

GNG 2501

**Manuel d'utilisation et de produit pour le projet de conception**

**Lime d'Or**

Soumis par:

Lime d'Or (FB1.1)

Leah Ibrahim, 300149318

Angéline Lafleur, 300166105

Emilia Lakoma-Lagueux, 300206664

Charles-Antoine Roy, 8865855

Mahamadou Hanour Sangare, 300090232

11 avril 2021

Université d'Ottawa

# Table des matières

---

Introduction	<b>1</b>
Aperçu	<b>2</b>
Conventions	4
Mises en garde et avertissements	4
Pour commencer	<b>5</b>
Considérations pour la configuration	5
Considérations pour l'accès des utilisateurs	6
Accéder au système	6
Organisation du système & navigation	6
Quitter le système	6
Utiliser le système	<b>6</b>
Fonction du système de contrôle	6
Fonction du système de réduction de l'ongle	7
Fonction du support à pied	8
Dépannage & assistance	<b>9</b>
Messages ou comportements d'erreur	9
Considérations spéciales	9
Entretien	9
Assistance	10
Documentation du produit	<b>10</b>
Sous-système de contrôle	10
LDM (Liste des Matériaux)	10
Table 2 - Liste des matériaux nécessaire au sous-système de contrôle	10
Liste d'équipements	13
Instructions	14
Sous-système de réduction de l'ongle	19
LDM (Liste des Matériaux)	19
Table 3 - Liste des matériaux nécessaire au sous-système de réduction de l'ongle	19
Liste d'équipements	19
Instructions	19
Sous-système du support à pied	20
LDM (Liste des Matériaux)	20

Liste d'équipements	20
Instructions	21
Essais & validation	23
Conclusions et recommandations pour les travaux futurs	<b>23</b>
Bibliographie	<b>25</b>

## Liste de figures

---

Figure 1 : Photo du prototype final

Figure 2 : Diagramme à flèche qui représente le fonctionnement de la machine

Figure 3 : Sous-système de contrôle du mouvement de la lime

Figure 4 : Image du support à pied

Figure 5 : Plan des dimensions des petits morceaux de bois

Figure 6 : Plan de l'assemblage du système de contrôle

Figure 7 : Squelette du système de contrôle

Figure 8 : Schéma de câblage de la limite de courant pour le pilote DRV8825

Figure 9 : Schéma de points de sonde  $V_{ref}$  (GND et potentiomètre)

Figure 10 : Schéma de câblage / schéma pour pilote de moteur pas à pas DRV8825 avec Arduino et moteur pas à pas

Figure 11 : Plan pour les mesures du support

Figure 12 : Support pour le pied

## Liste de tables

---

Table 1 - Glossaire

Table 2 - Liste des matériaux nécessaire au sous-système de contrôle

Table 3 - Liste des matériaux nécessaire au sous-système de réduction de l'angle

Table 4 - Documents référencés

## Liste d'acronymes et glossaire

---

Table 1. Glossaire

Terme	Acronyme	Définition
Vis à sans fin	Lead screw	Permet de transformer un mouvement circulaire en un mouvement linéaire
tige	Rod	Barre droit fait de d'acier
Bague	Bushing	Permet aux lead screws de tourner librement avec un frottement minimal.
Manche (linear bearing)	sleeve	Facilite le déplacement de pièce relia aux rails
MDF	mdf	Medium density fiberboard

# 1 Introduction

Dans le cadre du cours de GNG 2501, introduction à la gestion et au développement de produits en génie et en informatique, un coupe-ongle automatisé a été conçu pour répondre aux besoins des patients de Dr. Hillel Finestone, un physiatre de l'hôpital Elizabeth-Bruyère. Ce coupe-ongle de pieds accessible peut être utilisé par les patients à mobilité réduite afin de leur offrir plus d'autonomie. Ce produit a été développé pour être sécuritaire, abordable, durable ainsi qu'adaptable aux grandeurs de pieds et aux inconvénients des patients. Suite à la première rencontre avec le client, qui a eu lieu le 22 janvier 2021, il a été possible d'entamer le processus de conception en génie qui consiste de 2 boucles essentielles: la boucle de raffinement du problème et la boucle de persévérance. Avant même de débiter le projet, des hypothèses ont été formulées. Tout d'abord, il a été estimé que le produit qui allait être créé pourrait être universel, c'est-à-dire utilisable par n'importe quel utilisateur. De plus, il a été déterminé que le produit qui allait être créé soit sécurisé et ne causerait donc aucune blessure aux utilisateurs.

Ce manuel d'utilisation et de produit (MUP) fournit les informations nécessaires aux utilisateurs ainsi qu'aux clients (centre de physiothérapie, centre communautaire, personne à mobilité réduite/avec limitation, etc) pour utiliser efficacement le Lime d'Or et pour documenter le prototype. Ce document traite du prototype final de façon compréhensive en spécifiant les détails de construction, son fonctionnement, son utilisation, la maintenance qui lui est nécessaire et les recommandations indispensables pour les projets futurs.

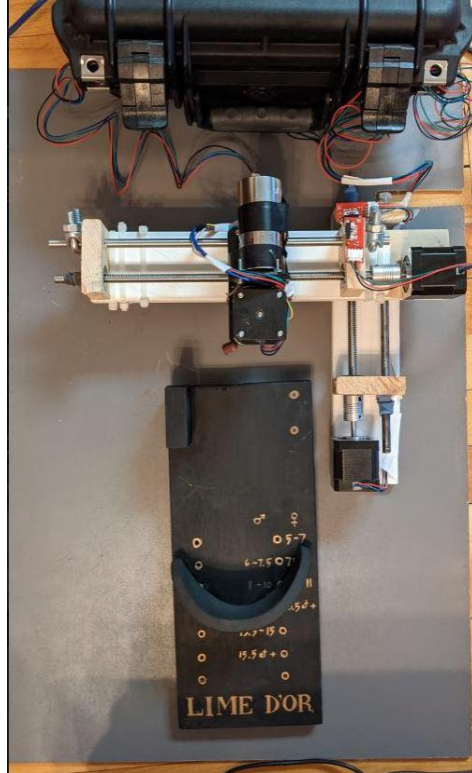
## 2 Aperçu

La routine quotidienne comme le brossage des dents, le lavage des cheveux et le coupage d'ongles d'orteils sont des tâches très faciles à faire pour la majorité des personnes, mais pour certaines personnes avec des handicaps, des maladies ou juste d'âge avancé, elles peuvent poser un très grand défi. Comme plusieurs autres institutions, l'hôpital Élisabeth-Bruyère, un centre de soins subaiguës, tient au bien-être de ses patients. Dr. Hillel Finestone, le client de ce projet et un physiatre de cet hôpital, a expliqué que plusieurs d'entre-eux souffrent de problèmes neuro-vasculaires, de malformations, de maladies nerveuses, d'arthrites, de maladie des hanches, de troubles de visions, etc. Lors de rendez-vous avec ses patients, Dr. Finestone a remarqué que leurs ongles d'orteils sont longs et épais, puisqu'ils ne peuvent les atteindre à cause de leurs limitations. Les employés ne peuvent pas les couper pour eux, car cette tâche n'est pas comprise dans leurs obligations de travail. Par contre, il existe des infirmières et des podiatres qui répondent à des appels chez les patients, mais ces services sont coûteux. Ces personnes méritent d'avoir accès à des services essentiels sans dépenser une fortune.

