

Livrable D — Conceptualisation

Christelle Ilunga

Bineta Ly

Rohan Mariash

Herve Thando Mugisha

Yahya Raja

Simon Vézina

Le 11 février 2024

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Les travaux connexes.....	1
2	La conception individuelle	1
2.1	Sous-système mécanique	1
2.1.1	Concept mécanique 1 — Simon Vézina.....	2
2.1.2	Concept mécanique 2 — Rohan Mariash.....	2
2.1.3	Concept mécanique 3 — Bineta Ly.....	3
2.1.4	Concept mécanique 4 — Christelle Ilunga.....	4
2.1.5	Concept mécanique 5 — Yahya Raja	5
2.2	Sous-système électronique	5
2.2.1	Concept électronique 1 — Simon Vézina	5
2.2.2	Concept électronique 2 — Rohan Mariash	6
2.2.3	Concept électronique 3 — Bineta Ly	6
2.2.4	Concept électronique 4 — Christelle Ilunga	7
2.2.5	Concept électronique 5 — Yahya raja.....	8
2.3	Sous-système logiciel	8
2.3.1	Concept logiciel 1 — Simon Vézina.....	8
2.3.2	Concept logiciel 2 — Rohan Mariash	9
2.3.3	Concept logiciel 3 — Bineta Ly	9
2.3.4	Concept logiciel 4 — Christelle Ilunga.....	9
2.3.5	Concept logiciel 5 — Herve Thando Mugisha.....	10
2.3.6	Concept logiciel 6 — Yahya Raja	10
3	Conception d'équipe	10
3.1	Sous-système mécanique.....	10
3.2	Sous-système électronique	11
3.3	Sous-système logiciel	13
4	Conclusion.....	14
5	Annexe — Concepts supplémentaires.....	15

1 Introduction

Le livrable D a pour but de développer plusieurs concepts préliminaires à la suite de l'énoncé de problème du client et les critères de conception. La solution globale présentée sera utilisée au fur et à mesure du cours, mais pourrait avoir tendance de changer. Avec ce, plusieurs concepts des sous-systèmes seront présentés afin de pouvoir revenir et changer de piste s'il le faut. La présente identifiera chacune des étapes et la méthodologie de l'équipe qui a influencé le choix de la solution globale.

1.1 Les travaux connexes

Individuellement, des esquisses et des schémas synoptiques ont été créés afin de réaliser le fonctionnement de chaque sous-système (mécanique, électronique et logiciel). Ces concepts préliminaires ont été présentés à une séance de groupe pour pouvoir comprendre le fonctionnement de chaque idée. Une matrice décisionnelle a été utilisée pour analyser les exigences fonctionnelles, non fonctionnelles et les contraintes de manière à classer et recombinaison les idées en vue de la solution finale.

Afin de mieux définir un concept préliminaire, trois équipes ont été créées pour développer un sous-système raffiné pour le produit final. Rassemblés, ces trois sous-systèmes constituent la solution globale qui sera critique lors de la conception approfondie dans le livrable E.

2 La conception individuelle

D'après les critères du livrable D, il faut d'abord faire la conception individuelle. Les membres de l'équipe ont créé un concept par sous-système selon les critères décrits ci-bas. Ce sont des *concepts préliminaires* ; des idées qui ont été mises directement sur papier. Ces concepts ont été analysés et étalonnés lors d'une réunion d'équipe afin d'identifier leurs forces et faiblesses selon une matrice décisionnelle créée à partir des besoins interprétés, l'énoncé de problème du client et les critères de conception. Chaque concept est dévoilé en ordre chronologique de la réunion de l'équipe.

2.1 Sous-système mécanique

Nom		Simon	Rohan	Bineta	Christelle	Yahya	Hervé
Conceptes		-	-	-	-	-	-
Contrôle à distance	5	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Autonomie	5	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
Coût	3	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Optimisation	4	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	
Universalité	2	2,00	3,00	2,00	1,00	3,00	
Durabilité et longévité	4	1,00	2,00	3,00	1,25	2,00	
Résilience	4	1,00	3,00	3,00	3,00	2,50	
Installation	3	3,00	2,00	1,00	1,00	2,00	
Sensibilité environnementale	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	
Volume de stockage	1	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	
Total		18	25	25	21,25	24,5	
Total pondéré		61	86	86	76	81	

Figure 2.1 : La matrice décisionnelle pour choisir le meilleur concept mécanique préliminaire

2.1.1 Concept mécanique 1 — Simon Vézina

Ce concept présente l'idée d'un « *chariot pollinisateur* », un robot à roulette qui se déplace de rangée à rangée pour polliniser les fleurs, à l'aide d'un long bras et un engrenage circulaire pour se déplacer verticalement afin d'atteindre les étagères supérieures.

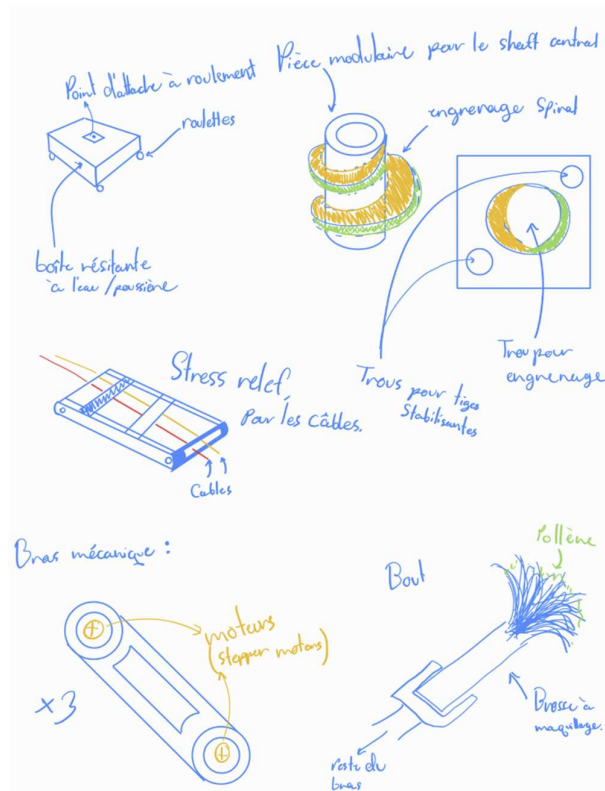


Figure 2.1.1 : Schéma détaillant le concept du système mécanique

2.1.2 Concept mécanique 2 — Rohan Mariash

Présentant une manière de déplacement du système de pollinisation artificielle, ce concept démontre plusieurs tuyaux et roues afin de se déplacer en (x, y, z). Le système, se plaçant dans un milieu quelconque, serait capable d'accéder à toutes les fleurs dans le conteneur. Il n'y aurait qu'une seule installation par serre.

