PROJETS ARDUINO – PEIP2

Année scolaire 20018-2019

Imprimante « intelligente »

Etudiants : Antoine Blaud
Raphaël Chuilon

Encadrants : Pascal Masson

Ecole Polytechnique Universitaire de Nice Sophia-Antipolis, PEIP2
1645 route des Lucioles, Parc de Sophia Antipolis, 06410 BIOT

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier dans un premier temps Monsieur Pascal Masson, notre encadrant durant les cours d'Arduino, pour nous avoir encadré et accompagné pendant toute la réalisation du projet. Il a été disponible lorsque nous avions une question concernant le projet et malgré notre surconsommation en drivers, il a toujours été positif. Dans une même mesure, nous remercions Monsieur Nassim Abderrahmane, assistant Pascal Masson pendant les cours d'Arduino.

Nous remercions aussi Monsieur Roland Blaud, grand-père d'Antoine pour nous avoir grandement aidé pour la construction de l'imprimante.

Et pour finir, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés, que ça soit en répondant à nos questions ou en nous aidant lors de branchements.

SOMMAIRE

Introduction

Notre projet se nomme « imprimante intelligente ». Il a pour objectif de pouvoir écrire comme une personne avec un stylo Bic. Nous voudrions donc pouvoir analyser, puis recopier ou générer l'écriture de quelqu'un.

Nous aurons donc comme support physique une imprimante faite de toute pièce.

Nous avons choisi ce projet car tous ceux qui ont déjà fait une tâche répétitive d'écriture ont déjà rêvé de pouvoir le déléguer mais sans trouver de solution convenable. Avec notre imprimante, nous pourrons par exemple fournir un motif qui sera recopié autant de fois que nous le voulons.

Chapitre I : Présentation du projet

I.1. Définition du projet

Notre projet « Imprimante Intelligente » est une imprimante ayant pour particularité « d'imprimer » avec un stylo et non un jet d'encre.

Elle aura comme fonctionnalité principale de récupérer le contenu d'un fichier texte et de produire en sortie une page de texte écrite manuscrit avec une grande ressemblance de l'écriture d'une personne sélectionnée à l'avance (dans le cadre de ce projet nous choisirons uniquement l'écriture de Raphaël).

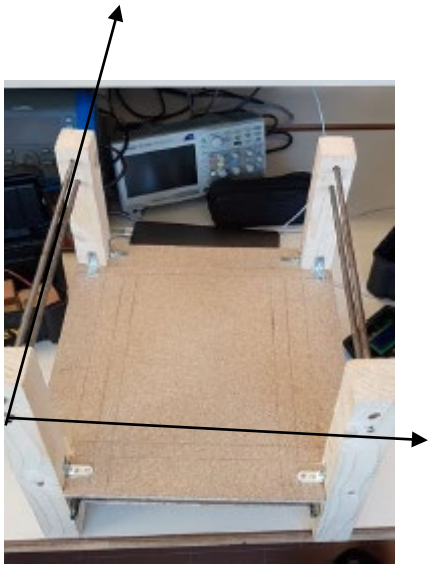
I.2. Cahier des charges

I.2.1. Besoins

4 moteurs pas à pas (3 42SHDC3025-24B)
4 drivers (pour les moteurs 42SHDC3025-24B et)
1 écran LCD 16X2
1 power supplies (source de courant)
1 RFID module
2 830 Breadboard
1 carte Arduino Xplained mini
1 extension de mémoire
1 structure imprimante en bois et fer
1 potentiomètre
3 courroies
4 poulies
8 roulements
1 ventilateur
4 capacités 1 mf

I.2.2. Description du fonctionnement

Nous allons utiliser un CNN (Convolutional Neural Network), codé en Python, afin que notre ordinateur apprenne à lire l'écriture des personnes. Pour ce faire, nous avons besoin d'une base de données comprenant des documents manuscrits par des personnes (base de données EMNIST).
Nous allons de notre côté écrire des pages de texte, utiliser un algorithme afin de récupérer le plus de mots et de lettres possible sous forme d'image parfaitement cadrées, puis de les fournir en donnée utilisable complémentaire à notre imprimante.
Quand cela sera fait, l'ordinateur communiquera avec l'imprimante via le port serial, et cette dernière fera bouger une plateforme sur notre imprimante sur des rails.



La plateforme se déplacera sur l'axe y sur des rails à l'aide d'un moteur qui entrainera une courroie. De même, la plateforme se déplacera selon d'axe x sur des rails, entraînée par une courroie. Le stylo, accroché à la plateforme, se relèvera grâce à un dernier moteur lorsque qu'il en aura besoin, pour changer de mot par exemple.

I.3. Développement du projet

I.3.1. Réflexion

Nous avons commencé par réfléchir à comment faire le mouvement d'écriture. Comme expliqué dans la description du fonctionnement, nous devions faire un chariot avec un stylo qui se déplace.

Nous devions aussi intégrer des moteurs permettant de déplacer ce chariot, et d'aller à des coordonnées précises.

Afin d'imiter l'écriture, on s'est dit qu'on devait générer une image comportant le texte et qu'on devait la transformer en points, qui seront alors transmis à la carte Arduino, puis au moteur afin de se déplacer

I.3.2. Erreurs à éviter

Nous avons aussi réfléchi à ce qui ne fallait pas faire ou alors faire attention.
Nous nous sommes dit que nous devrions faire la structure assez large afin de pouvoir écrire sur la page A4 en entière, car si nous devions faire attention aux marges alors ce serait très compliqué.
Nous nous sommes également dit que nous devions générer une image avec exactement la même taille qu'une page A4 afin d'éviter des problèmes d'échelles ou autres.