C'est pourquoi, un coupe-ongle de pieds accessible pouvant être utilisé par les personnes à mobilité réduite afin de leur offrir de l'indépendance a été créé. Ce coupe-ongle a été développé pour être sécuritaire, abordable, durable ainsi qu'adaptable aux grandeurs de pieds et aux incommodités des patients.

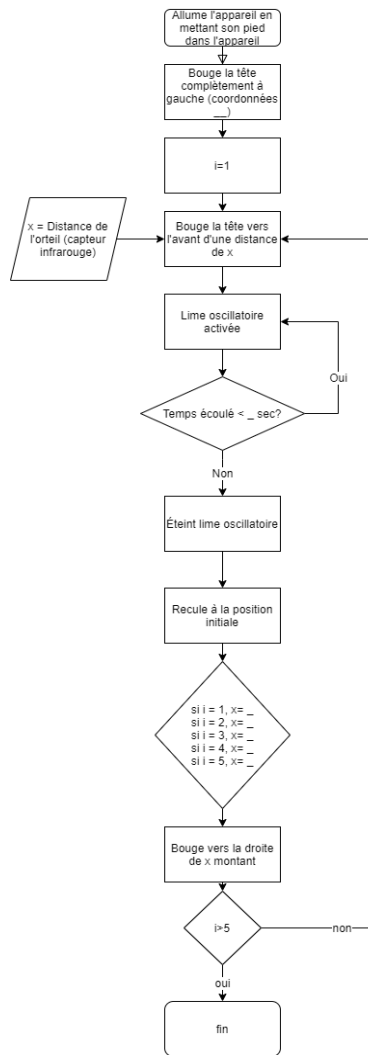
Les produits similaires, présentement sur le marché, ne répondent pas à tous les besoins de ces personnes. Le Lime d'Or se démarque par sa combinaison de trois sous-systèmes qui fonctionnent ensemble pour créer un coupe-ongle utilisable par tout le monde. Sa fonction principale est de limer les ongles des patients en toute sécurité et confort afin de permettre aux clients de retrouver leur autonomie. Premièrement, ce produit possède un système qui permet de faire bouger la lime sur plusieurs axes afin de d'assurer un mouvement fluide et efficace. Deuxièmement, à l'aide de plusieurs composantes électroniques (moteur, capteur ultrason, etc) le système qui permet de faire bouger la lime est complètement automatisé et opérationnel à l'aide d'une prise de courant tout simplement. Pour conclure, afin de maintenir le pied en place lors du processus visant à limer les ongles, un support à pied a été conçu pour s'adapter à diverses tailles de pieds. Ce sous-système est un grand avantage puisqu'il est universel et il permet à une très vaste majorité de personnes d'utiliser le produit. Le lime d'Or permet de retrouver un sentiment d'autonomie ainsi que de liberté puisque l'intervention humaine est très peu nécessaire.





**Figure 1: Photo du prototype final**

Une fois que l'utilisateur aura placé son pied sur le support, la machine peut être mise en marche. Tout d'abord, en se déplaçant sur les systèmes de rails, la lime se mettra en mouvement dans l'espace afin de trouver son point de départ. Ce processus permet de se calibrer avant de commencer à analyser la distance à laquelle les orteils peuvent se trouver de la lime. Une fois la calibration effectuée, la lime ira se positionner directement face à l'orteil le plus proche du support situé à la gauche. Grâce à un capteur ultrason, la lime pourra avancer jusqu'à entrer en contact avec l'ongle afin de retirer de la matière. Le processus sera répété pour les 4 autres orteils. Grâce aux séparateurs d'orteils que le client portera, la lime se déplacera toujours de la même distance en chaque orteil, ce qui assurera une coupe efficace et constante. Il suffit maintenant de suivre le même processus pour l'autre pied.



**Figure 2: Diagramme à flèche qui représente le fonctionnement de la machine**

## 2.1 Conventions

Afin d'assurer l'universalité du produit, le support est adaptable à diverses grandeurs de pieds. Il s'agit simplement de fixer le support en mousse pour talon dans les trous qui correspondent à la bonne pointure. Pour ce faire, à côté de chaque trou, les pointures pour femmes et pour hommes ont été indiquées. Par convention, elles sont de taille US allant de 5 à 11 pour femmes et de 6 à 15 pour hommes.

## 2.2 Mises en garde et avertissements

Les directives relatives au fonctionnement en toute sécurité du prototype sont simples et logiques pour la plupart des utilisateurs. Il n'y a fondamentalement aucun danger significatif lié au

fonctionnement du prototype. Par contre, comme tout produit, il y a certaines instructions à suivre pour assurer la sécurité de tout utilisateur et la longue durée de vie du produit:

1. Garder le prototype loin des nouveaux-nés et des enfants sans supervision puisque certaines composantes sont petites et peuvent facilement être avalées, elles peuvent poser des risques à la santé lorsqu'elles sont mal utilisées.
2. Éviter de mettre les composantes du boîtier électronique en contact avec de l'eau ou toute autre substance liquide comme celles-ci peuvent les endommager.
3. Entreposer le prototype dans des endroits à température ambiante comme les composantes électroniques peuvent être endommagées par des températures extrêmes.
4. Tenir loin d'étincelles et de sources de chaleur, car le prototype est inflammable.
5. Éviter de toucher les fils lorsqu'ils sont dénudés à mains nues

### **3 Pour commencer**

Les sous-sections suivantes fournissent des instructions détaillées par rapport aux considérations pour la configuration, aux considérations pour l'accès des utilisateurs, à l'accès au système, à l'organisation du système et la navigation ainsi que l'information pour quitter le système.

#### **3.1 Considérations pour la configuration**

Il est important de bien configurer l'équipement avant de l'utiliser. Voici une brève description des étapes à suivre avant de commencer à utiliser la Lime d'Or.

##### À domicile privé

1. Il est recommandé d'utiliser le Lime d'Or après avoir pris une douche ou un bain pour adoucir les ongles d'orteils.
2. Avant la première utilisation, une personne devrait ajuster le support pour le talon en le reculant ou en l'avancé afin que tous les orteils du patient dépassent de la plateforme noire.
3. Lorsque le patient voudra couper ses ongles d'orteils, il devra insérer les séparateurs d'orteils sur son pied.
4. Placer le talon dans le support pour talon puis accoter son pied sur l'accotoir qui est situé à la gauche.
5. S'assurer de ne pas bouger le pied lors de la coupe des ongles d'orteils.

##### Dans un centre communautaire

1. Les étapes 2 à 5 précédentes sont répétées avec l'aide d'un préposé.
2. Nettoyer après chaque utilisation.

## **3.2 Considérations pour l'accès des utilisateurs**

Les utilisateurs visés par ce produit sont les personnes à mobilité réduite, ce qui inclut les personnes âgées et les personnes atteintes de maladies neuro-vasculaires, de malformations, de maladies nerveuses, d'arthrite, de maladies des hanches, de troubles de la vision, etc. Ces utilisateurs ne peuvent pas atteindre leur orteils dû à des limitations, donc le système a été créé pour être le plus automatisé possible. Malgré tout, certains utilisateurs ne vont pas pouvoir mettre les séparateurs d'orteils tout seul ou ajuster le côté du support à pied lorsqu'il le faut. Il est donc important d'avoir un ami ou un membre de la famille pour aider l'utilisateur lors de l'utilisation du Lime d'Or ou de l'utiliser dans un centre communautaire ou de physiothérapie pour obtenir l'aide d'un préposé.

