

Livrable E — Calendrier et coûts du projet

Christelle Ilunga

Bineta Ly

Rohan Mariash

Yahya Raja

Bamoussa Sacko

Simon Vézina

Le 25 février 2024

Table des matières

1	Introduction	1
2	La conception détaillée.....	1
2.1	Le sous-système mécanique	1
2.2	Le sous-système électronique.....	3
2.3	Le sous-système logiciel	4
3	La nomenclature des matériaux.....	5
4	La liste d'équipement	6
5	Les risques importants.....	7
6	Les plans de prototypage et d'essais	7
7	Conclusion.....	9

1 Introduction

Le livrable E a pour but de développer un plan et un calendrier du projet afin de pouvoir compléter les trois prototypes et essais avant la fin de la session, en addition d'une estimation des coûts des matériaux et les composants. Premièrement, la conception détaillée, y compris les dimensions et les composants, sera présentée pour chaque sous-système, en addition de la nomenclature des matériaux. En outre, les risques importants à prendre en compte seront définis en vue de les éviter au fur et à mesure du développement du projet.

2 La conception détaillée

2.1 Le sous-système mécanique

Le sous-système mécanique est composé de trois parties principales : le dispositif de déplacement motorisé, le bras mécanique ajustable et la brosse de pollen.

Le dispositif de déplacement comprend deux moteurs, un pour chaque axe, quatre roues creuses parallèles deux à deux et une ceinture noire. Le dispositif est conçu de manière à former un « H ». Le mécanisme utilise le principe de « *H-Bot* ». Le premier moteur assure la transmission de puissance permettant le déplacement sur l'axe des x. Le deuxième moteur, quant à lui, assure la transmission de puissance sur l'axe des y. La manipulation des deux moteurs de manière synchrone permet aussi le déplacement dans le plan x et y. La plateforme de pollinisation, déplaçable sur les deux axes, a une longueur de 5.530 pouce et une hauteur de 1.831 pouce avec des trous de fixation de 0.290 pouce de diamètre. La configuration H-Bot permet des mouvements coordonnés et précis, nécessaires pour une pollinisation automatisée efficace. Ce système est une version simplifiée du premier système qui faisait appel à des engrenages complexes et à des vis de longueur surréaliste.

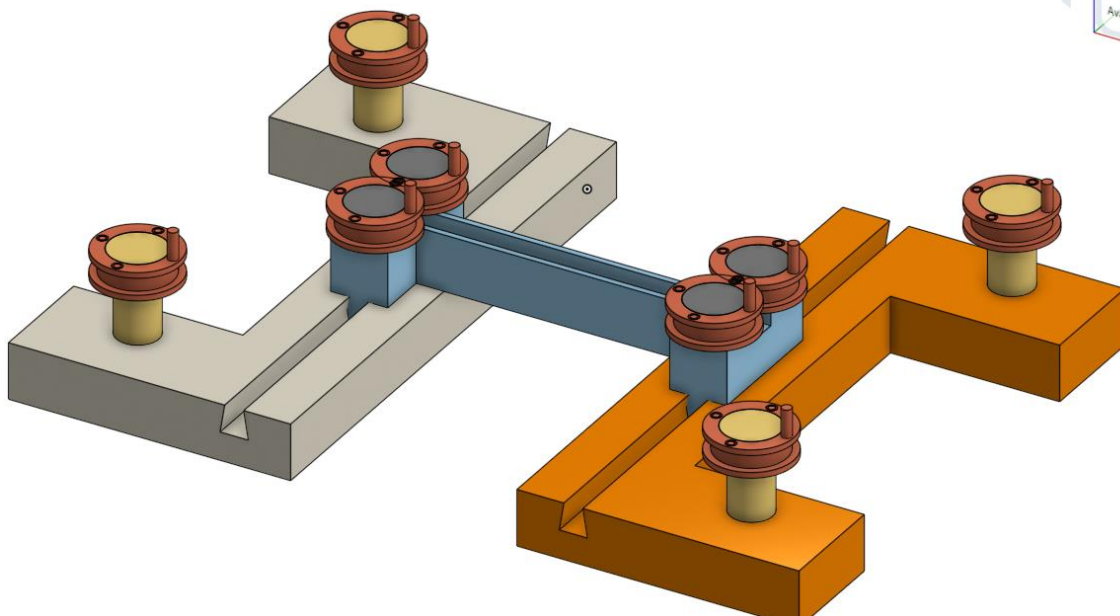


Figure 2.1.1 : Schéma du système de fonctionnement

Lien Onshape : [Sous-système mécanique](#)