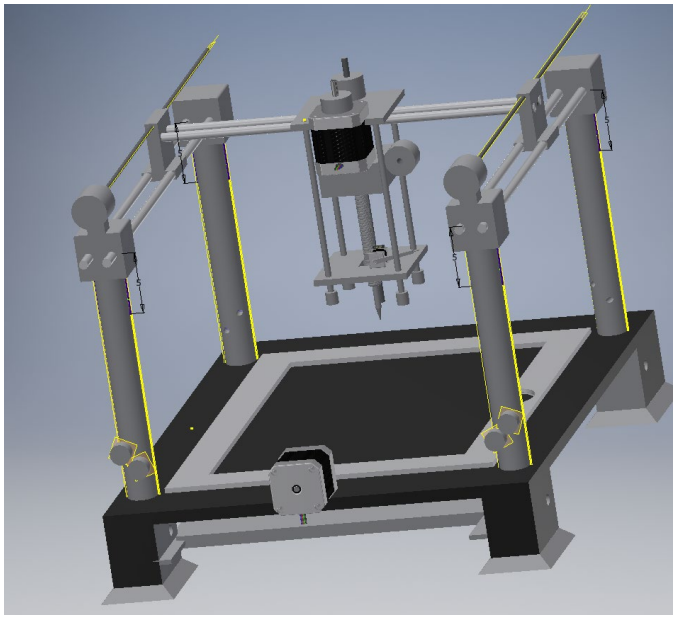
Nous avons aussi réfléchi à mettre un tiroir sur le dessous de l'imprimante afin d'accueillir toute la partie électronique, et à notre guise le tirer afin de par exemple modifier quelque chose, ou alors de le pousser afin de cacher les fils et autres.

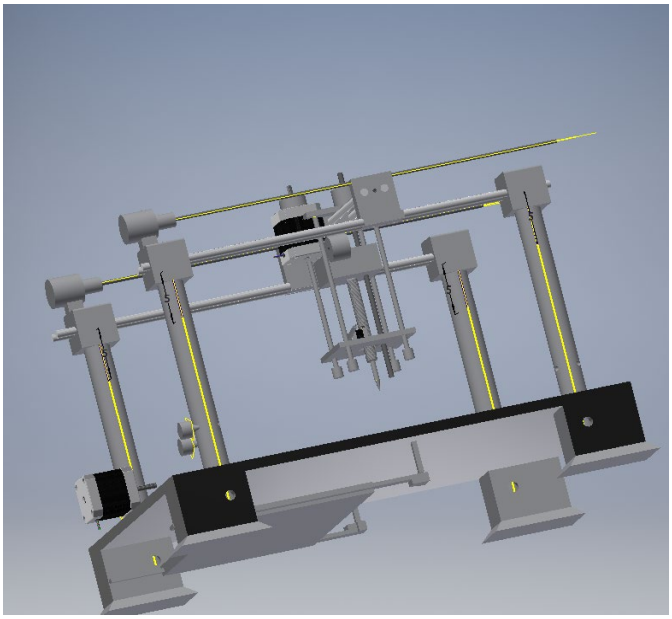
Chapitre II : Mise en route du projet

II.1 Modélisation 3D

Nous avons choisi de modéliser notre imprimante avant toute chose afin d'envisager le plus possible les problèmes avant qu'ils arrivent.

Voici le modèle 3D :



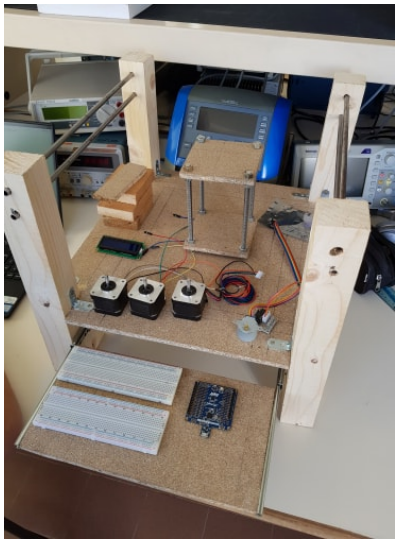


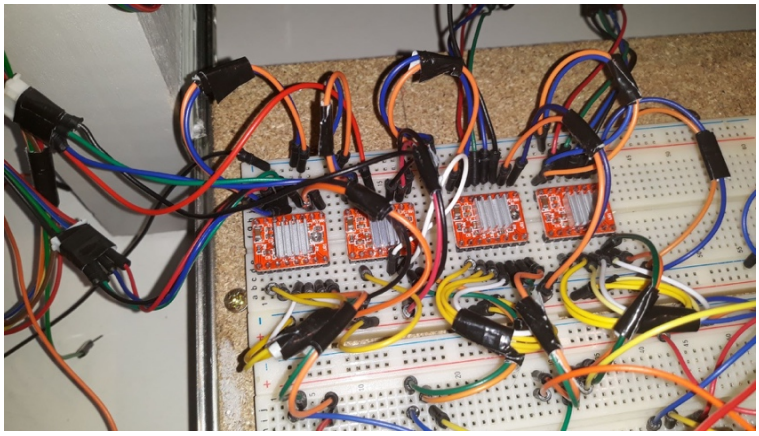
On retrouve 4 piliers qui soutiennent les rails et le chariot. La planche permet de poser la feuille, et le contour gris permet de la tenir.
Le tiroir en dessous permet de mettre les composants électroniques. On voulait à la base utiliser un seul moteur *(qui est au premier plan sur la photo de gauche)* pour manipuler le chariot sur l'axe X et on voulait aussi mettre des tiges filetées pour le mouvement mais il se trouve que les tiges filetées coûtent cher donc on a plutôt pris des courroies et installé un moteur de plus. Un micro moteur devait aussi s'occuper de lever le moteur.