## **3.3 Accéder au système**

Pour accéder au système, d'après notre prototype courant, il ne suffit que de brancher l'appareil et il commencera son initialisation des axes. Cependant, d'après nos plans futurs, pour allumer le système, il y aura un interrupteur facilement accessible par le préposé aidant le patient(e). De plus des commutateurs permettant de choisir la taille du pied ainsi que lequel (gauche / droite) sera implémenté pour permettre à tous d'utiliser la machine.

## **3.4 Organisation du système & navigation**

Puisque notre coupe-ongle est automatique, il n'y a pas de navigation du système, car après l'avoir initialisé, il ne faut rien faire.

## **3.5 Quitter le système**

Il faut simplement appuyer sur le bouton d'arrêt/marche, les moteurs peuvent supporter un arrêt brusque ou d'urgence.

# **4 Utiliser le système**

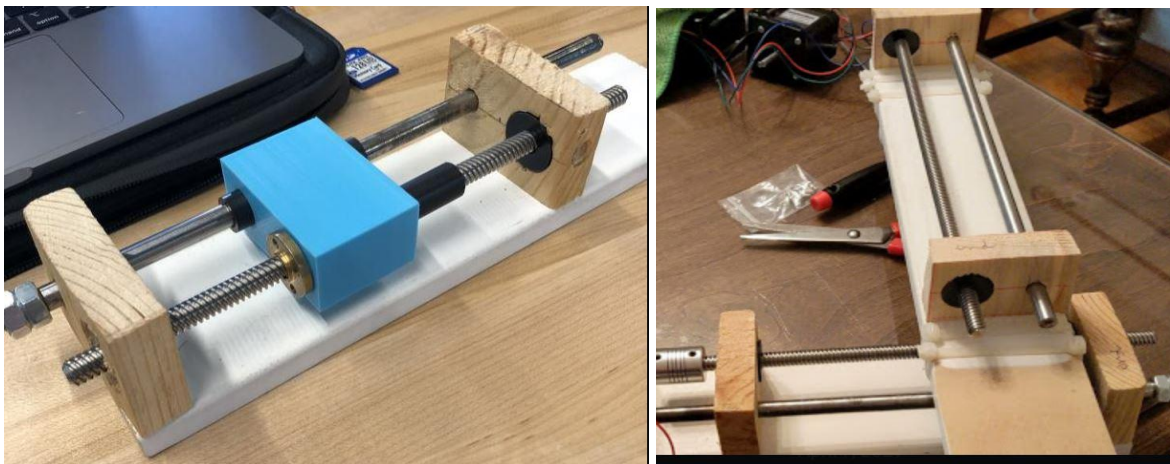
Les sous-sections suivantes fournissent des instructions détaillées, étape par étape, sur la façon d'utiliser les diverses fonctions ou caractéristiques du système de contrôle, du système de réduction de l'ongle et du système pour le support du pied.

## **4.1 Fonction du système de contrôle**

Le système de rails du prototype permet à la lime de se déplacer sur 2 axes afin d'avoir une coupe précise et adaptée à chaque utilisateur. Tout d'abord, pour faire avancer ou reculer la lime, il faut simplement tourner le leadscrew, soit dans le sens horaire ou antihoraire, ce qui va

mettre le système en marche. Ce mouvement d'avant-arrière est possible grâce à la vis dorée qui est connectée à l'impression 3D (bloc bleu dans l'image). L'impression 3D est le seul élément qui relie les deux systèmes de rails ensemble de manière perpendiculaire. Ce qui veut dire que lorsque la vis dorée se déplace sur le leadscrew, l'impression 3D fait de même ce qui permet à la lime d'avancer ou de reculer. Pour ce qui est du système de rail situé sur le dessus, il s'agit du même principe qui vient d'être expliqué mise à part le fait qu'au lieu de se déplacer d'avant en arrière, ce système fera déplacer la lime de gauche à droite. Une autre impression 3D, identique à celle dans la figure 3, se trouve sur le système de rail supérieur. De plus, afin que les impressions 3D puissent se déplacer avec le moins de friction possible, la leadscrew ainsi que la rod seront insérés dans les sleeves et ils viendront par la suite se placer dans les trous des impressions 3D. Pour conclure, une roue est ajoutée à l'extrémité du système de rail supérieur pour ajouter de la stabilité aux systèmes.

Ce système de rail mécanique contrôle le déplacement de la lime de façon automatique grâce aux moteurs steppers qui bougent d'après le code. Ce code permet de bouger d'une distance constante précalculée dans l'axe des X (gauche à droite) entre chaque orteil grâce aux séparateurs d'orteils. (il faut toutefois indiquer au code quel pied est dans la machine) Dans l'axe des Z (avant-arrière) un capteur à ultrasons est utilisé pour calculer la distance à avancer. Finalement, des endstops sont utilisés pour mettre à zéro la machine lors de l'initialisation.



**Figure 3: Sous-système de contrôle du mouvement de la lime**

## **4.2 Fonction du système de réduction de l'angle**

Le système de réduction de l'angle utilise une lime cylindrique recouverte d'un papier sablé qui permet de tailler l'angle avec un mouvement avant-arrière oscillant ce qui minimise le risque de blessure pour l'utilisateur. Afin d'utiliser la lime, il ne faut qu'allumer la machine et la laisser faire sa magie. La lime est contrôlée par un moteur stepper retrouvé au-dessus du chariot

sur l'axe supérieur du système. Ce moteur est activé à chaque fois que la machine se trouve directement devant un ongle. La machine limera pour une durée de 30 secondes pour chaque orteil.



### 4.3 Fonction du support à pied

Le support à pieds est une planche de bois avec des trous qui indiquent l'emplacement du support à talon selon la pointure du pied et des trous pour l'accotoir. Il a pour but de garder le pied stable pendant que la machine est en marche, de faire en sorte que les orteils dépassent du support afin que la lime puisse les atteindre et de s'assurer que le pied commence toujours à la même position horizontalement. Afin d'utiliser le support à pied de la bonne manière, il faut:

1. Commencer par bouger le support à talon, selon la pointure de pied de l'utilisateur. Il est important de s'assurer que tous les orteils dépassent du support, surtout le petit orteil.
2. Pour accoter le pied droit, plus précisément le gros orteil de ce pied, il faut placer le morceau de bois qui sert d'accotoir à gauche.
3. Une fois le pied droit terminé, il faut mettre l'accotoir dans les trous de droite afin que le pied gauche soit bien accoté.



Figure 4: Image du support à pied

## **5 Dépannage & assistance**

En cas d'erreur, il y a certaines procédures à suivre afin d'assurer le bon fonctionnement du produit. Il est également important d'effectuer un entretien régulier du produit. Les prochaines sections informent l'utilisateur sur le comportement d'erreur, les considérations spéciales à prendre lors d'un dépannage, l'entretien à faire et la meilleure façon d'obtenir de l'assistance au besoin.

### **5.1 Messages ou comportements d'erreur**

Malgré que le produit a été créé pour être extrêmement durable, celui-ci est tout de même susceptible de se briser s'il n'est pas utilisé de la bonne façon. Tout d'abord, le positionnement du pied sur le support est crucial, puisque si celui-ci n'est pas placé de la bonne manière, une très grande force peut être appliquée sur la lime, ce qui peut entraîner une déformation ou même un bris. Afin d'éviter que la pièce se brise, il est fortement recommandé de placer le support pour talon à la distance adaptée à la peinture de l'utilisateur. De plus, afin que ce dernier puisse profiter d'une coupe d'ongle efficace en toute sécurité, il est recommandé de changer la partie qui enlève la matière à toute les 15-20 utilisations. Si cela n'est pas effectué, le papier sablé pourrait se déchirer en pleine utilisation, ce qui pourrait blesser le client ou bien rendre la coupe complètement inutile puisque les grains du papier sablé seraient trop fins pour enlever de la matière.

