

3D-Printer

C. Meichel

6 janvier 2015

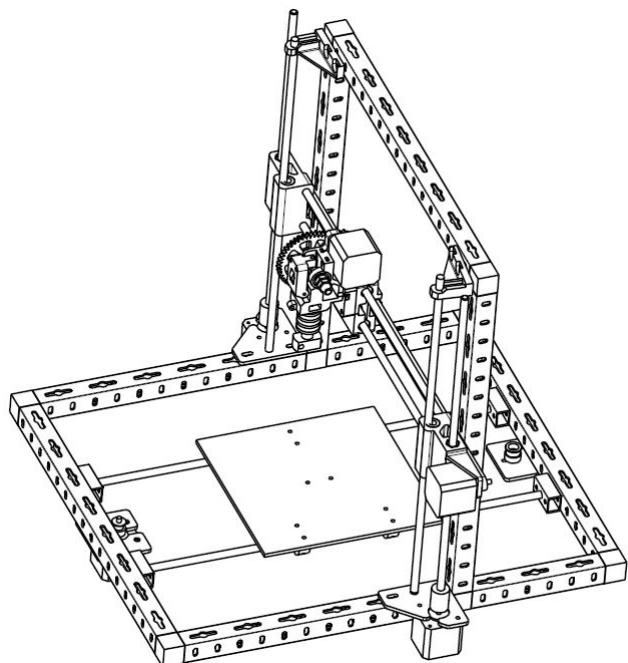


Table des matières

1 Présentation	3
1.1 Cadre du projet	3
1.2 Objectif	3
1.3 Les imprimantes RepRap	3
2 Conception	3
2.1 Le chassis	3
2.2 L'électronique	4
2.2.1 Spécification	4
2.2.2 La Smoothieboard	5
2.2.3 Arduino	5
2.3 Liste du matériel	5
2.4 la tête d'impression	6
2.4.1 L'élément de chauffe	6
2.4.2 Le radiateur	6
2.4.3 Le noyau	9
2.4.4 La buse	10
2.5 La platine assemblée	10
2.5.1 Fixation des glissières à billes	10
2.5.2 Fixation et contre-fixation de la courroie	11
2.5.3 Montage	11
2.6 Fixation des moteurs	12
3 Mise en oeuvre	12
3.1 L'électronique	12
3.1.1 Un jeu de LEGO	12
3.1.2 Alimentation externe	13
3.1.3 Les premières embuches	13
3.2 Réglage des contrôleurs de moteurs	15
3.2.1 Principe du réglage	15
3.2.2 Câblage du module	15
3.2.3 Le test	16

1 Présentation

1.1 Cadre du projet

Une imprimante 3D est une machine qui permet de reproduire des pièces plus ou moins complexes par apport de matière. Il existe plusieurs types d'imprimantes, selon le principe d'apport de matière utilisé. Le prérimètre de ce projet est une imprimante qui extrude du plastique à déposer couches par couches.

1.2 Objectif

Le principal objectif est, évidemment, de construire une imprimante 3D. Cette imprimante fonctionnera sur le principe d'extrusion de matière plastique. Je m'appuie sur les imprimantes RepRap (<http://reprap.org/wiki/RepRap/fr>). Dans cette perspective, je m'autorise à réutiliser, modifier, adapter des pièces conçues pour d'autres imprimantes RepRap.

Une contrainte forte de ce projet est le budget. En référence, une imprimante RepRap i3 en kit est vendue 450€ sans l'électronique de commande (600€ tout compris). Mon objectif est de limiter mon budget à 250€. C'est difficilement atteignable, mais pas impossible.

1.3 Les imprimantes RepRap

Le principe de ces imprimantes est qu'elles sont répliables. Concrètement, pour fabriquer une imprimante RepRap, on profite d'une autre imprimante pour imprimer des pièces. Mon projet repose sur ce principe. En effet, pour des questions de facilité (je m'affranchis de certains usinages complexe), la plupart des supports seront imprimés.

2 Conception

2.1 Le chassis

Le chassis est en profile aluminium. Plusieurs solutions se sont présentées :

- ❖ utiliser du profile pour la construction modulaire
- ❖ utiliser du profile carré
- ❖ utiliser les profiles que propose une célèbre enseigne française blanche et verte (fig. 1 page 4)



FIGURE 1: Profile aluminium 23.5 x 23.5

La première solution est chère. Il faut compter 60€ les trois mètres (30mm), sans compter la quincaillerie d'assemblage.

