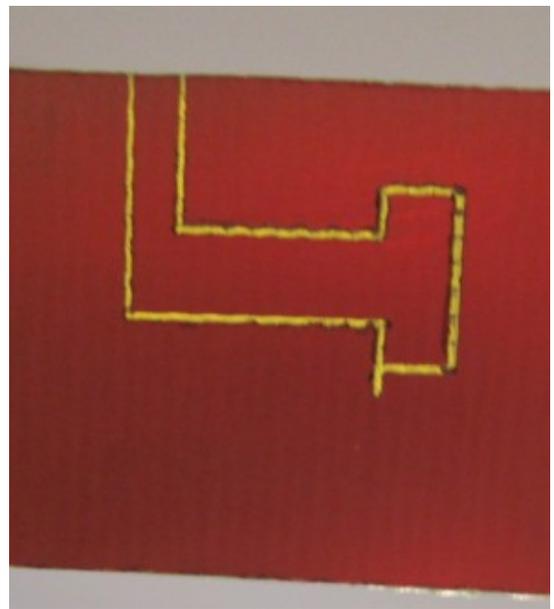
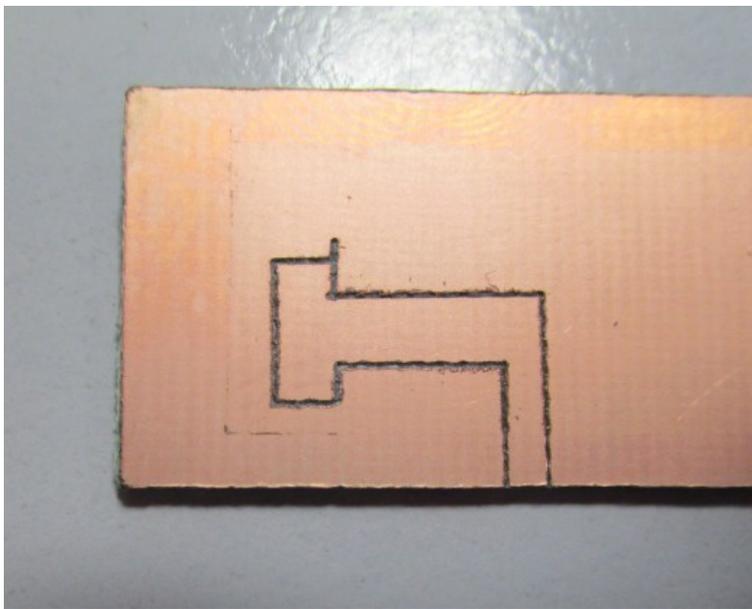


Une fois terminé relever le Z de 10.

**Mettez la broche hors tension.**



Vous pouvez alors retirer votre morceau de PCB gravé et constater la finesse de la gravure :



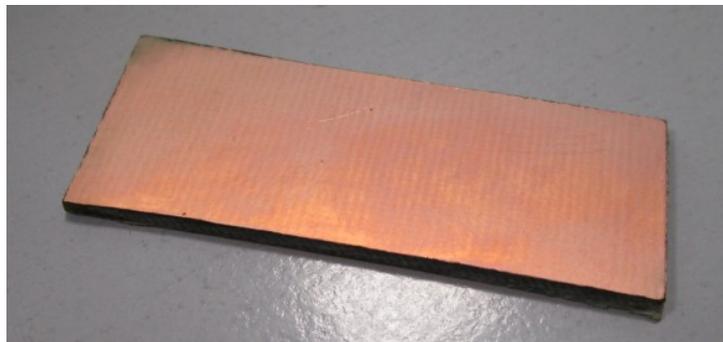
Bon, j'ai débordé un petit peu... mais c'était en manuel... !

**Note : Vous constatez au passage que vous pouvez au besoin vous faire un circuit électronique gravé quasiment « à la volée » en cas de besoin ponctuel, simplement par mouvements manuels contrôlés depuis l'interface graphique. Option limitée certes, mais possible et surtout immédiatement opérationnelle.**

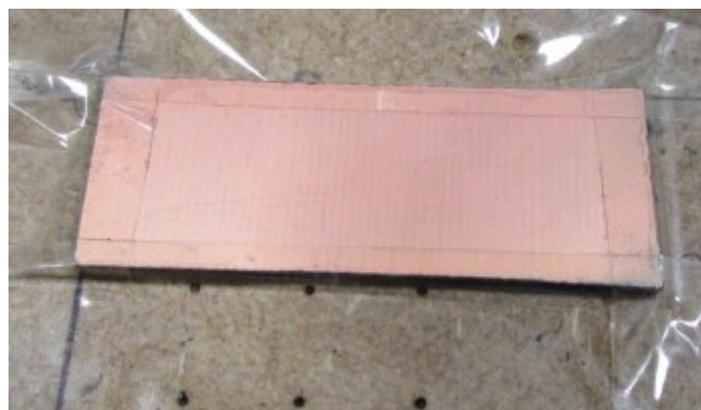
### **Tester l'outil « gravure de circuit électronique » : graver un circuit de test simple**

Maintenant que vous avez testé manuellement la gravure d'une piste, il va être possible d'imprimer un premier circuit imprimé de test.

Commencer par découper un nouveau morceau de cuivre époxy brut 1 face de 20 x 50 mm.

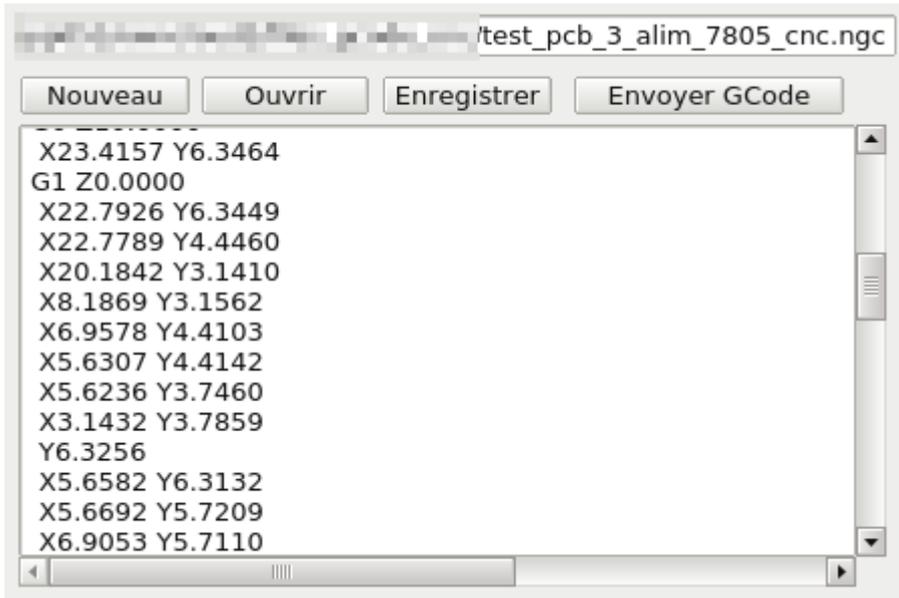


Le mettre en place sur le martyr en le calant bien en 0,0 et en le fixant avec du scotch :



