

GNG 1503 E01
Equipe FE12

Livrable G Prototype III et rétroaction du client

Présente à
Professeur Emmanuel Bouendeu

Soumis par

Victoire Etonyemya Yumbe

Rahima Daher

Penda-Anna Diagne

Thierno BirahimNiang

Fanti Tchankem Gloria kassandra

Université d'Ottawa

24 mars 2024

Table de Matières

- 1. Introduction**
- 2. Le Prototype III**
- 3. Modèle analytique pour le Prototype II**
- 4. Tests du Prototype III**
 - a. Tableau des tests**
 - b. Tableau de spécifications et valeurs cibles**
 - c. Tableau des résultats et rétroaction**
- 5. Rétroaction et commentaires du Prototype III**
 - a. Rétroaction du client**
 - b. Rétroaction hors du cours**
- 6. Mise à jour Spécifications Cibles, NDM et Conception détaillée Prototype III**
 - a. Spécifications Cibles**
 - b. NDM**
 - c. Conception détaillé**
- 7. Plan d'essais Prototype III**
- 8. Annexe**
 - b. Photos du prototype III final**
- 9. Mise à jour Plan de Projet**
- 10. Conclusion**

I. Introduction

Dans cette phase avancée de notre projet visant à automatiser la pollinisation des fraises, nous franchissons une étape décisive : le développement de notre troisième prototype. À ce stade, notre vision se concrétise davantage, et nos efforts se concentrent sur la création d'une solution pratique et efficace. Notre nouveau prototype se présente sous la forme d'une boîte ingénieuse, abritant deux cartes Arduino interconnectées. Ces cartes joueront un rôle crucial en synchronisant les mouvements de petits moteurs vibratoires, conçus pour délicatement vibrer les fleurs de nos plants de fraises. Ce livrable représente bien plus qu'une simple matérialisation de nos idées ; il incarne l'aboutissement d'un processus itératif d'analyse, de test, et d'ajustement. Chaque élément de ce prototype a été soigneusement conçu pour répondre aux besoins de nos clients, tout en intégrant les retours d'expérience et les découvertes issues des versions précédentes. En outre, ce troisième prototype marque une étape significative dans le renforcement de notre solution. Nous mettrons à jour nos spécifications ciblées, affinerons la nomenclature des matériaux, et approfondirons la conception détaillée, consolidant ainsi la base sur laquelle repose notre approche de pollinisation automatisée. Chaque progression dans cette démarche nous rapproche un peu plus de notre objectif final : créer une solution robuste et fiable pour la pollinisation automatisée des fraises. Nous sommes impatients de voir comment ce prototype évoluera grâce aux commentaires des utilisateurs et aux cycles ultérieurs d'itération et de perfectionnement.

II. Le Prototype III

Basée sur nos prototypes I et II dans les livrables F et G, notre concept a grandement changé. Notre premier prototype était un bras robotique contrôlé par Arduino via Bluetooth, doté de deux degrés de liberté et utilisant deux servomoteurs MG945 pour les articulations du tronc, de l'épaule et du coude. La géométrie du bras est cruciale pour calculer les angles de positionnement, tandis que son extension permet d'atteindre les objets au-delà de sa base. La précision de l'orientation, notamment pour transporter des graines de pollen, est assurée par la programmation précise de l'Arduino, permettant le contrôle indépendant de chaque moteur servo via une application mobile développée avec l'IDE Arduino et MIT App Inventor.

Après avoir reçu de la rétroaction sur notre premier prototype et ses contraintes de réalisation en termes de temps et d'habiletés, nous avons décidé de prendre une approche complètement différente. En effet, le premier concept consistait d'une composante mécanique et logicielle et requiert un déplacement le long de l'étagère qui dépose du pollen sur les fleurs. Néanmoins, notre prochain prototype visait à implémenter seulement une composante logicielle, qui ferait vibrer toute une étagère à la fois. Par définition la pollinisation, effectuée par les abeilles, transfère le pollen des étamines (partie mâle de la fleur) au pistil (partie femelle de la fleur). Ainsi, les composants sont intégrés dans une boîte en aluminium sur mesure, incluant Arduino Uno et Nano, une plaque d'essai, une batterie, des capteurs de force et un haut-parleur. La fréquence des vibrations peut être ajustée manuellement via une application mobile, offrant ainsi une solution personnalisée pour favoriser la croissance optimale des plantes. Une vibration ayant une puissance assez grande pourrait simuler la pollinisation vibratoire.