La seconde solution, la moins chère, est plus difficile à mettre en oeuvre et nécessite de la précision dans les usinages (perçages, sciages, ...) pour avoir de bons alignements.

La dernière solution est un bon compromis, car c'est une solution de construction modulaire à petit prix (15€ les 2,5m x 25mm). Les jonctions se font avec des L et des T en PVC. Si ce n'est pas assez rigide, je pourrais encore ajouter des équerres métalliques.

2.2 L'électronique

2.2.1 Spécification

L'électronique de commande doit respecter les spécifications suivantes :

- ❖ Elle devra piloter 5 axes (1 X-axis, 1 Y-axis, 2 Z-axis, 1 extrudeur)
- ❖ Elle se connectera à un ordinateur via le port USB
- ❖ Elle supportera une carte SD pour l'imprimante soit autonome lors de l'impression
- ❖ Elle saura piloter des moteurs pas à pas bipolaires
- ❖ Elle intégrera les différents capteurs (fin de course, température de l'extrudeur)

- ✧ Elle saura piloter la partie chauffante de l'extrudeur
- ✧ Elle ne sera pas propriétaire

2.2.2 La Smoothieboard

Toujours, pour des questions de budget, j'ai écarté la solution Smoothie (<http://smoothieware.org/smoothieboard>). Il faut compter 125€ pour une carte 5 axes.

2.2.3 Arduino

La solution Arduino consiste à utiliser la version Mega et y brancher une carte de commande de moteur. Je suis donc parti sur la configuration suivante :

- ✧ Freeduino 2650 Mega (un clone de l'Arduino, mais en moins cher) : 19€
- ✧ RAMPS (une carte de commande de moteur ; la plus utilisée par les firmwares proposés) : 14€
- ✧ 5 modules A4988 (commande de moteur pas à pas) avec radiateur : 5€ chacun

2.3 Liste du matériel

	Description	Qte	Prix
1	V modulaire	6	6.60 €
2	T modulaire	2	2.80 €
3	Tube alu modulaire 23.5	3.0	21.60 €
4	Carte RAMPS	1	14.00 €
5	Commande moteur A4988	5	23.00 €
6	Funduino 2650 Mega	1	19.00 €
7	Roulements linéaires LM8UU	12	6.70 €
8	Courroie GT2 (2m) + 2 poulies	1	7.00 €
9	Moteur pas à pas nema17	5	50.00 €
10	Rond inox 8mm	3	20.00 €
11	Injecteur SD05447200 / SD05447000	1	2.00 €
12	Alimentation PC 500W	1	10.00 €
13	Résistance 5.6(5W) / CTN 100k	1	1.00 €
14	Coupleur 5x8	2	2.00 €
15	Quincaillerie	1	10.00 €
16			
17	Total		195.70 €

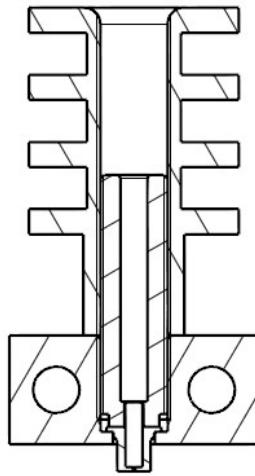


FIGURE 2: Dessin de la tête d'impression

2.4 la tête d'impression

Fig. 2 page 6

La tête d'impression est entièrement fabriquée (fig. 3 page 7). Elle se compose de quatre éléments :

- ❖ l'élément de chauffe (qui contiendra la résistance chauffante et la thermistance)
- ❖ le radiateur (qui refroidit la partie haute)
- ❖ le noyau en laiton (pour solidariser le radiateur et l'élément de chauffe)
- ❖ la buse (qui est une partie métallique percée à 0,2mm)

Un noyau en inox (mauvais conducteur thermique) viendra se visser au dessus de la tête.

2.4.1 L'élément de chauffe

Fig. 4 page 7

La conception est assez simple. Il faut un bloc de métal (dans mon cas de l'aluminium), et percer un logement pour la résistance chauffante et un logement pour la thermistance. Pour des facilités d'usinage, je suis parti d'un rond d'aluminium que j'ai fraisé (fig. 5 page 8).