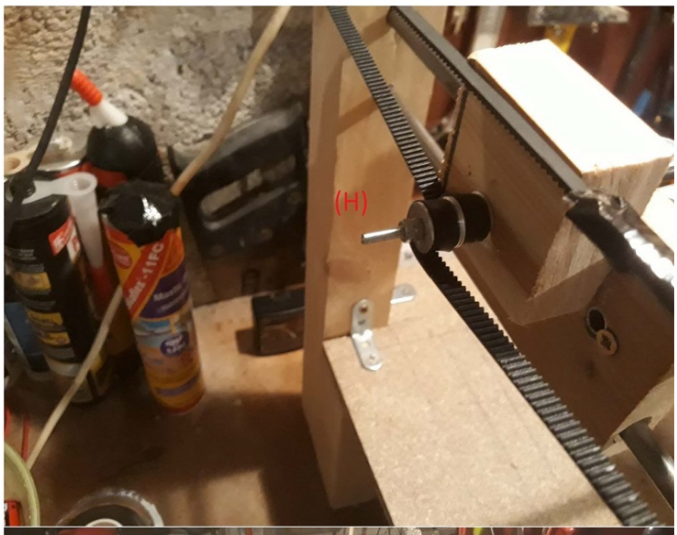
II.2. Construction de la structure

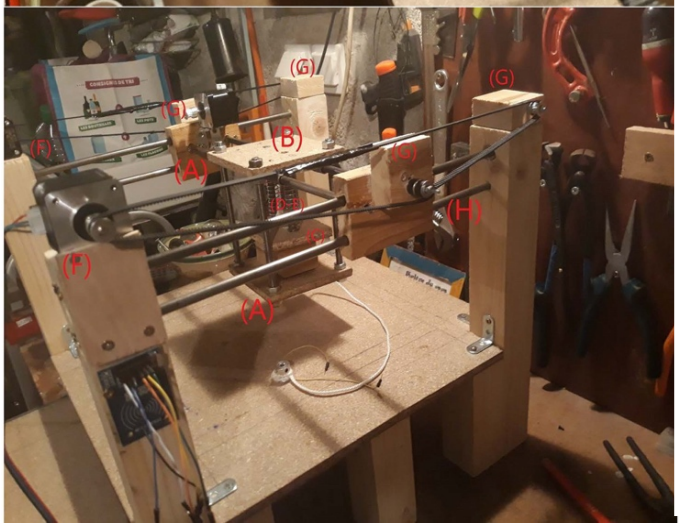
Nous avons commencé à construire notre imprimante assez tôt par rapport à la date butoir pour ne pas être pressé par le temps. Nous avons donc d'abord construit la base, c'est-à-dire les 4 piliers et la planche sur laquelle les feuilles seront posé. Nous avons choisi d'utiliser du bois comme matériau pour la facilité de mise en forme et le coût moins important.
Il y a eu donc quelques séances de sciage et de collage, pour arriver au résultat suivant au bout du premier jour de fabrication.

L’étape suivante a été d’installer les rails. Ci-dessous, on peut voir que nous n’avions pu faire les rails que sur un seul axe car des imprécisions sur les mesures pour faire les trous qui accueillent les rails nous ont fait perdre beaucoup de temps. Nous avions en parallèle construit le chariot qui guidera le stylo. Vous pouvez voir aussi les branchements nécessaires pour le test des moteurs.









L'étape finale a été de mettre en place les moteurs, les rails manquants et les courroies. Ci-contre, vous pouvez trouver les détails de la structure finale :
(A) : Ensemble de la structure.
(B) : Chariot conduisant le stylo.
(C) : Le bloc qui maintient le stylo et le relève.
(D) : Le bloc est guidé par 2 tubes qui le guide selon l'axe z (« hauteur »).
(E) : Nous souhaitions ajouter 2 ressorts permettant d'appliquer une force verticale sur le système « bloc + stylo » sur le sol. Mais nous ne les avons finalement pas ajoutés.
(F) : Les 2 moteurs permettent le mouvement du chariot sur l'axe y.
(G) : Ces parties en bois servent à aligner les éléments pour installer les poulies.
(H) : Les tiges en métal maintiennent les poulies qui conduisent les courroies.

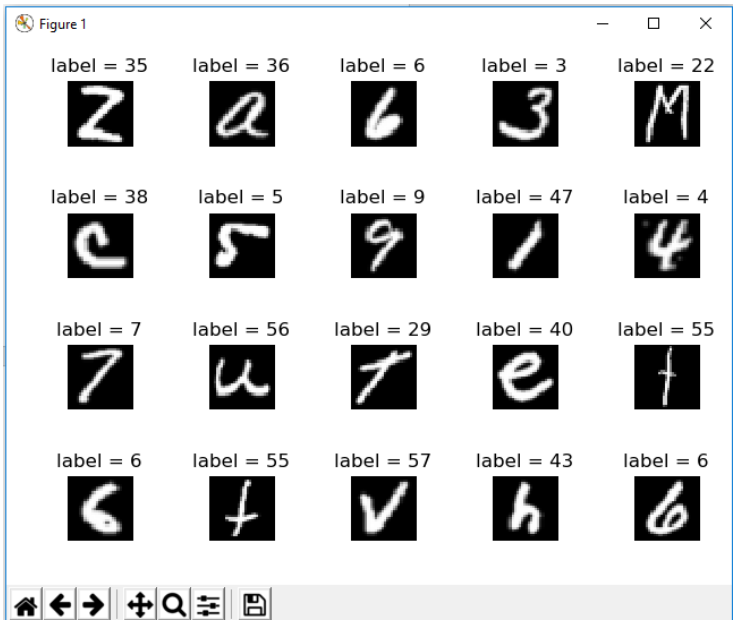
Chapitre III : Production du projet

III.1 Elaboration de la base de données

Pour la base de données nous voulions utiliser celle de L'EMNIST qui regroupe une grande quantité d'images, de caractères que nous allions utiliser afin d'apprendre à notre programme à écrire.