Notre deuxième prototype utilise un télémètre ultrasonique et une carte Arduino pour simuler les vibrations d'une abeille. Le télémètre détecte précisément la distance jusqu'aux fleurs, assurant une interaction ciblée. La carte Arduino traite ces données et génère des vibrations adaptées. L

Après avoir effectué des essais avec notre prototype, nous avons réalisé que le télémètre ne répondrait pas aux fonctions désirées. En effet, un télémètre mesure la distance entre un émetteur de signal, tel qu'un capteur ultrasonique dans notre cas, et l'objet cible en calculant le temps nécessaire pour que le signal retourné à l'émetteur. Toutefois, la fonction du télémètre se limite à la mesure de la distance, nécessitant ainsi l'adjonction d'un haut-parleur piézoélectrique pour effectuer les vibrations requises. Cependant, même dans ce cas, étant donné que notre

système devait être placé dans une boîte pour le protéger des conditions humides et environnementales du conteneur, la boîte représenterait une contrainte pour la mesure précise de la distance.

Le troisième prototype final de notre système de pollinisation vibratoire conserve l'idée de base tout en apportant des améliorations significatives. Cette fois-ci, notre système se compose d'une carte Arduino, une carte Bluetooth Adafruit et de cinq mini moteurs vibratoires connectés en parallèles (chaque fils ayant une longueur différente). La carte Arduino agit comme cerveau de notre système. Nous avons soudé la carte Bluetooth Adafruit à notre carte Arduino. Elle facilite l'ajout de connectivité Bluetooth Low Energy à notre Arduino. Il se connecte à notre Arduino en utilisant l'interface SPI matérielle (MISO, MOSI, SCK) ainsi qu'une ligne de sélection de puce (par défaut D8), une ligne d'interruption (par défaut D7) et une réinitialisation (par défaut D4). Les broches PIN 8, 7 et 4. Pour établir la connexion entre l'Arduino et exploiter la fonctionnalité Bluetooth pour contrôler notre système via l'application Bluefruit nous avons programmé la carte de sorte que le client puisse démarrer et arrêter les moteurs vibratoires à distance. Pour ce faire, il est nécessaire de programmer des broches spécifiques, comme indiqué dans la documentation de la carte Adafruit (*Voir code dans figure 3 de l'annexe*).

Les cinq moteurs vibratoires sont reliés à des longs fils électriques qui permettent d'atteindre chaque différent plant de fleur, afin que chacun ait un moteur vibratoire. Nous avons connecté ceux-ci en parallèle puisque les connexions en série, la tension se divise en deux, la consommation d'énergie est la même pour chaque composante et si une composante tombe en panne, toute la chaîne est affectée. En parallèle, si un moteur échoue, les autres continuent à fonctionner normalement, la rendant plus fiable pour les défaillances possibles. Ainsi, pour la consommation énergétique, chaque composante est alimentée indépendamment, permettant une utilisation plus efficace de l'énergie. (*Voir figure 1 de l'annexe pour circuit*). Le système sera installé dans un conteneur LeMotech, où chaque fil électrique, accompagné de son moteur vibratoire, chacun sera logé dans un tuyau distinct pour assurer un agencement ordonné et une gestion efficace des câbles.

