

Livrable G — Prototype II et rétroaction du client

Christelle Ilunga

Bineta Ly

Rohan Mariash

Yahya Raja

Bamoussa Sacko

Simon Vézina

Le 10 mars 2024

Table des matières

1	Introduction	1
2	Le prototype II.....	1
2.1	Le plan d’essai de prototypage.....	1
2.2	Le code	1
2.3	Les résultats.....	4
2.3.1	Les images et les vidéos	4
2.3.2	Les analyses et les déductions.....	4
3	Le prototype III (annulé).....	5
4	La rétroaction reçue.....	5
4.1	Le client.....	5
4.2	Les utilisateurs cibles	6
5	Le plan d’essai du prototype final	6
5.1	Le déplacement de la brosse pollinisatrice.....	6
5.2	Le fonctionnement du système pendant une durée prolongée	6
5.3	La pollinisation artificielle sur une région bornée	7
6	La nomenclature des matériaux (mise à jour finale).....	7
7	Conclusion.....	8

1 Introduction

Ce livrable a pour but de décrire la rétroaction reçue du client lors de la troisième et final de rencontre, de développer le prototype II qui sera utilisé afin de tester les sous-systèmes électroniques et logiciels, de documenter les résultats du modèle expérimental et de créer un plan d'essai de prototypage pour le prototype III, qui sera le produit final. La nomenclature des matériaux sera mise à jour pour la dernière fois afin de pouvoir acheter les composantes requises pour le produit final.

2 Le prototype II

Le prototype II était une étape critique vers le produit final ; un prototype analytique complet du sous-système électronique et logiciel, réalisé avec des composantes qui se retrouvaient déjà à la maison. Bien qu'il ait été voulu que le prototype II soit réalisé avec les composantes du prototype final, ceci n'était pas réalisable puisqu'il a fallu mettre à jour la nomenclature de matériaux une dernière fois. Le prototype II a été réalisé le 9 mars 2024 par la sous équipe électronique et logiciel, avec un retard d'un (1) jour pour mieux intégrer dans les horaires des membres.

2.1 Le plan d'essai de prototypage

L'essai de ce prototype avait pour but de :

1. Identifier les défaillances dans le système de déplacement ;
2. Déterminer la précision des moteurs sur une charge ;
3. Vérifier que toutes les composantes fonctionnent.

Pour ce faire, des charges ont été appliquées sur les moteurs pas-à-pas (en utilisant les mains). La distance de déplacement des moteurs n'a pas pu être analysée, parce que le prototype III a été annulé pour cette semaine (veuillez voir section 3 Le prototype III (annulé)).