A la base nous voulions utiliser celle de l'IAM qui regroupe une énorme quantité de mots écrits par plusieurs centaines de personnes et tous labélisés. Cependant ces mots sont en anglais et donc ne servent pas à grand-chose pour nous.

Voici un petit exemple des images qui se trouvait dans cette base de données :



Et voici l'occurrence des caractères :

Training dataset of NIST database (184,033 uppercase + 155,215 lowercase characters)

Character Class	Number Samples	Character Class	Number Samples	Character Class	Number Samples	Character Class	Number Samples
A	6,085	N	8,192	a	10,205	n	11,943
B	3,191	O	27,737	b	4,642	o	1,800
C	10,221	P	8,340	c	1,794	p	1,589
D	4,033	Q	1,664	d	10,497	q	2,405
E	4,652	R	4,528	e	27,408	r	15,050
F	9,325	S	22,898	f	1,608	s	1,776
G	1,707	T	9,974	g	3,050	t	19,861
H	2,425	U	13,224	h	8,755	u	1,826
I	11,847	V	3,945	i	1,838	v	1,777
J	3,063	W	4,084	j	1,446	w	1,765
K	1,662	X	1,785	k	1,740	x	1,861
L	4,341	Y	4,206	l	15,420	y	1,614
M	9,216	Z	1,778	m	1,731	z	1,814

Nous avons aussi scanné des pages d'écriture de Raphaël et élaboré un algorithme permettant de récupérer tous les mots et lettres d'une page scannée afin d'obtenir des images comme celles d'au-dessus. Nous avons ensuite trié ces lettres à la main et les avons mises dans les dossier correspondant *(lettre A dans le dossier A, etc…)*.
Au total nous avons réussi à obtenir environ 3500 lettres triées.

III.2 Création du réseau de neurones

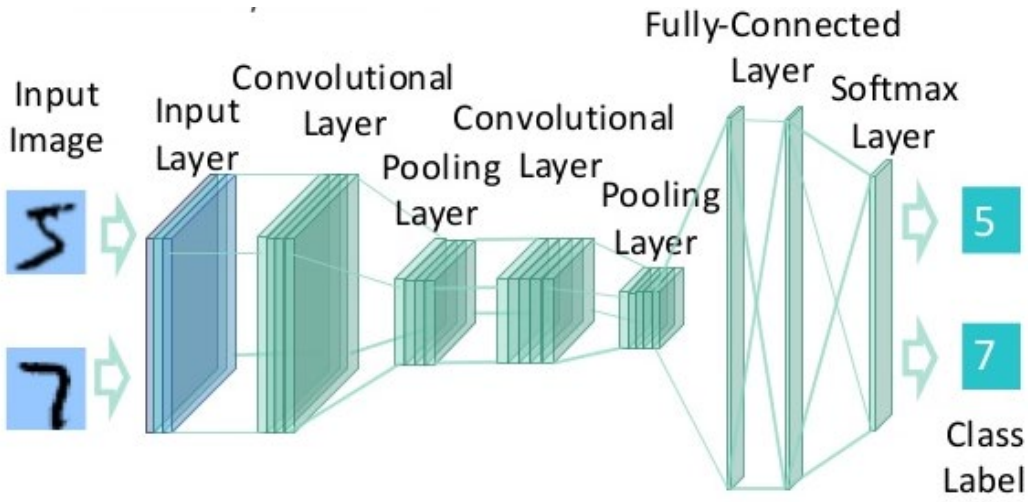
Sur certain problème informatique il est plus facile de créer une intelligence artificielle qui va essayer de le résoudre plutôt que d'essayer de le faire soi-même. Et cela est particulièrement vrai dans la reconnaissance d'image.

Nous avons donc choisi de programmer un réseau de neurone prenant en entrée une image de 26 par 26 pixels, et qui en sorti donnait :

- un caractère correspondant à celui sur l'image d'entrée si le résultat était juste
- un label « autre » si l'image correspondait a rien de connu.

Nous avons donc fait une superposition de couches (notamment des couches de convolution ou des couches denses).

Voici à quoi ressemble notre modèle et le principe de base du réseau de neurones:



Des couches de convolutions sont en quelques sortent des couches filtrantes qui vont essayer de reconnaitre les points clés de l'image, et les dernières couches sont des couches entièrement connectées qui sont donc des neurones reliés entre eux qui s'ajustent pendant l'apprentissage *(phase d'entrainement)*.

Certains détails sur une image étant plus important que d'autres, des neurones vont s'activer ou non à l'obtention d'une certaine information, et suivant leur importance *(poids),* ils vont pouvoir activer ou non d'autres neurones. Chaque neurone à un poids d'entrée et de sortie. Le poids d'entrée a besoin d'être dépassé afin que le neurone s'active à son tour et influence les neurones de la couche suivante

III.3 Utilisation du réseau de neurone

L'objectif de ce réseau de neurones était de pouvoir lire.
Cependant nous avons utilisé que des lettres pour l'entrainer, mais nous ou voulait surtout réussir à lire des mots.
Or l'algorithme permettant d'extraire les caractères d'une page ne nous permettait pas d'extraire les caractères d'un mot.