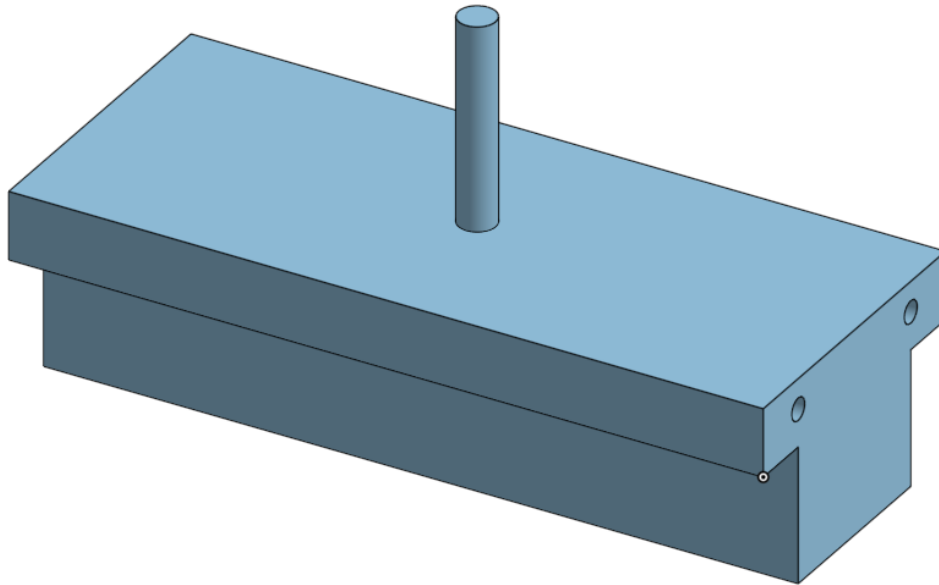


Figure 2.1.2 : Schéma de la pièce à déplacer

Le bras mécanique comprend une barre de liaison rouge mesurant 1.120 pouce en longueur et 0.461 pouce en hauteur. Il est intégré dans le système H-Bot. Le bras est ajustable grâce aux liaisons pivots glissantes. Il permet d'ajuster la hauteur de la brosse pollinisatrice pour plus d'efficacité.

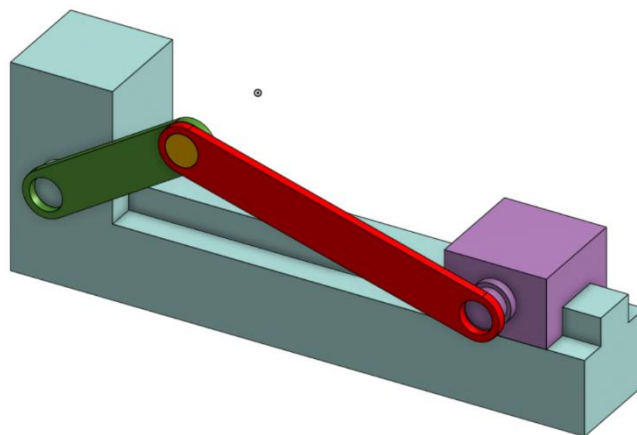


Figure 2.1.3 : Schéma du bras mécanique ajustable

Lien Onshape : [Bras mécanique](#)

La brosse pollinisatrice est composée de micro-tubes au bout desquels seront ajoutés de longs microfilaments de laine composés de 85% d'acrylique et de 15% de nylon. Ces microfilaments sont conçus pour capturer et transférer le pollen efficacement. Au-dessus de cette brosse, un petit dispositif vibrant sera installé pour induire la vibration des microfilaments, améliorant ainsi la libération et la capture du pollen. La longueur des microfilaments est choisie pour optimiser la pollinisation des fleurs sans les endommager, ce qui est crucial pour la pollinisation de cultures délicates comme les fraises. La brosse a un diamètre 1,37795 pouce et 2,75591 pouce de hauteur.