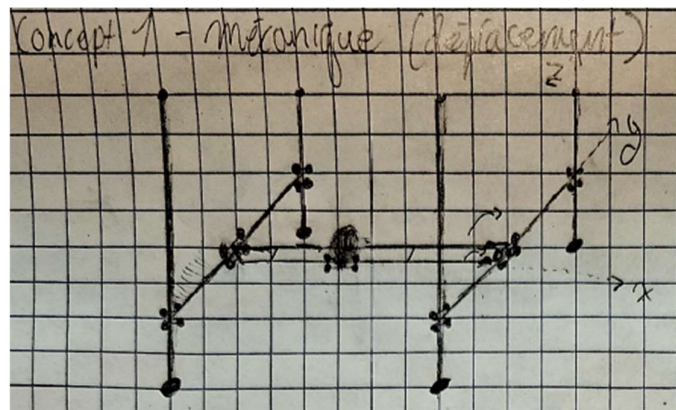


Figure 2.1.2 : Esquisse démontrant un système mécanique de déplacement

2.1.3 Concept mécanique 3 — Bineta Ly

Ce concept consiste à utiliser un engrenage droit à denture hélicoïdale pour le système de déplacement et un bras descendant rattaché à une plaque métallique équipée de brosse de pollinisation.

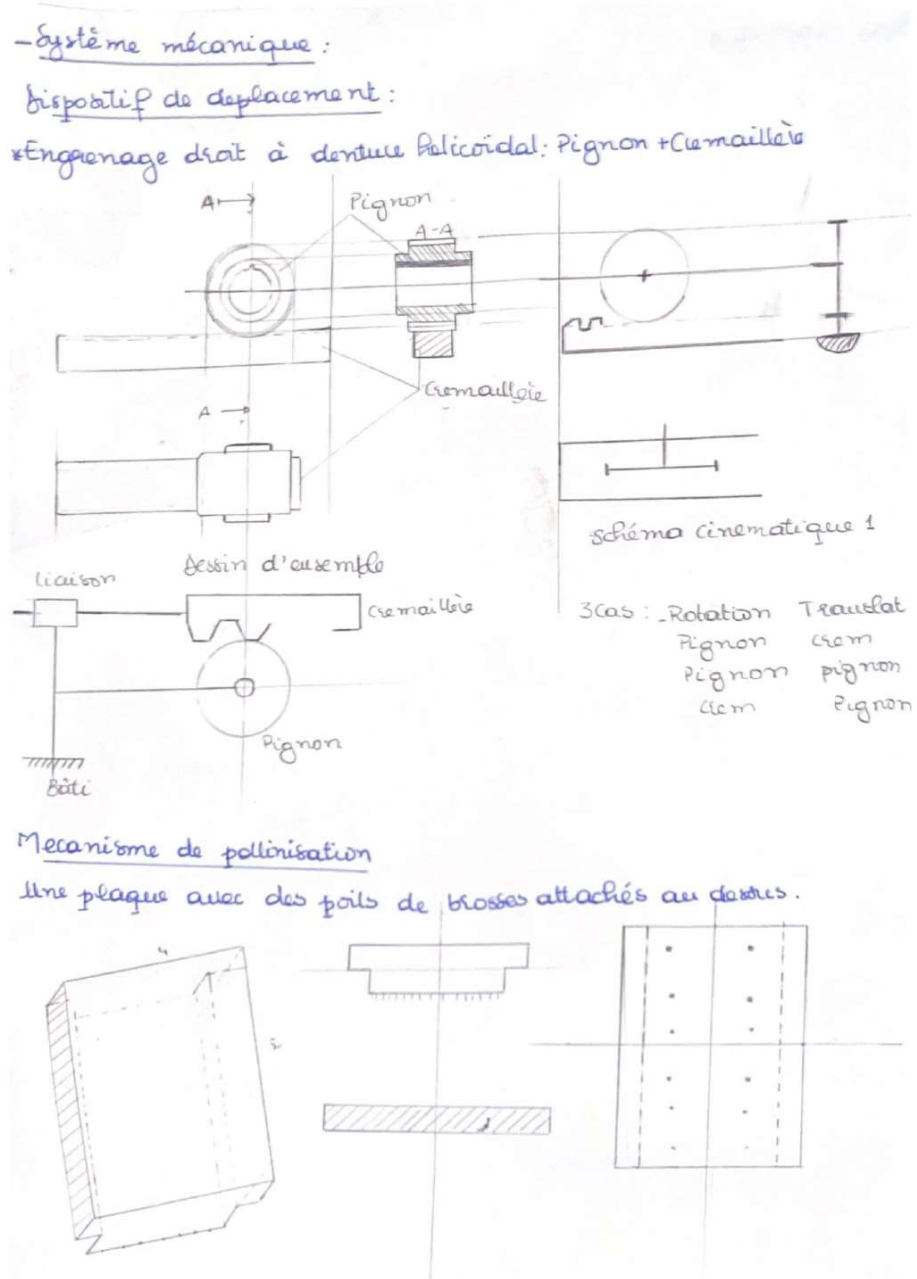


Figure 2.1.3 : Schéma illustrant le sous-système mécanique

Les avantages du système de déplacement sont que l'engrenage droit à denture hélicoïdale offre une transmission de puissance moins bruyante par rapport aux autres engrenages. Elle supporte de plus grandes charges. Le rail de guidage assure un déplacement stable et précis le long de la serre.