Nous avons donc essayé vainement de séparer les caractères d'un mot par plusieurs méthodes :

D'abord par densité de pixel, quand on passe d'une lettre à l'autre, normalement la liaison à moins de pixel blanc qu'une simple lettre ; seulement certains caractères sont trop collés pour pouvoir détecter cette liaison.

Voici un exemple :

Si on prend la première lettre par exemple, on peut s'apercevoir qu'il y a un pic de densité de pixel à 50, puis une absence totale de pixel à environ 180. On peut donc en déduire qu'il y a une lettre entre 0 et 180. Cependant si on continue l'analyse du mot on s'aperçoit que ce schéma simple ne se reproduit pas, cette technique ne marche donc pas.

Nous avons donc tenté une autre technique, cette fois par détection de formes.

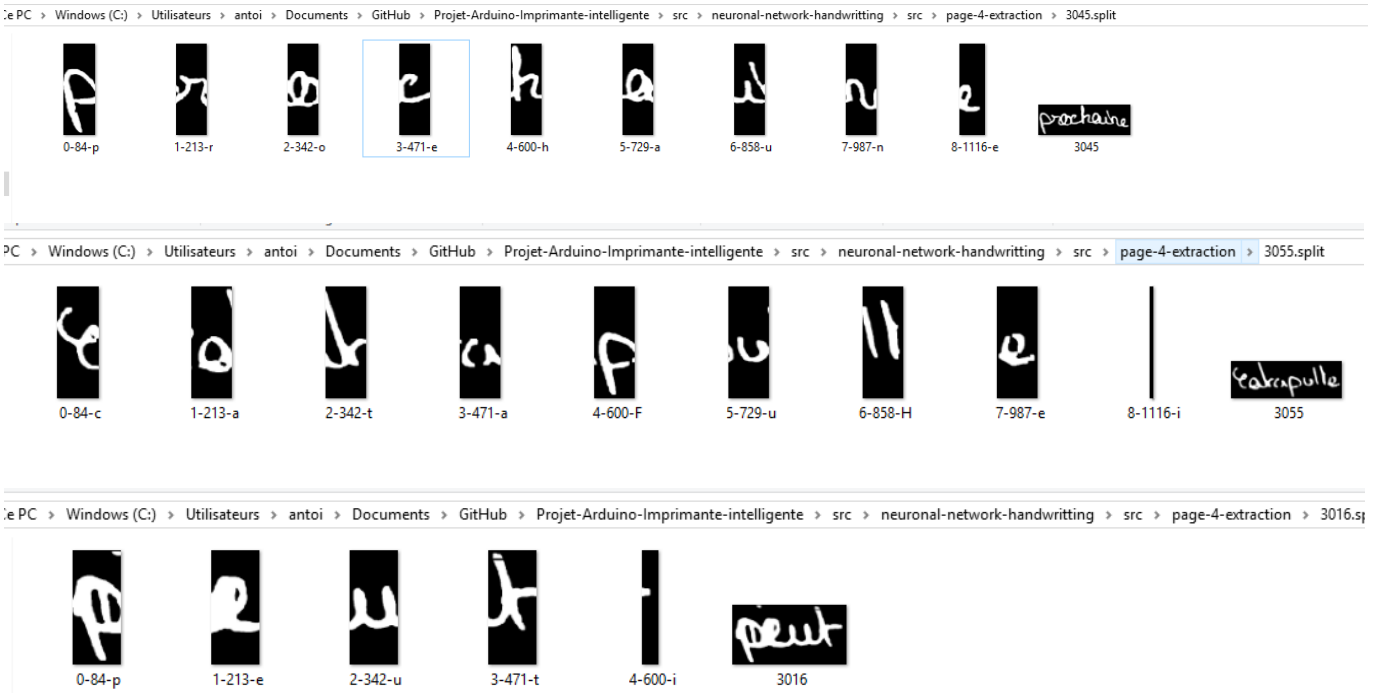
Voici le résultat :

Cette technique ne marche malheureusement pas non plus.

Il ne nous restait donc plus qu'une solution, celle de la détection par balayage. Le principe est simple. On récupère l'image d'un mot, on récupère uniquement les 150 pixels par exemple. On demande à notre réseau de neurones de voir si cette partie du mot pourrai être une lettre. S'il évalue que oui, il enregistre le résultat puis avance de 150 pixels, sinon il tente d'ajuster l'image en récupérant un peu plus à droite ou à gauche puis réévalue.

Cette technique marche plutôt bien.

Voici quelques résultats :



Comme vous pouvez le voir, ces résultats sont plutôt bon, des vérification et corrections sont bien évidement à faire afin de pouvoir les classer et les utiliser.

Notre réseau de neurone avait pour utilité de classer les images et c'est ce qu'il fait, on va pouvoir donc par la suite utiliser ces images afin de se rapprocher au mieux de l'écriture de Raphael.

III.4 Génération du texte

Maintenant que nous avons nos images de lettres, on va vouloir transformer un texte contenu dans un fichier en image de mots de Raphael.

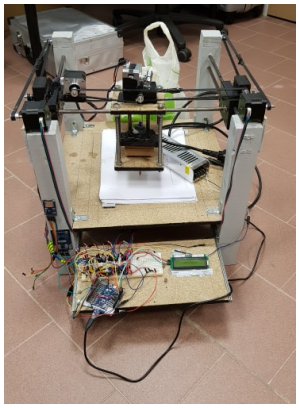
Nous avons donc créé plusieurs classes, représentant des pages, des lignes et des mots.
La technique et de récupérer les images de lettres ou de mots dans les multiples fichiers et de les coller, les uns à côté des autres de manière successive afin de former des mots.
Afin de simuler les liaisons nous utilisons des mots lu et référencés par notre réseau de neurones afin de récupérer seulement les parties qui nous intéressent.

