



# LIVRABLE H

FE31 - Noé

Cours GNG1503  
Université d'Ottawa, Hiver 2024

Meryem El Moutaouakkil, Pape Diallo, Merdi Bahati, Solim Diane  
Bassayi Batake, Yorgo El Hawi

# Livrable H - FE31

## Table des matières

Table des figures .....	1
Introduction.....	1
Mises à jour .....	2
Mise à jour de la conception détaillée .....	2
Mise à jour de l'équipement .....	4
Mise à jour de la NDM.....	5
Développement du prototype III (plan de prototypage, pourquoi, quoi, quand...) .....	8
Plan d'essai de prototypage et résultats (avec images) .....	12
Nous avons testé la vitesse de rotation du moteur qui fais déplacer le système. ....	12
Rétroaction des utilisateurs potentiels .....	14
Conclusion .....	15

## Table des figures

Figure 1: Conception - Circuit de déplacement .....	2
Figure 2: Conception - Boitier Arduino et HP .....	3
Figure 3: Capteur à distance .....	4
Figure 4: Boitier Arduino sans couvercle.....	10
Figure 5: Boitier Arduino avec couvercle.....	11
Figure 6: Prototype III.....	11

## Introduction

Dans le cadre du projet du cours GNG1503, notre objectif est de mettre en œuvre un système de pollinisation artificielle efficace avec un minimum de contact humain. Au fil des dernières semaines, nous avons concentré nos efforts sur la recherche en pollinisation artificielle des fraises et sur l'acquisition de connaissances en méthodologie de conception en génie. Ces étapes nous ont permis d'établir clairement les objectifs à atteindre lors de notre phase de prototypage, ainsi que les contraintes et autres éléments essentiels identifiés dans nos livrables antérieurs.

À la suite de nos interactions avec le client et aux retours de notre gestionnaire de projet et des utilisateurs potentiels, nous avons apporté des modifications significatives à notre système de pollinisation artificielle. Notamment, après avoir conçu le système critique lors du second prototype et tenté différentes approches pour le système de déplacement conformément à notre

conception détaillée, nous avons pris la décision stratégique de simplifier et réduire les coûts en optant pour des rails motorisés soutenus par deux barres pour un mouvement uniaxe. Cette évolution a entraîné une mise à jour conséquente de la conception détaillée et de la nomenclature des matériaux (NDM).

Pour ce troisième livrable, nous avons intégré les retours constructifs issus des itérations précédentes. Nous avons amélioré notre système critique afin d'accomplir une vibration ultrasonore plus efficace avec un microcontrôleur Wi-Fi. Cependant, nous rencontrons toujours des difficultés à réduire le bruit sonore émis. D'après nos échanges avec le client, cet aspect ne pose pas de problème dans le système final où la présence humaine est minimale. Néanmoins, nous prévoyons de revoir cet élément dans les prochains jours.

Le livrable actuel comprend une mise à jour de la conception détaillée et de la nomenclature des matériaux suite aux modifications apportées à notre système. Nous allons également incorporer un plan de prototypage exhaustif et complet, contenant toutes les informations essentielles nécessaires pour guider le développement du prototype de manière détaillée et précise, y compris une liste des tests effectués et les résultats observés. De plus, nous allons inclure les retours de divers clients potentiels et discuter de leur impact sur notre conceptualisation.