III. Modèle analytique pour le Prototype II

IV. Tests du Prototype III

a. Tableau des tests

N°	Type	Objectif	Méthode	Usage	Date
1.	Ciblé physique (Arduino Bluetooth)	Vérifier la stabilité de la connexion Bluetooth et la réponse aux commandes à distance	Effectuer des essais dédiés à la performance du Shield dans des conditions diverses	Assurer la fiabilité et la réactivité du contrôle à distance	21 mars
2.	Ciblé physique (microcontrôleur Arduino)	Vérifier que le microcontrôleur Arduino exécute les fonctions spécifiques pour lesquelles il a été programmé et tester ses interactions avec d'autres composantes externes	Tester l'interaction entre les différentes parties du système en intégrant progressivement les composants et en vérifiant leur compatibilité	Sert à capter les signaux grâce aux instructions programmées	19 mars
3.	Ciblé physique (Alimentation: batterie)	Mesurer la stabilité de l'alimentation et la capacité à répondre aux besoins en énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Mesurer la tension délivrée par la batterie à l'aide du multimètre -Vérifier la stabilité de l'alimentation sous différentes tensions et charges 	Alimente les composants électriques	19 mars
4.	Ciblé analytique (Application de contrôle: BLE)	Surveiller en enregistrant des données telles que la fréquence, gérer et réguler	Vérifier les fonctionnalités de bases, la stabilité et les performances Évaluer	Exécuter des tâches spécifiques telles que régler la fréquence, débiter ou	22 mars

		différents aspects	l'interface utilisateur et vérifier la compatibilité avec différentes composantes	arrêter la pollinisation	
5.	Ciblé physique (boîtier)	Abrite et protège les principales composantes du système	Mesurer les dimensions et peser la boîte Mettre en contact avec de l'eau et observer les conséquences	Sert de cadre et offre un environnement sûr pour les composants	21 mars

b. Tableau de spécifications et valeurs cibles

N°	Spécifications	Attentes
1.	Efficacité de la pollinisation	100%
2.	Poids	1,2 kg
3.	Dimension	(170*120*100)mm
4.	Tension (Alimentation)	5-9V

c. Tableau des résultats et rétroaction

Critères fonctionnels	Valeur mesurée (ou calculée)	Valeur ciblée	Commentaires/ Observations
Alimentation	~9V	5-9V	Satisfaisant
Critères non	-	-	-

fonctionnels			
Resistance aux intemperies	Résiste à l'humidité, la poussière	Résistance à l'humidité, la corrosion et les UV	Satisfaisant
Contraintes	-	-	-
Poids	0,950 kg	1,2 kg	Satisfaisant (nous avons calculé la somme des masses de chacun de nos composants)
Dimensions	(150*110*72)mm	(170*120*100)mm	Satisfaisant (calculs)

V. Rétroaction et commentaires du Prototype III

Lors de notre troisième rencontre avec le client, notre système consistait toujours en un bras robotique monté sur des rails, qui coulisse au bout duquel se trouvait une brosse vibrante. Ensuite nous sommes partis sur un émetteur d'ondes vibratoires via un haut-parleur, initialement conçu pour polliniser les fraises. Cependant, suite à la rétroaction d'un des assistants lors du lab, qui craignait que ce système ne soit pas assez puissant pour assurer une pollinisation efficace, nous avons décidé de reconsidérer notre approche. Après avoir pris en compte cette rétroaction, nous avons opté pour un système émetteur de vibrations capable de polliniser, du tuyau équipé de plusieurs moteurs vibratoires, une approche plus pratique et adaptable pour la pollinisation automatisée des fraises dans un conteneur aménagé spécifiquement pour leur culture. À la suite de cette décision, nous avons sollicité les commentaires d'un ami qui s'y connaît bien en agriculture pour évaluer notre Prototype III. Son expertise nous a permis de considérer divers aspects, notamment l'adaptabilité du nombre de moteurs vibratoires en fonction du nombre de plantes et la résistance du système aux conditions environnementales. Il a également soulevé des préoccupations concernant la durabilité et la protection des composants électroniques dans un environnement agricole potentiellement hostile, ainsi que la question de la hauteur à laquelle le système devrait être placé pour une

pollinisation optimale. En réponse à ces retours, nous avons décidé d'abriter tous les composants électroniques dans une boîte de dérivation IP65, réputée pour sa résistance à l'humidité, et nous étudions actuellement différentes options pour la hauteur de placement du système, soit suspendu au niveau des fleurs des fraises, soit positionné au niveau du sol proche des fraisiers. Ces ajustements nous permettront de mieux répondre aux attentes de notre client et des agriculteurs potentiels, tout en consolidant notre position en tant que solution innovante et efficace pour la pollinisation automatisée des fraises.