Les mots sont construits en utilisant des images de lettres ou de parties de mots.
Les lignes sont construites en insérant plusieurs mots.
Les pages sont construites en juxtaposant des lignes.

III.5 Finalisation de la structure

Comme dit dans le paragraphe II.2., après avoir terminé la construction de la structure, il nous restait quelques modifications et ajouts à finaliser pour que l'imprimante soit opérationnelle.
Premièrement, il nous manquait les différents modules que nous voulions ajouter à l'imprimante (voir paragraphe III.6.) et dans un deuxième temps, il fallait modifier le chariot pour qu'il puisse accueillir le style et qu'on y ajoute un moteur qui relèvera le style en temps voulu. Comme pour les autres moteurs, nous avons choisi un système de poulie pour tirer le stylo. Le moteur fait tourner la poulie qui est fixée à la branche du moteur et une corde, qui est nouée au stylo, est enroulée autour de la poulie. Ainsi, lorsque le moteur tourne, la corde tire le stylo vers le haut.

Après cela, l'imprimante était prête pour le fonctionnement. Nous avons ajouté des cales pour stabiliser les feuilles de papier lors de l'impression, nous avons peint l'imprimante pour qu'elle ne soit plus de couleur bois et nous avons rebouché quelques trous qui ont été créés lors l'implémentation des rails dans les piliers de la structure.

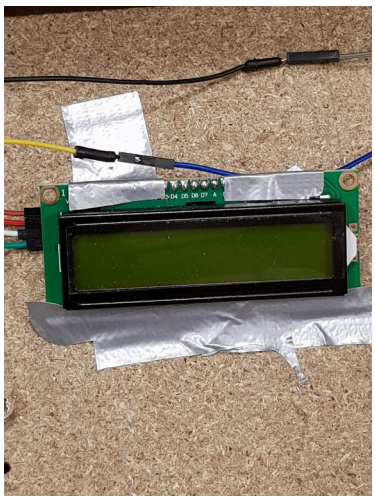


III.6 Ajout des différents modules

Pour finir l'imprimante, nous avons décidé de rajouter deux modules : le module RFID et un écran LCD 16x2.

Le module RFID (Radio Frequency Identification en anglais) nous permet de déverrouiller l'imprimante lorsque l'on passe notre badge sur le module. Ce système est le même que l'on peut retrouver dans des résidences pour ouvrir une porte d'entrée. Le principe est le suivant : en se rapprochant suffisamment avec le badge, le module va lire l'identifiant du badge. Si c'est celui que nous avons mis dans les conditions, l'imprimante sera déverrouillée. Si elle est déjà déverrouillée, alors l'imprimante se verrouillera.

L'écran LCD a plusieurs fonctionnalités ici :
-La première est de savoir si l'imprimante est verrouillée ou non.
-La seconde est qu'il nous permet d'afficher une barre de chargement qui nous indique là où en est le processus d'impression.

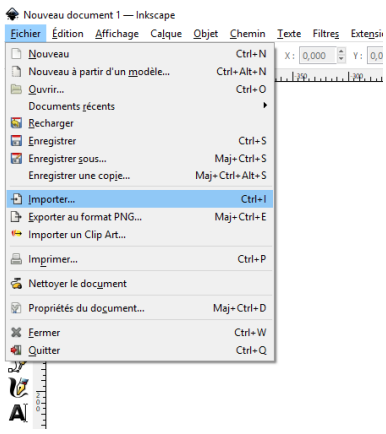


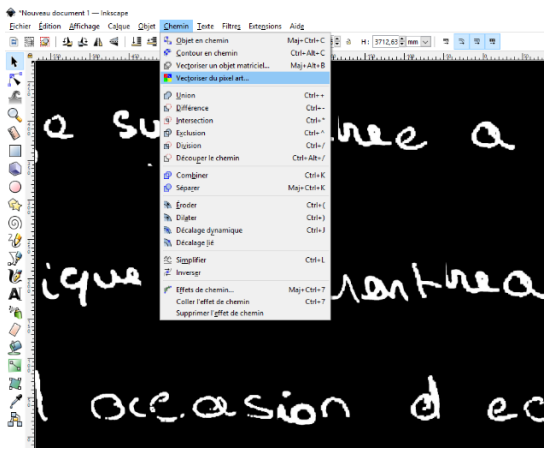
III.7 Transformation de l'image en chemins

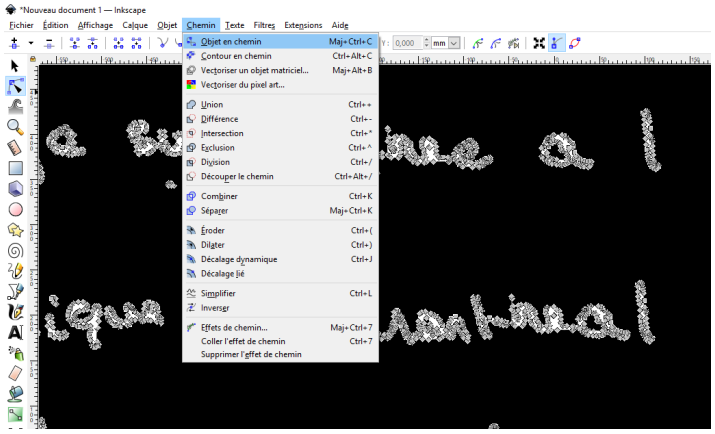
Notre carte Arduino ne va bien évidement pas pouvoir recevoir une image et la recopier en toute simplicité.
Le mieux et donc de transformer l'image en suite de point, ces points reliés entre eux formeront des lettres, et la carte Arduino n'aura plus qu'a tracé et rejoindre les points de manière successif.
Afin de transformer l'image en points *(ou plus précisément chemins)*, nous utilisons un logiciel spécialisé nommé Inkscape.