2.1.4 Concept mécanique 4 — Christelle Ilunga

Ce concept utilise un bras mécanique articulé qui va créer un mouvement horizontal oblique du contenant dans lequel se trouvent les fleurs, pour faire tomber le pollen de la fleur. Il est compris aussi d'un puits à pollen qui va se déplacer à l'horizontale et faire tomber du pollen sur la fleur.

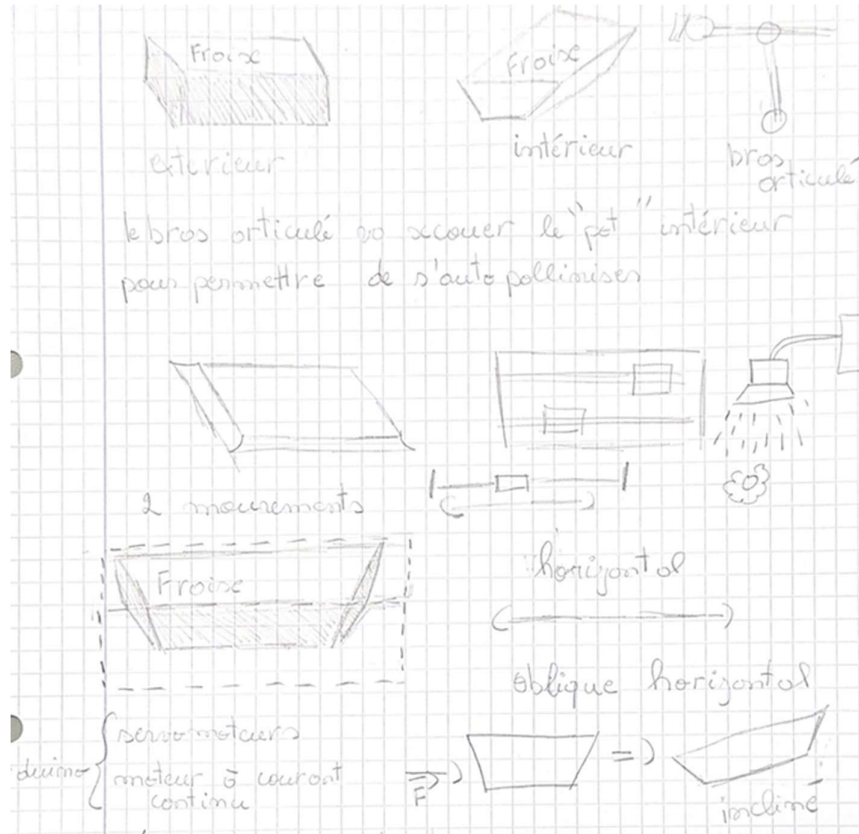


Figure 2.1.4 : Schéma illustrant le sous-système mécanique

2.1.5 Concept mécanique 5 — Yahya Raja

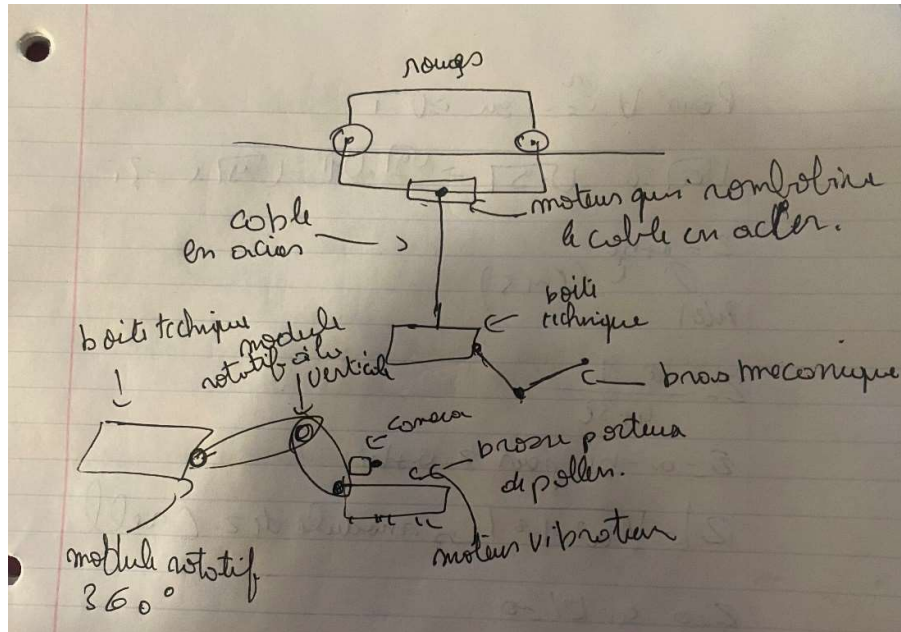


Figure 2.1.5 : Schéma illustrant le sous-système mécanique

2.2 Sous-système électronique

Étant identifiée en tant que sous-système, cette section encadre les sondes, les caméras, le matériel informatique et l'alimentation du projet, ainsi que l'entrée et la sortie traitée par le sous-système logique. Les sous-systèmes mécanique et logiciel de tous les deux dépendent du sous-système électronique. Les composantes électroniques ne peuvent fonctionner sans être alimentées par le logiciel, ni peuvent-elles bien récolter les données sans capacité de se déplacer.

Nom	Électronique					
	Simon	Rohan	Bineta	Christelle	Yahya	Hervé
Conceptes	-	-	-	-	-	-
Contrôle à distance	5	3	3	3	3	3
Autonomie	5	3	3	3	3	3
Coût	3	2	2	2	2	2
Total	8	8	8	8	8	8
Total pondéré	36	36	36	36	36	36

Figure 2.2 : La matrice décisionnelle pour choisir le meilleur concept électrique préliminaire

2.2.1 Concept électronique 1 — Simon Vézina

Présentés d'abord sont plusieurs outils qui pourront servir bénéfique au système de pollinisation artificielle. Détaillant plusieurs sondes et caméras, elle dévoile une solution plus détaillée du produit final.

