

PROJETS ARDUINO – PEIP2

Année scolaire 2018-2019

***Distributeur automatique alimentaire :
Le PolyShop***

Etudiants : Clément POUEYTO, Maëva LECAVELIER

Encadrants : Pascal MASSON, Nassim ABDERRAHMANE

REMERCIEMENTS

Nous tenions à remercier Monsieur Pascal Masson, enseignant-chercheur à Polytech’Nice, pour sa disponibilité, sa patience, sa bienveillance, son investissement et ses conseils. Et, également, l’entreprise SYMES, bureau d’étude électronique à Cagnes sur Mer pour nous avoir prêté leur imprimante 3D. Nous remercions aussi Marc Forner pour son aide lors de nos venues au FabLab.

SOMMAIRE

Introduction.....	6
Chapitre I : Construction du distributeur	7
I.1. La modélisation 3D	7
I.2. La découpeuse laser et Inkscape.....	7
I.3. Les autres pièces.....	8
I.3.1. Les planches internes.....	8
I.3.2. Le système de tri de pièces.....	9
I.3.2.a. Trier les pièces.....	9
I.3.2.b. Stocker les pièces.....	10
I.4. La distribution des produits.....	10
I.4.1. Les vis sans fin.....	10
I.4.2. Liaison vis-moteur.....	11
I.5. La façade.....	11
I.5.1. Peinture et personnalisation.....	11
I.5.2. La vitrine.....	12
I.5.2. Le visuel : les LED.....	12
Chapitre II : Electronique et algorithmie.....	15
II.1. Vision globale des modules.....	15
II.2. La détection des pièces.....	16
II.3. L'interface utilisateur.....	17
II.4. Le choix du produit.....	18
II.5. Les moteurs.....	18
II.6. Le module Bluetooth.....	19
Chapitre III : Recul et perspective.....	21
III.1. Cahier des charges et comparaison.....	21
III.2. Plannings.....	22
III.3. Perspective.....	23
Conclusion.....	24
Bibliographie.....	25
Annexe.....	26

Introduction

Durant cette deuxième année en PeiP de Polytech'Nice, nous avons dû réaliser un projet avec la carte Arduino. Ce projet avait pour but de nous apprendre à créer et à s'adapter aux difficultés que l'on peut rencontrer dans l'élaboration d'un tel objet. Il visait aussi à l'apprentissage et au perfectionnement de l'utilisation des différents outils et logiciels.

Nous avons décidé de faire un distributeur de petits snacks (type Snickers, Tictac, chewing-gum etc...). Ce distributeur prend les pièces de 10cts à 2€, trie les pièces, et distribue de la nourriture. Il ne rend pas la monnaie.

Voici notre projet à l'écriture de ce rapport :



Chapitre I : La construction du distributeur

I.1 La modélisation 3D

Dès le début du projet, nous avons représenté en 3D notre objet pour visualiser ce que nous souhaitions. Cette étape nous a permis d'avoir les dimensions de toutes les pièces et planches que nous allions avoir besoin. Le logiciel utilisé est Autodesk Inventor.

Pour ce faire, nous réalisons les pièces une par une pour ensuite les assembler. Certaines pièces ne sont pas forcément bien assemblées avec les autres, mais ce fichier a uniquement pour but de nous renseigner sur les dimensions, l'agencement et les pièces nécessaires. Cela a été le fil rouge de notre projet.



Fichier 3D sans la façade avant

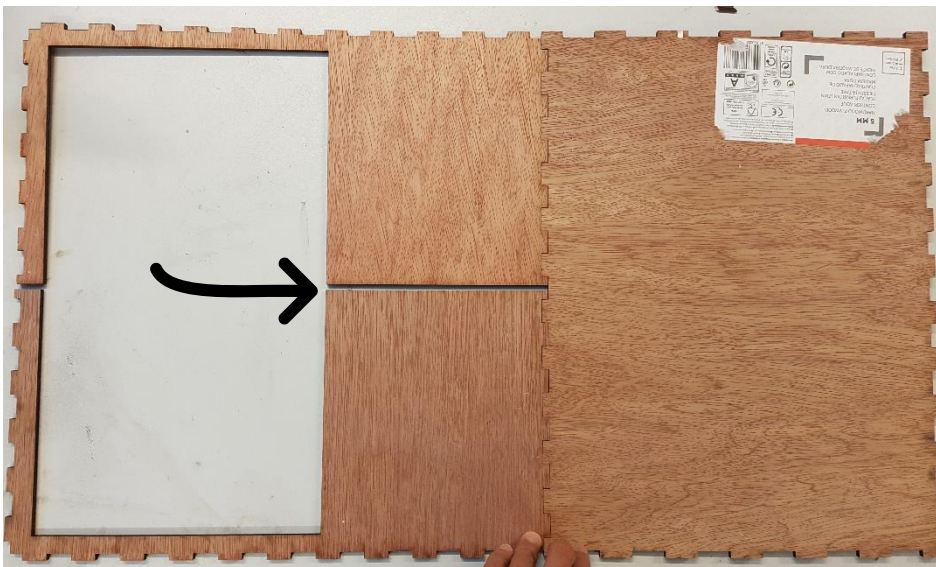


Fichier 3D avec la façade avant

I.2 La découpeuse laser et Inkscape

Pour découper les planches extérieures de notre projet, nous avons utilisé une découpeuse laser. Il était nécessaire d'utiliser cet outil, car la découpe devait être précise pour que l'on puisse bien assembler la boîte. Nous nous sommes alors initiés à Inkscape, logiciel professionnel de dessin vectoriel libre et gratuit. Pour représenter notre projet, nous utilisons l'extension Box Maker, téléchargeable depuis le site du logiciel.