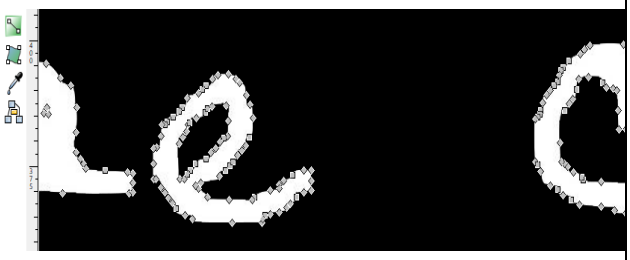
Celui-ci va prendre en entrée une image et va donner en sortie un fichier texte avec les différentes instructions à suivre pour pouvoir le tracer.

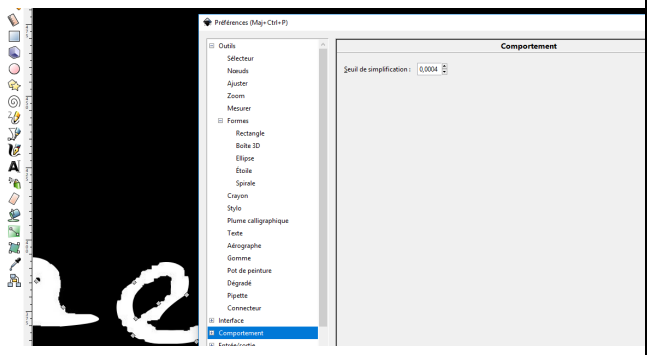
Voici une petite diapo montrant les différentes étapes à suivre pour pouvoir faire la transformation

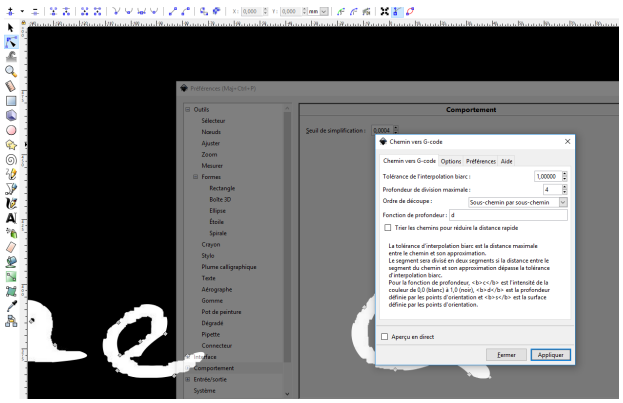

Nouveau document 1 — Inkscape
Fichier Édition Affichage Calque Objet Chemin Texte Filtres Extensi
Nouveau Ctrl+N
Nouveau à partir d'un modèle... Ctrl+Alt+N
Ouvrir... Ctrl+O
Documents récents
Recharger
Enregistrer Ctrl+S
Enregistrer sous... Maj+Ctrl+S
Enregistrer une copie... Maj+Ctrl+Alt+S
Importer... Ctrl+I
Exporter au format PNG... Maj+Ctrl+E
Importer un Clip Art...
Imprimer... Ctrl+P
Nettoyer le document
Propriétés du document... Maj+Ctrl+D
Fermer Ctrl+W
Quitter Ctrl+Q

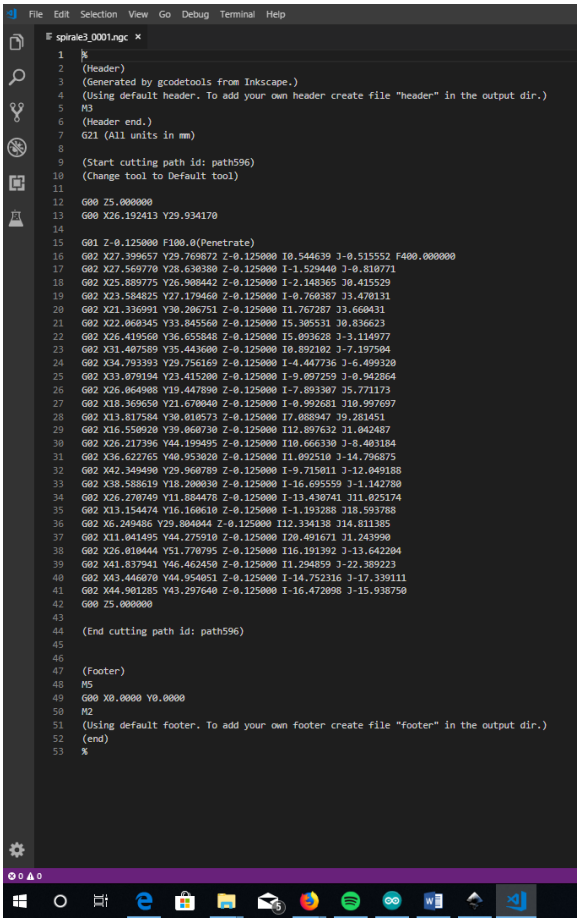

Chemin
Objet en chemin Maj+Ctrl+C
Contour en chemin Ctrl+Alt+C
Vectoriser un objet matriciel... Maj+Alt+B
Vectoriser du pixel art...
Union Ctrl++
Différence Ctrl+-
Intersection Ctrl+*
Exclusion Ctrl+^
Division Ctrl+/
Découper le chemin Ctrl+Alt+/
Combiner Ctrl+K
Séparer Maj+Ctrl+K
Éroder Ctrl+(
Dilater Ctrl+)
Décalage dynamique Ctrl+J
Décalage lié
Simplifier Ctrl+L
Inverser
Effets de chemin... Maj+Ctrl+7
Coller l'effet de chemin
Supprimer l'effet de chemin