2.4.2 Le radiateur

Fig. 6 page 8



FIGURE 3: Tête d'impression

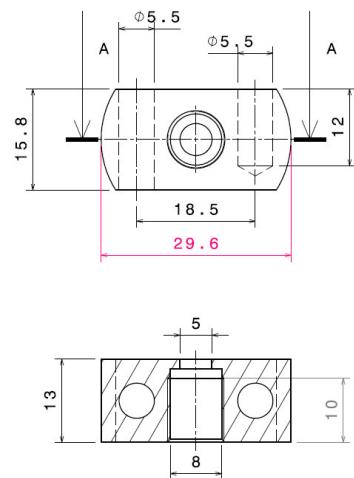


FIGURE 4: Dessin de l'élément de chauffage

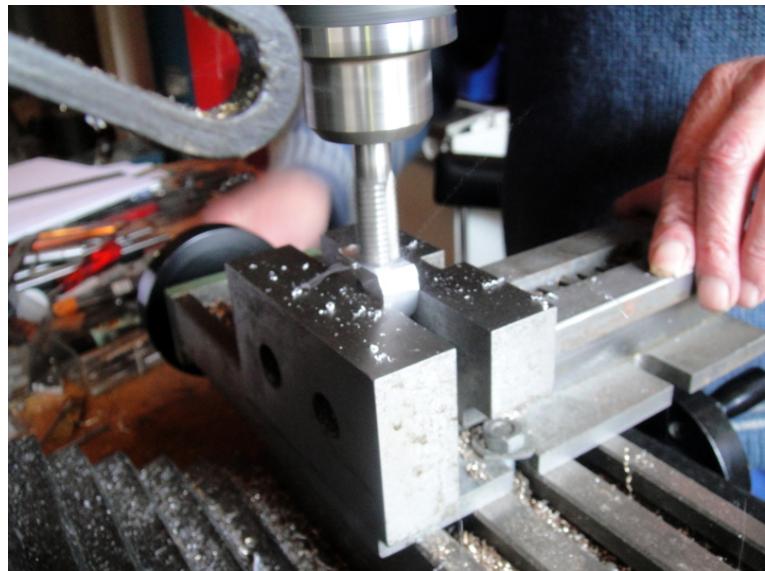


FIGURE 5: Usinage de l'élément de chauffage

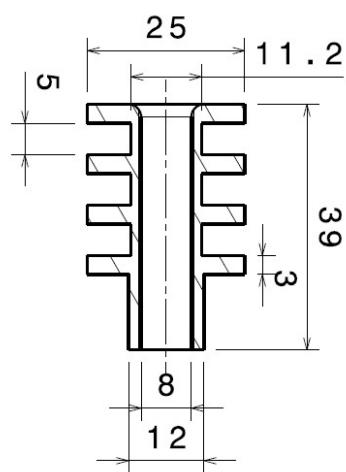


FIGURE 6: Dessin du radiateur



FIGURE 7: Usinage du radiateur

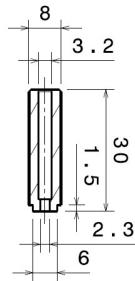


FIGURE 8: Dessin du noyau

Cette pièce est aussi en aluminium. Avec un tour j'ai usiné des gorges pour faire les ailettes. Le perçage central est taraudé à M8 pour y visser le noyau (fig. 7 page 9).

2.4.3 Le noyau

Fig. 8 page 9

Le noyau est fabriqué à partir d'une tige fileté M8 en laiton. Cette pièce est percée à 3,2mm pour laisser passer le fil de plastique jusqu'à l'élément de chauffe.



FIGURE 9: Buse d'extrusion

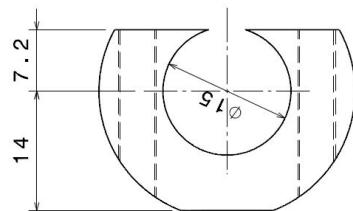


FIGURE 10: Fixation de glissière à billes

2.4.4 La buse

Le choix de la buse a été assez difficile. La problématique est la suivante : où trouver une partie métallique percée à 0,3mm ou moins, pour pas cher ?

Après renseignement, j'ai vite abandonné l'idée de percer moi-même. Les forêts de très petits diamètres sont chers et très fragiles (il faut faire des passes de 0,1mm). Je me suis rapidement orienté vers les injecteurs de cyclomoteurs ou de gaz. Les injecteurs de cyclomoteurs sont percés gros (minimum 0,6mm). Reste les injecteurs gaz. Chez un chauffagiste rennais (http://www.jeanpaulguy.fr/contents/fr/p5656_SD_05447200.html) j'ai trouvé un injecteur de veilleuse de chaudière murale à gaz (fig. 9 page 10). C'est une petite pièce à moins de 2€, percée à 0,28mm ou 0,18mm (<http://www.jeanpaulguy.fr/contents/fr/p2629.html>).