### **5.2 Considérations spéciales**

Lorsque le patient utilisera le système de coupe d'ongle, il est fortement recommandé d'enlever tous bijoux qui pourraient se trouver sur la cheville ou même des orteils du patient. Cette mise en garde permet d'assurer une sécurité supplémentaire pour l'utilisateur afin d'éviter que ce genre de bijou puisse interférer avec le mécanisme de la coupe d'ongle.

### **5.3 Entretien**

Comme le produit est destiné à être utilisé dans des centres communautaires ou de physiothérapie, plusieurs utilisateurs sont susceptibles d'utiliser la même machine. Il est donc important de se rappeler de désinfecter la machine entre chaque utilisation avec une lingette humide désinfectante, un nettoyant désinfectant, etc. Plus l'utilisateur prendra le soin de désinfecter et de laver la machine, plus celle-ci sera efficace. Si une défaillance survient, le propriétaire n'aura qu'à appeler notre compagnie pour l'avertir qu'un entretien plus approfondi doit être effectué.

## 5.4 Assistance

Puisque la sécurité des patients est primordiale, des mesures ont été prises afin qu'en cas de problèmes ou d'inconfort lors de la coupe des ongles d'orteil, le patient puisse facilement enlever son pied. Si le client est dans l'impossibilité d'effectuer cette tâche, un bouton d'arrêt sera mis à la disposition de l'utilisateur afin de rapidement éteindre le système. Si un problème technique survient, puisque le système se situera soit dans un centre communautaire ou une clinique de physiothérapie, le client n'aurait qu'à avertir la personne responsable pour venir l'aider. Si après plusieurs tentatives le produit ne fonctionne toujours pas, il est possible d'entrer en contact avec la préposée au support technique qui peut être rejointe au : 819-\*\*\*-\*\*\*\* ou au \*\*\*\*\*@uottawa.ca

## 6 Documentation du produit

Dans la section suivante du document, il est possible de trouver une explication détaillée de comment le prototype a été construit. Ceci inclut les considérations de conceptions et les calculs. Pour faciliter la compréhension du processus de construction et des composantes utilisées, cette section a été divisée en trois catégories: le système mécanique, le système électronique et le support pour le pied. De plus, pour faciliter la recreation de ce produit par de futurs designers, ces catégories ont également été divisées en trois sous-sections, soit la liste des matériaux, la liste des équipements et les instructions.

### 6.1 Sous-système de contrôle

#### 6.1.1 LDM (Liste des Matériaux)

Table 2 - Liste des matériaux nécessaire au sous-système de contrôle

Matériaux	Description	Quantité	Prix unitaire	Prix calculé	Où l'acheter
Bois	Support du lead screw et du rod	1	0.99	0.99	-
Planche de mdf (2 pieds)	Support du système	1	1.1538	1.1538	<a href="#">METRIE</a> <a href="#">Cadrage en MDF apprêté,</a> <a href="#">paquet de 10</a> <a href="#">MFP492BP  </a> <a href="#">RONA</a>



Delrin (acetal)	Permet de soutenir les lead screws et les rods. Faire glisser l'impression 3D	1	3.95	3.95	<a href="#">Black Delrin® Acetal Resin Rod, 7/8" Diameter   McMaster-Carr</a>
Lead screw (diamètre 8mm)	Permet à la tête de bouger sur les rails	2	2.74	5.48	<a href="https://goo.gl/dk2N9K">https://goo.gl/dk2N9K</a>
Rod (diamètre 8mm)	Permet à la tête de bouger sur les rails	1	6.89	6.89	<a href="https://www.rona.ca/fr/wolverine-tuyau-de-cuivre-0773-0144042">https://www.rona.ca/fr/wolverine-tuyau-de-cuivre-0773-0144042</a>
Vis	Tenir le bois avec le mdf	4	0.97	3.88	<a href="#">Paulin Vis SEMS #10 x 3/4" tête Phillips ovale petite tête chromée   Home Depot Canada</a>
PLA roll	Fabriquer les pièces 3D	1	9.00	9.00	<a href="https://goo.gl/fakelink">https://goo.gl/fakelink</a>
Roue arrière	Pour supporter le poids des moteurs	1	1.76	1.76	<a href="#">uxcell 4Pcs Swivel Fixed Casters 1 inch 1.25 inch 1.5 inch 2 inch Nylon Wheels White Furniture Industrial Light Duty Caster Casters  - AliExpress</a>
Tie-wrap	Tenir la roue en place et les planches	6	0.01	0.06	<a href="#">Self locking plastic nylon tie 100 PCS black</a>

					<a href="#">Fastening Strap Cable Tie Set cable zip tie fastening ring3X200 zip wraps strap tie Cable Ties  - AliExpress</a>
Couplings	Permet de relier le moteur aux leadscrews	2	0.60	1.20	<a href="https://goo.gl/YPHCY6">https://goo.gl/YPHCY6</a>
Stepper motors	Permet de faire bouger la lime	3	11.89	35.67	<a href="https://goo.gl/mzZvUh">https://goo.gl/mzZvUh</a>
Fils électriques	Permet le transport de l'électricité	1	1.17	1.17	<a href="#">Dupont – fil de raccordement de câbles électriques, de 30, 20 ou 10cm, en cuivre mâle à mâle, femelle à mâle, femelle à femelle, pour Arduino   AliExpress</a>
Protoboard	Tester si les circuits électriques sont fonctionnels	-	2.21	2.21	<a href="#">Panneau de pain PCB blanc/Transparent, 830 points, sans soudure, Test MB102 bricolage emballage   AliExpress</a>
Double sided tape	Permet de coller des composantes électroniques ensemble	1	1.3	1.3	<a href="#">China Double Sided Tape (resist high temperature) - China Double Sided Tape and Double Sided</a>

					<a href="#">Tissue Tape price (made-in-china.com)</a>
Bloc d'alimentation 24V	Permet de fournir le courant nécessaire pour faire fonctionner la machine	1	3.25	3.25	<a href="#">Alimentation électrique, transformateur 220V à 12V, cc 12V 5V 6V 8V 9V 10V 12V 13V 14V 15V 24V 1A 2A 3A 5A 6A 8A adaptateur pilote   AliExpress</a>
DRV8825	Facilite la connexion entre les moteurs et le arduino	3	2.02	6.054	<a href="#">Moteur pas à pas drv8825, 5 pièces/lot, pour rampe, pilote de moteur pas à pas, radiateur, unité d'impression, chauffage, 4 couches PCB, panneau violet   AliExpress</a>
Total					84.02\$

### 6.1.2 Liste d'équipements

- Perceuse sans fil
- Mèche 5/16 pouce et 7/8 pouce
- Tournevis
- Scie électrique
- Scie à main
- Tour
- Imprimante 3D
- Étau
- Multimètre