*Nouveau document 1 — Inkscape
Fichier Édition Affichage Calque Objet Chemin Texte Filtres Extensions Aide
Objet en chemin Maj+Ctrl+C
Contour en chemin Ctrl+Alt+C
Vectoriser un objet matriciel... Maj+Alt+B
Vectoriser du pixel art...
Union Ctrl++
Différence Ctrl+-
Intersection Ctrl+*
Exclusion Ctrl+^
Division Ctrl+/
Découper le chemin Ctrl+Alt+/
Combiner Ctrl+K
Séparer Maj+Ctrl+K
Éroder Ctrl+(
Dilater Ctrl+)
Décalage dynamique Ctrl+J
Décalage lié
Simplifier Ctrl+L
Inverser
Effets de chemin... Maj+Ctrl+7
Coller l'effet de chemin Ctrl+7
Supprimer l'effet de chemin




Préférences (Maj+Ctrl+P)
Outils
Sélecteur
Nœuds
Ajuster
Zoom
Mesurer
Formes
Rectangle
Boîte 3D
Ellipse
Étoile
Spirale
Crayon
Stylo
Plume calligraphique
Texte
Aérographe
Gomme
Pot de peinture
Dégradé
Pipette
Connecteur
Interface
Comportement
Comportement
Seuil de simplification : 0,0004





III.8 Transfert d’informations et contrôle de la carte

Comme expliqué précédemment c’est notre ordinateur qui génère les images et qui s’occupe de la plupart des tâches informatiques nécessaires.
L’ordinateur doit donc pouvoir transférer les informations de l’image à la carte Arduino. Pour cela on utilise une communication simple mais efficace, celle du serial.
Après avoir récupérer le fichier Gcode nous le transférons donc à la carte Arduino ligne par ligne. Chaque ligne envoyée et suivit d’un traitement logiciel qui récupère les coordonnées et le type de mouvement à faire. Quand la carte Arduino à récupérer ça elle s’occupe de contrôler les moteurs afin que le mouvement soit correctement effectué. Quand le mouvement est terminé, elle envoie un message de confirmation au pc, ce qui permet d’envoyer la commande suivante etc….
Le fichier est donc lu, envoyé et traiter ligne par ligne jusqu’à sa fin.

Conclusion

Notre projet avait pour objectif de pouvoir écrire de manière très précise, seulement notre imprimante entièrement bricolé et pleine d'imprécisions, le programme permettant de transformer l'image en gcode ne le fait pas parfaitement et la carte Arduino n'est pas assez puissante ce qui amène beaucoup de latence et certains bugs.

Nous ne sommes donc pas en mesure de pouvoir écrire comme Raphaël ni comme quiconque.

Cependant nous pouvons faire des dessins assez simples comme des hippocampes ou des oiseaux.

Bibliographie

http://users.polytech.unice.fr/~pmasson/Enseignement.htm
http://www.ppgia.pucpr.br/~alekoe/AM/2009/private/NISTDatabase.pdf
http://www.wildml.com/2015/12/implementing-a-cnn-for-text-classification-in-tensorflow/
https://arxiv.org/pdf/1702.05373.pdf
https://catalog.data.gov/dataset/nist-handprinted-forms-and-characters-nist-special-database- 19
https://codeburst.io/optical-character-recognition-recognizing-text-to-labels-on-an-android-platform-4c20bddc9175
https://fr.scribd.com/document/389830227/Generation-of-Personalized-Handwriting-Written- in-Different-Language-A-Technical-Review
https://github.com/0x454447415244/HandwritingRecognitionSystem/blob/master/README.md
https://github.com/bborncr/gcodesender.py/blob/master/gcodesender.py
https://github.com/Dexter2389/EMNIST/blob/master/EMNIST.py
https://github.com/githubharald/WordSegmentation?files=1
https://github.com/Grzego/handwriting-generation
https://github.com/j05t/emnist
https://github.com/j05t/emnist/blob/master/emnist.ipynb
https://github.com/MakerBlock/TinyCNC-Sketches/blob/master/TinyCNC_Gcode
https://github.com/shubhammor0403/EMNIST/blob/master/modeltrain.ipynb
https://github.com/shubhammor0403/EMNIST/blob/master/README.md
https://github.com/snowkylin/rnn-handwriting-generation
https://github.com/vinaychetnani/EMNIST-letter-classification
https://greydanus.github.io/2016/08/21/handwriting/
https://medium.com/@erikhallstrm/hello-world-rnn-83cd7105b767
https://medium.com/@RaghavPrabhu/understanding-of-convolutional-neural-network-cnn- deep-learning-99760835f148
https://stackoverflow.com/questions/36503170/python-communication-to-arduino-via-bluetooth
https://stackoverflow.com/questions/50815307/extract-character-images-from-cursive-continuous-handwritten-image
https://towardsdatascience.com/tutorial-alphabet-recognition-deeplearning-opencv-97e697b8fb86
https://www.cs.toronto.edu/~graves/handwriting.html
https://www.kaggle.com/marcose18/cnn-on-emnist-dataset
https://www.nist.gov/itl/iad/image-group/emnist-dataset
https://www.tensorflow.org/tutorials/sequences/recurrent
https://www.thingiverse.com/thing:2349232