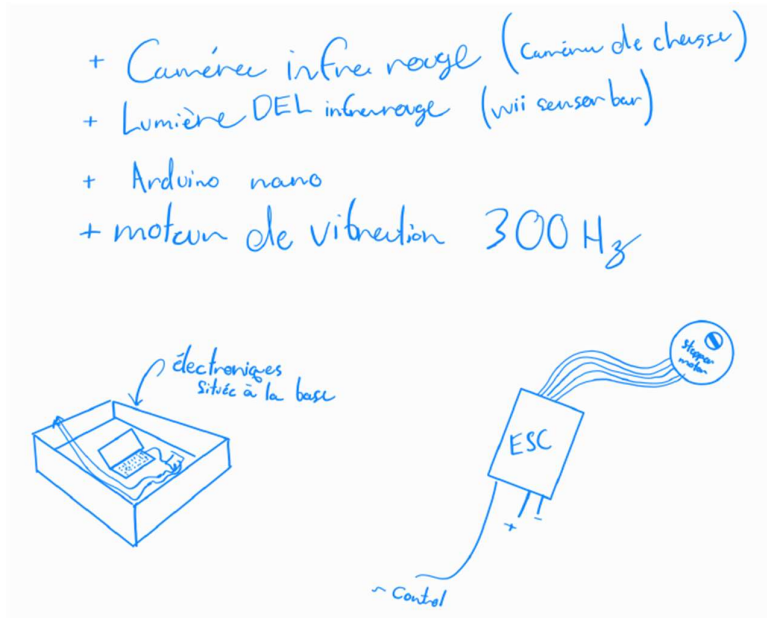


Figure 2.2.1 : Schéma détaillant le fonctionnement du système électronique

2.2.2 Concept électronique 2 — Rohan Mariash

Démontrant ce que pourrait avoir l'air le système électronique sur le bras mécanique du système de pollinisation, ce concept démontre les sondes et les caméras qui pourront être utilisées afin de déterminer la distance du système aux fleurs.

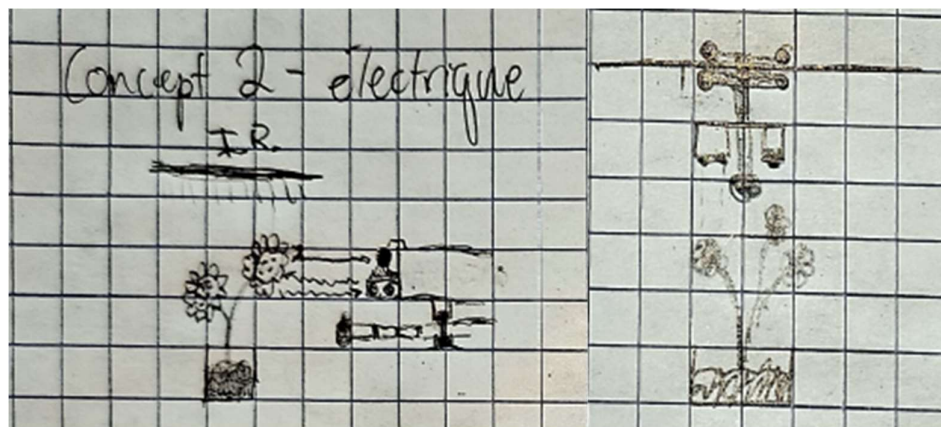


Figure 2.2.2 : Esquisses démontrant deux systèmes avec les sondes et les caméras pour détecter les fleurs

2.2.3 Concept électronique 3 — Bineta Ly

D'une manière technique, ce concept présente l'alimentation du système de pollinisation artificiel avec une pile de 12 V (ou avec le système électrique déjà en place dans la serre). Tout de suite, il explique que le fonctionnement du système technique dépend de l'alimentation en énergie et de sa transformation pour réaliser les actions attendues. Ce processus sera composé de plusieurs blocs fonctionnels. Cette chaîne d'énergie met en exergue la dépendance des différents sous-systèmes. Elle est décomposée en plusieurs blocs :

- La source d'énergie qui est électrique provenant des batteries ou du réseau électrique de la serre ;

- La conversion et la distribution de l'énergie aux différents composants du système : les moteurs du déplacement du système, les ordinateurs exécutant le logiciel et les capteurs collectant les données ;
- L'action mécanique, d'où l'énergie électrique est ainsi convertie en énergie mécanique via les mouvements des engrenages et les moteurs. Ce bloc sera l'action pollinisatrice ;
- La collecte de données et optimisation, d'où les capteurs collectant les données sur l'environnement (les plantes) et les performances du système les enverront au logiciel qui optimisera les actions mécaniques et la consommation d'énergie.



Figure 2.2.3 : Schéma synoptique de l'entrée et de la sortie du sous-système électronique

2.2.4 Concept électronique 4 — Christelle Ilunga

Décrivant l'intégration entre les sous-systèmes électronique et mécanique, ce concept comprend un moteur à courant continu qui contrôle la vitesse et la continuité des mouvements du système.