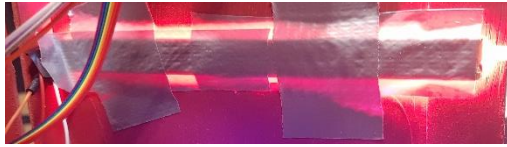
Le premier problème que l'on a rencontré était la dimension des planches que l'on peut découper dans la découpeuse laser. Elle n'accepte que des planches de 30*60 cm alors que l'on doit couper des planches de 40*40 cm. Pour réussir malgré cet obstacle, nous avons dû découper les grandes planches en deux fois. Mais un autre problème est survenu, il y avait une fente au milieu lorsque nous avons regroupé toutes les planches. Illustration :



*Planche 40*40 fixée à la planche adjacente.
On voit la fente qui pose un problème.*

On a résolu ce problème plus tard en mettant une guirlande de LED et une fine plaque de plexiglass gravée à la découpeuse laser pour diffuser la lumière.

Guirlande de LED intérieur



Guirlande de LED vue de l'extérieur



Notre projet une fois que les planches sont découpées et assemblées (non collées encore)

Les autres découpes faites avec Inkscape et la découpeuse laser sont celles des trous de la face avant. Il faut des trous pour mettre l'écran, les boutons, la pièce de monnaie et récupérer la monnaie.



← La fente pour les pièces de monnaie

← La fente pour l'écran LCD

← La fente pour les boutons. A cause d'une erreur lors de l'édition du fichier, les trous sont trop grands, pour résoudre le problème on a fixé des ronds de plexiglass gravé avec des LED derrière. Puis, nous avons repercé pour avoir des trous de la bonne dimension.

↗ Le trou pour récupérer les pièces, mais finalement nous n'avons pas eu le temps de faire un système de rendu de monnaie.

Solution pour mettre les boutons



I.3. Les autres pièces

I.3.1 Les planches internes

Il faut faire des petites planches intérieures qui vont servir à séparer la partie système et visible, supporter la carte Arduino ou encore délimiter les compartiments des différents aliments. Pour celles-ci, nous avons recyclé les chutes des grandes planches et les avons découpées à la scie sauteuse. Pour les fixer, nous avons utilisé de la colle à bois. De plus, les dimensions étaient faites de telle manière que la planche soit serrée entre les grandes planches, comme ça, il était plus facile de coller.

Pour fixer correctement les moteurs, Inkscape nous a encore été utile. Nous avons pris une planche et dedans on a découpé la forme des moteurs. Ce qui donne :

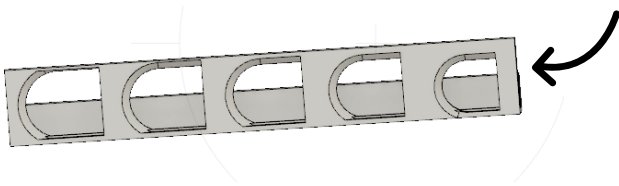


Vue de face. Derrière les trous il y a la planche qui tiendra le système.

I.3.2. Le système de tri de pièces

I.3.2.a. Trier les pièces.

Pour réaliser cette partie, on a cherché des idées sur internet. Le tri selon la taille paraissait le meilleur compromis. Donc, nous sommes partis sur cette idée. Mais il y avait une contrainte au niveau de la taille de notre trieur, il ne fallait pas qu'il soit trop long ni trop large. On s'est alors dit que l'on pouvait trier selon le diamètre. A partir d'Autodesk Inventor encore, nous avons modélisé cette pièce :



La pièce rentre par ici. Elle roule le long du rail et ne peut sortir que quand le trou est plus grand que son diamètre. Pour fonctionner correctement, cette pièce doit être convenablement orientée : de 55° selon l'arrête du bas, et de 15° selon son centre de gravité. Si la pièce est trop inclinée, la pièce glisse sans tomber par le trou adéquat ; au contraire si elle ne l'est pas assez, la pièce ne glisse pas assez bien.

Une fois que les pièces sont correctement triées, elle glisse le long d'un rail. Ce rail, d'abord réalisé en bricolant, a été ensuite modélisé et imprimé en 3D. Le système de détection sera expliqué plus tard.



Ancien modèle en PVC et tenu par du scotch, et trieuse indépendante, correctement fixée grâce à du polystyrène.



Nouveau modèle, en 3D, avec support pour la trieuse et pièce en bois pour séparer les compartiments. Elle est surélevée par la suite grâce à des pieds en bois.

I.3.2.b. Stocker les pièces.

Initialement, le stockage des pièces était prévu pour pouvoir rendre la monnaie plus facilement. Mais nous n'avons pas pu développer cette fonctionnalité. Cependant, nous voulons tout de même stocker nos pièces. Le problème est qu'il ne reste plus beaucoup de place dans le compartiment système, et qu'avec tous les câbles que nous aurons, il sera difficile de retirer des grosses pièces... Au début, nous avons découpé un tube en carton en plusieurs petits tubes qui récolteront les pièces. Mais finalement, ceux-ci étaient trop difficiles à utiliser correctement (pour les raisons citées précédemment), nous avons abandonné l'idée de ces tubes.