## Mises à jour

### Mise à jour de la conception détaillée

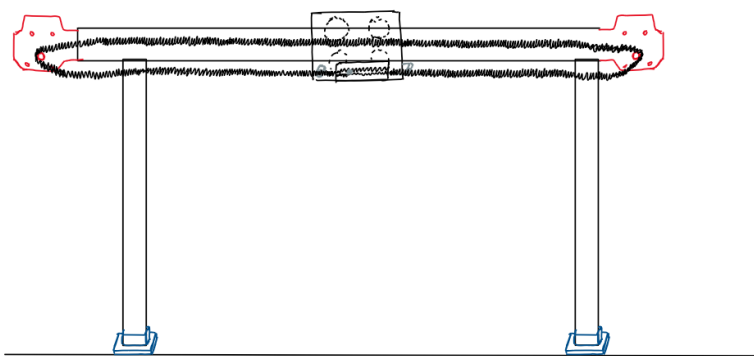


Figure 1: Conception - Circuit de déplacement

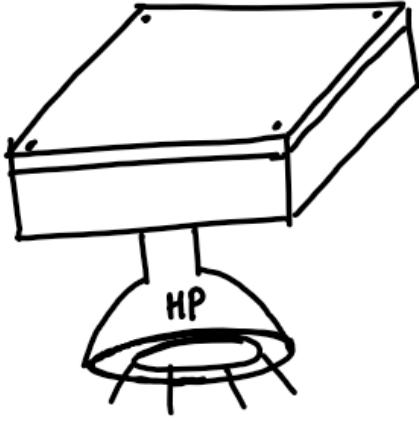


Figure 2: Conception - Boitier Arduino et HP

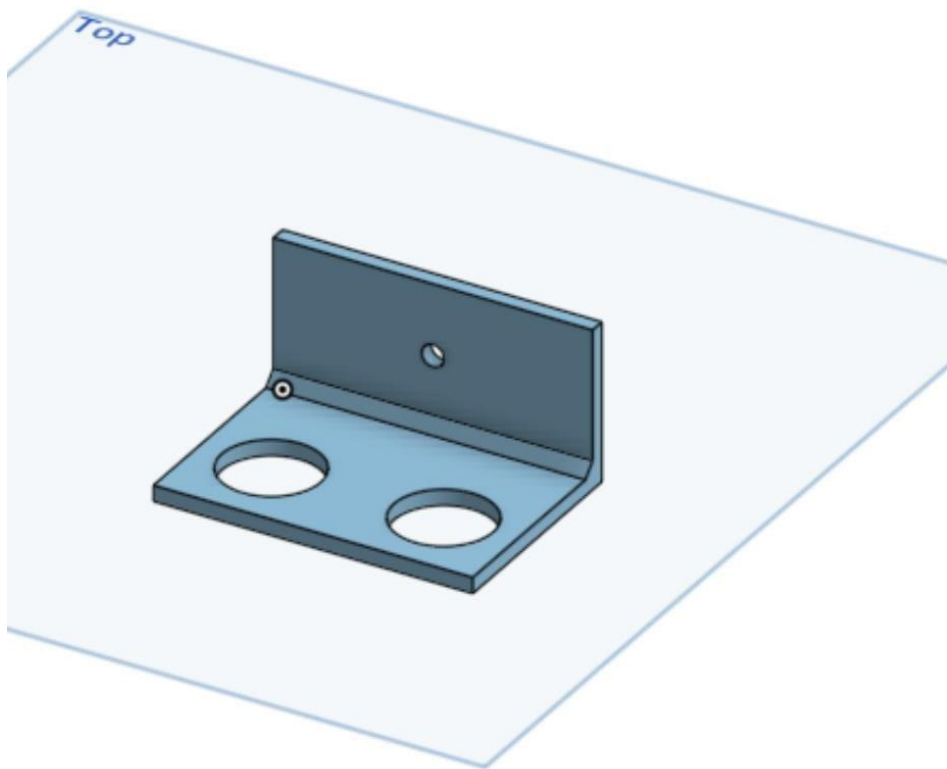


Figure 3: Capteur à distance

Le capteur à distance permet de voir la distance de l'objet. Ceci sert à quantifier le déplacement linéaire du système de pollinisation.

### Mise à jour de l'équipement

Item	Description	Exemples	Type
1. Moteurs Électriques	Moteurs à courant continu (DC)	Moteur Nema 17	Matériel
2. Propulsion manuelle	Poulies	Poulie de courroie de distribution de 6 mm à 20 dents	Matériel

	Câble	Courroie de distribution GT2 de largeur 6 mm	Matériel
3. Dispositif d'appareil à ultrasons	Émetteur ultrasons	Haut-parleur	Matériel
	Capteur ultrasons	Capteur ultrasons Arduino Uno MEGA2560	Matériel
4. Système de fixation	Supports de câble	Rails linéaires en aluminium 350 mm	Matériel
	Plaque de portique	Plaque de portique à fente en V, ensemble de roues POM avec plaque pour extrusion d'aluminium	Matériel
5. Contrôleur de moteur	Microcontrôleur	Arduino Uno R3	Matériel
6. Contrôle de pulsations ultrasonores	Circuit Arduino	Arduino Uno R3, breadboard et autres composants nécessaires	Matériel
7. Alimentation	Pour alimenter le circuit et le moteur	Batterie 12 V	Matériel
8. IDE	Programmation du circuit Arduino	Arduino IDE	Logiciel
9. Onshape	Impression de pièces requises 3D		Logiciel
10. Inkspace	Découpe laser de pièces requises		Logiciel