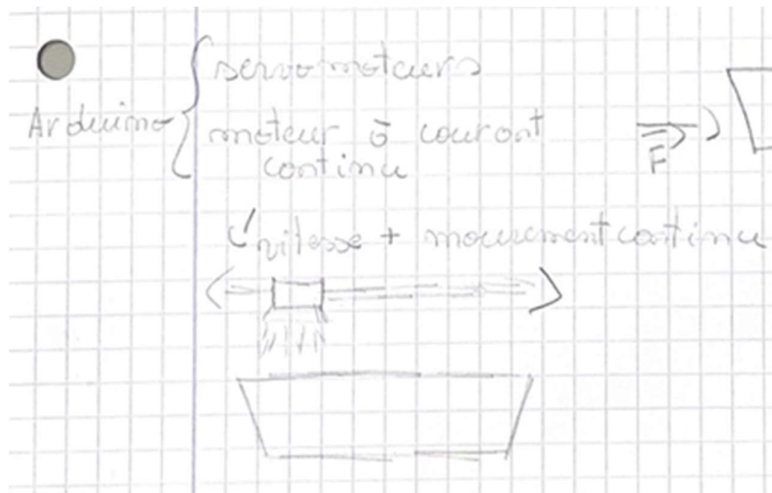


Figure 2.2.4 : Esquisse du fonctionnement entre les sous-systèmes électronique et mécanique par rapport au mouvement

2.2.5 Concept électronique 5 — Yahya raja

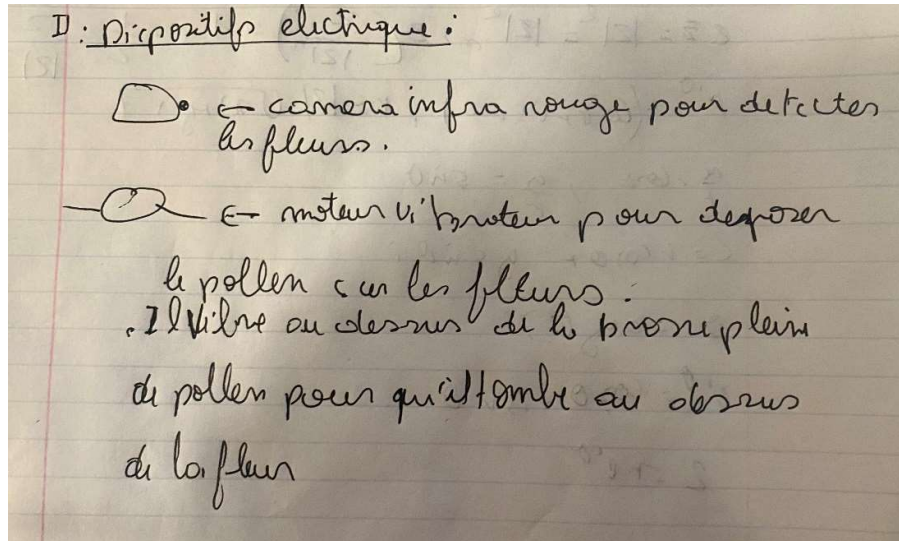


Figure 2.2.5 : Schéma illustrant le sous-système mécanique

2.3 Sous-système logiciel

Le sous-système logiciel enveloppe tout ce qui est programmation et logique, constitué de l'écriture d'un programme pour faire fonctionner le système de pollinisation. À la suite des présentations de chaque concept, il a été identifié qu'en tant qu'équipe il y avait une vision commune expliquant l'étalonnage très quasi identique pour les concepts du système logiciel. À la suite des présentations de chaque concept, il a été identifié qu'en tant qu'équipe il y avait une vision commune expliquant l'étalonnage très quasi- identique pour les concepts du système logiciel.

Nom	Logiciel					
	Simon	Rohan	Bineta	Christelle	Yahya	Hervé
Conceptes	-	-	-	-	-	-
Contrôle à distance	5	3	3	3	3	2
Autonomie	5	3	2	3	3	1
Optimisation	4	1	1	2	3	1
Total	7	6	8	9	6	4
Total pondéré	34	29	38	42	29	19

Figure 2.3 : La matrice décisionnelle pour choisir le meilleur concept logique préliminaire

2.3.1 Concept logiciel 1 — Simon Vézina

Ce concept représente un programme qui serait exécuté sur un ordinateur pour accomplir les tâches suivantes : la détection des fleurs, la localisation de la fleur sur les axes (x, y, z) et le contrôle des moteurs. Pour écrire le programme, il y a quelques langages de programmation qui pourraient être utilisés (p.ex., Python, Java, c++).

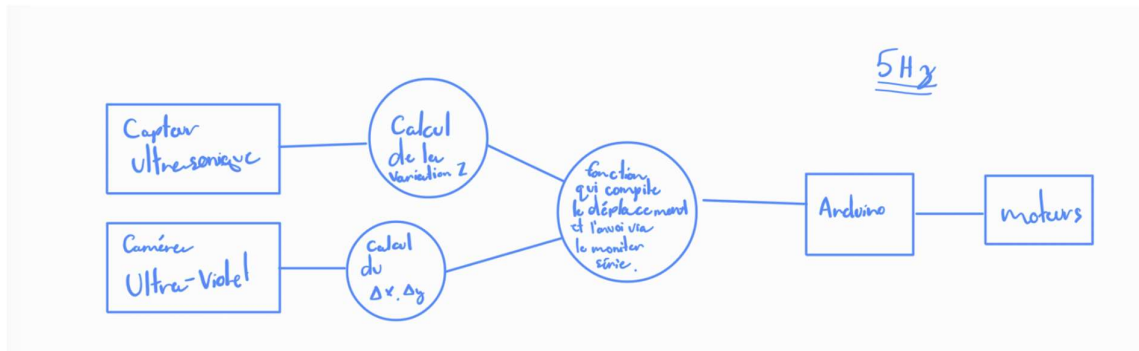


Figure 2.3.1 : Schéma synoptique de l'ébauche d'un programme

2.3.2 Concept logiciel 2 — Rohan Mariash

Ce concept représente le processus accompli par un programme pour la détection et la localisation des fleurs en détectant leur position (x, y) avec une caméra infrarouge et leur position (z) à l'aide d'un capteur ultrasonique. Ce concept comporte aussi d'une interface d'utilisateur pour simplifier l'utilisation.