VI. Mise à jour Spécifications Cibles, NDM et Conception détaillée

Prototype III

a. Spécifications Cibles

Les spécifications cibles initiales visaient à enrichir le concept de base de notre idée, nous permettant de mieux anticiper les éventuels défis. Cette approche nous offre une base solide pour développer nos prototypes de pollinisation artificielle. Ces prototypes servent à identifier les problèmes potentiels et à les résoudre en collaboration avec le client, facilitant ainsi la communication de notre idée et permettant des retours précis. Nous évaluons nos prototypes en fonction de trois catégories : "Bon", "À améliorer" et "Mauvais", afin de cibler les aspects à perfectionner et garantir leur fonctionnalité maximale.

b. NDM

b. NDM

Liste d'équipement Projet

- Un microcontrôleur Arduino UNO [MakerStore](#)
- Adafruit Bluefruit LE Shield - Bluetooth LE for Arduino [MakerStore](#)
- Une platine d'essai [Jumper Cables \(pack of 10\) \(makerstore.ca\)](#)
- Mini moteurs vibreurs

https://www.amazon.com/BestTong-10000RPM-Wired-Vibration-Motors/dp/B073YFR5WR/ref=mp_s_a_1_1?crd=25GBQUUI8H7VF&dib=eyJ2IjoiMSJ9.zhv4ZhKq217

[0iFpjHHyprdwSuowhlBAuB3FnJlhEWjLGjHj071QN20LucGBJIEps.rewXrhZ0ZkTqcgjnQ_JxiANeE4gXwY8GWi_uheRWe9g&dib_tag=se&keywords=moteur+vibratoire+5v&qid=1710449147&sprefix=moteur+vibratoire+5v%2Caps%2C112&sr=8-](https://www.amazon.ca/s?k=arduino+uno+r3&pf_rd_p=d8c43617-c625-45bd-a63f-ad8715c2c055&pf_rd_r=YG6XBHQ3791AN3SC2T1&pd_rd_wg=DkH9R&pd_rd_r=0a4f7476-c3af-4a7b-a9b7-4e782affc344&s=industrial&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9kZXRhaWw&th=1)

- Des câbles mâle-femelle (ou mâle-femelle) [Maker Store](#)
- L'Arduino EDI (logiciel sur ordinateur)
- Batterie [AmazonBasics Lot de 8 piles alcalines 9 V 600 mAh : Amazon.ca: Santé et Soins personnels](#)
- Attaches
- Robojax 9v Battery Power Cable for Arduino
- Boîtes
https://www.amazon.ca/dp/B075DHRJHZ/ref=sspa_dk_detail_1?pd_rd_i=B075DJD T99&pd_rd_w=SzcNH&content-id=amzn1.sym.d8c43617-c625-45bd-a63f-ad8715c2c055&pf_rd_p=d8c43617-c625-45bd-a63f-ad8715c2c055&pf_rd_r=YG6XBHQ3791AN3SC2T1&pd_rd_wg=DkH9R&pd_rd_r=0a4f7476-c3af-4a7b-a9b7-4e782affc344&s=industrial&sp_csd=d2lkZ2V0TmFtZT1zcF9kZXRhaWw&th=1
- Tuyau
https://www.amazon.ca/dp/B08HJHDZ4H?starsLeft=1&ref=cm_sw_r_cso_wa_apin_dp_1HP32000A5YCCV3XBT0N