2.5 La platine assemblée

2.5.1 Fixation des glissières à billes

Les glissières à billes sont fixées serrées contre la platine. La fixation est usinée dans un premier temps par tournage, en alésant à 15mm un rond d'aluminium. La pièce passe ensuite sur le banc d'une fraiseuse pour réaliser les méplats. L'un des méplats sera tangent à l'alésage (en mangeant 0,3mm, pour assurer le serrage de la glissière contre la platine. Les perçages de fixation sont taraudés.

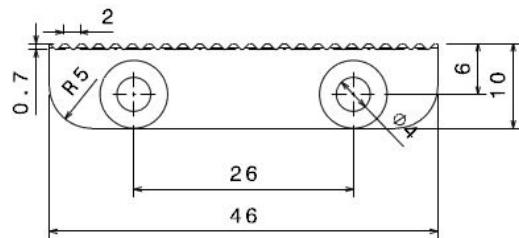


FIGURE 11: Fixation de la courroie

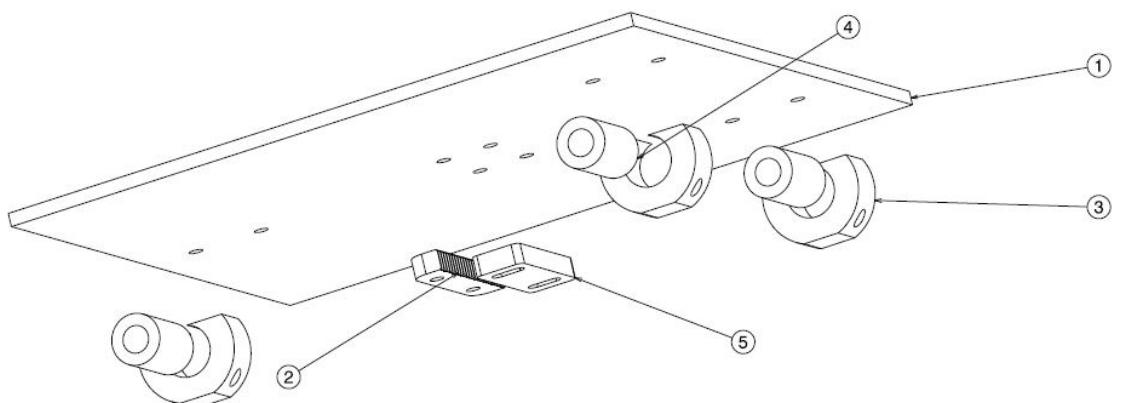


FIGURE 12: Montage de la platine

2.5.2 Fixation et contre-fixation de la courroie

Cette pièce est réalisée dans de l'aluminium de 6mm d'épaisseur (ce qui correspond à la largeur de la courroie). Pour créer les dentures, il suffit de percer à $d=1.5\text{mm}$ tous les 2mm (le pas de la courroie est de 2mm). Ensuite, scier le long de la ligne de perçage. On accentuera les dents en passant une lime triangulaire. Les perçages de fixation sont fraisurés. Le rayon de courbure de 5mm permet de limiter le frottement de la courroie (le retour risque d'être en contact).

2.5.3 Montage

Commencer par monter la fixation de courroie 2. Monter, sans serrer la contre-fixation 5. Loger les glissière dans leurs fixations et visser ces dernières sur la platine (sans trop serrer pour éviter l'hyperstatisme) avec des vis à têtes fraisurées. Il faudra reprendre la fixation des glissières lorsque la platine sera montée sur les stubs (barres de glissement).