Comme le rendu de pièce semblait impossible, l'idée d'un rail qui faisait glisser les pièces jusqu'à un récipient, sans séparer les différentes pièces de monnaie, était bien. Mais nous n'avons pas eu le temps d'explorer convenablement cette piste.



Les tubes initiaux se trouvent sous le rail blanc.

I.4 La distribution des produits

I.4.1. Les vis sans fin.

Comme dans les « vrais » distributeurs, il nous fallait un système de vis sans fin pour faire tomber le produit.



Au début, nous utilisions du fil métallique plastifié que nous avons entouré autour d'une bouteille. Mais, ces vis étaient trop souples, se tordaient, et étaient relativement lourdes. Alors, nous avons remplacé le fil métallique par de l'aluminium. C'est plus difficile à tordre, mais plus solide et léger. Pour le tordre, nous l'avons enroulé autour d'un tube PVC dans lequel nous avons fait un petit trou pour maintenir la tige en alu.



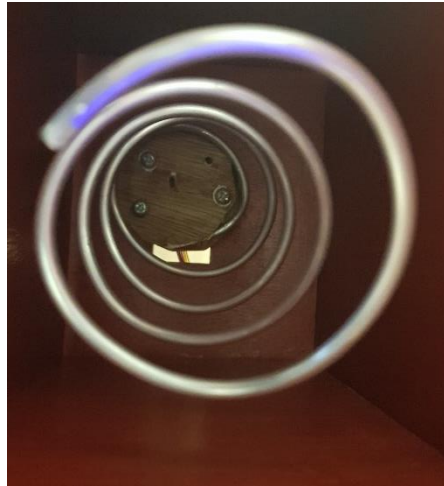
I.4.2. Liaison vis-moteur.

Après avoir réalisé les vis sans fin, il faut les relier au moteur. Pour cela, nous avons pris du bois, découpé en rond, puis nous avons « encadré » le bout de la vis sans fin entre deux planches rondes et les avons vissées entre elles pour que ce soit bien fixé. Pour accrocher ce système, nous avons fait un trou de la taille de l'axe du moteur pour pouvoir glisser les vis sans fin dessus. Mais nous avons rencontré plusieurs problèmes :

Les vis utilisées gênaient à la rotation de la pièce en bois : les vis frottaient et le bloc vis+rond en bois tombait.

Après avoir résolu ce premier problème en creusant légèrement dans le bois, le bloc vis+rond tombait tout seul à cause du poids de ce dernier et des mouvements des vis souples.

La seule solution est d'installer des moyeux, pièce qui se coince au moteur grâce à une vis de serrage et qui vient se visser correctement au bloc. Mais leur installation est longue : environ 1h par vis. Donc, actuellement, nous n'en avons qu'un seul d'installé, mais plus tard il faudra couper autour de chaque moteur pour sortir tout le bloc et installer le moyeu en aillant plus de place.



Vis sans fin en alu avec le bloc en bois et le moyeu (derrière la pièce ronde en bois) fixés au moteur.

I.5. La façade.

I.5.1. Peinture et personnalisation.

Pour rendre notre distributeur plus beau et cacher les étiquettes et les imperfections du bois, nous avons peint notre projet. Nous voulions une couleur rouge plus ou moins métallisé, mais la peinture que nous avons eu été un rouge basque (un rouge qui tend légèrement vers le rose). Nous avons fait 2 couches de peinture presque partout, sauf dans les endroits difficilement atteignables.



La boîte après la première couche, en train de sécher.

I.5.2. La vitrine.

En fixant nos planches, nous nous sommes aperçus que nous avions oublié de faire une porte... Mais grâce à l'outil multifonction, on a découpé la porte comme sur la photo au-dessus. Pour permettre de faire une vraie porte, nous avons vissé des charnières sur les côtés et un aimant de l'autre côté pour que la porte soit maintenue fermée.

Après la peinture, on a fixé une vitre en plexiglass grâce à des vis. Ainsi, notre distributeur a un peu plus de charme.

Petit détail : on a caché la première fente (qui n'était plus utilisable avec le nouveau rail en 3D) avec un bout de bois qui indique le prix.



I.5.2. Le visuel : les LED

Pour combler les différentes erreurs qu'on a faites lors de la construction, nous avons eu l'idée de les cacher avec des LED. De plus, la guirlande de LED sert de barre de chargement, et d'indicateur si on appuie sur un bouton alors que la mauvaise somme est entrée. La LED des boutons permet de savoir très rapidement si l'achat est validé ou non.

Les LED au niveau des boutons viennent d'une erreur de manipulation du logiciel Inkscape. Les trous que l'on a découpés étaient trop grands, et donc les boutons ne pouvaient pas loger dedans. Du plexiglass gravé à la découpeuse laser a encore une fois permis de cacher ces erreurs.



Les LED participent à une interface utilisateur plus agréable.