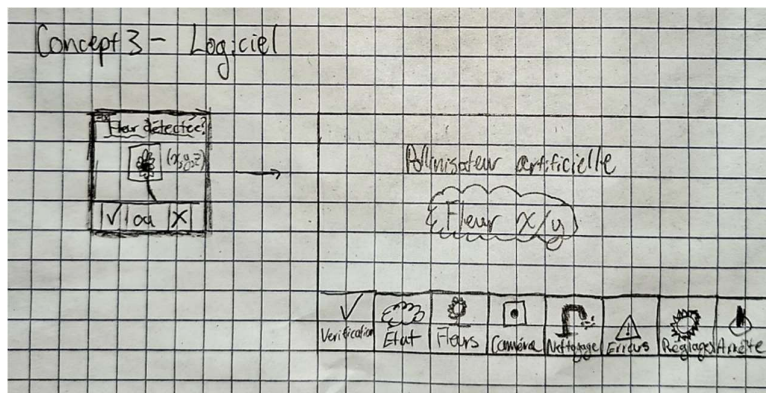


Figure 2.3.2 : Esquisse de l'interface du logiciel de détection

2.3.3 Concept logiciel 3 — Bineta Ly

Le sous-système logiciel est le cerveau du système. Il sera responsable de la coordination des actions mécaniques et électriques. Ce sous-système sera composé de :

- Un dispositif de détection des fleurs : l'utilisation d'algorithmes, traitement d'image codé sur python pour identifier les fleurs de fraise ;
- Interface utilisateur : pour la surveillance, le contrôle manuel du système à distance (il permet aussi la collecte et l'exploitation de données) ;
- Intégration de capteurs : la collecte des données environnementales et de performance pour optimiser à temps réels.

2.3.4 Concept logiciel 4 — Christelle Ilunga

Ce sous-système logiciel comprend un Arduino Uno où sera programmé le moteur à courant continu et des capteurs qui vont enregistrer les données recueillis pour les envoyer à des logiciels de suivi d'agriculture tels que Agri XP ou Agroptima, pour le stockage de données.

Ce sous-système logiciel comprend un Arduino Uno où sera programmé le moteur à courant continu et des capteurs qui vont enregistrer les données recueillies pour les envoyer à des logiciels de suivi d'agriculture tels que Agri XP ou Agroptima, pour le stockage de données.

2.3.5 Concept logiciel 5 — Herve Thando Mugisha

Ce logiciel se comporte de plusieurs parties qui permet le système de fonctionner. Le logiciel mécanique peut être en mesure de fonctionner hors-ligne et à distance grâce à l'application mobile. Ce logiciel utilise les capteurs de mouvement pour détecter les fleurs à polliniser. Il est alimenté par une source électrique. Il contrôle aussi des actionneurs qui sont des outils capables à améliorer les mouvements du système mécanique et des *end of arm tools* (EOAT) pour augmenter le fonctionnement du système mécanique.

La fonction 1 prend en entrée les numéros/codes-bars de la plante à polliniser et donne les emplacements/coordonnées de cette plante. La fonction 2 prend en entrée les types de paramètres et donne les outils à utiliser. Exemple, d'une brosse au lieu d'un vaporisateur à pollen pour accomplir ce travail. Finalement, la fonction alarme prend en entrée les valeurs des capteurs et déclenche l'alarme lorsque quelque chose est à proximité de la plante à polliniser.

2.3.6 Concept logiciel 6 — Yahya Raja

Ce concept logiciel dépendra directement d'un ordinateur central sans passer par un intermédiaire (Arduino, etc.). De ce qui est du codage python sera utilisé comme langage afin de créer une interface facilitant l'interaction du client avec le dispositif.

Ce concept logiciel dépendra directement d'un ordinateur central sans passer par un intermédiaire (Arduino, etc.). De ce qui est du codage, Python sera utilisé comme langage afin de créer une interface facilitant l'interaction du client avec le dispositif.

3 Conception d'équipe

Après avoir étalonné les concepts individuels, il faut combiner leurs forces en vue de créer un concept préliminaire du sous-système que comportera la solution finale. En employant une sous-équipe munie par les membres ayant un intérêt par sous-système, les concepts ci-bas ont été conçus et esquissés avec une explication du processus.

Après avoir étalonné les concepts individuels, il faut combiner leurs forces en vue de créer un concept préliminaire du sous-système que comportera la solution finale. En employant une sous-équipe munie par les membres ayant un intérêt par sous-système, les concepts ci-bas ont été conçus et esquissés avec une explication du processus.

3.1 Sous-système mécanique

Pour assurer un déplacement optimal du dispositif de pollinisation, un système motorisé a été mis en place, comprenant deux moteurs distincts : l'un dédié au déplacement selon l'axe des x et l'autre selon l'axe des y. Le premier moteur (de couleur magenta) agit sur deux vis parallèles, dont l'énergie rotative est transmise par une courroie crantée. Cette dernière entraîne une plateforme (sur laquelle notre dispositif sera fixé) le long de l'axe des x. De même, un deuxième moteur est utilisé pour faire pivoter une vis (de couleur verte), dont le mouvement est ensuite transmis à une vis de couleur orange par le biais d'un joint prismatique entre un engrenage jaune et la vis verte. Ce mécanisme permet ainsi de déplacer la plateforme selon l'axe des y.

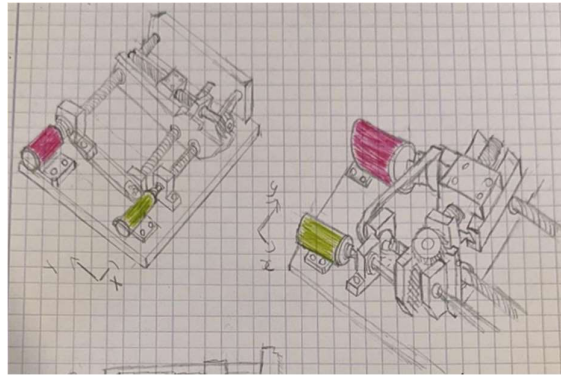


Figure 3.1.1 : Esquisse du système motorisé de déplacement

Concernant le bras chargé de porter la brosse pour collecter le pollen, il sera conçu sous la forme d'un mécanisme de levier composé de deux crémaillères, une au-dessus et une en dessous. Ces dernières sont reliées par deux pignons dentés qui sont eux-mêmes entraînés par un levier motorisé. L'action de ce levier entraîne la rotation des pignons, ce qui permet de déplacer une tige fixée à la crémaillère supérieure vers l'avant ou l'arrière en fonction des réglages rotationnels du levier.