Ensuite, il suffit de charger un fichier gcode de test

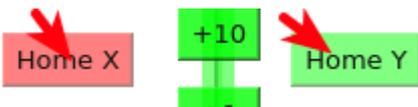
- Télécharger le fichier d'exemple : [ouvrir ce lien](#) et enregistrer la page.
- Ensuite, l'ouvrir avec l'interface graphique :

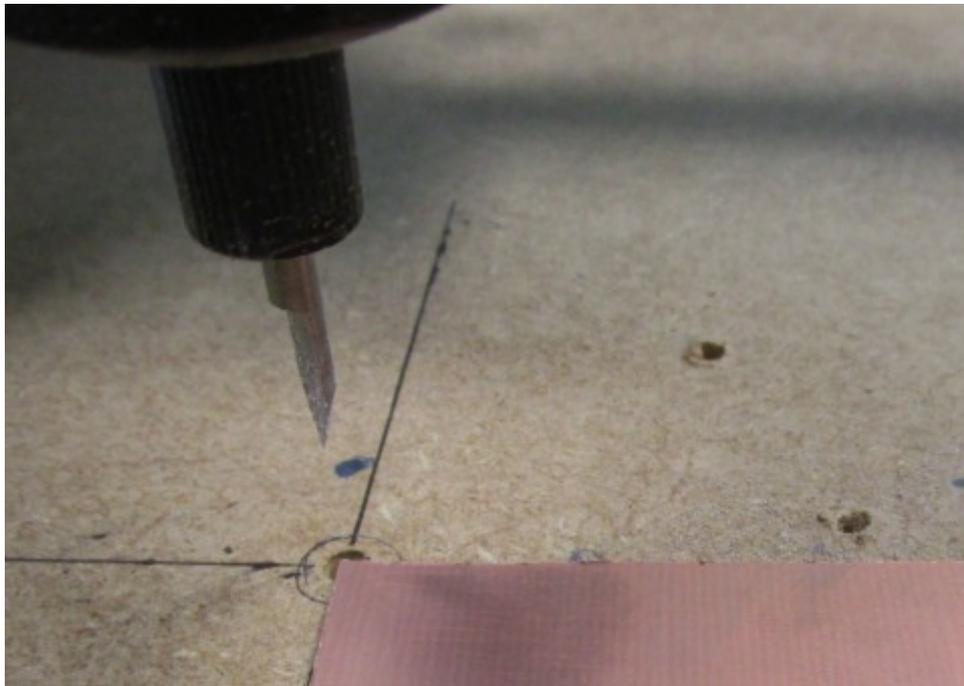


La broche étant toujours hors tension, régler la vitesse du moteur de broche en route à vitesse rapide (5/6) à l'aide de la mollette variable sur la broche :



Placer la machine à l'origine :



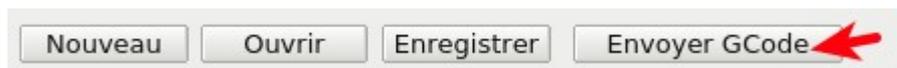


**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**

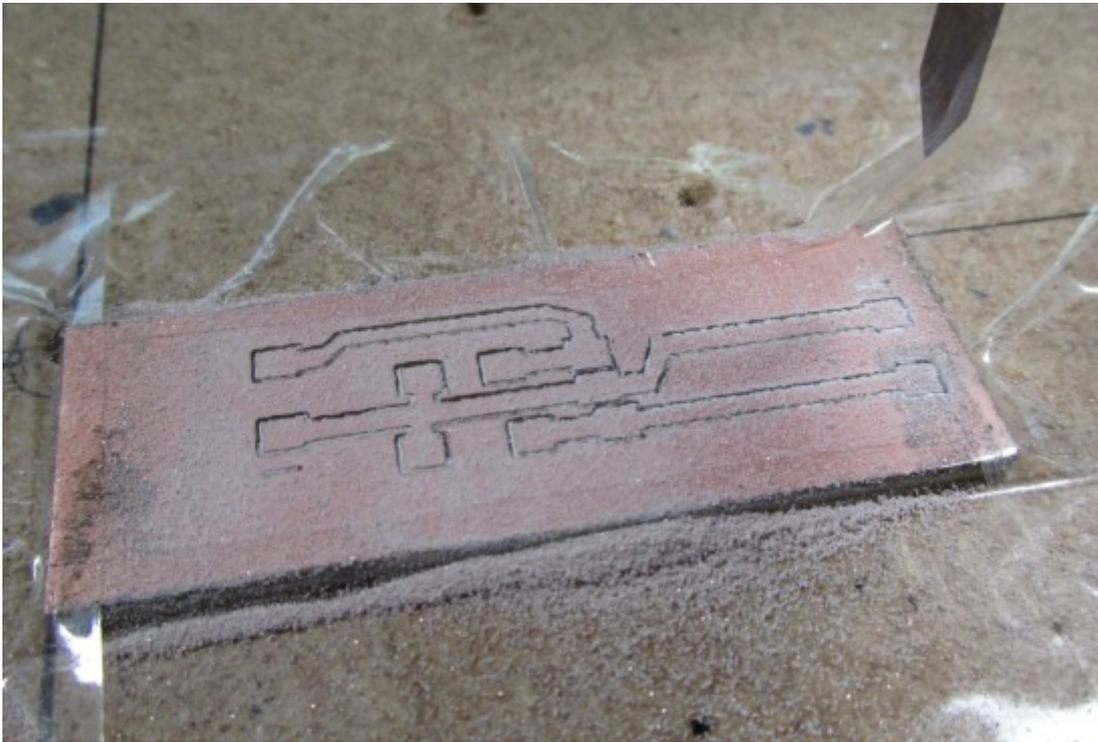


**Mettez la broche sous tension : la pointe javelot tourne alors en rotation rapide.**

Puis cliquer sur **<Envoyer G-Code>** :