	Noms de matériel	Descriptions/Utilité	Quantité	Prix/unité	Prix total
1.	Un microcontrôleur Arduino UNO	L'Arduino UNO R3 (Clone) est une carte microcontrôleur compacte et polyvalente, idéal pour une variété de projets électroniques. Avec ses nombreuses broches d'entrée/sortie, ses capacités analogiques et sa connexion USB, elle est facile à utiliser.	1	15.25\$	15.25\$

2.	Adafruit Bluefruit LE Shield	Le Adafruit Bluefruit LE Shield est un module qui permet d'ajouter la connectivité Bluetooth Low Energy (BLE) à votre Arduino ou à un microcontrôleur compatible.	<u>1</u>	22.00\$	22.00\$
3.	Une platine d'essai	Un dispositif sans soudure pour prototype temporaire avec des conceptions électroniques et de circuits de test. La plupart des composants électroniques des circuits électroniques peuvent être interconnectés en insérant leurs fils ou bornes dans les trous, puis en établissant des connexions via des fils.	<u>1</u>	<u>5.00\$</u>	<u>5.00\$</u>
4.	Mini Tiny Vibration Motors 10000rpm Flat Coin Button-	Mini moteurs vibreurs attachés à l'arduino.	<u>1 pack of 15</u>	12.99\$	12.99\$
5.	Des câbles male-male (et male-femelle)	Servent à connecter nos différents capteurs	<u>2</u>	1.00\$	2,00\$
6.	L'Arduino EDI (logiciel sur ordinateur)	Pour la programmation avec la carte Arduino.	1	0\$	0\$
7.	Silicone Tube	Tube pour attacher à la boîte pour mettre les	1	14.86\$	14.86\$

		fils qui attachent le arduino au moteur vibrator.			
8	Le motech abs (boîtes)	Boîtes de 5.9" x 4.3" x 2.8"(150mmx110mmx70mm) pour mettre l'arduino et la pile pour attacher à une tuyau contenant les fils.	1	15.99	15.99
9.	Batterie	Pour assurer l'alimentation de notre système	1	5,00\$	0\$
10.	Attaches	Pour accrocher notre système au poteau	1 pack de 10	5,00\$	0\$
11.	Cable Robojax	Cable pour relier la batterie au microcontrôleur Arduino	1	15,20\$	15,20\$
Total	-	-	-	-	103.29\$

c. Conception détaillé

Suite à une analyse approfondie de notre Prototype II, nous avons décidé de procéder à des modifications importantes. Nous avons opté pour l'utilisation de mini moteurs vibratoires au lieu du télémètre à ultrasons et de l'amplificateur de fréquence. Ces moteurs, contrôlés par l'Arduino Uno et alimentés par une pile, offriront une solution plus efficace pour la distribution du pollen. L'intégration de l'Adafruit Bluefruit pour la connectivité Bluetooth permettra toujours un contrôle à distance via une application dédiée. Cette décision simplifie la conception de notre appareil de pollinisation tout en conservant sa fonctionnalité essentielle. En résumé, ces ajustements représentent une avancée significative dans notre projet, conciliant efficacité et technologie tout en restant fidèle à notre objectif initial.

VII. Plan d'essais Prototype III

Dans ce plan , nous planifions les parties de notre prototype à réaliser et les tests à faire sur une chaque partie : 1- Moteurs 2- Carte Arduino +Adafruit Bluefruit LE Shield 3- Alimentation 4- Boîtier 5- Tuyau