2.2 Le code

Ce code a pour but d'alimenter le système avec des données préprogrammées pour que l'utilisateur n'ait rien à saisir pour mettre le système en marche, avec l'exception de la région bornée x , y et le nombre de sous-divisions n que l'utilisateur veut que le système prenne. Codé en C/C++ pour Arduino, ce nouveau utilise une boucle pour déplacer le système en forme de zigzag. Le système, commençant à $(0, 0)$ en position absolue, se déplacera le long de la région y est spécifiée par l'utilisateur. Après avoir déplacé le long de cette région bornée, le système se déplacera par une valeur Δx , qui est la région bornée x divisés par le nombre de sous-divisions n , tous les deux spécifiées par l'utilisateur. Il continuera sur cette régularité jusqu'à ce qu'il atteigne la position (x_{max}, y_{max}) , d'où le système se déplacera en direction inverse jusqu'à $(0, 0)$. Ce mouvement permet de polliniser toutes les fraises de manière autonome, ce qui a été voulu par le client.

```

1  #include <Stepper.h>
2  #define TORKS 512 // The speed/torque a motor can handle
3  #define STEP_INCR 20 //THE AMOUNT OF MOTOR STEPS in 1 INCREMENT
4  #define SPEED 30
5  #define R 12.5 // distances are in mm
6  #define THETA 0.09817477
7  #define MAXX 50
8  #define MAXY 50
9  #define XDIV 6
10
11 Stepper stepperMotor1(TORKS, 10,11,12,13);
12 Stepper stepperMotor2(TORKS, 6,7,8,9);
13 // sequence IN1-IN2-IN3-IN4 for proper step
14 //PIN 10,11,12,13 are for motor 1
15 //PIN 6,7,8,9 are for motor 2
16
17 int i;
18 float x=0, y=0;
19
20 //Change the position per step of the motor with absolute coordinates
21 void updateVert(float *addressVar, int motorA, int motorB){
22     *addressVar = *addressVar + R*THETA*(motorA - motorB)/2;
23 }
24 void updateHor(float *addressVar, int motorA, int motorB){
25     *addressVar = *addressVar + R*THETA*(motorA + motorB)/2;
26 }
27
28 //Move system in x direction. dir=1 indicates positive x motion, dir=-1 indicates negative x
    motion
29 void moveHor(int dir, float *x){
30     if (dir == 1){
31         stepperMotor1.step(STEP_INCR);
32         stepperMotor2.step(STEP_INCR);
33         updateHor(x, 1, 1);
34     }
35     else if (dir == -1) {
36         stepperMotor1.step(-STEP_INCR);
37         stepperMotor2.step(-STEP_INCR);
38         updateHor(x, -1, -1);
39     }
40 }
41
42 //Move system in y direction. dir=1 indicates positive y motion, dir=-1 indicates negative y
    motion
43 void moveVert(int dir, float *y){
44     if (dir == 1){
45         stepperMotor1.step(STEP_INCR);
46         stepperMotor2.step(-STEP_INCR);
47         updateVert(y, 1, -1);
48     }
49     else if(dir == -1) {
50         stepperMotor1.step(-STEP_INCR);
51         stepperMotor2.step(STEP_INCR);
52         updateVert(y, -1, 1);

```

Figure 2.1 : Page 1 du code de l'Arduino

```

53 }
54 }
55
56 void setup() {
57   Serial.begin(9600);
58
59   //Motor setup
60   stepperMotor1.setSpeed(SPEED);
61   stepperMotor2.setSpeed(SPEED);
62 }
63
64 void loop() {
65   //Moving the system the entirety of one direction
66   for (i=XDIV; i>=1; i--){
67     if (i%2 == 1){
68       while (y>0){
69         moveVert(-1, &y);
70         Serial.print(x);
71         Serial.print("\t");
72         Serial.print(y);
73         Serial.print("\n");
74       }
75     } else {
76       while (y<MAXY){
77         moveVert(1, &y);
78         Serial.print(x);
79         Serial.print("\t");
80         Serial.print(y);
81         Serial.print("\n");
82       }
83     }
84     while (x<(MAXX/i)){
85       moveHor(1, &x);
86       Serial.print(x);
87       Serial.print("\t");
88       Serial.print(y);
89       Serial.print("\n");
90     }
91   }
92   while (y<MAXY){
93     moveVert(1, &y);
94     Serial.print(x);
95     Serial.print("\t");
96     Serial.print(y);
97     Serial.print("\n");
98   }
99   //Now the system is at (XMAXX, YMAXX), working backwards
100  for (i=6; i>=1; i--){
101    if (i%2 == 1){
102      while (y<MAXY){
103        moveVert(1, &y);
104        Serial.print(x);
105        Serial.print("\t");
106        Serial.print(y);
107        Serial.print("\n");
108      }

```

Figure 2.2 : Page 2 du code de l'Arduino

```

109     } else {
110         while (y>0){
111             moveVert(-1, &y);
112             Serial.print(x);
113             Serial.print("\t");
114             Serial.print(y);
115             Serial.print("\n");
116         }
117     }
118     while (x>(MAXX-MAXX/i)){
119         moveHor(-1, &x);
120         Serial.print(x);
121         Serial.print("\t");
122         Serial.print(y);
123         Serial.print("\n");
124     }
125 }
126 while (y>0){
127     moveVert(-1, &y);
128     Serial.print(x);
129     Serial.print("\t");
130     Serial.print(y);
131     Serial.print("\n");
132 }
133 }

```

Figure 2.3 : Page 3 du code de l'Arduino

2.3 Les résultats

2.3.1 Les images et les vidéos

Pour démontrer le fonctionnement de ce prototype, des [photos et des vidéos](#) ont été prises.