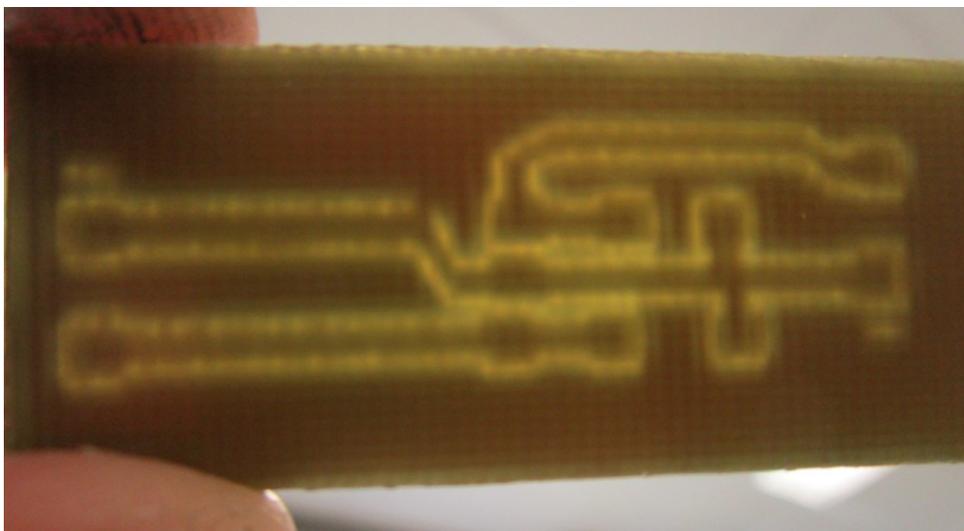
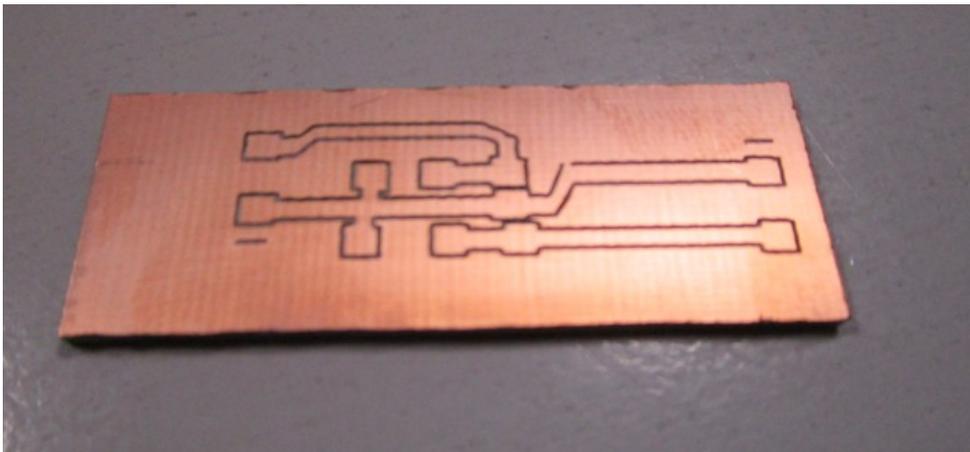


La machine réalise la gravure du PCB et ce n'est pas très long en plus : à peine 1 minute ou 2 !



Une fois terminé :

- soit vous changez d'outil pour le perçage (utiliser un foret de 0,8mm),
- soit vous retirez d'emblée le PCB obtenu pour voir le résultat de ce test :



Sympa non ?

Ce circuit d'exemple est un circuit opérationnel d'alimentation 5V régulée : en cas de besoin de ce circuit au cours d'un de vos développements/projets, vous découpez un morceau d'époxy cuivre 1 face, vous lancez la gravure, et en quelques minutes vous disposez du circuit gravé, ce qui vous permet de continuer d'avancer sur votre projet sans être bloqué « bêtement » sur des contraintes techniques de réalisation...

**Note : la gravure PCB avec l'Open Maker Machine n'a pas vocation à se substituer aux méthodes plus classiques, dès lors que les PCB sont plus complexes... Il s'agit ici simplement de pouvoir rapidement créer les petits PCB du quotidien du maker qui vont débloquent les situations en cours de développement : alimentation 5V régulée, capteur à photo-résistance, barrette de capteur infrarouge de détection de ligne, etc. et peut-être même une carte Arduino « minimale » (sans l'étage USB).**

**A terme, l'objectif est que l'ensemble des utilisateurs de l'Open Maker Machine partagent leurs circuits prêts à être gravés et que tous puissent facilement les réaliser, comme pour les pièces 3D avec une imprimante 3D...**

## **Montage et test de l'outil « découpe par fraisage »**

### **Vocabulaire utile**

---

Le petit monde des machines à commande numérique (CNC and Co...) a son propre vocabulaire spécifique et quelques définitions s'imposent pour éviter les confusions

#### **Broche**

La broche désigne le bloc moteur, autrement dit la « mini-perceuse », sur l'axe duquel on fixe un outil (foret, fraise, pointe) qui sera entraîné en rotation à haute vitesse.

#### **Outil**

Désigne l'élément qui est mis en place à l'aide d'un serrage sur l'axe de la broche (le moteur d'entraînement). Selon les cas, l'outil pourra être un foret, une fraise, une pointe, etc.

#### **Fraise**

La fraise est un outil rotatif de découpe par enlèvement de matière : la fraise est différente du foret, car elle enlève de la matière lors d'un déplacement en translation, ce que ne fait pas le foret.

### **Equipement et règles de sécurité**

---

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- **casque anti-bruit**

- **lunettes de protection**
- **aspiration des poussière**

Pour de plus amples précision, voir [la documentation de sécurité](#)

## Equipement utile

---

- Un **multiprise** avec interrupteur dédié pour la broche (moteur) à brancher sur une prise différente de celle utilisée pour l'alimentation moteurs

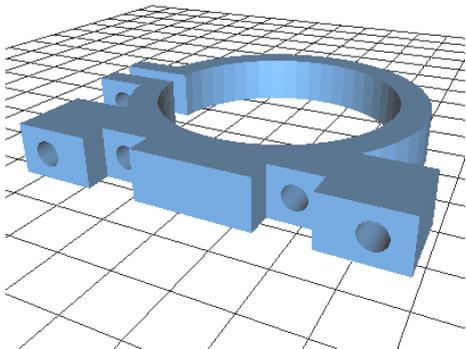


## Pièces nécessaires

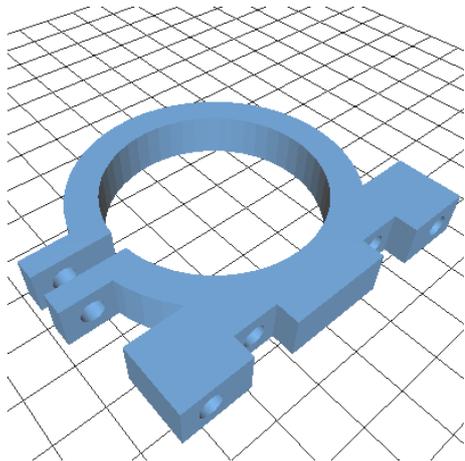
---

### *Pièces imprimées*

1 x Support supérieur outil broche (50mm)



## 1 x Support inférieur outil broche (48mm)



## Pièces mécaniques non-imprimées

### La broche



Vous pouvez au choix utiliser la broche de votre choix ou celle fournie avec le kit. La broche fournie avec le kit, si vous avez choisi cette option, est un multi-outil d'entrée de gamme 135W, à vitesse variable 8 000 à 32 000 trs/min, pouvant recevoir un outil jusqu'à 3.2mm. Cette broche est garantie 2 ans constructeur et est livrée avec 40 accessoires polyvalents, mais que je ne vous conseille pas d'utiliser en tant qu'outil de travail : utiliser plutôt les outils que nous vous fournissons, de qualité éprouvée.