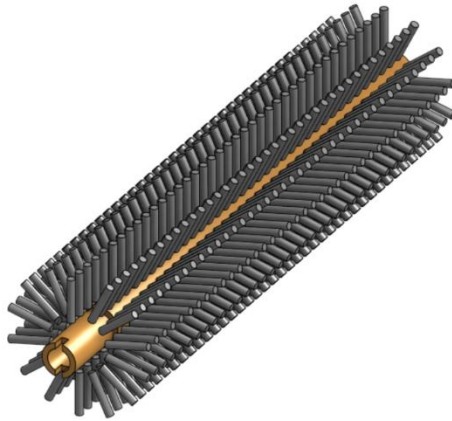


Figure 2.1.4 : Schéma de la brosse pollinisatrice

Lien Onshape : [Brosse pollinisatrice](#)

2.2 Le sous-système électronique

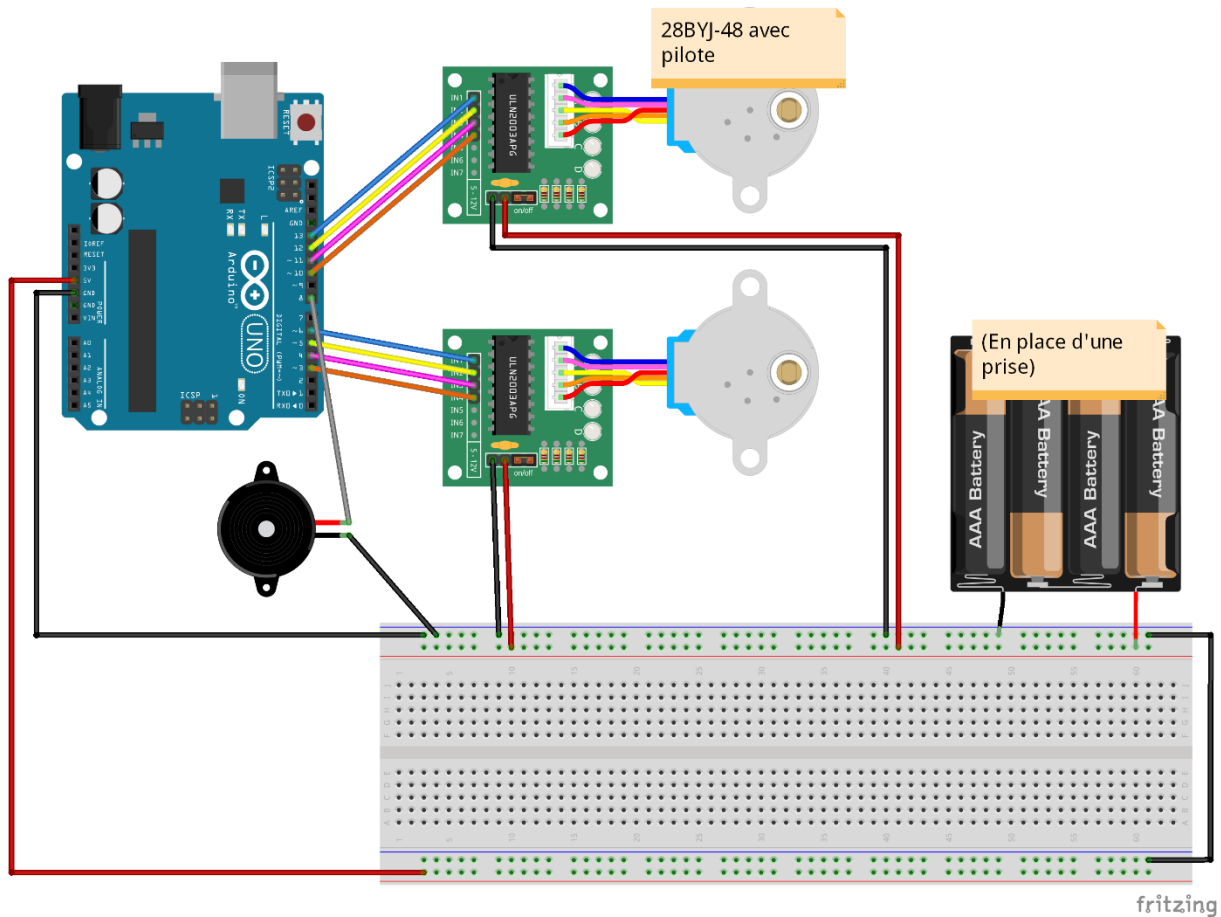


Figure 2.2.1 : Schéma détaillant le fonctionnement du sous-système électronique

D'après la figure 2.2.1, le système sera compris de trois moteurs ; deux moteurs pas à pas, qui permet le système de se déplacer de manière fiable avec deux degrés de liberté, et un moteur de vibration, qui vibrera le système de pollinisation. Les deux moteurs pas à pas seront capables de réaliser le déplacement avec la charge du système (qui sera plutôt faible). Un

moteur à courant direct avec un encodeur aurait été préférable et plus fiable, mais avec les contraintes du budget, n'est pas réalisable. Afin de contrôler le système de pollinisation artificielle, un Arduino sera employé et connecté aux terminaux en se servant du sous-système logiciel pour pouvoir exécuter les requêtes.

Pour pouvoir alimenter les 3 moteurs, il faut une source d'alimentation externe, puisque le microcontrôleur n'est pas en mesure de fournir le courant requis sans endommager son circuit. Pour ce faire, le projet se servira d'une entrée de 5V, qui sera connectée directement à une prise de 120V utilisant un transformateur abaisseur. Dans le schéma de conception détaillée, 4 piles AAA sont affichées parce que le logiciel *Fritzing* qui a été utilisé ne prend pas ce dispositif en charge.

Le diagramme du sous-système électronique est très simple, mais est également le plus coûteux. Le traitement des données et requêtes sera fait par le sous-système logiciel afin de pouvoir alimenter le sous-système mécanique.

Pour la solution finale, il sera préférable de souder toutes les composantes afin de s'assurer que les broches ne se déconnecteront pas et donner une solution finale plus esthétique. Cependant, dans le cadre de temps de ce projet, il sera très difficile d'acheter les composantes qui coûteront moins cher et qui pourront être soudées, parce que la date de livraison pour la plupart de ces composantes sera après la fin de la session. Il a été décidé alors que des composantes plus coûteuses seront achetées en quantités plus petites afin de s'assurer qu'elles seront livrées avant la Journée de la conception. À cause du coût faible des autres sous-systèmes, ce choix est acceptable.