Prototypes					Tests			
No	Types	Objectifs	Fidélité	Date	Objectifs	Méthode	Usage	Date
1	Ciblé Physique	Vérifier le fonctionnement des moteurs vibratoires	grande	10 mars	Tester la vibration des moteurs	Utiliser une batterie de 9 Volts	Aide à la reproduction de la vibration de l'abeille	12 mars
2	Ciblé physique	Vérifier la compatibilité des 02 cartes et le contrôle à distance avec l'application Bluefruit Connect	grande	11 mars	Vérifier l'emboîtement parfait des 02 cartes et connecter nos téléphones à Arduino via bluetooth avec	Activer le bluetooth de notre téléphone intelligent et entrer dans l'application puis sélectionner le nom de carte	Permet le contrôle à distance des moteurs vibratoires	14 mars

					l'application	Arduino		
3	Ciblé analytique et physique	Fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement des moteurs et composants électriques	Grande	18 mars	Mesurer la stabilité de l'alimentation et la capacité à répondre aux besoins en énergie	Ajouter tous les moteurs au système et vérifier qu'ils sont bien alimentés	Alimenter les cartes arduino qui vont alimenter les moteurs par la suite	19 mars
4	Ciblé physique	Contenir les cartes arduinos ainsi que les batteries. Les câbles de moteurs seront également bien disposés.	grande	27 mars	Assurer la protection des éléments du système.	Prendre les mesures des différents éléments du système et faire une boîte convenable résistante à l'eau	Protéger les éléments du système contre la corrosion et l'eau dans le conteneur	28 mars
5	Ciblé Physique	Assurer que les tuyaux atteignent les plantes pour que les moteurs les fasses vibrer	grande	27 mars	Tester la vibrations des moteurs à l'intérieur du tuyau	Laisser vibrer les moteurs à l'intérieur des tuyaux et analyser la vibration du tuyau	Protéger les moteurs contre l'eau	28 mars