### Un jeu de fraise de découpe



Vous avez besoin d'au moins une, et idéalement d'un jeu, de fraises de découpe. Les fraises existantes sont très nombreuses et leurs caractéristiques principales sont :

- le nombre de dents : 1,2 ou 3 dents
- les caractéristiques mécaniques : fraise carbure, fraise diamant, etc..

- le diamètre de la zone active de la fraise : 1, 2, 3mm et tailles intermédiaires...
- hauteur de la fraise
- le diamètre de la « racine » de la fraise, appelée « queue », qui s'engage dans le mandrin de la broche,

Les critères de choix vont être :

- vitesse de rotation de la broche : a un impact sur le diamètre de la fraise utilisable. La loi mathématique qui relie diamètre de fraise et vitesse de rotation est assez complexe : vous trouverez de [l'info sur le wiki autour de ce sujet](#). Au départ, se baser sur nos conseils.
- la matière à découper : bois, plexi, métaux,
- diamètre du mandrin de la broche
- épaisseur maximale de la matière à découper

**En pratique, le kit est livré avec un jeu de fraises polyvalentes et pour un premier essai, je vous propose d'utiliser la fraise 1 dent carbure 1mm**

Si vous avez besoin de fraises spécifiques, je vous conseille d'aller faire un tour sur le site de notre partenaire <http://www.cncfraises.fr/> qui propose un choix énorme de fraises de qualité.

## ***Fournitures utiles***

### **Balsa 3mm d'épaisseur**



Pour un premier essai, je vous propose d'utiliser du balsa 3mm, en carré de 100x100mm, à découper avec un gros ciseaux, au cutter ou à la scie.

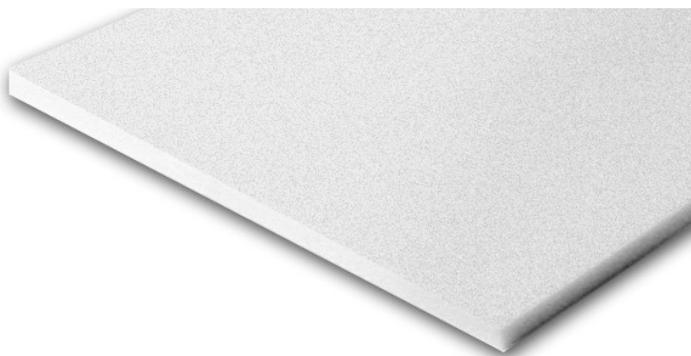
Disponible :

- dans certains magasins de bricolage (pas tous...),
- en magasin de modélisme
- ou en magasin de fournitures pour activités créatives (par exemple <http://www.arteis-france.com/> )
- ou sur internet ( <https://fr.opitec.com/> )

## Scotch



## Morceau de plaque de Depron 5 ou 6mm



Un morceau de plaque de Dépron 5 ou 6mm (plaque de polystyrène de 5 ou 6mm) trouvé en magasin de bricolage et qui sera à placer sous le vinyle à découper.

Disponible par exemple, chez <http://www.bricodepot.fr/> sous la référence « Extrapor » en épaisseur 6mm. Une plaque ne coûtera que quelques euros et vous servira longtemps.

L'utilisation d'une telle couche de Depron évitera d'user inutilement la fraise en étant directement en contact avec le martyr.

Découper au ciseau ou cutter un morceau un peu plus grand que la zone de travail A4, en l'occurrence 32cm x 23cm par exemple.

## Visserie

### M5

6 x écrous M5 standards

5 x vis M5 à tête cylindrique x 20mm

1 x vis M5 à tête cylindrique x 25mm

## Pré-requis

---

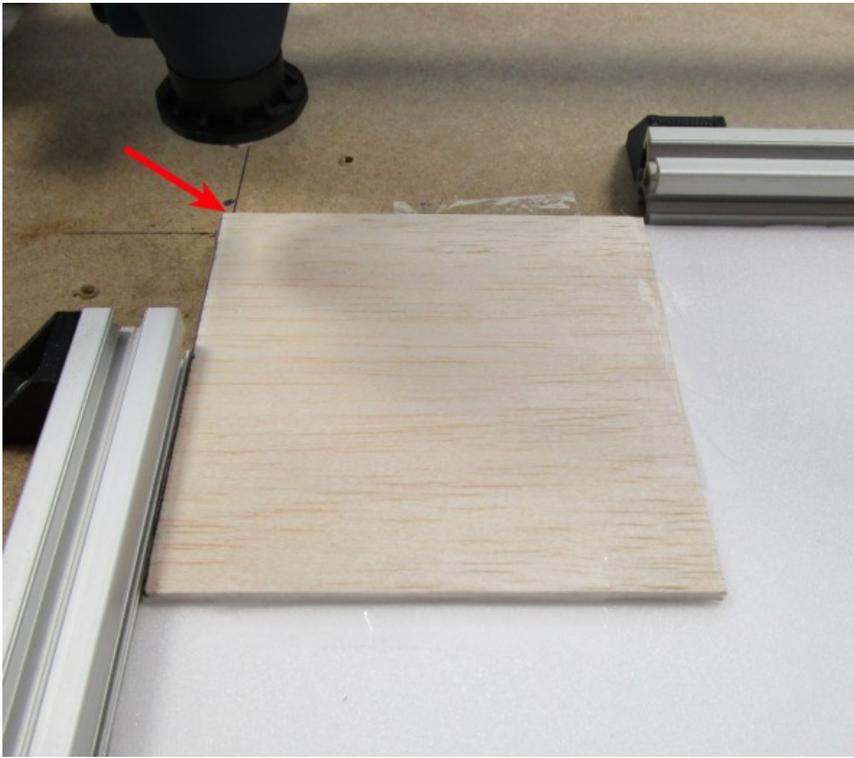
- Découper une plaque de 100x100mm de balsa 3mm :



- Mettre en place le depron sur le martyr à l'aide de scotch :