2.3 Le sous-système logiciel

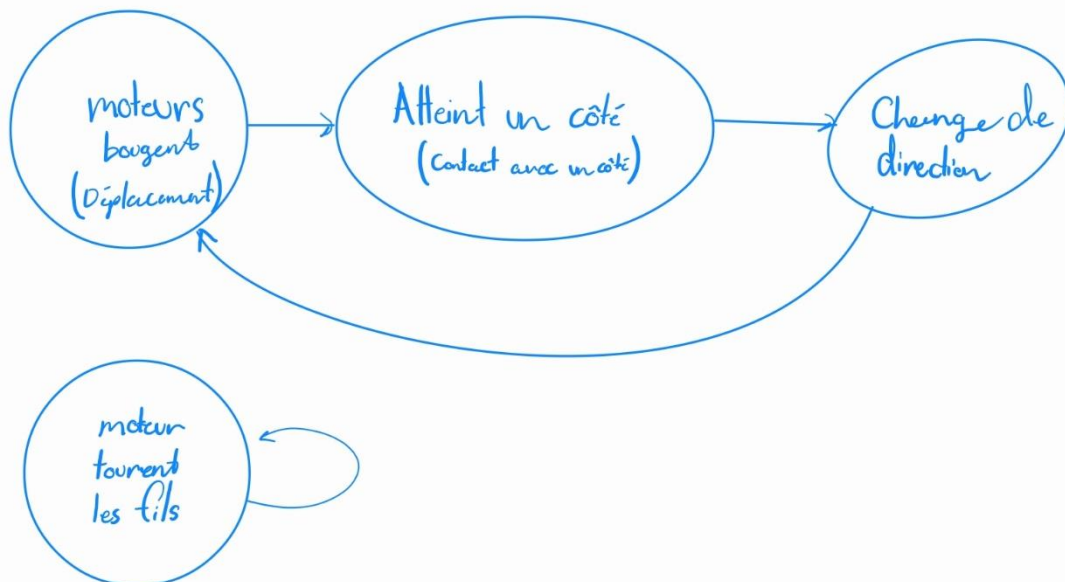


Figure 2.3.1 : Schéma synoptique détaillant le fonctionnement du sous-système logiciel

Le sous-système logiciel sera programmé en C++ en employant Arduino IDE. Il consiste en quelques fonctions, une qui contrôle chaque moteur et deux autres qui détectent le pollinisateur qui atteint les bords X et Y. On insère ces fonctions à l'intérieur du programme principal, puis on obtient un point qui suit la trajectoire programmée.

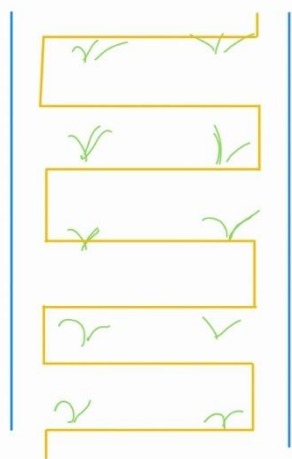


Figure 2.3.2 : Schéma de la trajectoire programmé

Pour qu'un programme soit employé, il doit être capable de compiler, sans erreurs. Ce test de compilation ne sera pas compté comme un essai d'un prototype logiciel.

3 La nomenclature des matériaux

Cette section présente tous les matériaux qui seront utilisés pour le projet, indiquant le numéro de la composante, le nom, la quantité, le prix unitaire et le prix total. Ceci permet de s'assurer que le budget ne soit pas dépassé et que chaque composante soit démontrée.

Nomenclature des matériaux

N°	Description de la composante	Qté	Prix unitaire	Prix total	Référence
1	Moteur DC à deux fils	1	\$ 3.00	\$ 3.00	Buzzing motor
2	Filament à impression 3D	10	\$ -	\$ -	
3	Fil knitting Yard, 85 % acrylic/15% nylon	1	\$ 4.50	\$ 4.50	Dollarama
4	Superglue	1	\$ 3.00	\$ 3.00	Dollarama
5	2x(Moteur à pas 5V DC + ULN2003 driver board)	1	\$ 12.14	\$ 12.14	Stepper Motor and Driver Board kit
6	Arduino Uno R3 (Clone) + Composant	0	\$ 33.99	\$ -	ELEGOO UNO Project Basic Starter Kit avec tutoriel et UNO R3

	es de base (fils, lumières boutons...)				
7	Adaptateur 120AC- 5VDC (USB)	1	\$ 3.00	\$ 3.00	Disponible chez n'importe quelle friperie
8	Arduino Uno R3 (Clone)	1	\$ 15.25	\$ 15.25	Arduino Uno R3 (Clone) (makerstore.ca)
9	Ruban Adésif	1	\$ 3.00	\$ 3.00	Dollarama
10	ELEGOO Kit électronique	1	\$ 26.99	\$ 26.99	ELEGOO Kit électronique (amazon.ca)
11	Câble d'extension USB	1	\$ 12.99	\$ 12.99	Câble d'extension USB 2.0 extra long de 6,1 m
12	Carton	30	\$ -	\$ -	Au recyclage
	Total			\$ 83.87	
	Total avec taxes			\$ 94.77	

Figure 3.1 : Nomenclature des matériaux

Les éléments en jaune sont très similaires, un contient plus de pièces que l'autre. Si nous avons à ajouter d'autres items qui étaient imprévus à notre nomenclature des matériaux. Ainsi l'on pourra faire des ajustements et débloquer des fonds si nécessaire.