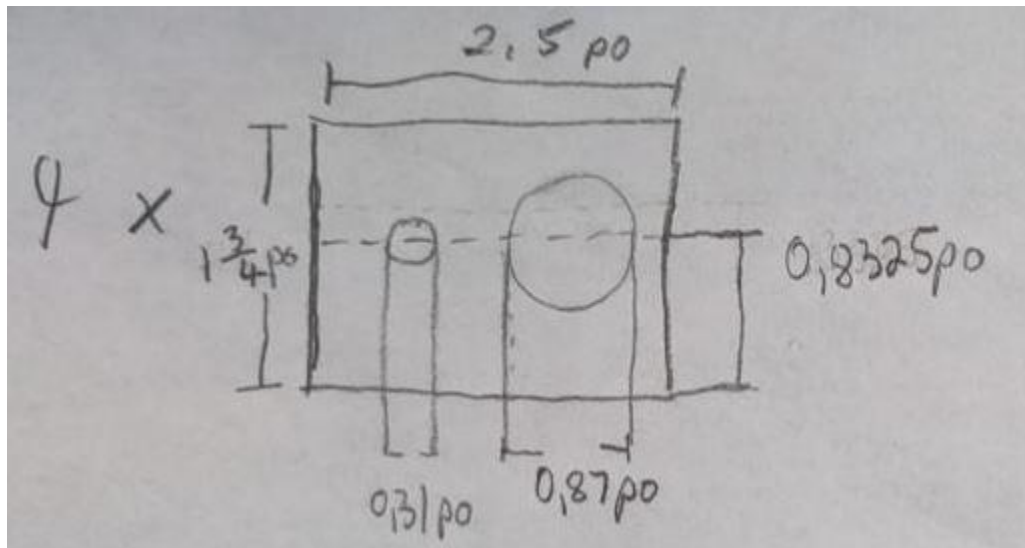
- Wire cutters

### 6.1.3 Instructions

#### Partie mécanique

##### Préparation du matériel

1. S'assurer d'avoir tous les matériaux indiqués dans la liste de matériel.
2. Prendre la planche de bois et puis faire les coupes nécessaires (voir image) aux dimensions qui sont mentionnées à l'aide de la scie électrique. Lorsque le morceau devient trop petit et que ça devient dangereux d'utiliser la scie électrique, il est préférable de mettre la pièce dans un étau puis de la couper avec une scie à main. Faire ce processus afin d'obtenir 4 morceaux de bois de forme rectangulaire.

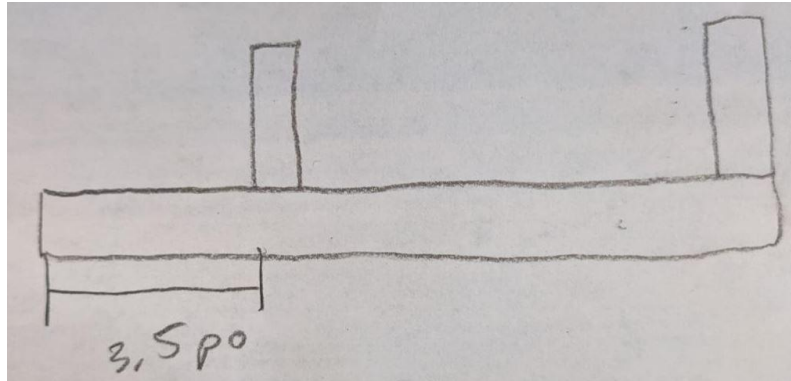


**Figure 5: Plan des dimensions des petits morceaux de bois**

3. Prendre la planche de mdf puis faire des coupes à l'aide de la scie électrique afin d'avoir une planche de longueur de 10.5 pouces et une planche de longueur de 13 pouces.
4. Une fois les coupes faites, il suffit de faire les trous aux endroits appropriés à l'aide de la perceuse sans fil. Un des trous sera fait avec la mèche de 5/16 pouces et l'autre avec la mèche de 7/8 pouces. Répéter le processus pour les 3 autres morceaux.
5. À l'aide d'une tour, prendre les morceaux de delrin puis ajuster les dimensions nécessaires, diamètre intérieur (5/16 pouce), diamètre extérieur (7/8 pouce) et longueur (11/16 pouce), afin de faire les bushings. Répétez ce processus 3 autres fois.
6. À l'aide de la tour, prendre les morceaux de delrin puis ajuster les dimensions nécessaires, diamètre extérieur (1/2 pouces), diamètre intérieur (5/16 pouces) et longueur (1 pouce), afin de faire les sleeves. Répéter ce processus 3 autres fois.

## Construction et assemblage

1. Prendre un des quatre morceaux de bois puis le placer à une des extrémités de la planche de mdf. Prendre 2 vis, 10 x 3/4, puis à partir du dessous, visser le morceau de bois à la planche de mdf. S'assurer que la tête des vis ne dépasse pas en dessous.
2. Toujours sur la même planche prendre un autre morceau de bois puis le visser sur le mdf avec la même technique que pour l'étape 1, mais le morceau de bois doit être placé à 3.5 pouces de l'autre extrémité. S'assurer que les trous soient alignés l'un avec l'autre et qu'ils soient alignés avec les mêmes dimensions de trou.



**Figure 6: Plan de l'assemblage du système de contrôle**



**Figure 7: Squelette du système de contrôle**

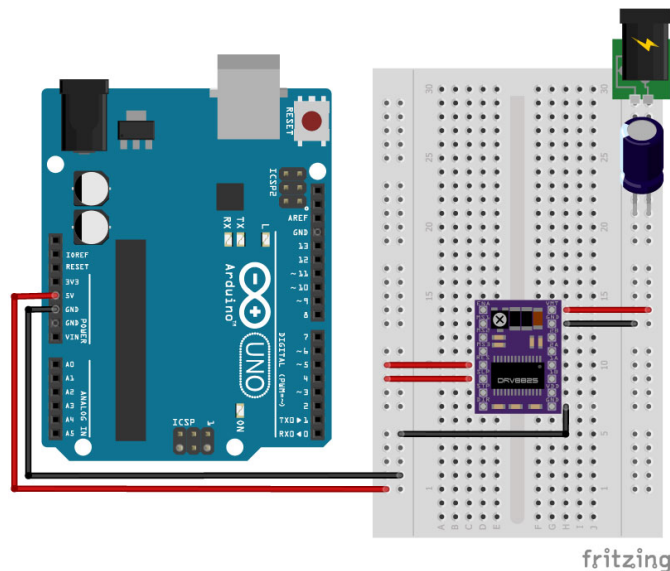
3. Répéter les étapes 1 et 2 pour l'autre planche de mdf.
4. Prendre la colle de marque Gorilla puis en appliquer partout sur la surface extérieure du bushing. Insérer le bushing dans le trou qui lui est réservé et laisser sécher pendant une minute. S'assurer que les bushings arrivent complètement avec le même niveau (flush) avec les morceaux de bois. Répéter avec tous les bushings restants.

5. Prendre la colle de marque Gorilla et en appliquer partout sur la surface extérieure de la sleeve puis insérer la pièce dans un des deux trous de l'impression 3D. Répéter le même processus pour l'autre sleeve.
6. Prendre une des deux planches et insérer la rod dans le trou de 5/16 pouces et solidifier en place des deux côtés, puis insérer la leadscrew dans le bushing. Insérer la rod et le leadscrew à l'intérieur des sleeves qui sont situés dans les trous de l'impression 3D. Insérer la rod et la leadscrew dans leur trou respectif de l'autre côté.
7. À l'aide la colle Gorilla, coller la vis (qui est située sur le leadscrew) sur la face de l'impression 3D.
8. Répéter les étapes 5 à 7 pour l'autre planche de mdf.
9. Prendre la planche de 13 pouces de longueur avec le système puis la placer sur l'impression 3D qui est sur la planche de 10.5 pouces, qui elle, est placée perpendiculairement à l'autre planche. À l'aide de 3 tie wraps, fixer les deux systèmes ensembles.
10. Ajouter une roue sur l'extrémité de la grande planche à l'aide de tie wraps. Bloquer la rotation de celle- ci.