### Mise à jour de la NDM

Item	Description	Unité de mesure	Quantité	Coût unitaire	Source
------	-------------	-----------------	----------	---------------	--------

<b>Moteur à engrenages</b>	Moteur NEMA 17	Millimètres	1	\$14.99	<a href="#">Amazon</a>
<b>Boitier du moteur</b>	Pour connecter le moteur à la poulie		1	\$1	Impression 3D au MakerLab
<b>Connecteurs du boitier Arduino et du moteur</b>			2	1\$	Impression 3D au MakerLab
<b>Vis et clous</b>		20		\$16 (pour lot de 400)	<a href="#">Amazon</a>
<b>Courroie</b>	Courroie de distribution GT2 de 5 m			\$10.99	<a href="#">Amazon</a>
<b>Poulies</b>	Poulies synchrones en aluminium à 20 dents		2	\$10.99 (pour 5 pièces)	<a href="#">Amazon</a>
<b>Plaque de portique</b>	Plaque de portique à fente en V, ensemble de roues POM avec plaque pour extrusion d'aluminium, un lot supplémentaire de 2 entretoises excentriques et 2 colonnes rondes pour		1	\$16.99	<a href="#">Amazon</a>

	le remplacement				
<b>Rails linéaires</b>	Lot de 4 rails linéaires en aluminium anodisé noir pour imprimante 3D et CNC - 350 mm - 350 mm	Millimètres	2	\$29.99 (pour un lot de 4)	<a href="#">Amazon</a>
<b>Boîtier pour circuit</b>	Découpe laser au MakerLab avec du MDF (7.5 in x 3 in x 1.5 in)	Pouces	½ Plaque MDF	\$1.75	<a href="#">MakerStor</a> <a href="#">e</a>
<b>Capteur ultrasons</b>	Pour programmer déplacement du système de pollinisation		1	12.99\$ (pour 5 pièces)	<a href="#">Amazon</a>
<b>Microcontrôleur avec module wifi</b>	ESP8266 NodeMCU	KB	1	\$ 6.39	<a href="#">Ali</a> <a href="#">Express</a>
<b>Câble alimentation USB</b>		Mètre	1	\$1.25	<a href="#">Ali</a> <a href="#">Express</a>
<b>Une batterie 12v</b>	Pour alimenter le microcontrôleur et le moteur 12V	Volt	1	\$6.99 (for a pack of 5)	<a href="#">Amazon</a> (pour estimation du prix)
<b>Breadboard</b>	Breadboard pour mettre le circuit	NA	1	\$5	<a href="#">MakerLab</a>
<b>Fils de liaison</b>	Fil de 5 pieds	NA	1	\$1.60	<a href="#">MakerLab</a>
<b>Un haut-parleur</b>	Grand haut-parleur, de puissance maximale 35 Watts, et de résistance 4 ohm. Capable de fonctionner à 12V et de produire des ultrasons	Hz	1	\$1	<a href="#">Kijiji</a>
<b>Potentiomètre de</b>	Pour ajuster la	Ohm	1	\$2.50	<a href="#">MakerStor</a>



<b>10kΩ</b>	fréquence des ultrasons				<a href="#">e</a>
<b>DIODE de roue libre (1N4004) ou 1N4001</b>	Pour protéger le transistor/MOSFET contre les tensions induites lorsque le haut-parleur s'éteint. Une diode comme la 1N4004 pourrait être utilisée.	Ohm	1	\$1.68 (for 50 pieces)	<a href="#">Ali Express</a>
<b>MOSFET</b>	Pour piloter le haut-parleur à partir d'un signal PWM de l'ESP8266. Bipolar (BJT) Transistor NPN 40 V 200 mA 300MHz 625 mW Through Hole TO-92-3	Volt	1	\$0.5	<a href="#">MakerStor e</a>
<b>L293D</b>	Pour fonctionnement du moteur			\$2.67	<a href="#">Amazon</a> pour estimation
<b>Prix total de l'équipement (sans taxes)</b>				\$89.18	

## Développement du prototype III (plan de prototypage, pourquoi, quoi, quand...)

L'objectif principal du développement du prototype III était de concevoir le prototype final contenant tous les sous-systèmes. Nous avons commencé par l'optimisation du sous-système responsable de la pollinisation, y compris le boîtier contenant le circuit Arduino. Par suite, nous avons concentré nos efforts sur l'implémentation d'un système de déplacement qui permettra à notre système de pollinisation d'atteindre le maximum de fleurs.