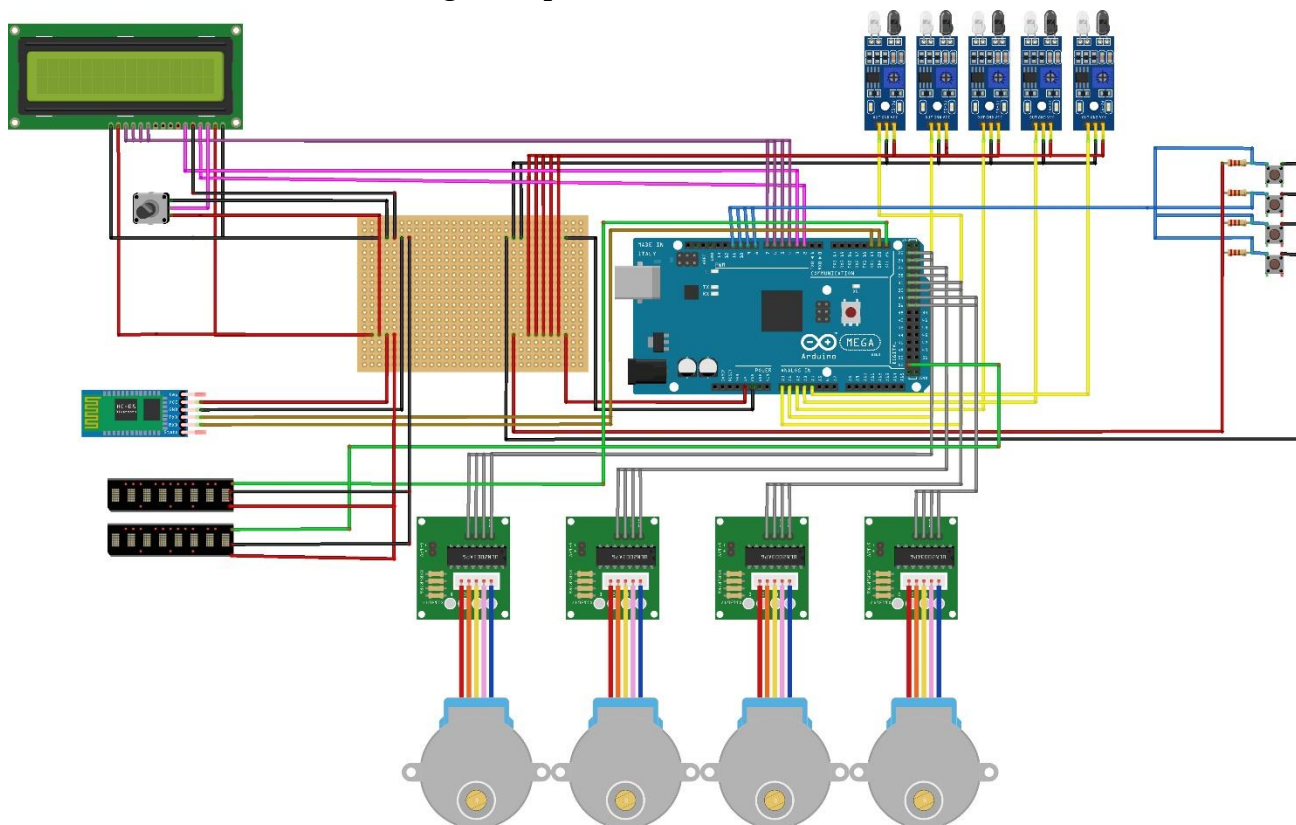
Chapitre II : Electronique et algorithmie.

II.1. Vision globale des modules

Le distributeur est constitué de plusieurs modules :

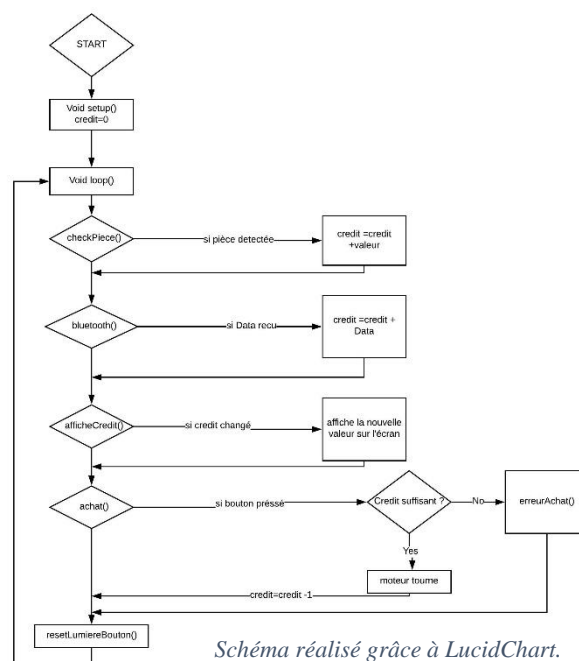
- Les capteurs InfraRouge (IR) : détectent les pièces.
- L'écran LCD : sert d'interface utilisateur.
- Les boutons : permettent le choix du produit.
- Les moteurs pas-à-pas : permettent de faire tomber le produit.
- Bluetooth : permet de payer sans contact

Voici le schéma du montage complet :