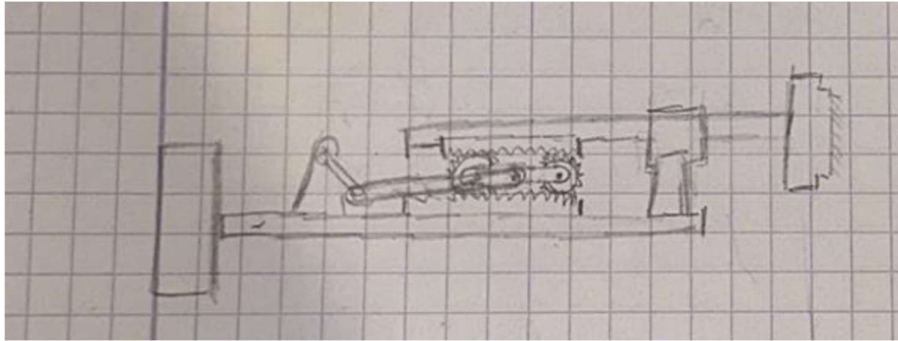


Figure 3.1.2 : Esquisse du bras mécanique

Pour motoriser la tige attachée à notre dispositif de déplacement motorisé par le haut et supportant notre bras mécanique portant la brosse pour ramasser le pollen en bas, nous avons choisi un système de conception simple, rigide et motorisé. Ce système se compose d'un pignon denté central motorisé qui entraîne deux pignons latéraux, à leur tour connecté à deux secteurs dentés. Ces secteurs dentés agissent sur une double crémaillère fixée à notre tige. Ainsi, la rotation du pignon denté central engendre un mouvement vertical sur la tige.

3.2 Sous-système électronique

Ayant utilisé une matrice décisionnelle en fonction des critères de conception et l'énoncé de problème du client, il a été identifié que tous les concepts préliminaires individuels ont été très semblables, touchant chacun à un aspect différent. En utilisant la diversité de l'équipe en tant que force, les concepts ont été rassemblés pour pouvoir créer le sous-système électronique de la solution globale.

En vue d'alimenter le système, la puissance sera transférée via câble jusqu'au rail électrifié, qui pourra alimenter le système lors d'un déplacement en (x, y) et d'un autre câble se situant dans le mécanisme de pollinisation lors du déplacement en (z).

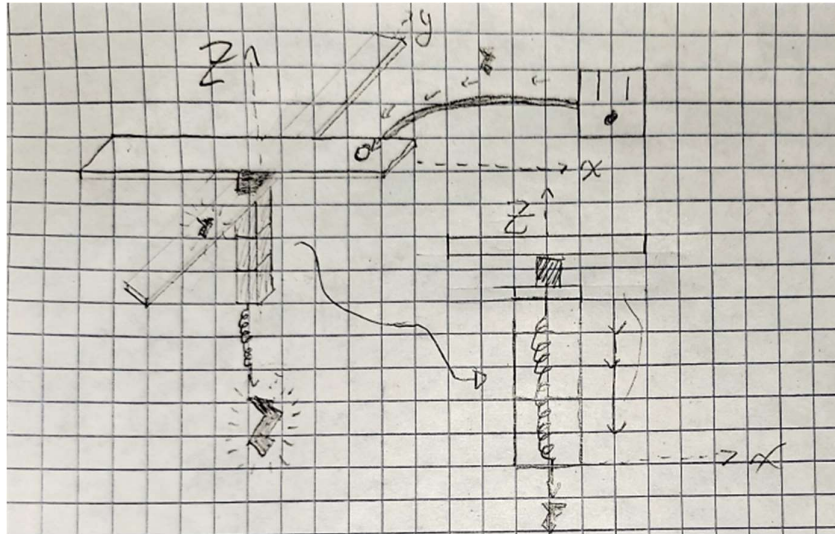


Figure 3.2.1 : Esquisse de l'alimentation via rail et câble

Également, ce sous-système sera muni d'une sonde ultrasonique pour pouvoir reconnaître la distance entre le bras mécanique et la fleur. De plus, il y aura une caméra qui pourra identifier les fleurs et estimer la distance relative.

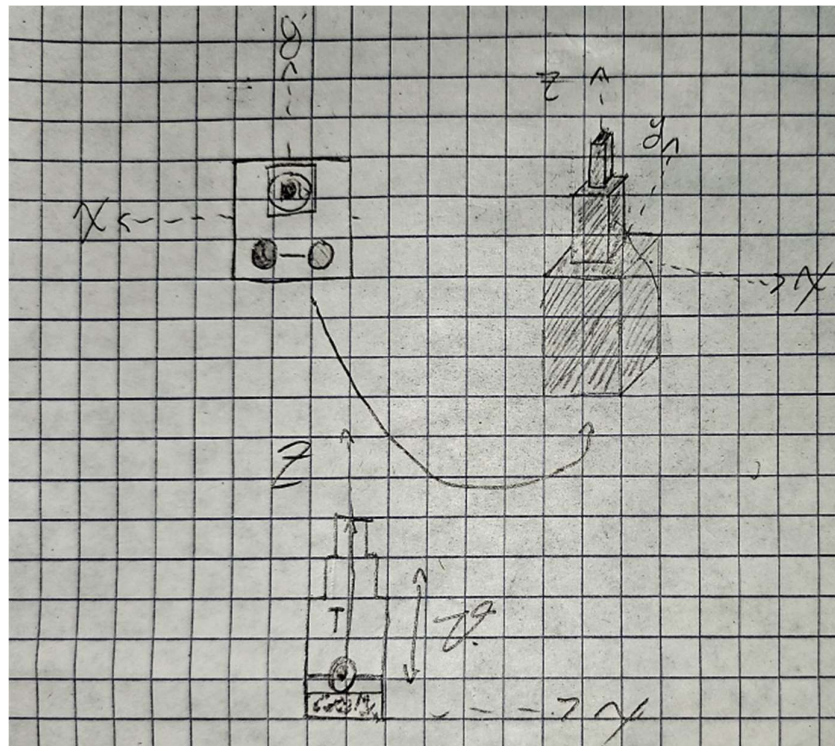


Figure 3.2.2 : Esquisse des sondes, caméras et un moteur en fonction du bras mécanique