VIII. Annexe

Figure 1. Circuit du prototype III 1

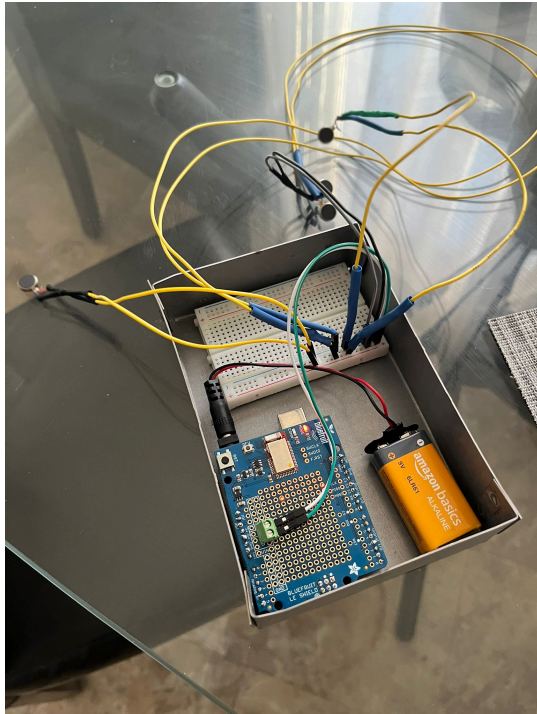


Figure 2. Circuit prototype III 2

```
1 #include <Adafruit_BluefruitLE_SPI.h>
2 #include <Adafruit_BluefruitLE_UART.h>
3 #include <SPI.h>
4 #include <SoftwareSerial.h>
5
6
7 SoftwareSerial bluefruit(3,2); // RX, TX pins on Arduino
8
9 #define BLUEFRUIT_SPI_CS 8
10 #define BLUEFRUIT_SPI_IRQ 7
11 #define BLUEFRUIT_SPI_RST 4
12
13 Adafruit_BluefruitLE_SPI ble(BLUEFRUIT_SPI_CS, BLUEFRUIT_SPI_IRQ, BLUEFRUIT_SPI_RST);
14
15 #define MOTOR_PIN 3
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(9600); // Initialize serial communication with the Arduino IDE
19   bluefruit.begin(9600); // Initialize serial communication with the Bluefruit LE Shield
20   pinMode(MOTOR_PIN, OUTPUT); // Set motor pin as output
21
22 }
23
24
25 void loop() {
26   ble.println("AT+BLEUARTX=Hello from Arduino!"); // Send a message to the connected device
27
28   if (ble.available()) {
29     char receivedChar = ble.read();
30
31     if (receivedChar == '1') {
32       digitalWrite(MOTOR_PIN, HIGH); // Turn on the motor connected to pin 3
33       ble.println("Motor turned ON");
34     }
35   }
36 }
```

```
9 #define BLUEFRUIT_SPI_CS 8
10 #define BLUEFRUIT_SPI_IRQ 7
11 #define BLUEFRUIT_SPI_RST 4
12
13 Adafruit_BluefruitLE_SPI ble(BLUEFRUIT_SPI_CS, BLUEFRUIT_SPI_IRQ, BLUEFRUIT_SPI_RST);
14
15 #define MOTOR_PIN 3
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(9600); // Initialize serial communication with the Arduino IDE
19   bluefruit.begin(9600); // Initialize serial communication with the Bluefruit LE Shield
20   pinMode(MOTOR_PIN, OUTPUT); // Set motor pin as output
21
22 }
23
24
25 void loop() {
26   ble.println("AT+BLEUARTX=Hello from Arduino!"); // Send a message to the connected device
27
28   if (ble.available()) {
29     char receivedChar = ble.read();
30
31     if (receivedChar == '1') {
32       digitalWrite(MOTOR_PIN, HIGH); // Turn on the motor connected to pin 3
33       ble.println("Motor turned ON");
34     } else if (receivedChar == '0') {
35       digitalWrite(MOTOR_PIN, LOW); // Turn off the motor connected to pin 3
36       ble.println("Motor turned OFF");
37     }
38   }
39 }
40
41 }
```

Figure 3. Code pour connection Bluetooth (Bluefruit)

IX. Mise à jour Plan de Projet

Livable H
in list En cours

Members: KF, PD, RD, TN, VY, +

Labels: +

Notifications: Watching

Due date: today at 11:59 PM **Complete**

Description: Prototype III et rétroaction du client

Kassandra FANTI (100%)
 Introduction
 Plan-d'essai-prototype-III
 Conclusion

Add to card: Members, Labels, Checklist, Dates, Attachment, Custom Fields

Power-Ups: Add Power-Ups

Automation: Add button

Actions

Penda-Anna Diagne (67%)
 Prototype-III
 Mise-à-jour-du-Trello
 Soumission sur Brightspace

Rahima Daher (100%)
 Spécifications-Cibles
 NDM
 Conception-détaillé

Thierno Niang (100%)
 Rétroaction-du-client
 Rétroaction-hors-du-cours

Buttons: Hide checked items, Delete, Copy, Make template, Archive, Share

Victoire Etonyemya Yumbe (67%)
 Tableau-des-tests
 Tableau de spécifications et valeurs cibles
 Tableau-des-résultats-et-rétroaction

Activity: Show details

Write a comment...

X. Conclusion

À travers le développement et l'implémentation de notre prototype 3, une nouvelle dimension s'ajoute à notre projet de pollinisation automatisée des fraises. Ce prototype, sous la forme d'une boîte innovante équipée de deux cartes Arduino, ouvre de nouvelles perspectives dans notre approche de la pollinisation automatisée.

L'intégration de ces cartes Arduino, synchronisant habilement les petits moteurs vibratoires, marque une avancée significative dans notre capacité à cibler spécifiquement les fleurs des plants de fraises. Cette approche permet une précision accrue dans la pollinisation, favorisant ainsi une meilleure fécondation et une augmentation du rendement.

De plus, ce troisième prototype témoigne de notre engagement continu à perfectionner notre concept initial en tenant compte des retours et des exigences des clients. Les tests rigoureux et l'analyse approfondie qui accompagnent le développement de ce prototype contribueront à ajuster notre approche et à optimiser son efficacité.

En résumé, le prototype 3 représente une étape clé dans notre projet, illustrant notre capacité à innover et à répondre aux défis complexes de la pollinisation automatisée. Nous sommes confiants que cette nouvelle itération nous rapproche un peu plus de notre objectif ultime de créer une solution robuste et efficace pour la pollinisation des fraises.