## Partie électronique

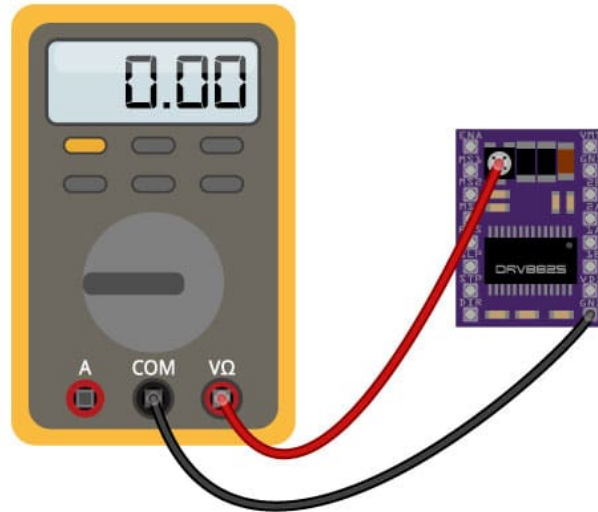
### Préparation du matériel

1. S'assurer d'avoir tous les matériaux indiqués dans la liste de matériel
2. Assigner la bonne limite de courant au trois pilotes DRV8825:
  - a. Faites très attention, car ils brûlent ou surchauffent facilement.
  - b. En utilisant un Arduino et un bloc d'alimentation de 24V, recréer ce circuit (de Bakker, s.d.) sur une plaque d'expérimentation (ignorer le capaciteur):



**Figure 8: Schéma de câblage de la limite de courant pour le pilote DRV8825**

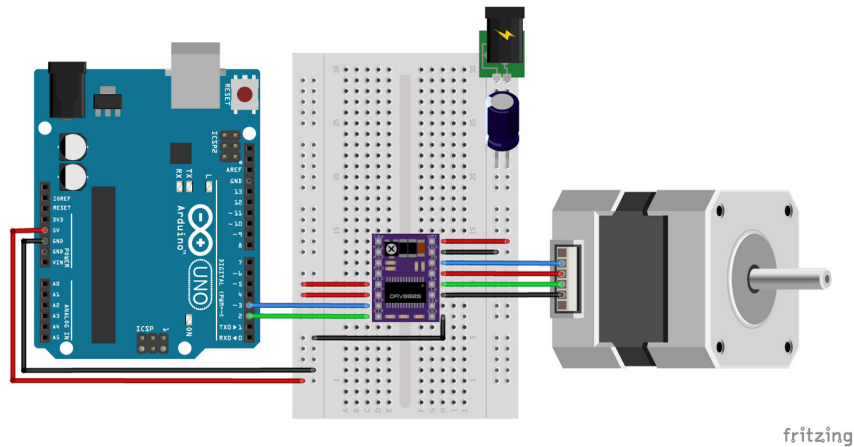
- c. En utilisant un tournevis ajuster la résistance du pilote pour qu'un voltage de 1,2V soit détecté en utilisant un multimètre (mode V) dans cette configuration (de Bakker, s.d.):



**Figure 9: Schéma de points de sonde Vref (GND et potentiomètre)**

Construction et assemblage

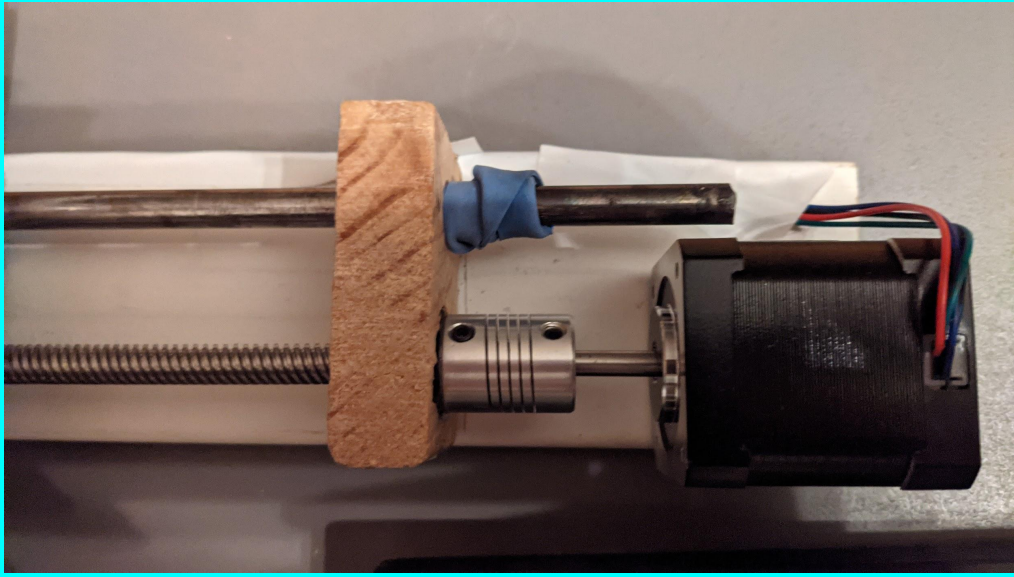
1. Configurer les trois moteurs de cette manière (de Bakker, s.d.) en utilisant une grande plaque d'expérimentation (et éventuellement protoboard). Branchez les fils de DIR et STEP (vert et bleu respectivement) dans les ports digitaux de l'Arduino de cette manière:
  - i. Stepper en X: 2 et 3
  - ii. Stepper en Y: 6 et 7
  - iii. Stepper en Z: 4 et 5





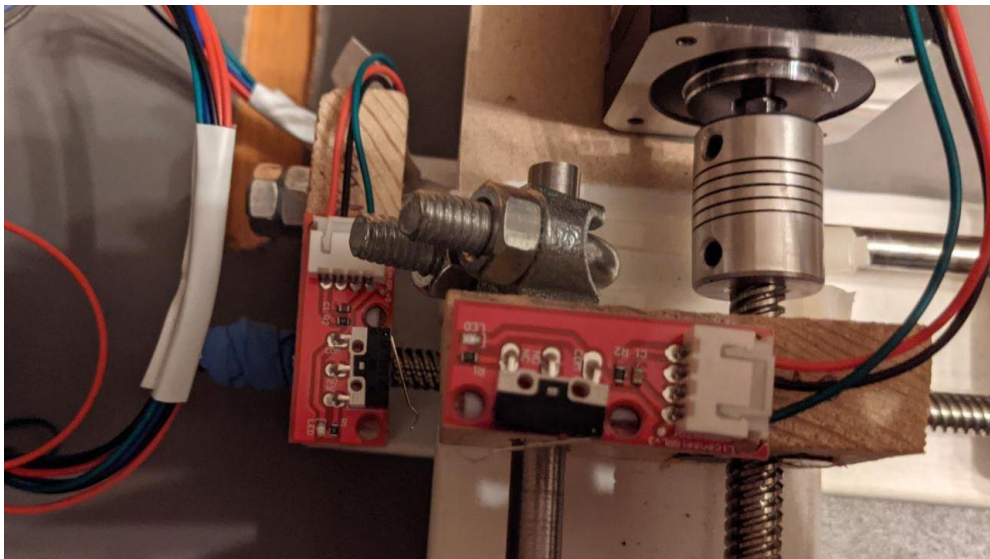
**Figure 10: Schéma de câblage / schéma pour pilote de moteur pas à pas DRV8825 avec Arduino et moteur pas à pas**

2. Déposer les moteurs sur les bases. Connecter les moteurs des axes et les lead screws aux couplings et ensuite solidifier les moteurs en place.