4 La liste d'équipement

Pour déterminer les outils qui seront utilisés au fur et à mesure du projet, la liste d'équipement est utilisée. Cette liste est comprise des logiciels, bibliothèques et outils de conception qui seront utilisés pour les prototypes. Il est important de noter qu'il se peut que l'équipement ne soit pas utilisé pour le prototype final, mais qu'il ait été utilisé pour d'autres.

No.	Équipement
1	Imprimante 3D
2	Logiciel de conception Onshape
3	Carton
4	Papier abrasif
5	Plaque de conception
6	Arduino IDE
7	Ordinateur portable (pour travailler)
8	Plante artificielle
9	<i>AccelStepper</i> bibliothèque pour Arduino IDE
10	Soude
11	Superglue
12	Fil à tricoter
13	Composantes de base (fils, plaque d'essai)

Tableau 4.1 : La liste d'équipement requis pour la conception du système de pollinisation artificielle

5 Les risques importants

Dans le développement de notre système de pollinisation automatisé, des risques de nature différents peuvent intervenir. Les risques mécaniques incluent les défaillances dues à des erreurs de conception et potentiellement les accidents pouvant survenir lors d'interaction avec notre prototype. Les risques électriques sont également préoccupants avec la possibilité de court-circuit ou de surtensions qui pourraient causer des incendies ou des décharges électriques. En ce qui concerne le sous-système logiciel, qui demeure le plus grand défi, des bogues ou des erreurs de programmation peuvent entraîner des dysfonctionnements, affectant la précision et la fiabilité du système. Nos batteries peuvent poser des risques d'incendie ou d'explosion en cas de mauvaise gestion de la charge. En outre de tous ces aspects, l'impact environnemental sera minutieusement évalué pour s'assurer que le système n'endommage pas les cultures ou ne perturbe pas l'écosystème sous les serres, ou, en d'autres termes, les pollinisateurs naturels.

Chacun de ces risques sera identifié et géré à travers différentes phases de conception, de test et d'implémentation stricts en intégrant des mesures de sécurité et en suivant des protocoles d'essai pour garantir la fiabilité et l'efficacité de notre appareil.

Également, il y aura des risques par rapport au niveau individuel qui pourra influencer l'achèvement des tâches au fur et à mesure du développement des prototypes. Ceci pourra inclure le manque de communication entre les membres du groupe, d'effort au cours de la rédaction des livrables, de connaissances au niveau de l'énoncé de problème et de participation.

Il a été alors décidé que, commençant par le livrable F, le manque total de communication entre un membre et son équipe résultera avec une note de 0 qui sera indiqué en supprimant le nom de la page titre. Chaque membre de l'équipe devrait être en mesure de finir leurs tâches avant la date d'échéance ou de communiquer avec les autres membres de l'équipe s'il ou elle ne peut pas les compléter ou a besoin de l'aide.

Pour assurer que chaque membre de l'équipe puisse rester à jour avec le développement du projet et que le projet soit fini avant la date d'échéance, les présences de la réunion hebdomadaire seront notées. Si cette absence n'est pas communiquée avec l'équipe, elle sera notée dans le livrable de la semaine et le membre de l'équipe aura une réduction de 25% pour ce livrable, en addition au pourcentage d'effort déterminé par le professeur et les assistants d'enseignement.