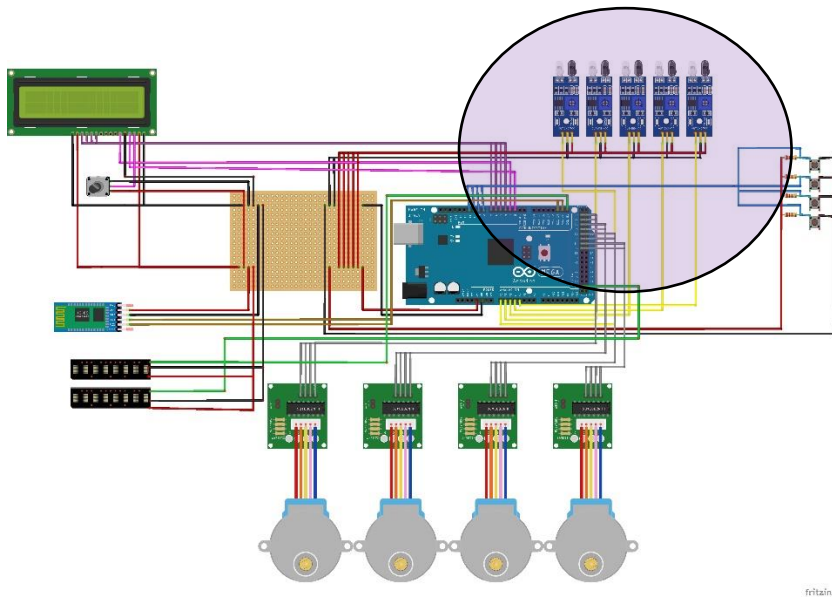
Les deux modules noirs à gauche représentent les guirlandes de LED.
Schéma réalisé grâce à Fritzing

Tout le système a ensuite été soudé à la plaque que l'on voit sur le schéma. Cela permet de consolider les branchements, et de réduire la taille de tout le mécanisme. Voici comment s'articulent tous les modules du côté algorithmie :



II.2. La détection des pièces.

Schéma du montage pour la détection des pièces :



Les détecteurs IR sont fixés sur le rail qui fait glisser les pièces. Ils sont fixés grâce à des vis, et la tête IR est orientée vers le rail. Un scotch noir sur ce dernier permet de ne pas renvoyer le rayon envoyé par le capteur. Voici à quoi ressemble donc la partie physique :



Assemblage des parties physique et électronique.

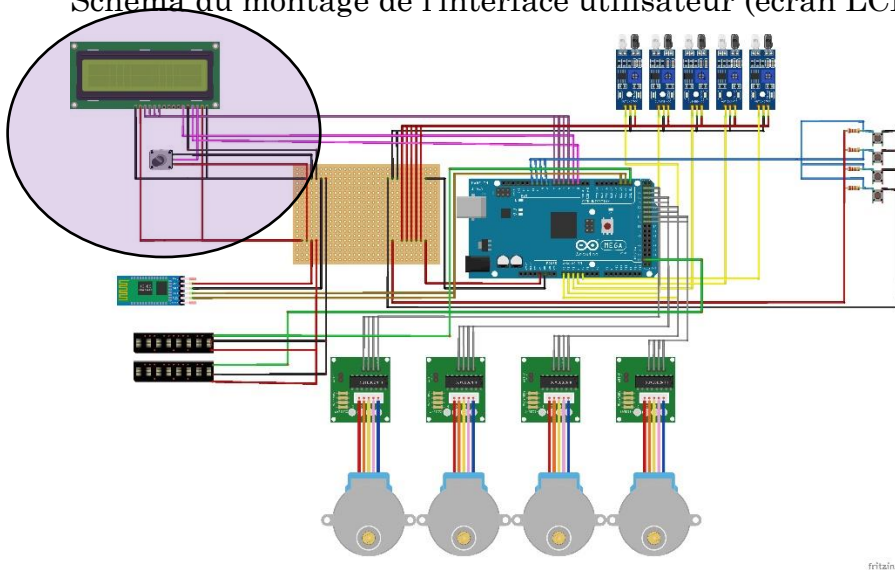
Les fils sont placés de cette façon pour ne pas gêner les pièces lors de leur chute.

Il y a des trous de la taille de la tête IR et deux petits trous qui coïncident avec les trous du module IR. Nous n'avons fixé qu'une vis car cela suffisait.

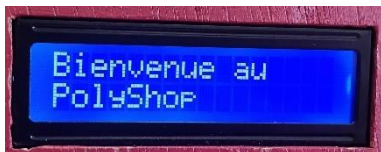
Au niveau algorithmique, c'est une boucle « for » qui parcourt toutes les X millisecondes un capteur par un capteur (la boucle est suffisamment rapide pour capter toutes les pièces qui peuvent passer). Lorsqu'une pièce est détectée, cette boucle s'arrête pendant 1 seconde, pour éviter de capter plusieurs fois la même pièce. Lorsqu'un détecteur est déclenché, il incrémente une variable « crédit » qui compte l'argent courant.

I.3. L'interface utilisateur.

Schéma du montage de l'interface utilisateur (écran LCD) :



Pour l'interface utilisateur, on a utilisé un simple écran LCD qui affiche les informations principales. Différent cas :



Message d'accueil



Lorsqu'on appuie sur un bouton mais qu'il n'y a pas assez d'argent.



Après un achat. Une fois que l'objet est tombé.