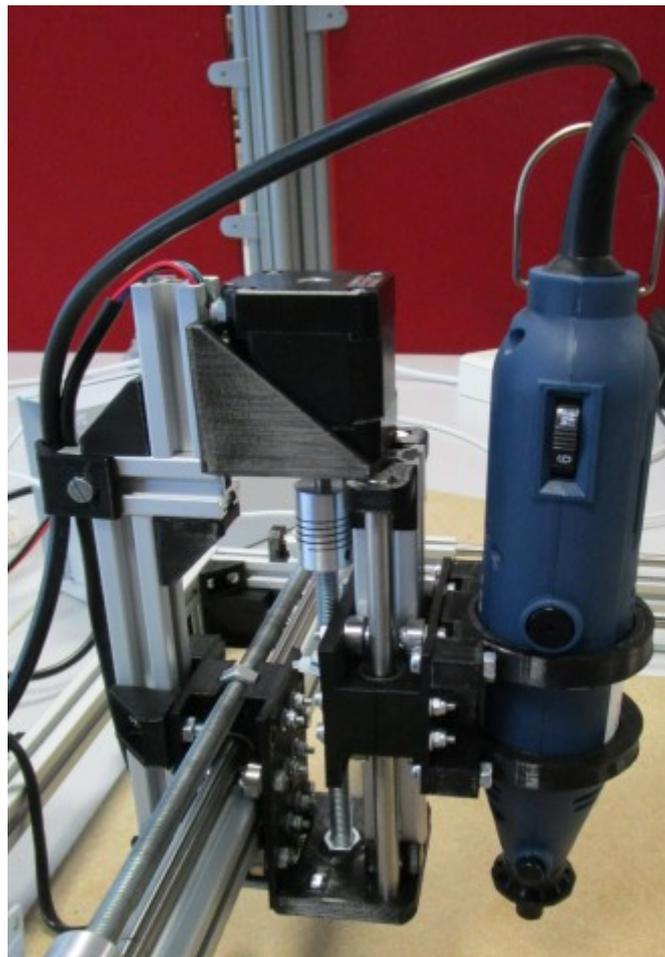


- Fixer la plaque de balsa sur le Depron à l'aide de scotch en mettant un coin à l'origine :



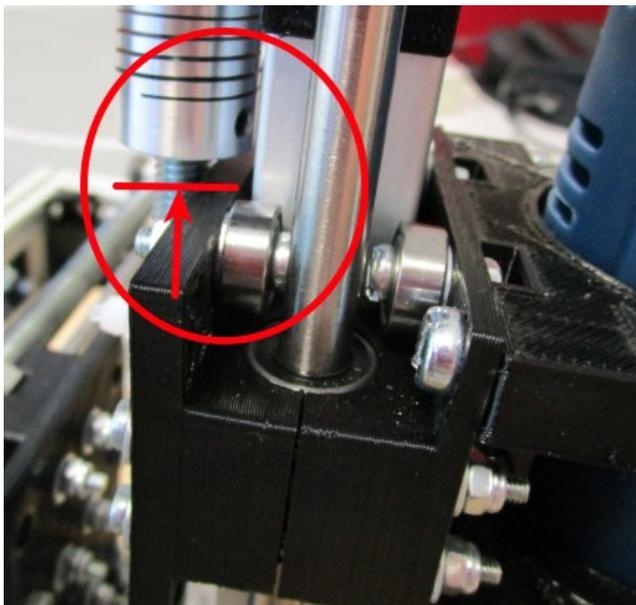
## Montage de la broche

On présume ici que la broche est en place : si ce n'est pas le cas, voir : [Montage de la broche \(commun à tous les outils utilisant la broche\)](#)

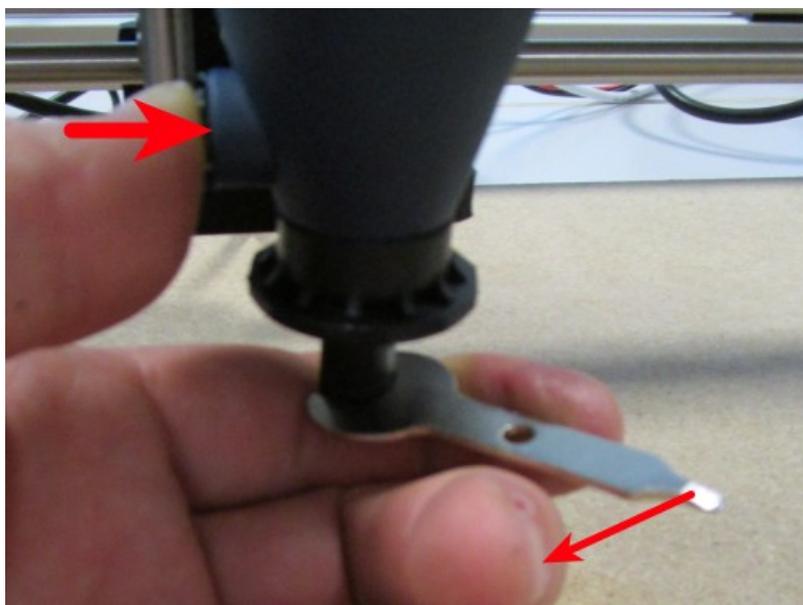


## Montage de l'outil « découpe par fraisage »

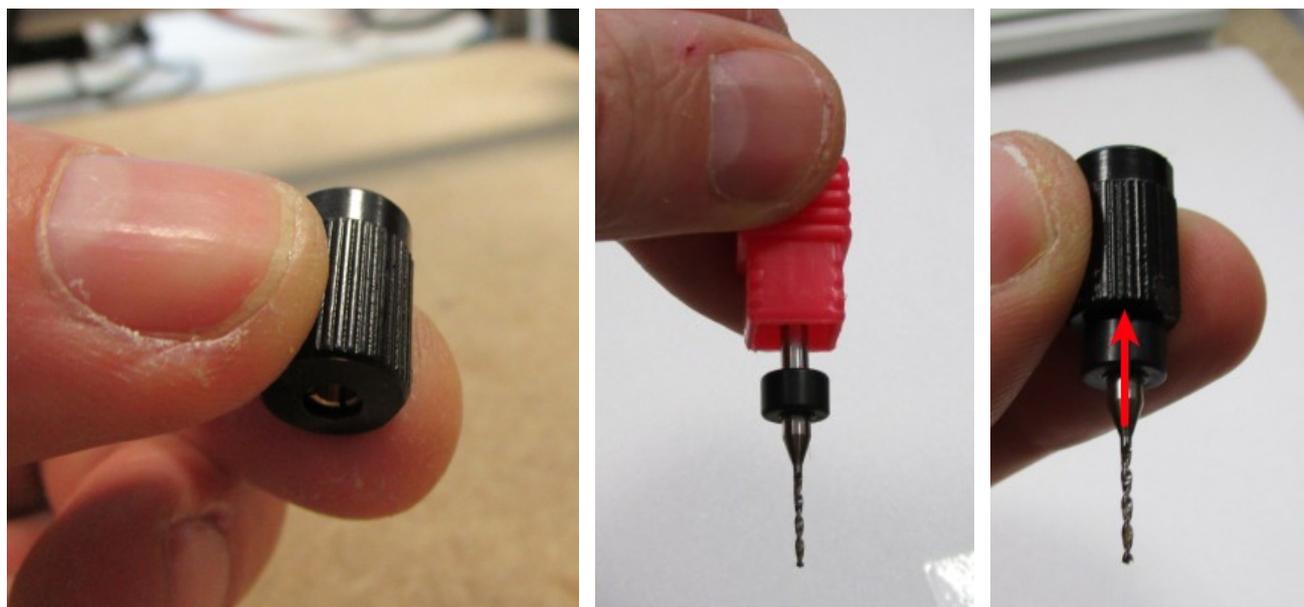
Une fois que la broche est en place, on va mettre en place l'outil : ici une **fraise carbure 1 dent 1mm**. Pour cela, commencer par monter au maximum le chariot Z à l'aide de l'interface (**le faire par petite touches de 1mm une fois que vous êtes à moins de 1cm du max !**), de façon à avoir le maximum d'espace sous la broche :