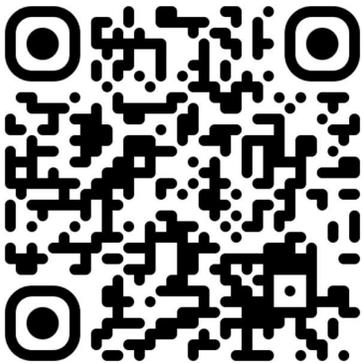


Figure 2.5 : Code QR pour accéder aux photos et vidéos

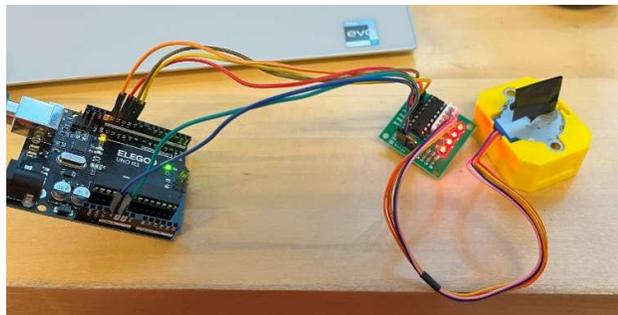


Figure 2.4 : Photo du prototype II

2.3.2 Les analyses et les déductions

Pour bien étudier le fonctionnement du prototype II, les tests ont été modifiés du livrable précédent. Il n'était pas possible de tester le déplacement des roues expérimentalement, parce que le prototype III a été annulé pour cette semaine. Également, il n'était pas possible de tester plusieurs moteurs à la fois, n'ayant qu'une seule composante ULN2003, d'où il en faut un pour chaque moteur. Les essais ont pris lieu comme suit :

Test n°	Description	Méthodologie	Résultat
1	Un déplacement périodique mené par le code	Analyse du moniteur de série, analyse du déplacement des moteurs ayant un drapeau fixé	Conclusif. Le déplacement est périodique et toutes les fraises dans la région bornée seront pollinisées.
2	Le fonctionnement et la précision des moteurs	Analyse visuelle des moteurs à l'aide d'un drapeau attaché	Conclusif. Le moteur tourne avec une très haute précision.
3	La capacité du moteur à résister à un moment de force	Analyse et essai. Essayer d'arrêter le moteur avec une main, suivi par essayer d'arrêter le moteur avec un moment de force plus haut avec des pinceaux.	Conclusif. Il est possible d'arrêter le moteur avec une main (en appliquant un très grand moment de force), résultant en une perte minimale d'adhérence entre les engrenages internes. La force appliquée fut grandement supérieure aux forces du produit final.

Tableau 2.1 : Résultats de l'essai du prototype II

Des informations importantes par rapport aux tests précédents :

- Le système se déplace verticalement (y) quand les deux moteurs tournent en directions opposées ;
- Le système se déplace horizontalement (x) quand les deux moteurs tournent dans la même direction ;
- Le système se déplace obliquement quand seulement un des moteurs fonctionne à la fois ;
- Il faut une courroie pour que le système puisse se déplacer ;
- Il va falloir vérifier le déplacement du système par pas du moteur lors du prototype final.

3 Le prototype III (annulé)

Le prototype III a été annulé pour cette semaine. Il n'était pas possible de créer le sous-système mécanique dans le temps fourni. Bien que le produit final soit réalisé la semaine prochaine, il sera toujours possible d'effectuer les tests qui ont été voulus à ce moment. Veuillez trouver à la section *Le plan d'essai du prototype final* les tests qui seront effectués.