**Figure :**

3. Ajouter les endstops sur les bases avec du ‘double-sided tape’ et connecter la pin rouge à l’alimentation sur la plaque d’expérimentation, la pin noire au ground et la pin verte à une pin digitale de l’Arduino:



- i. Pour l’axe des X (gauche-droite): 9
- ii. Pour l’axe des Z (avant-arrière): 10



## 6.2 Sous-système de réduction de l'ongle

### 6.2.1 LDM (Liste des Matériaux)

Table 3 - Liste des matériaux nécessaire au sous-système de réduction de l'ongle

Matériaux	Description	Quantité	Prix unitaire	Prix calculé	Où l'acheter
Lime	Permet de couper les ongles des utilisateurs	1	11.15	11.15	<a href="#">Karlash Bandes abrasives professionnelles marron grain moyen + 2 mandrins gratuits (1 paquet): Amazon.ca: Beauté</a>
Capteur ultrasonic	Capteur permettant de déterminer la distance à une objet	1	3.95	3.95	<a href="https://www.sparkfun.com/products/15569">https://www.sparkfun.com/products/15569</a>
Colle gorilla	Permet d'assembler certaines pièces ensemble	1	5.88	5.88	<a href="#">2 x 3G Gorilla Super Colle: Amazon.ca: Outils et Bricolage</a>
Total				20.98\$	

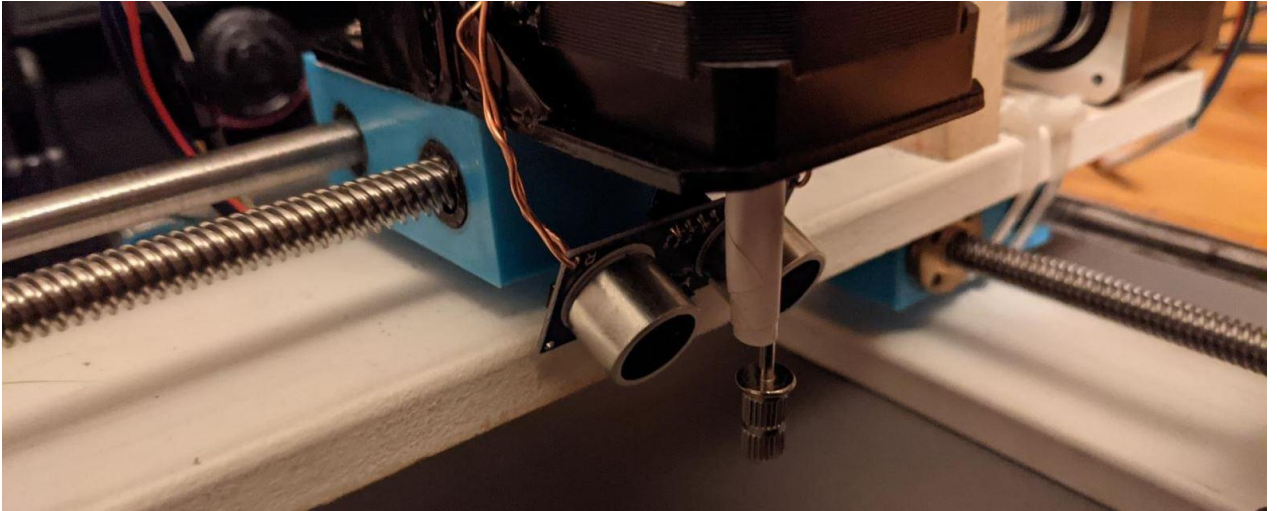
### 6.2.2 Liste d'équipements

- Multimètre

### 6.2.3 Instructions

1. Suivre les étapes de la section précédente pour faire fonctionner le moteur.
2. Solidifier la la lime sur la pointe du moteur avec du ruban adhésif ou autre permettant à la lime d'avoir un mouvement révolutionnaire plutôt que rotationnel.
3. Utiliser deux brackets de moteurs pour solidifier le moteur et la lime au-dessus du chariot.
  - a. Visser les deux brackets ensemble dos à dos.
  - b. Sur un côté, y visser le moteur laissant la lime ressortir en dessous.

- c. Visser l'autre côté des brackets sur le chariot en faisant attention à ne pas casser le plastique.
4. Pendre le capteur à ultrasons sous le moteur derrière la lime.
5. Faire tout le filage (moteur déjà expliqué, ultrason:
  - a. Trig: A0
  - b. Echo: A1
  - c. 5V et GND sur la plaque d'expérimentation



## 6.3 Sous-système du support à pied

### 6.3.1 LDM (Liste des Matériaux)

- Clou (x2)
- Colle à bois
- Bois
- Bâtonnets de bois 3/16"
- Mousse<sup>1</sup>

### 6.3.2 Liste d'équipements

- Scie
- Papier sablé
- Perceuse
- Marteau
- Règle ou ruban à mesurer

---

<sup>1</sup> Pour ce projet, des genouillères (knee pads) de taille 15cm x 19cm ont été utilisées.

- Aiguiseur
- X-Acto
- Crayon
- Peinture (facultatif)
- Pinceaux (facultatif)

### 6.3.3 Instructions

1. À l'aide d'une scie, couper une planche de bois de dimension 15cm x 35cm
2. Sabler les côtés de la planche pour obtenir un meilleur fini
3. Marquer l'emplacement des 12 trous sur la planche à l'aide d'une règle et d'un crayon. Utiliser l'image suivante comme référence : chaque paire de trous se trouve à une distance de 2,2cm de la précédente tandis que la colonne de trous de à gauche se trouve à 8cm de celle à droite. Aussi, la première paire de trous se trouve à 17cm du bord de la planche.

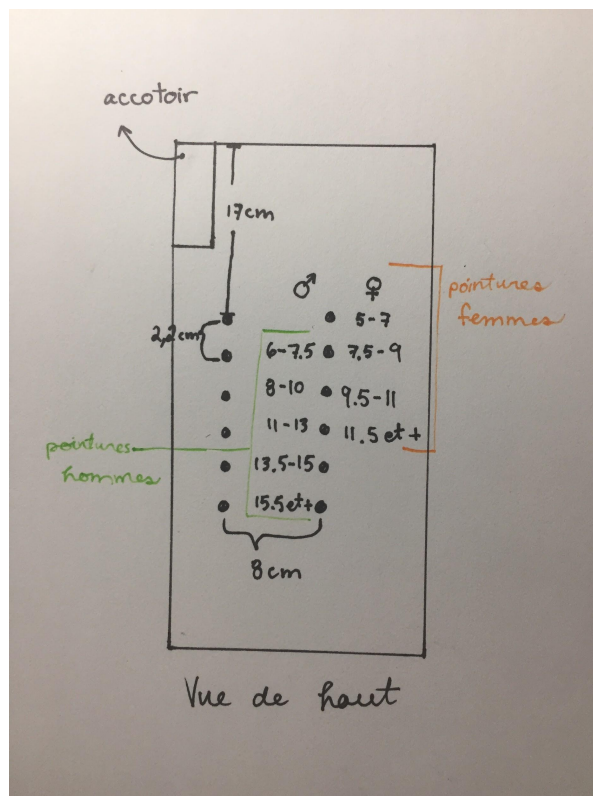


Figure 11 : Plan pour les mesures du support

4. Utiliser une perceuse avec une mèche 3/16'' pour faire les trous
5. À l'aide d'une scie, tailler un autre morceau de bois de dimension 5cm x 5cm
6. Fixer ce petit morceau dans le coin de la planche (le plus loin possible des trous) avec de la colle à bois