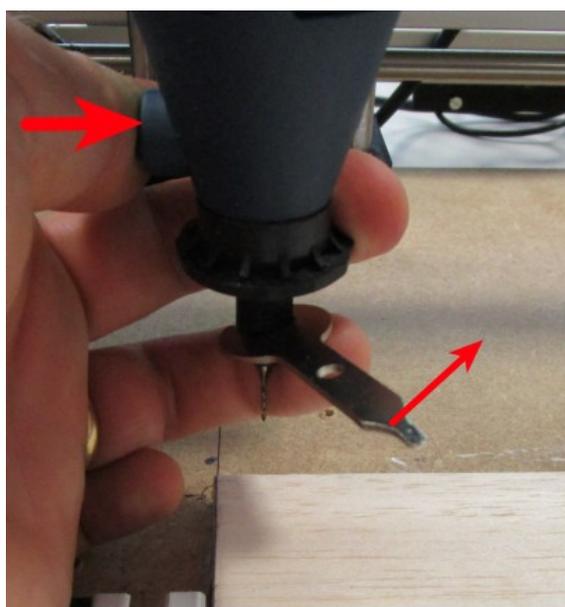
Une fois fait, dévisser le mandrin de serrage tout en appuyant sur le bouton latéral présent sur le côté du bas de la broche, **en s'aidant au besoin de la petite clé plate fournie avec la broche** :



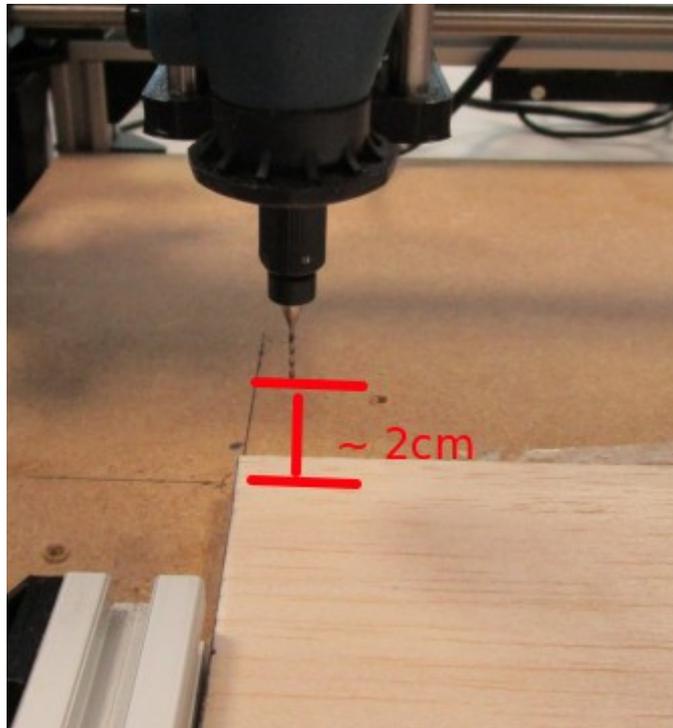
Une fois le mandrin dévissé totalement, l'enlever et y engager la fraise :



Puis remettre l'ensemble en place sur la broche, **en remontant autant que possible la fraise**, prévisser manuellement avant de serrer en appuyant sur le bouton de blocage et en s'aidant de la clé petite plate :



Une fois fait, la fraise est en place et vous devez disposer d'1 centimètre ou 2 d'espace entre la pointe de la fraise et la surface du Balsa :



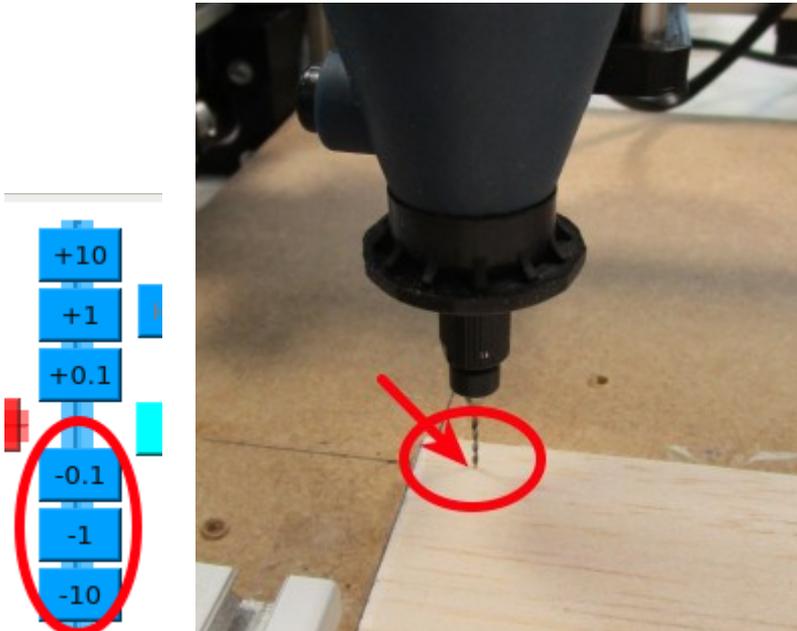
Une fois fait, vous êtes prêts pour (enfin...!) passer à l'action !

## Caler le zéro de l'outil « découpe par fraisage »

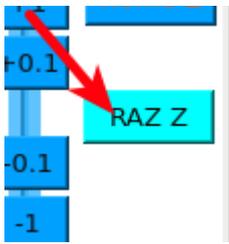
---

### Caler le zéro de l'outil « découpe par fraisage »

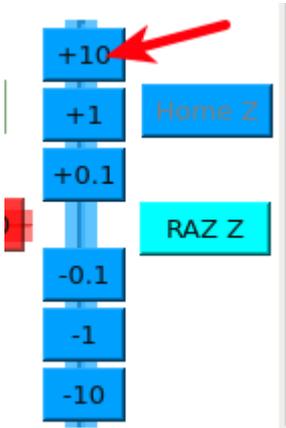
Une fois la fraise en place, **descendre le chariot de Z par petites touches** jusqu'au contact de la **pointe avec la surface de cuivre** à l'aide des boutons -10, -1 et même -0.1 de l'interface, **moteur de la broche toujours à l'arrêt** :



Une fois fait, cliquer sur le bouton RAZ Z



Puis remonter le chariot de Z de 10mm



## Tester l'outil « découpe par fraisage » manuellement

A présent, de la même façon que vous l'aviez fait pour l'outil « crayon » ou l'outil « découpe vinyle », il va être possible de tester manuellement à l'aide de l'interface, la découpe du balsa par fraisage.