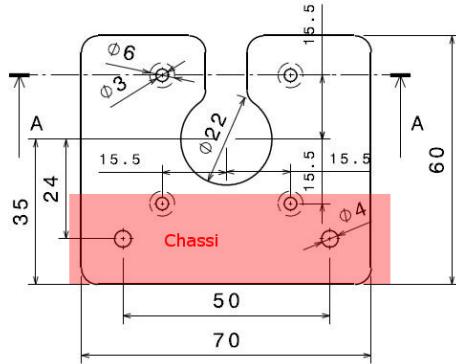


FIGURE 13: Bride de fixation du moteur Y

2.6 Fixation des moteurs

Initialement, les moteurs devaient être fixés avec des pièces en plastique. Pour des raisons de solidité et de précision, j'ai préféré créer ces pièces en aluminium. le centrage des moteurs se fait avec l'alésage de 22mm. Soit cet alésage est réalisé au tour, soit à la lime. Si vous réaliser les alésages au tour, vous n'avez pas besoin de les ouvrir à l'extérieur (je l'ai prévu pour laisser passer la lame de scie). Huilez les contacts lors du montage des moteurs afin d'éviter le grippage (et abîmer les pièces lors d'un prochain démontage). La bride de fixation du moteur Y a ses perçages de fixation fraisurés pour assurer un bon contact contre le chassi.

3 Mise en oeuvre

3.1 L'électronique

3.1.1 Un jeu de LEGO

Le montage est relativement simple ; la carte RAMPS s'enffiche bien sur la Funduino. Il ne faut pas assembler tout de suite les cartes. Il est préférable de fixer la funduino sur son support final (dans mon cas, une tole aluminium en équerre). une fois la Funduino fixée, on enffiche la RAMPS (fig. 14 page 13). il reste à brancher les commandes de moteur sur la RAMPS. Comme indiqué sur le wiki de Reprap, on vérifie les noms des broches et on branche (le GND va sur le GND et le direction va sur direction).

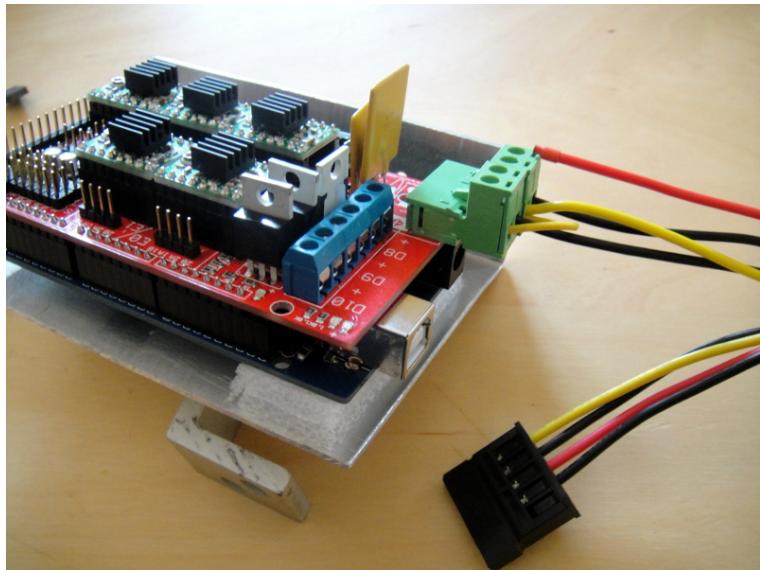


FIGURE 14: Montage de RAMPS sur la Funduino

3.1.2 Alimentation externe

Il faut maintenant l'alimentation externe sur la RAMPS (bornier vert à quatre broches). Il est préconisé d'alimenter en 12V. J'ai donc utilisé une alimentation de PC (500W, qui peut le plus, peu le moins). Pour info, le 0V, c'est le fil noir, le 12V, c'est le fil jaune. Comme d'habitude, l'alimentation de PC est un élément que j'ai trouvé dans un vide-grenier (5€). Il y a une entrée 5A et une entrée 11A. Mon alimentation a une capacité de 18A sur la sortie 12V. Il m'a donc suffit de mettre les deux entrées en parallèle sur le 12V fig. 15 page 14).

3.1.3 Les premières embuches

Ce qui devait arriver arriva. En faisant des essais sur la carte RAMPS, j'ai fait un court-circuit (5v relié au 0V). Une seconde a suffit pour que de la fumée s'échappe de la Funduino. Une fois l'ensemble démonté, un composant avait pris copieux.