Phase du Prototypage	Objectif	Description	Calendrier	Méthodologie
Boitier du circuit Arduino	Faciliter le raccrochement du système de pollinisation au système de déplacement	Le boitier contiendra le circuit Arduino et sera attaché simultanément à l'hautparleur et au circuit de déplacement.	13 au 15 Mars	Nous avons décidé de travailler avec du mdf. Après dessin de la boite sur Inkspace, nous avons découpé les parties nécessaires avec la machine de découpe laser et cloué les coins du boitier
Système de déplacement	Pollinisation d'un maximum de fleurs	Nous avons commencé par la modélisation du système correspondant à notre concept dernier avant de le modifier pour un système de rails motorisés soutenus par deux barres pour un mouvement uniaxe.	18 au 22 Mars	Nous avons acheté le moteur, la courroie, les poulies, les rails motorisés ainsi que la plaque de portique. Cependant, il fallait imprimer en 3D quelques pièces pour initialiser le fonctionnement, y compris un boitier pour le moteur, un composant qui pourra soutenir le capteur ultrasons.



*Figure 4: Boitier Arduino sans couvercle*



Figure 5: Boitier Arduino avec couvercle



Figure 6: Prototype III

## Plan d'essai de prototypage et résultats (avec images)

Commented [ME1]: À ajouter tests et résultats des tests

Prototype					Tests			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Rétroaction	Objectif	Résultat	Durée	Critère d'arrêt
1	Physique	Donner une idée générale de notre système final	Faible	Voir l'avis du client dans le livrable F	Donner un système efficace capable de bien polliniser les fraises	Nous avons obtenu de bon résultat le système émet une vibration efficace capable de polliniser	2h	Dès que le système pollinise
2	Logiciel	Émettre des vibrations ultrasonores à travers l'hautparleur à l'aide d'Arduino	Forte	Il faut avoir moins de bruit sonore lors du fonctionnement du circuit	Améliorer l'efficacité énergétique et la discrétion du système	Réduction significative du bruit, avec maintien de l'efficacité de la pollinisation	4h	Aucun bruit perceptible au-delà de 2 mètres
3	Physique	Prototype final contenant tous les sous-systèmes	Moyenne	Tests d'usage sur le terrain pour évaluer la performance totale	Nous avons testé la vitesse de rotation du moteur qui fais déplacer le système.	La vitesse du moteur est jugée moyenne, appropriée pour le déplacement du système.	1h	Obtention d'une vitesse de déplacement optimale.
					Nous avons testé si le système supporte le poids avec tous les composants circuits de vibrations par	Le système supporte le poids total avec tous les composants, y compris le circuit de vibrations.	30min	Le système supporte le poids total sans faille.

					ultrasons et tout			
					Nous avons vérifié la pollinisation le haut-parleur émet une vibration et ultrason capable de polliniser (fréquence souhaitée)	Le haut-parleur émet une vibration et ultrason à la fréquence souhaitée, efficace pour la pollinisation.	2h	Efficacité de pollinisation confirmée.
					Nous avons vérifié l'autonomie et avons décidé que le circuit sera branché à 12 V, nous allons améliorer pour mettre une batterie	Décision d'utiliser une batterie de 12V pour améliorer l'autonomie. Des ajustements seront faits pour intégrer la batterie.	4h	Solution d'alimentation intégrée avec succès.

Nous tenons à rappeler que lors du développement du premier prototype de notre projet, qui était le système de déplacement (le système téléphérique), nous avons eu à faire des tests qui nous ont permis de savoir que nous devions augmenter la robustesse du système, améliorer la précision des déplacements, et de peaufiner l'intégration technologique pour s'adapter à divers environnements. C'est dans cette optique, bien évidemment que nous avons réalisé notre second prototype. Ce second prototype mettait un accent sur le circuit Arduino et avait un objectif clair: optimiser le sous-système de dispersion de pollen par vibrations pour une pollinisation efficace des fraises. Grâce aux résultats de ce dernier nous avons eu la possibilité de définir une fréquence exacte pouvant permettre la pollinisation des plantes par les ondes ultrasonores. A cet instant notre troisième prototype présente l'intégration des deux précédents. C'est à dire notre système de déplacement et notre circuit. Et ce prototype final nous permet d'avoir une vision plus proche et

plus réelle de ce sera et comment fonctionnera entièrement notre système de pollinisation artificielle final.