6 Les plans de prototypage et d'essais

Prototypes				
N°	Type	Objectif	Fidélité	Date
1	Ciblé physique	Démonstration de la performance de base (créé avec du carton)	<i>Faible</i>	2024-02-27
2	Ciblé physique	Contrôle du système de déplacement (seulement les sous-systèmes électronique et logiciel)	<i>Moyenne</i>	2024-03-08
3	Ciblé physique	Assemblage du sous-système mécanique	<i>Moyenne</i>	2024-03-08

4	Complet physique	Performance du système au complet (y compris le déplacement et la pollinisation des fleurs)	Haute	2024-03-15
---	------------------	---	-------	------------

Tableau 6.1 : Plan de prototypage

Essais (tests)				
N°	Objectif	Méthode	Usage	Date
1	Déterminer le fonctionnement des systèmes de déplacement et de pollinisation, ainsi que vérifier comment les deux interagissent. Détecter les défaillances dans le système mécanique et les problèmes que peut avoir le système électrique.	Essai de prototype physique en déplaçant les composantes. Faire plusieurs rotations du système de pollinisation au tour d'une plante artificielle.	Amélioration du sous-système mécanique. Analyser l'effet du système de pollinisation sur une plante.	2024-03-02
2	Identifier les défaillances dans le système de déplacement, y compris les aspects électroniques et logiques. Déterminer la précision des moteurs pas à pas et le comportement des moteurs sur une charge. Vérifier que toutes les composantes fonctionnent.	Appliquer des charges semblables du système aux moteurs, pas à pas. Mesurer la distance de déplacement afin de déterminer des sauts dans le moteur.	Créer une relation entre les valeurs de déplacement dans le logiciel avec le déplacement réel. Ajouter des « pas » extras au cas échéant.	2024-03-09
3	Identifier les caractéristiques du système mécanique et les défaillances potentielles en soutenant une charge. Vérifier l'interaction de tous les morceaux du système mécanique.	Assembler le sous-système mécanique. Poser des charges sous le système. Vérifier que les parties peuvent glisser et qu'il n'y ait pas de chevauchement.	Mener des améliorations au sous-système mécanique. Faire des petites modifications du système pour pouvoir interagir avec les autres sous-systèmes, si nécessaire.	2024-03-09
4	Analyser l'interaction des trois sous-systèmes au complet. Mener des changements finaux au système de déplacement entremêlé avec le sous-système mécanique. Vérifier la pollinisation en employant une plante artificielle.	Assembler le produit. Faire subir le système à une utilisation « quotidienne ». Utiliser <i>SerialMonitor</i> dans Arduino IDE pour voir l'interaction logique-physique. Mettre une plante artificielle sous le produit.	Employer les calibrations finales du système.	2024-03-16

Tableau 6.2 : Plan d'essais

7 Conclusion

En définitive, le livrable E présente la description précise et détaillée du système de pollinisation artificielle des fraises. Ce système intègre ainsi harmonieusement trois sous-systèmes interdépendants. Le sous-système mécanique utilise le principe de H-Bot pour permettre une navigation tout au long des axes x et y, avec un bras mécanique ajustable et une brosse de pollinisation innovante équipée de microfilaments pour une interaction délicate avec les plantes. Le sous-système électronique se compose de trois moteurs : deux moteurs pas à pas et d'un moteur à vibration, pilotés par un Arduino. Quant au sous-système logiciel, programmé en C++ et géré via Arduino IDE, il assure le contrôle méticuleux de chaque moteur et la gestion des déplacements du pollinisateur. Il comprend des fonctions spécifiques pour détecter et répondre aux limites du domaine de travail, assurant ainsi que la trajectoire du dispositif est suivie avec précision. De ce fait, la conception requiert 13 matériaux et deux logiciels. Le coût total du projet s'élève à 94.77\$. Le système de pollinisation automatisé fait face à des risques mécaniques, électriques et logiciels, allant de défaillances de conception à des erreurs de programmation. Pour garantir la sécurité et la performance, ces risques sont gérés en testant rigoureusement les défaillances des prototypes, tout en employant des protocoles de test et des mesures de sécurité inflexibles.