4 La rétroaction reçue

4.1 Le client

Lors de la rencontre client 3, les trois sous-systèmes et le premier prototype ont été démontrés et présentés. Le client a signalé qu'il n'était pas clair comment le déplacement de style H-Bot fonctionne. Cette question a guidé le développement du prototype II et le produit final, permettant à l'équipe de régler plusieurs lacunes lors du premier prototype. Également, elle a mené à plusieurs recherches de la part de l'équipe, permettant de comprendre qu'il faudra une courroie (au lieu de plusieurs élastiques) pour que le système puisse se déplacer parce que la tension dans les élastiques sera trop grande.

4.2 Les utilisateurs cibles

En parlant avec des membres de famille, des amis et des collègues, les grandes lignes ci-dessous ont été déterminées :

- « Comment est-ce que le système de déplacement fonctionne ? »
- « Comment est-ce que le sous-système électronique sera connecté ? »
- « Comment le système arrivera-t-il à polliniser les fleurs ? »

Avec cette rétroaction, il a été déterminé que le système de déplacement devrait être plus adapté à l'environnement et doit être optimisé. Le système électronique, quant à lui, est bon. Il devra aussi l'intégrer dans le système mécanique pour déterminer comment il l'aidera à se déplacer. Également, [ci-joint](#) est une vidéo qui démontre visuellement comment le système de déplacement *H-Bot* fonctionne.

5 Le plan d'essai du prototype final

Étant le produit final, les essais de ce prototype seront critiques pour s'assurer du bon fonctionnement du produit au marché. Les tests seront rigoureux et se serviront d'une base pour les livrables suivants. L'impression 3D de ce prototype a commencé le 10 mars 2024 et commencera à être assemblée à la séance de travail du laboratoire 8, le 12 mars 2024. Ce prototype et ses essais seront terminés le samedi 16 mars 2024, et les résultats seront notés dans le livrable H.

L'essai du prototype final a pour but de :

1. Vérifier le déplacement de la brosse pollinisatrice sur la région bornée par le système ;
2. Vérifier le fonctionnement du système pendant une durée prolongée (une heure) ;
3. Assurer la pollinisation artificielle d'une plante.

Tous les membres de l'équipe vont imprimer les morceaux 3D de ce prototype quand ils ont du temps, parce qu'il y aura beaucoup de composantes à imprimer. Également, le test du prototype final sera réalisé par l'équipe au complet pour déterminer analyser les objectifs des sections suivantes.

5.1 Le déplacement de la brosse pollinisatrice

Ce test a pour but d'évaluer la performance et le déplacement coordonné du système pollinisateur. Ce test intègre les trois sous-systèmes : logiciel, électronique et mécanique. Ainsi, il implique de préparer une zone de test avec des repères précis. Des obstacles seront aussi intégrés. Le système sera lancé, et sa capacité à naviguer avec précision, selon une trajectoire prédéfinie sera observé. Il sera aussi pour but de vérifier l'intégration et le fonctionnement harmonieux des sous-systèmes. Après les observations, les données de mouvement seront recueillies parmi l'ensemble du système pour identifier les ajustements nécessaires pour l'optimisation et la coordination du système.

5.2 Le fonctionnement du système pendant une durée prolongée

Ce test consiste à tester la durabilité du prototype, voir s'il est capable de fonctionner pour une période étendue. Il sera ainsi attendu d'identifier les défaillances potentielles et faire l'évaluation de sa fiabilité. De ce fait, Le prototype sera mis en marche pendant une durée déterminée et dans un environnement contrôlé. Ce dernier aura les mêmes caractéristiques que

le conteneur (serre verticale) du client. Le prototype sera surveillé pendant l'opération et toute défaillance ou performance anormale sera documentée. Enfin, à la fin du test, une analyse de la documentation sera effectuée afin d'identifier les composants nécessitant des améliorations ou des ajustements pour renforcer la durabilité du système.