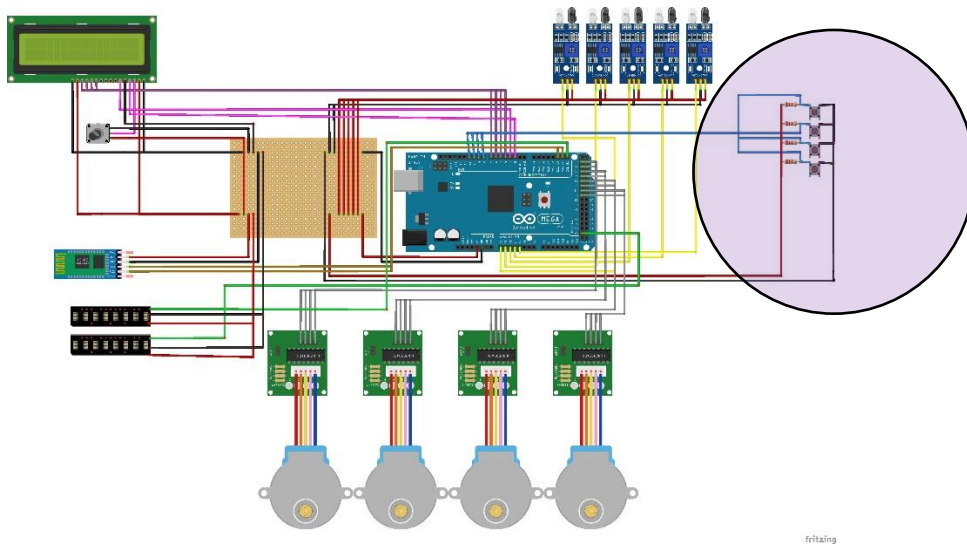


Affiche le crédit courant.

D'un point de vue algorithmique, l'écran ne fait qu'afficher la variable « crédit » ou la valeur « prix objet – crédit ». L'affichage se réinitialise seulement lors d'une requête Bluetooth (sinon, il pourrait y avoir conflit entre les bibliothèques Adafruit (pour les LED) et timer).

II.4. Le choix du produit.

Schéma du montage des boutons :

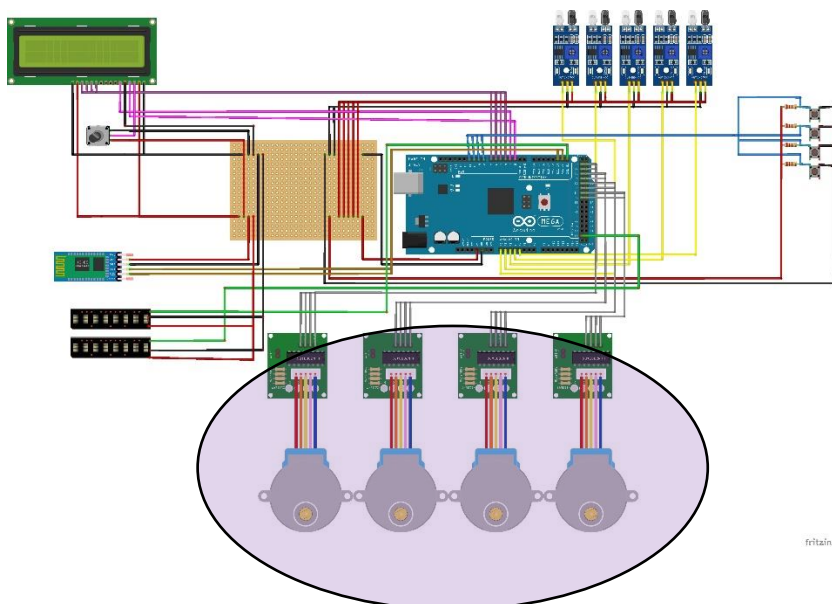


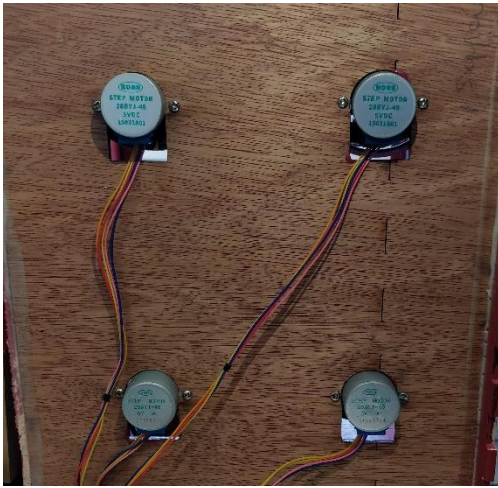
Les boutons sont fixés dans leur emplacement grâce à de la colle en pistolet, puis maintenus en plus grâce à du scotch. Ce maintien est indispensable, car il faut que le bouton reste en place lorsque l'on appuie dessus.

L'algorithmie derrière est très basique. L'appui sur le bouton envoie une information à la carte, qui vérifie qu'il y ait assez d'argent rentré avant d'envoyer un message au moteur.

II.5. Les moteurs.

Schéma du montage des moteurs :