Diagnostique : quand je branche seul, le Funduino au PC avec le cordon USB, le périphérique est reconnu. Si maintenant, j'alimente la RAMPS en 12V, le PC perd la connection USB. C'est embêtant. Dans ces cas là, il faut garder son calme. La Funduino, tout comme l'Arduino est une carte super simple : il y a un micro contrôleur, quelques résistances, un condensateur, parfois une interface USB (sinon, pris en charge par le micro contrôleur), et ... un régulateur de tension (AMS1117). Ce régulateur de tension permet

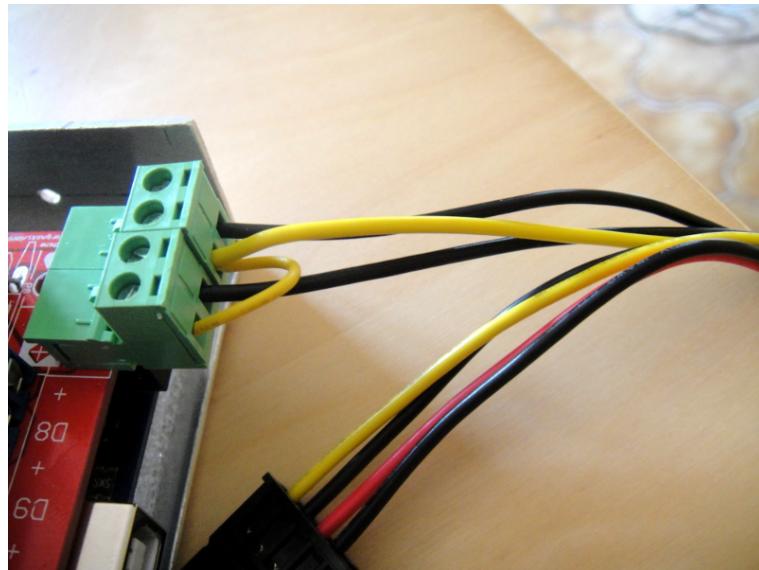


FIGURE 15: Branchement de l'alimentation externe

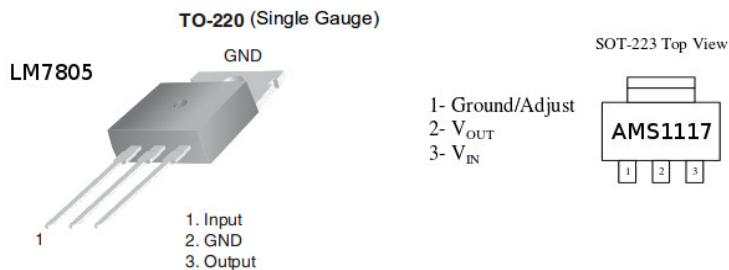


FIGURE 16: Régulateurs de tension

de garder 5V dans le circuit quelque soit la tension d'alimentation (tant qu'elle reste au dessus de 5V). C'est un composant à trois pattes équipé d'un radiateur, qui ressemble à une quatrième patte (fig. 16 page 14). En regardant bien, c'est ce composant qui a chargé. En regardant le schéma de la figure 17 en page 15, on comprend bien pourquoi le Funduino fonctionnait avec l'alimentation USB, et ne fonctionnait plus avec une alimentation externe.

La réparation est simple : le LM7805 rempli la même fonction. Il est carrément plus gros, mais, on va trouver à le loger. J'en ai un sous le coude, c'est parti. Il faut être vigilant sur l'ordre des pattes. Pour s'adapter au circuit, il faut croiser le OUT et le GND pour avoir dans l'ordre [IN OUT GND] (fig. 16 page 14). Ensuite on soude (fig. 18 page 16). J'ai pris soin de mettre un scotch sur le radiateur du LM7805 pour éviter que la partie métallique ne touche une autre partie de la Funduino.

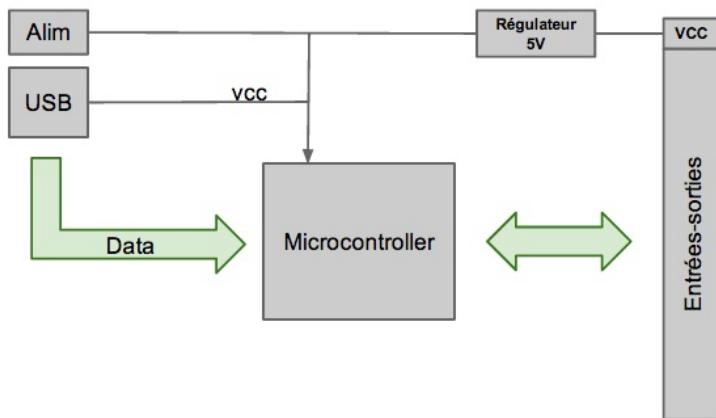


FIGURE 17: Schéma de principe du Funduino

Je rebranche le tout, et ... c'est reparti comme en 40 ! Ce qu'il faut retenir, c'est que la Funduino est très fragile (en même temps, un court-circuit ne pardonne pas), et qu'il faut vérifier à deux fois avant de brancher quelque chose (on ne branchera rien à chaud !).