## Rétroaction des utilisateurs potentiels

Utilisateur 1: Joycel.

Avant tout, je dois avouer que je ne connais rien à la pollinisation, encore moins à la complexité des systèmes mécaniques ou électroniques impliqués. Cependant, après avoir appris sur votre changement de système de déplacement de poulies à un système linéaire, je suis curieux de comprendre les motivations derrière ce choix. Est-ce pour une question de précision ou de fiabilité ? Concernant le contrôle du moteur via Arduino, c'est assez fascinant. Je suppose que cela permet une programmation flexible et une adaptation aux différentes phases de pollinisation ? Enfin, l'idée d'un sous-système de déplacement me semble intelligente pour garantir une continuité du travail, surtout en cas de défaillance du principal. Pour le problème du speaker, peut-être envisager un composant générant des vibrations sans trop de bruit serait-il une solution ? L'ensemble de votre projet m'impressionne beaucoup et je suis enthousiaste à l'idée de voir comment il évoluera.

Utilisateur 2 : Masson Craig,

Ayant déjà une certaine expérience avec Arduino et ses fonctionnalités, je trouve votre transition d'un système de déplacement basé sur des poulies à un système linéaire tout à fait judicieuse. Les systèmes linéaires sont reconnus pour leur précision et leur efficacité, surtout dans les applications nécessitant des mouvements précis et répétables, comme la pollinisation artificielle. Pour le contrôle du moteur sur Arduino, l'utilisation de bibliothèques adaptées et la calibration précise des signaux pourraient améliorer la gestion des mouvements ainsi que la réaction du système de pollinisation. Concernant le problème de vibration insuffisante du speaker, avez-vous envisagé d'ajuster la fréquence ou d'utiliser un transducteur piézoélectrique ? Ce dernier pourrait offrir des vibrations plus marquées avec moins de nuisances sonores. La distinction entre système principal et secondaire est astucieuse.

Utilisateur 3: François Bwenge

Comme je suis étudiant en informatique, je trouve votre projet super intéressant. Changer le système de mouvement de poulies à quelque chose de droit (un système linéaire) me semble être une bonne idée pour rendre le tout plus précis et meilleur en général. Quand on parle de faire marcher le moteur avec un Arduino, il serait cool de penser à comment tout connecter et programmer de manière intelligente, mais aussi comment faire pour que ça n'utilise pas trop de batterie. Pour le problème avec le haut-parleur qui fait plus de bruit que de vibration, peut-être qu'essayer des sortes de matériaux ou des pièces spéciales qui pourraient augmenter les vibrations sans faire trop de bruit pourrait aider. L'idée d'avoir un plan B pour le mouvement au cas où le plan A ne marche pas est vraiment malin, surtout pour quelque chose d'important comme aider les plantes à se reproduire sans avoir besoin de beaucoup d'aide humaine.

## Conclusion

Pour conclure, notre troisième livrable représente une étape cruciale dans la concrétisation de notre projet de pollinisation artificielle. Il intègre harmonieusement les fonctionnalités développées dans les deux prototypes antérieurs : le système de déplacement et le mécanisme de pollinisation. Nous avons opéré une transition significative en remplaçant le système de déplacement avec poulies par un mécanisme linéaire, visant une amélioration notable de la précision et de la fiabilité de notre dispositif. L'un des défis persistants concerne la maîtrise du bruit généré par le dispositif de vibration destiné à la pollinisation. Bien que cet aspect ne constitue pas une contrainte majeure dans un contexte d'opération minimisant la présence humaine, nous restons engagés à explorer des solutions pour atténuer ce bruit, tout en conservant l'efficacité des vibrations nécessaires à la pollinisation.

Les retours obtenus de la part de différents utilisateurs ont été extrêmement enrichissants. Ils ont souligné la pertinence de nos choix techniques, tout en proposant des perspectives d'amélioration, notamment sur la réduction du bruit et l'optimisation énergétique. Ces suggestions contribueront indéniablement à l'affinement de notre projet. En somme, le prototype III matérialise notre vision d'un système de pollinisation artificielle autonome, capable de fonctionner avec une intervention humaine minimale. Bien que certains aspects nécessitent encore des ajustements, notamment la réduction du bruit, nous sommes convaincus d'avancer dans la bonne direction. Ce prototype consolide les bases de notre innovation, ouvrant à la voie des développements futurs pour un système de pollinisation artificielle efficace et écologiquement responsable.