Arrière du projet

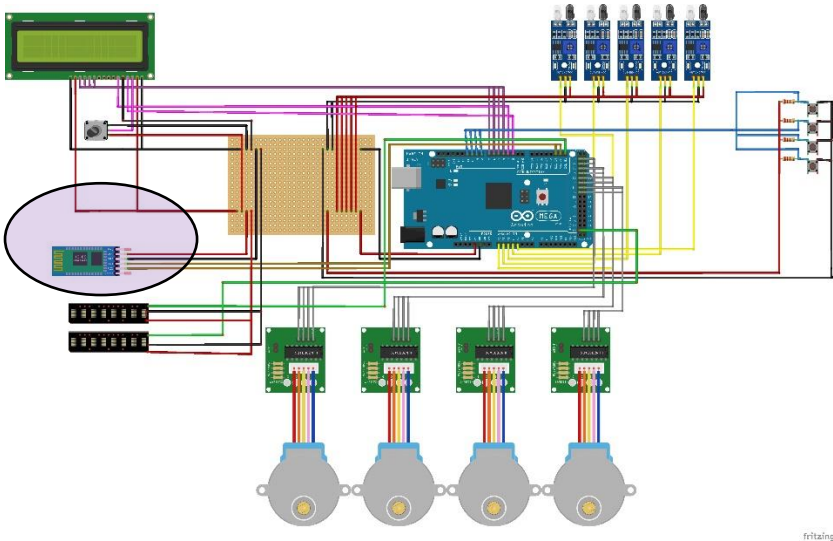
Les moteurs tournent d'un tour dans le sens des aiguilles d'une montre. Ainsi, le produit peut avancer et tomber. On utilise des moteurs pas-à-pas 5V, qui sont fixés à l'arrière du distributeur par des vis, sur une planche découpée avec la forme des moteurs à la découpeuse laser.

D'un point de vue algorithmique, les moteurs tournent grâce à une boucle qui tourne 512 fois pour réaliser un tour complet.

Lorsque les moteurs tournent, une autre fonction est appelée qui crée une barre de chargement au niveau de la barre de LED en façade.

II.6. Le module Bluetooth.

Voici le montage du module Bluetooth :



Ce module permet de communiquer sans fil avec le distributeur. La fonctionnalité qu'on a faite est assez basique. Elle permet d'incrémenter la variable « crédit », via un bouton sur le smartphone. Nous n'avons pas fait en sorte de pouvoir « appuyer sur le bouton », car c'est plus naturel de devoir être à côté de la machine lorsqu'on achète un produit.

L'interface Bluetooth est comme ceci :



le texte de bienvenue.

L'algorithme est simple. Chaque bouton envoie une information avec une lettre en premier caractère. Le bouton pour ajouter 2€ envoie une information du type « A*** », celui de 1€ « B*** » etc... Donc, selon la première lettre, la variable « crédit » est incrémentée de la somme correspondante. Il y a également le bouton « réinitialisation » (en haut à gauche) qui réinitialise le crédit à 0, et relance le setup de l'écran pour qu'il affiche

Chapitre III : Recul et perspective.

III.1. Cahier des charges et comparaison.

Initialement, nous avions prévu de faire la structure telle qu'on l'a faite, un système qui compte la monnaie, un écran LCD qui sert d'interface, un système de sélection de produits, un mécanisme de sécurité pour ouvrir le distributeur qu'aux personnes autorisées, un moyen pour payer sans fil (simuler un paiement par carte) et enfin une trappe qui permettrait de récupérer les objets, comme celle que l'on peut trouver sur les distributeurs habituels.

Finalement, nous avons bien eu le temps de faire la structure telle qu'on la souhaitait. C'est-à-dire des dimensions de 30*40*40 cm. Au début nous voulions le faire plus grand, mais cela aurait causé des problèmes pour faire tenir toutes les planches entre elles à cause du poids et de la longueur.

Le monnayeur a aussi été fait. Il est constitué du rail orange, qui sert à maintenir la trieuse (pièce noire), la pièce maîtresse du système de tri. Enfin, les capteurs IR terminent le monnayeur car c'est eux qui reconnaissent quand une pièce de monnaie est insérée. Le point à améliorer est le fait que nous n'ayons pas trouvé de système efficace pour récupérer et stocker les pièces. Pour le moment, elles tombent sur les câbles et sont difficiles à récupérer. Au début, nous avons mis des tubes en carton, mais ceux-ci étaient trop gros et fragile. Nous avons donc pensé à utiliser une planche de téflon ou plexiglass qui servirait de toboggan pour mener les pièces jusqu'à une boîte réceptrice.

Ensuite, pour ce qui est de l'interface utilisateur et du choix des produits, nous avons fait comme nous avons convenu. Cependant, les boutons ne sont pas encore tout à fait solides, puisqu'il arrive que parfois en appuyant dessus, ceux-ci s'enfoncent dans la structure plutôt que de s'activer.

Le système de paiement par carte s'est fait grâce au module Bluetooth. Au début, nous voulions faire tourner les moteurs également grâce à l'application, mais finalement, il s'est avéré qu'il était plus pratique et conventionnel d'appuyer sur le bouton physique pour déclencher le moteur.

Pour ce qui est du système de sécurité et de la trappe, ce sont deux points que nous n'avons pas pu traiter.

III.2. Plannings.

	A	B	C	D	E	F	G
	Clement Maëva Nous deux	Semaine du 10/12/2018	Semaine du 17/12/2018	Semaine du 24/12/2018	Semaine du 31/12/2018	Semaine du 07/01/2019	Semaine du 14/01/2019
1	Monnayeur (software)						
2	Finaliser le github						
3	Faire les inscapes des différentes planches						
4	Imprimer les planches (découpe laser)						
5	Faire les vis sans fin						
6	Moteurs (software)						
7	Tester moteur avec les vis sans fin						
8	Assemblage de la carcasse						
9	Bouton (software)						
10	Tout brancher						
11	Faire le monnayeur 3D(rail)						
12	Ouverture contrôlée (bluetooth)						
13	Bluetooth (paiement par Bluetooth)						
14	plaque plastique 3D moteur support vis						
15	Finir modèle 3D						
16	Assemble le monnayeur						
17	Code debug						
18	Soudage du système						
19	Planches intérieur + détail						
20	Fixer moteur dans le distributeur						
21	Ecran (software)						
22	Guide pièce						
23	Recepteur de pièce						
24	Fixer IR						
25							