La broche étant toujours hors tension, régler la vitesse du moteur de broche en route à vitesse rapide (5/6) à l'aide de la mollette variable sur la broche :



**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**



**Mettre la broche sous tension : la fraise tourne alors en rotation rapide.**

**Mettre en route l'aspiration si vous en avez une.**

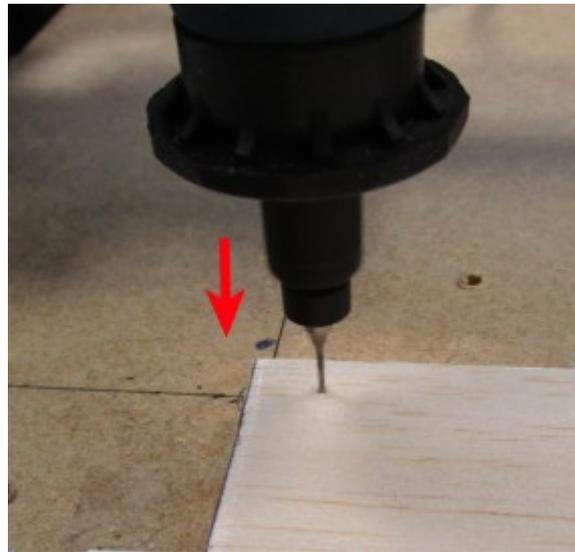
**Remonter la broche au besoin de façon à ce que la fraise ne soit pas en contact avec la plaque.**

Se placer en 10,10 avec la commande

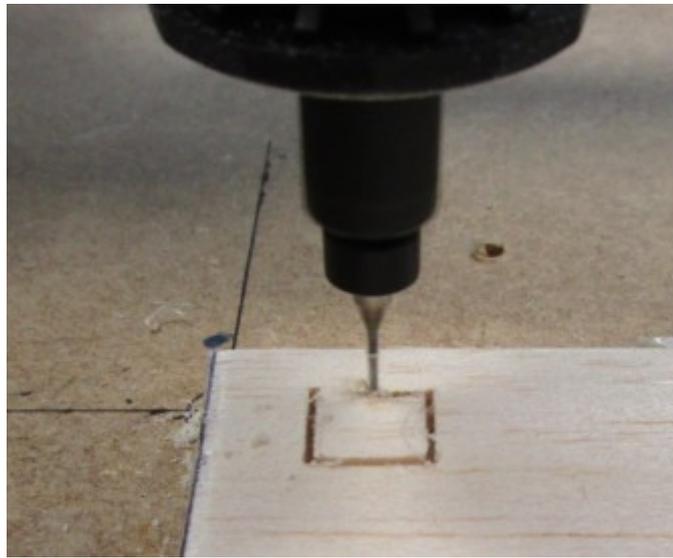
**G01 X10 Y10 F6**

Descendre en position -4mm le Z pour que la fraise soit engagée dans la matière, avec la commande :

**G01 Z-4 F2**

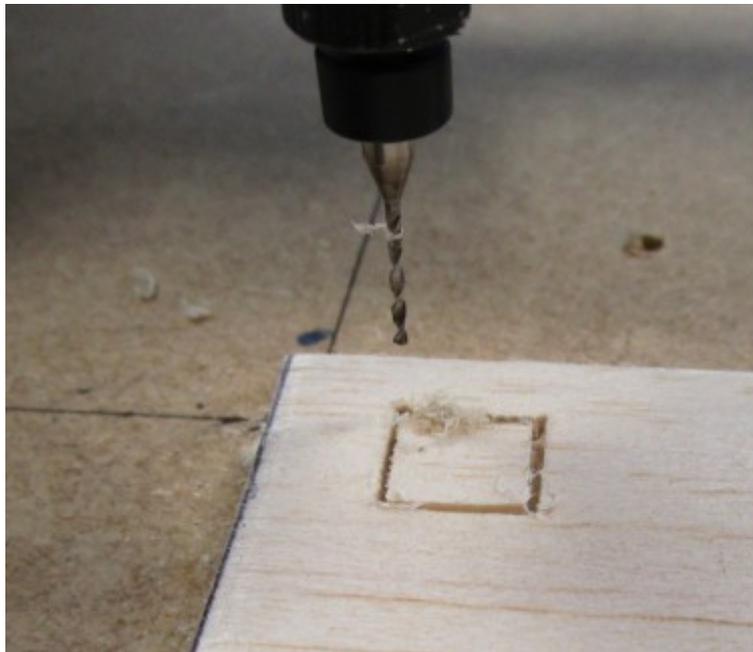


Ensuite, utiliser l'interface pour mobiliser la fraise et tracer une piste : par déplacements successifs de +10/-10, +1/-1 en X et en Y, de façon par exemple à découper un petit carré : :

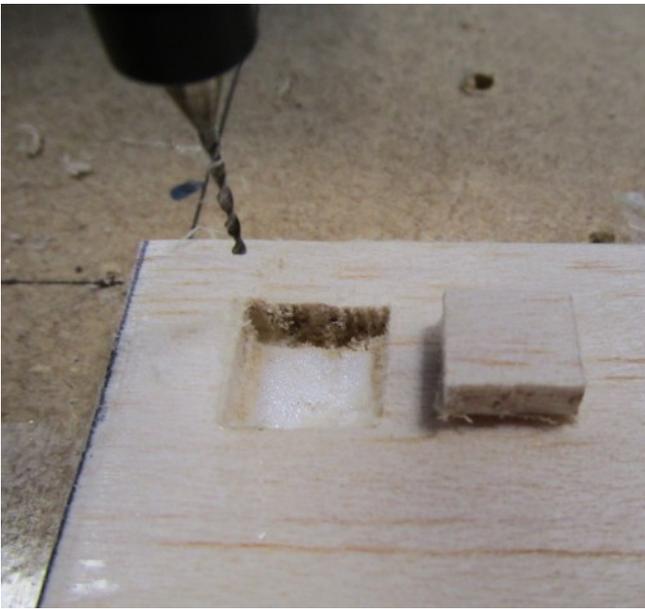


Une fois terminé relever le Z de 10.