Le système sera équipé de plusieurs moteurs afin de faciliter le déplacement. Intégré avec le sous-système logiciel, les sondes et les caméras fourniront des données afin que les moteurs soient activés selon le traitement.

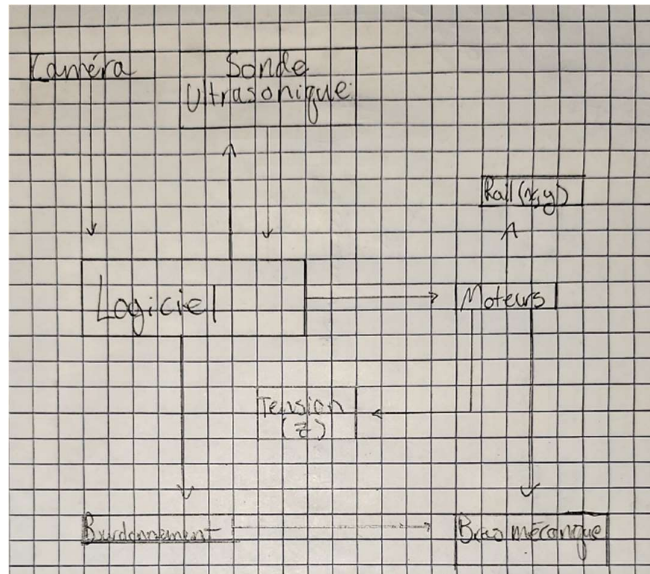


Figure 3.2.3 : Schéma synoptique de la dépendance entre les sous-systèmes mécanique et logiciel

3.3 Sous-système logiciel

À l'aide de l'étalonnage des concepts et la matrice décisionnelle, les plans ont été combinés pour formuler un concept pour ce sous-système d'équipe. Le but pour de sous-système est de construire un logiciel qui minimise l'interaction humaine. Pour s'accomplir, il est impératif que le logiciel : calcule la position d'une fleur en fonction d'une caméra & d'une sonde ultrasonique et contrôle les moteurs de l'appareil. Ces calculs sont accomplis à l'aide d'un ordinateur de qui exécute le programme. Il est important de noter que ce sous-système est dépendant du système électronique, les pièces spécifiques et autres sont détaillés ci-haut. Les fonctions nécessaires pour l'implémentation du programme :

- Une fonction qui déplace le bras mécanique en fonction des paramètres (x, y, z) (ces paramètres pourraient être relatifs plutôt qu'absolus, comme des paramètres qui représentent le déplacement nécessaire dans chaque direction) ;
- Une fonction qui détecte le changement nécessaire en z à l'aide d'un capteur ultrasonique ;
- Une fonction qui prend les données de la caméra applique de l'intelligence artificielle et la détection d'objet pour ensuite fournir les coordonnées pour déplacer le pollinisateur afin de le centrer sur la fleur. Pour accomplir cette tâche, il existe des bibliothèques déjà établies telles que CV (computer vision) ;
- Une fonction qui permet de calculer le montant de temps que le moteur doit être en marche pour se déplacer. Ceci pourrait être accompli à l'aide de la vitesse angulaire, le diamètre et le temps ;
- Interface de commande d'utilisateur (GUI) qui peut être conçu à l'aide du terminal.

Cette implémentation a été choisie, car elle minimise grandement l'interaction humaine nécessaire pour que le produit fonctionne. De plus, elle est plutôt simple à programmer parce qu'il n'y a que quelques fonctions à écrire puisque la majorité des bibliothèques de détection d'objet et d'intelligence artificielle contient déjà les fonctionnalités recherchées. Il y a, malheureusement, des désavantages. Avec cette implémentation, la détection des fleurs sera très

limitée parce que la détection nécessite des images de référence. Ces images auront besoin d'être reprises pour chaque baie, ce qui est inconvenient.

4 Conclusion

Ce livrable permet d'identifier le fonctionnement mécanique, électronique et logique en tant que les trois sous-systèmes critiques du système de pollinisation artificielle. D'après l'analyse et l'étalonnage de chaque idée présentée par les membres de l'équipe, les forces de chaque concept ont été prises et raffinées afin d'utiliser la diversité de l'équipe pour créer trois sous-systèmes préliminaires finaux pour la solution globale du projet. Chaque étape a été détaillée de manière à expliquer le processus du groupe lors de la prise des décisions. Il fut aussi important d'établir aussi la grande relation de dépendance qui existe entre les divers systèmes. Finalement, les sous-systèmes nous permettront d'accomplir la pollinisation quotidienne de manière automatique et à faible coût.

5 Annexe — Concepts supplémentaires

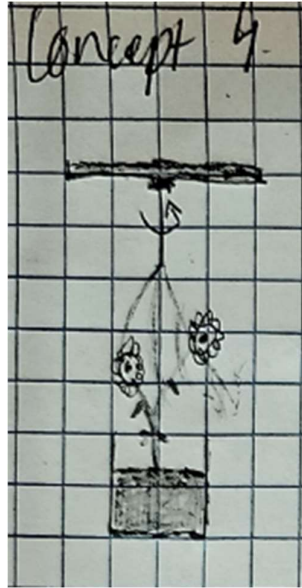


Figure 5.1 : Esquisse d'un système de pollinisation à révolution