Ensemble

Clément

Maëva

Au début, nous comptons presque tout réaliser ensemble. Et le gros du projet devait être terminé aux alentours du 14/01. Initialement, nous n'avions pas prévu de date pour faire l'ouverture sécurisée et le paiement par carte.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Clement Maëva Nous deux	Semaine du 10/12/2018	Semaine du 17/12/2018	Semaine du 24/12/2018	Semaine du 31/12/2018	Semaine du 07/01/2019	Semaine du 14/01/2019	Semaine du 21/01/2019	Semaine du 28/01/2019	Semaine du 04/02/2019	Semaine du 11/02/2019	Semaine du 18/02/2019	Semaine du 25/02/2019	Semaine du 04/03/2019
1	Monnayeur (software)													
2	Finaliser le github													
3	Faire les inscapes des différentes planches													
4	Imprimer les planches (découpe laser)													
5	Faire les vis sans fin													
6	Moteurs (software)													
7	Tester moteur avec les vis sans fin													
8	Assemblage de la carcasse													
9	Bouton (software)													
10	Tout brancher													
11	Faire le monnayeur 3D(rail)													
12	Ouverture contrôlée (bluetooth)													
13	Bluetooth (paiement par Bluetooth)													
14	plaque plastique 3D en BORD													
15	moteur support vis													
16	Finir modèle 3D													
17	Assemble le monnayeur													
18	Code debug													
19	Soudage du système													
20	Planches intérieur + détail													
21	Fixer moteur dans le distributeur													
22	Ecran (software)													
23	Guide pièce													
24	Recepteur de pièce													
25	Fixer IR													
26	Peinture													
27	Faire une porte													
28	Intérieur 3D													
29	LED													
30														

Finalement, nous nous sommes beaucoup plus partagé les tâches. Clément s'est occupé de la partie programmation en grande partie, alors que Maëva s'est plutôt concentrée sur la partie construction et soudure. Les lignes orangées en bas indique les choses non prévues : faire une porte, peindre, refaire l'intérieur en 3D et tout ce qui concerne les LED. La ligne grisée est l'ouverture sécurisée par Bluetooth que nous n'avons pas pu faire.

III.3. Perspective

Les fonctionnalités de la trappe et du système d'ouverture sécurisée sont des points majeurs qu'il faudra traiter dans le futur. Ces fonctionnalités permettraient de rendre l'appareil plus sûr et de pouvoir l'utiliser comme un « vrai » distributeur.

Il y avait aussi d'autres caractéristiques que le projet aurait pu avoir. Ce sont celles de rendre la monnaie (indispensable de nos jours). Et aussi le rendre plus pratique en ajoutant une machine à café, un système de déplacement pour qu'il vienne à nous... Des idées pas forcément naturelles mais qui peuvent être intéressantes.

Pour le rendu de monnaie, nous avons pensé à faire un système de trappe dans les tubes qui stockaient les pièces. Mais comme nous n'avons pas gardé ces tubes, nous n'avons pas approfondi ce point-là.

Il faudra aussi changer toutes les vis sans fin par de l'alu, et fixer les moyeux à chaque moteur. Nous n'avons pas pu le faire par manque de moyen et de temps.

Si ce projet devait être réutilisé, ce serait bien de changer les moteurs aussi, ceux-ci ont pu montrer des signes de faiblesse par moment : il arrivait qu'ils ne tournent plus lorsqu'ils étaient branchés depuis trop longtemps.

Un autre problème qui nous est arrivé, et qui devra être résolu si ce projet est approfondi, est au niveau de l'affichage LCD. Parfois, il écrivait des caractères inconnus. On ne sait pas si cela vient d'un faux contact ou d'un problème dans le code qui peut parvenir parfois.

Conclusion

Ce projet s'est construit en trois étapes : la construction, l'algorithmie et l'optimisation. La construction regroupe tout ce qui concerne la création de la boîte, les planches intérieures, les découpes laser etc... La programmation derrière ce projet est assez simple, mais l'enjeu était de rendre la machine fluide et fonctionnelle quelques soient les conditions d'utilisation.

Dans l'optique où quelqu'un reprendrait le projet, il faudra finir les optimisations. C'est-à-dire remplacer les vis sans fin pour les faire en alu, et fixer les moyeux aux moteurs.

Pour améliorer ce projet, il faudrait faire un système de rendu de monnaie, une porte avec ouverture sécurisée et une trappe pour pouvoir récupérer les objets.

Tous les modules fonctionnent correctement ; mis à part par moment les moteurs qui ne tournent plus ou l'écran qui affiche des caractères inconnus.

Bibliographie

Sources utilisées :

- <https://www.arduino.cc/> : pour savoir comment fonctionne et se branche les modules
- <http://users.polytech.unice.fr/~pmasson/Enseignement.html> : pour les cours et les codes basiques.
- <http://fritzing.org/home/> : pour le schéma du montage
- <https://www.adafruit.com/> : pour la guirlande de LED et son fonctionnement
- <https://howtomechatronics.com/projects/diy-vending-machine-arduino-based-mechatronics-project/> : idée de base

Annexe

Merci d'avoir lu jusqu'ici, en annexe, vous pourrez trouver quelques photos du projet et de son équipe.