7. Une fois sec, ajouter 2 clous pour s'assurer que la pièce est bien fixée
8. À l'aide d'un X-Acto, découper une genouillère en mousse pour lui donner une forme appropriée pour un talon
9. Couper deux bâtonnets de 3/16" de diamètre à une longueur d'environ 5cm chacun et aiguiser légèrement les bouts pour les rendre plus fins ce qui facilite leur insertion dans le support
10. Insérer les bâtonnets dans la mousse et mettre un peu de colle pour les maintenir en place. Une fois que le premier bâtonnet est inséré, s'assurer de placer le deuxième à une distance de 8cm afin d'être vis-à-vis des trous
11. Facultatif : Peindre le tout dans la couleur de votre choix, ajouter votre logo et les pointures à côté des trous correspondants. Veuillez vous référer à l'image ci-dessous pour voir le résultat final.



**Figure 12: Support pour le pied**

## **Essais & validation**

Il a été possible de faire des essais sur les moteurs en y appliquant différents voltages, des essais sur le capteur à ultrasons pour voir s'il peut détecter des orteils individuels, sur les limes et sur les séparateurs. Tous avec succès. Le voltage à utiliser est 24V, le capteur ultrason fonctionne, une lime moyenne est idéale et les séparateurs d'orteil en caoutchouc.

## **7 Conclusions et recommandations pour les travaux futurs**

Pour conclure, ce manuel d'utilisateur permet à n'importe quel concepteur intéressé de reproduire un coupe-ongle fonctionnel automatique possédant un système de réduction de l'ongle, un système de contrôle et un support à pied. Ce manuel décrit en détail les instructions de construction, les matériels et les équipements nécessaires, les fonctions du produits, les conseils de sécurité ainsi que les recommandations de maintenance. Ce document inclut tous fichiers de conceptions utiles à ce projet. Bref, ce coupe-ongle va permettre au gens avec certaines limitations de retrouver leur autonomie tout en répondant aux besoins de Dr. Hillel Finestone, un physiatre de l'Hôpital Élisabeth-Bruyère et en respectant ses critères de conception.

La création du projet a permis de mettre en pratique les connaissances apprises dans le cours de GNG 2501 et d'acquérir les compétences nécessaires pour créer des projets futurs qui résoudront des problèmes dans la communauté ou dans le monde. Ces compétences incluent des nouvelles connaissances en ce qui concerne le programme SolidWorks, la technologie des machines CNC, le programme qui influence le comportement du arduino ainsi que d'un CNC shield, les machines de tour et d'impression 3D. Les plus importantes leçons apprises sont la gestion du temps et la capacité à gérer des situations imprévues. Les ingénieurs sont ceux qui mettent en pratique leurs compétences scientifiques pour résoudre des vrais problèmes et avoir un vrai impact. En utilisant le processus de conception, les stratégies de travail d'équipe et la planification de projet, chacun peut réaliser son projet de rêve, que ce soit une application de gestion de temps, un bras électronique, un nouveau pont, une voiture ou bien le prochain ordinateur quantique.

Si ce projet était à refaire, quelques changements le rendraient plus efficace. Premièrement, sur le support à pied, un système de rail remplacerait le système de trou pour assurer que le produit soit adaptable à n'importe quelle grandeur de pieds. Deuxièmement, il aurait été préférable de remplacer les 4 morceaux de bois par des impressions 3D ou bien prendre du bois de meilleure qualité. Puisque les trous où passe le rod et le lead screw doivent complètement droit, une impression 3D ajouterait de la précision et de la constance d'une pièce à une autre. De plus, au lieu de prendre une perceuse à main pour faire les trous, il aurait été préférable de prendre une fraiseuse pour augmenter la précision du système de rail. Pour finaliser

ce prototype et afin qu'il soit davantage «user friendly», il faudrait rajouter une interface avec un bouton pour le pied gauche, un bouton pour le pied droit et un bouton d'arrêt. Finalement, un boîtier pour cacher les moteurs et les composantes électroniques devrait être ajouté à la conception.

## 8 Bibliographie

*Current limit wiring diagram for DRV8825 driver.* (s.d). de Bakker, B. Récupéré le 11 avril 2021, de Maker Guides, <https://www.makerguides.com/drv8825-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/>

*Vref probe points (GND and potentiometer).* (s.d). de Bakker, B. Récupéré le 11 avril 2021, de Maker Guides, <https://www.makerguides.com/drv8825-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/>

*Wiring diagram/schematic for DRV8825 stepper motor driver with Arduino and stepper motor.* de Bakker, B. Récupéré le 11 avril 2021, de Maker Guides, <https://www.makerguides.com/drv8825-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/>

# APPENDICES

## CODE

```
#include <NewPing.h>

//#include <Arduino.h>

#include "DRV8825.h"

// using a 200-step motor (most common)
#define MOTOR_STEPS 200

// configure the pins connected
#define DIRZ 4
#define STEPZ 5
#define DIRX 2
#define STEPX 3
#define DIRY 6
#define STEPY 7

#define STOPX 9
#define STOPZ 10

#define TRIGGER_PIN A0
#define ECHO_PIN A1
#define MAX_DISTANCE 20

DRV8825 stepperZ(MOTOR_STEPS, DIRZ, STEPZ);
DRV8825 stepperX(MOTOR_STEPS, DIRX, STEPX);
DRV8825 stepperY(MOTOR_STEPS, DIRY, STEPY);
```



```
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);
```

```
unsigned long previousMillis = 0;
```

```
unsigned long currentMillis = 0;
```

```
const long interval = 30000;
```

```
void setup() {
```

```
  // put your setup code here, to run once:
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  stepperZ.begin(30, 1);
```

```
  pinMode(STOPZ, INPUT);
```

```
  stepperX.begin(30, 1);
```

```
  pinMode(STOPX, INPUT);
```

```
  stepperY.begin(30,1);
```

```
  resetZ();
```

```
  resetX();
```

```
  stepperX.move(-100*25);
```

```
  eachtoe()
```

```
  stepperX.move(100*7);
```

```
  eachtoe()
```

```
  stepperX.move(100*5);
```

```
  eachtoe()
```

```
  stepperX.move(100*5);
```

```
  eachtoe()
```

```
  stepperX.move(100*3);
```

```
  eachtoe()
```

```
}
```

```
}  
  
int stat=1;  
  
int resetZ() {  
  while(1) {  
    stepperZ.move(-stat*100);  
    if(digitalRead(STOPZ)) {  
      stat=1;  
    }  
    else {  
      stat=-1;  
      return(0);  
    }  
  }  
}
```

```
int stat2=1;  
  
int resetX() {  
  while(1) {  
    stepperX.move(stat2*100);  
    if(digitalRead(STOPX)) {  
      stat2=1;  
    }  
    else {  
      stat2=-1;  
      return(0);  
    }  
  }  
}
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
}
```

```
void eachtoe() {
```

```
int distance = sonar.ping_cm();
```

```
Serial.println(distance);
```

```
stepperY.move(100);
```

```
stepperZ.move(-100*distance);
```

```
for(int i = 0; i <10; i++){
```

```
stepperY.move(-100);
```

```
}
```

```
stepperZ.move(100*distance);
```

```
}
```