3.2 Réglage des contrôleurs de moteurs

3.2.1 Principe du réglage

Vous avez dû remarquer que sur chaque contrôleur A4988, il y a un potentiomètre. Il sert à quelque chose. En fait, le composant A4988 est pourvu d'un régulateur de courant. Ça tombe bien, les moteurs que j'ai achetés (42BYGHW609) ont un ampérage maximum de 1,7A. Nous allons donc agir sur ce potentiomètre pour que l'intensité de sortie ne dépasse pas 1,7A.

3.2.2 Câblage du module

Nous allons faire un petit banc de test pour régler nos modules (fig. 19 page 16). Procédez ainsi :

- ❖ Branchez GND sur le 0V de l'Arduino
- ❖ Branchez VDD sur le 5V de l'Arduino
- ❖ Branchez /RESET et /SLEEP sur 5V
- ❖ Branchez /ENABLE sur la pin 13 de l'Arduino
- ❖ Branchez STEP sur la pin 12 de l'Arduino
- ❖ Branchez DIR sur la pin 11 de l'Arduino

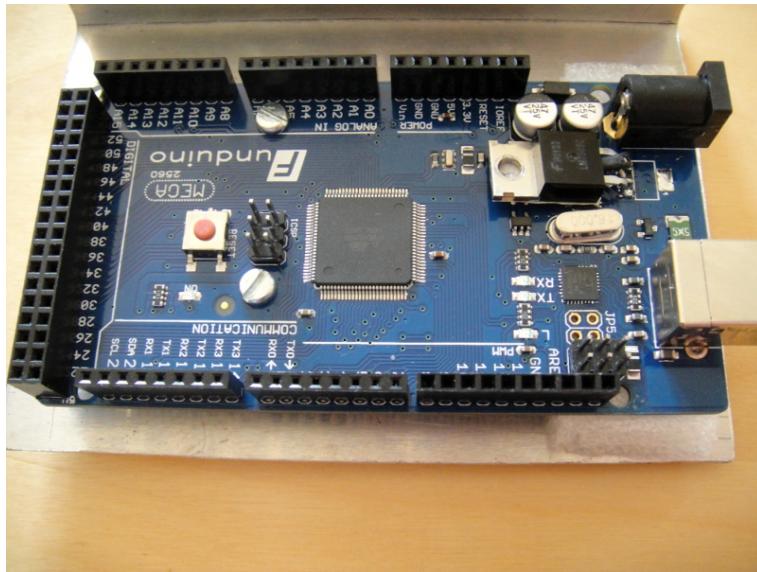


FIGURE 18: Funduino avec son nouveau régulateur de tension



FIGURE 19: câblage du A4988

- ❖ Branchez VMOT sur le 12V de l'alimentation externe (alimentation d'ordinateur)
- ❖ Branchez un bobinage moteur sur 1A, 1B
- ❖ Branchez l'autre bobinage moteur sur 2A, 2B

Pour trouver un bobinage moteur, sans alimentation, reliez deux broches du moteur et tounez l'axe à la main ; s'il y a une petite résistance à la rotation, c'est que vous avez courcircuité un bobinage (c'est dû aux courants de Foucault). Sinon, testez une autre paire

3.2.3 Le test

Insésez un ampèremètre dans le circuit d'un bobinage (l'ampèremètre se branche en série), et chargez le programme suivant dans l'arduino :

```

/*
Test moteur PAP (pas entier)
Carte Pololu avec puce A4988 + régulateur de tension >
http://www.pololu.com/catalog/product/1183
Ch.Aubert Déc.2011
*/

/***** Définition des E/S *****/
const int dirPin = 11; // DIR
const int stepPin = 12; // STEP
const int enablePin = 13; // ENABLE

void setup()
{
    pinMode(stepPin, OUTPUT); // Dir et Step en sortie
    pinMode(dirPin, OUTPUT);
    pinMode(enablePin, OUTPUT); // broche Enable en sortie
    digitalWrite(enablePin, HIGH);

    calibrate(); // lance le stall moteur Ampérage max !
    //test(); // lance le test !!
}

void loop()
{
    // rien pour l'instant !
}

void calibrate() // Stall moteur Ampérage max !
{
    digitalWrite(enablePin, LOW);
}

void test() // faire tourner le moteur 200 pas
{
    int j;
    digitalWrite(enablePin, LOW);
    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(dirPin, HIGH);
    for(j=0; j<=199; j++) {