**Mettez la broche hors tension.**



Vous pouvez alors retirer votre morceau de balsa découpé :

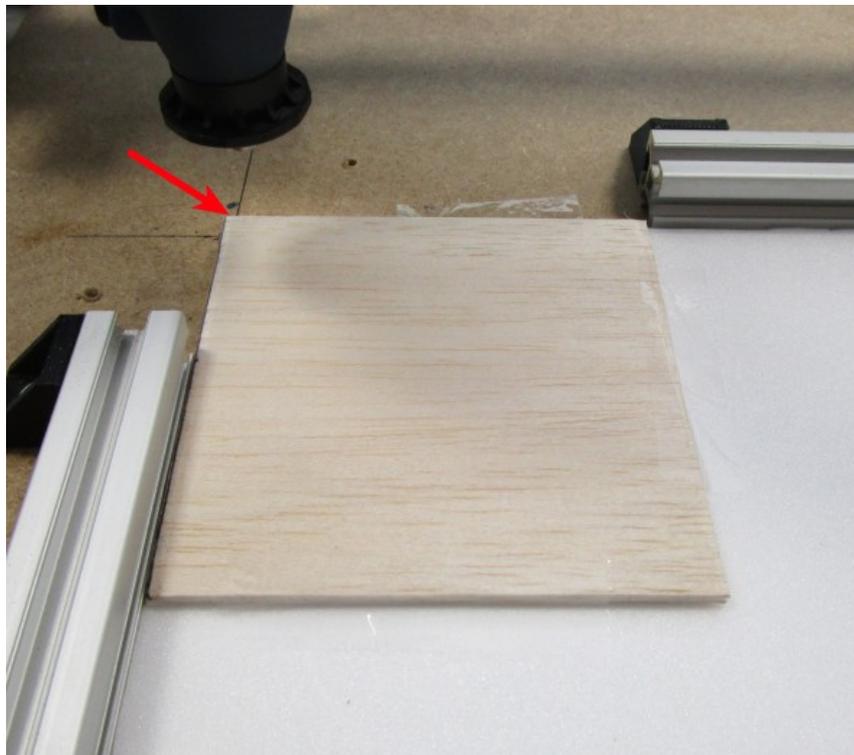


Note : dans le cas présent, à des fins de test, on réalise la coupe en 1 seule passe avec une descente de la fraise de 3mm dans la matière, ce qui est possible car nous utilisons du balsa. En pratique, la découpe se fera en plusieurs passes successives de 1 ou 2mm à chaque passage : ceci sera géré par le générateur de G-Code.

## Tester l'outil « découpe par fraisage » : découper un Triskell

Maintenant que vous avez testé manuellement la gravure d'une piste, il va être possible de découper une pièce à partir d'un fichier.

Au besoin, découper et fixer une nouvelle plaque de balsa 3mm ou bien utiliser la même que précédemment si vous n'avez pas trop « mordu » en partie centrale.



Ensuite, il suffit de charger un fichier gcode de test

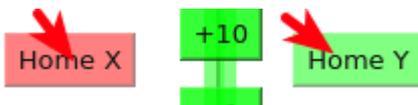
- Télécharger le fichier d'exemple : [ouvrir ce lien](#) et enregistrer la page.
- Ensuite, l'ouvrir avec l'interface graphique :



La broche étant toujours hors tension, régler la vitesse du moteur de broche en route à vitesse rapide (5/6) à l'aide de la mollette variable sur la broche :



Placer la machine à l'origine :



**Mettez vos lunettes de protection et votre casque anti-bruit :**



**Mettre la broche sous tension : la fraise tourne alors en rotation rapide.  
Mettre en route l'aspiration si vous en avez une.**

Puis cliquer sur **<Envoyer G-Code>** :



La machine réalise la découpe du balsa :



Une fois terminé, vous pouvez désengager la pièce :



A vous les découpes de matériaux

Note : une découpe optimale sera obtenue avec le minimum de résistance et donc une vitesse de déplacement adaptée à la vitesse de rotation, ce qui peut nécessiter quelques essais avant d'obtenir le résultat optimum pour une matière donnée. Une fois calé, toutes vos pièces se découpent sans difficulté.

### Test de l'outil « sculpture 3D par fraisage » (expérimental – à venir)

Pour l'essentiel, la sculpture 3D par fraisage se base sur le même matériel que la découpe par fraisage.

### Vocabulaire utile

---

Broche

Outil

Fraise

### Equipement et règles de sécurité

---

Comme pour tout appareillage, l'utilisation de l'Open Maker Machine impose le respect de quelques règles de sécurité, notamment :

- protection électrique satisfaisante et sans risque pour l'utilisateur
- présence d'un bouton d'arrêt d'urgence
- ne pas laisser approcher les jeunes enfants de la machine en action et sous tension
- bonne installation de la machine sur un plan dégagé et stable
- disposer de l'ensemble des accessoires utiles de façon ordonnée et facile d'accès

En cas d'utilisation de la broche (moteur pour outil)

- **casque anti-bruit**
- **lunettes de protection**
- **aspiration des poussières**

Pour de plus amples précisions, voir [la documentation de sécurité](#)

### Equipement utile

---

- Un **multiprise** avec interrupteur dédié pour la broche (moteur) à brancher sur une prise différente

de celle utilisée pour l'alimentation moteurs

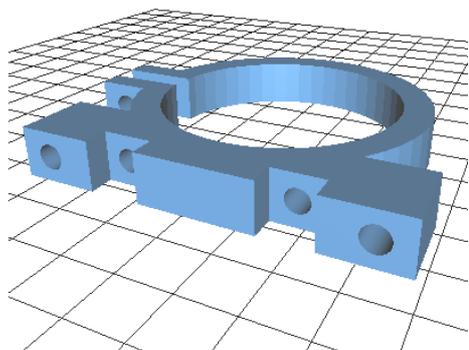


## Pièces nécessaires

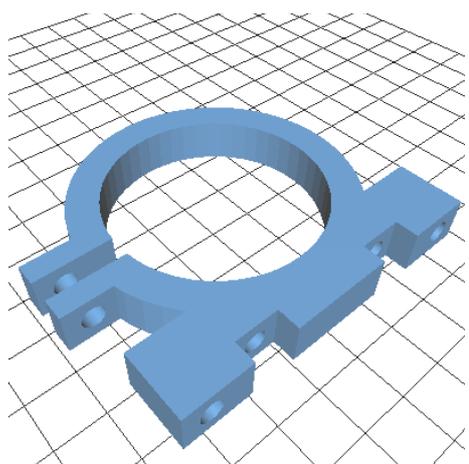
---

### *Pièces imprimées*

**1 x Support supérieur outil broche (50mm)**



**1 x Support inférieur outil broche (48mm)**



### *Pièces mécaniques non-imprimées*

La broche

Un jeu de fraise de sculpture

## **Fournitures utiles**

### **Visserie**

#### **M3**

...

#### **M4**

...

#### **M5**

4 x écrous M5 standards

4 x vis M5 à tête cylindrique x 25mm

#### **M8**

...

## **Pré-requis**

---

- ...

## **Montage de la broche**

---

## **Montage de l'outil « sculpture 3D par fraisage »**

---

## **Caler le zéro de l'outil « sculpture 3D par fraisage »**

---

...

## **Tester l'outil «sculpture 3D par fraisage » : Sculpter ..**

---

...