5.3 La pollinisation artificielle sur une région bornée

Ce test a pour but de déterminer si le prototype accomplit son but de pollinisation ; polliniser toutes les fleurs. Ces fleurs seront fournies par les membres de l'équipe, puis permettront de déterminer l'efficacité de notre produit ainsi que déterminer les lacunes s'il y en a. La procédure consiste à préparer une zone délimitée et à polliniser efficacement les fleurs de fraises. Un nombre spécifié de fleurs sera considéré. En total, 10 fleurs seront soumises au test. Le système de déplacement sera activé, afin qu'il parcoure cette zone délimitée mesurant 90 cm². Son interaction avec chaque fleur sera documentée. Ainsi, après son passage, chaque fleur sera examinée, quelques jours après pour vérifier la réception du pollen. De ce fait, par rapport à la métrique, l'efficacité du test sera mesurée par le pourcentage de fleurs pollinisées par rapport au nombre de fleurs total.

6 La nomenclature des matériaux (mise à jour finale)

N°	Description de la composante	Quantité	Prix unitaire	Prix total	Référence
1	Moteur de vibration	1	\$ 3.00	\$ 3.00	Buzzing motor
2	Filament à impression 3D	10	\$ -	\$ -	Maker space
3	Carton	30	\$ -	\$ -	Au recyclage
4	Fil knitting Yard, 85 % acrylic/15% nylon	1	\$ 4.50	\$ 4.50	Dollarama
5	Superglue	1	\$ 3.00	\$ 3.00	Dollarama
6	2x(Moteur à pas 5V DC + ULN2003 driver board)	1	\$ 12.14	\$ 12.14	Amazon.com: Aoicrie 2Sets 28BYJ-48 DC 5V Stepper Motor + ULN2003 Driver Test Module Board : Electronics
7	Arduino Uno R3 (Clone)	1	\$ 15.25	\$ 15.25	Arduino UNO R3 (Clone) (TYPE: Arduino Only) (makerstore.ca)
8	Jumper Cables (pack of 10) 20cm male-female	2	\$ 1.00	\$ 2.00	Jumper Cables (pack of 10) (TYPE: 20cm Male-Female) (makerstore.ca)
9	Câble d'extension USB	1	\$ 12.99	\$ 12.99	Hanprmee Câble d'extension USB 2.0 extra long de 6,1 m – Câble USB 2.0 A mâle vers femelle A pour imprimante, clavier, console de jeu, haut-parleur, Oculus Rift, scanners, etc. (bleu) : Amazon.ca: Électronique
10	Adaptateur 120AC-5VDC (USB)	1	\$ 1.00	\$ 1.00	Disponible chez n'importe quelle friperie

11	Tape électrique 5 pack	1	\$ 2.99	\$ 2.99	Certified Coloured Vinyl Electrical Tape, Assorted, 3/4-in x 12-ft (19 mm x 3.7 m), 5-pc Canadian Tire
12	Poulies et Courroie (5x5000)mm	1	\$ 19.99	\$ 19.99	Zeelo GT2 Lot de 8 poulies de courroie de distribution 5 mm 20 dents et GT2 5 mètres en caoutchouc Pas de 2 mm Largeur 6 mm Courroie de distribution avec clé Allen pour imprimante 3D CNC : Amazon.ca: Commerce, Industrie et Science
13	Écrous, bolts, vis variés (au besoin)	10	\$ 0.50	\$ 5.00	Home Depot / Princess Auto
14	ELEGOO Kit électronique	0	\$ 26.99	\$ -	ELEGOO Kit électronique (amazon.ca)
Total				\$	81.86
Total avec taxes				\$	92.50

Table 6.1 : La nomenclature des matériaux finalisée

7 Conclusion

En définitive, le livrable G présente de manière précise et organisé les résultats du prototype II, la rétroaction reçue du client et les utilisateurs ciblés et le plan d'essai de prototypage pour le prototype III (le produit final). Le prototype II était utile pour communiquer et finaliser le fonctionnement du système électronique et logiciel, détecter les défaillances de ce système et les problèmes potentiels. Plusieurs résultats des essais de ce prototype ont été notés pour améliorer les autres sous-systèmes et mener des améliorations pour le produit final.