```

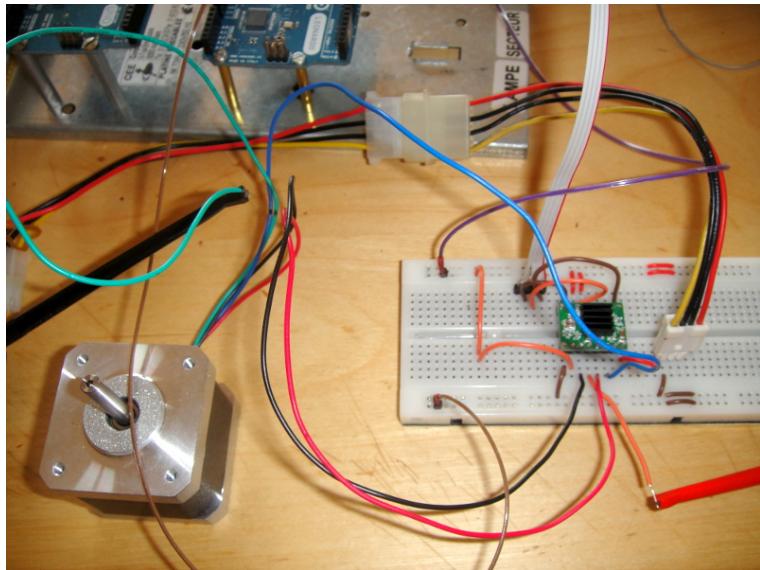


FIGURE 20: câblage du A4988

```

delay(200);
digitalWrite(stepPin, LOW);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(stepPin, HIGH);
delayMicroseconds(1000);
}
digitalWrite(enablePin, HIGH);
}

```

Alimentez l'arduino (par le cable USB), et branchez l'alimentation. Attention, on ne décâble jamais le moteur lorsque les alimentations (arduino et alim externe de 12V) sont en marche. Par l'effet de courants induits, un retour de courant pourrait détruire votre contrôleur. Normalement, le moteur ne tourne pas, mais l'axe est rigide.

N'utilisez pas de tournevis à manche métallique ; j'ai remarqué que les mesures sont faussées. Tournez le potentiomètre pour ne pas dépasser 0,7 courant max (1,2A pour ma part). J'ai fait le choix de brider à 0,8A (fig. 21 page 19).

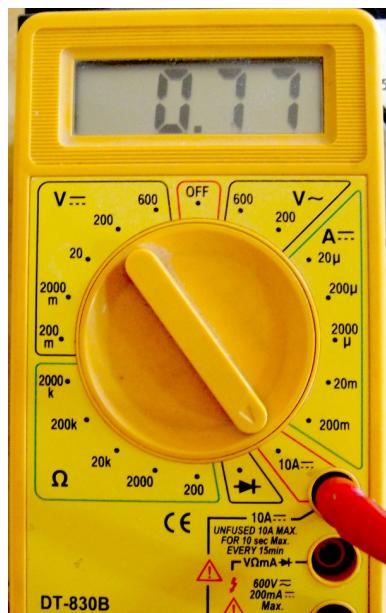


FIGURE 21: câblage du A4988

Table des figures

1	Profile aluminium 23.5 x 23.5	4
2	Dessin de la tête d'impression	6
3	Tête d'impression	7
4	Dessin de l'élément de chauffage	7
5	Usinage de l'élément de chauffage	8
6	Dessin du radiateur	8
7	Usinage du radiateur	9
8	Dessin du noyau	9
9	Buse d'extrusion	10
10	Fixation de glissière à billes	10
11	Fixation de la courroie	11
12	Montage de la platine	11
13	Bride de fixation du moteur Y	12
14	Montage de RAMPS sur la Funduino	13
15	Branchemet de l'alimentation externe	14
16	Régulateurs de tension	14
17	Schéma de principe du Funduino	15
18	Funduino avec son nouveau régulateur de tension	16
19	câblage du A4988	16
20	câblage du A4988	18
21	câblage du A4988	19