








**POLYTECHNIQUE
MONTREAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE

MEC2105 – Projet Intégrateur II
Groupe 2-cours no 2

Le Semeur
Rapport 3

Présenté à
Djebar, Ait-Messaoud, Ing., M.Sc. A
par l'équipe no 21

Abou-Chahine, Danny	2148131	
Brault, Samuel	2119026	
Elazhar, Issam	2110533	
Parnot, Hugues	2040006	
Zhang, Linda	2117079	

Le 14-11-2023
à Montréal

Contents

Liste des tableaux et figures	3
1. Présentation de la solution.....	4
1.1 Description de la solution	4
1.2 Fonctionnement de la solution.....	6
2. Les essais du prototype.....	8
2.1 Objectifs, procédure, résultats	8
2.2 Changement d'une pièce achetée	14
2.3 Calculs de Pointage – Équation de performance :.....	16
3. Analyse de la solution.....	18
3.1 Résistance des matériaux	18
3.2 Dimensionnement fonctionnel.....	20
3.3 Revue de design	21
4. Dessins	22
4.1 Dessin d'assemblage.....	22
4.2 Dessin de définition	25
4.3 Tableau synthèses des 3 pièces fabriquées.....	28
5. Nomenclature	29
Conclusion	32
Bibliographie	33

Liste des tableaux et figures

Tableau 1: Éléments sur le pill dispenser	5
Tableau 2: Éléments sur le prototype.....	6
Tableau 3: Mécanisme de dépôt de la graine.....	7
Tableau 4: Objectifs du test 1	9
Tableau 5: Procédure du test 1.....	9
Tableau 6: Essais du test 1	10
Tableau 7: Objectif du test 2.....	12
Tableau 8: Procédure du test 2.....	12
Tableau 9: Essais du test 2	13
Tableau 10: Modifications de pièces	14
Tableau 11: Revue de design	21
Tableau 12: Tableau synthèse des 3 pièces fabriquées.....	28
Tableau 13: Liste des pièces.....	29
Tableau : BOM Sous-Ensemble B.....	30
Tableau : BOM Sous-Ensemble C.....	31
Figure 1: Jeu max et min du distributeur.....	20
Figure 2 : Dessin d'assemblage de l'Assemblage Général A	22
Figure 3: Dessin d'assemblage du Sous-Ensemble A	23
Figure 4: Dessin d'assemblage du Sous-Ensemble B	24
Figure 5: Dessin de définition du distributeur	25
Figure 6: Dessin de définition de la base MDF	26

1. Présentation de la solution

1.1 Description de la solution

Notre concept pour l'étape 3 est un robot avec deux roues arrière motrices (voir #6) et une roue pivotante (voir #5) avant ayant la capacité d'effectuer les fonctions principales : se déplacer, changer de direction et se stationner. Sur la plateforme en MDF ("Medium-density fibreboard" voir #8), le matériel électronique (voir #7) est situé au niveau des roues motrices et un distributeur de graines sera placé au niveau de la roue pivotante. L'ensemble électronique sera enfermé dans un contenant fermé dans lequel le toit est libre de s'ouvrir et de se fermer. Le distributeur d'haricots est composé d'une base rattachée à la plateforme, d'un réservoir et d'un socle rotatif (voir #4).

Plusieurs modifications ont été apportées durant l'étape 3. L'utilisation des steppers moteurs est changée par celle des moteurs DC, car les moteurs DC sont plus petits que les steppers moteurs, ils sont plus faciles à coder et ils sont moins coûteux. Les calculs à l'étape 2 montraient que les concepts présélectionnés dépassaient la masse allouée. L'usage de moteurs DC à la place de stepper moteurs permettait de réduire grandement la masse du prototype. Ensuite, l'idée du bras mécanique fut jugée trop lourde et complexe par rapport à ce qui était spécifié et demandé dans le mandat. Le bras mécanique est donc modifié par un distributeur de graines avec un servo moteur (voir #4) pour déposer les graines. Le réservoir du distributeur possède trois compartiments : un pour les haricots rouges, un pour les haricots blancs et un pour le dépôt de la graine. Le socle possède deux poches (voir #1 & #2), permettant la récupération des haricots dans leur compartiment lors d'une rotation. Les dimensions des poches sont adaptées aux tailles des haricots et permettent la récupération d'une seule graine. Le dépôt se fait à l'aide d'un tube / tobogan (voir #3) attaché au réservoir. Une fois le haricot dans le compartiment vide, il chutera le long du tube. Ce système est plus avantageux car ce système permet de simplifier les tâches effectuées par le robot. Moins d'éléments électroniques sont utilisés également ce qui permet une diminution de la masse qui était drastiquement nécessaire à la fin de l'étape 2.

Tableau 1: Éléments sur le pill dispenser

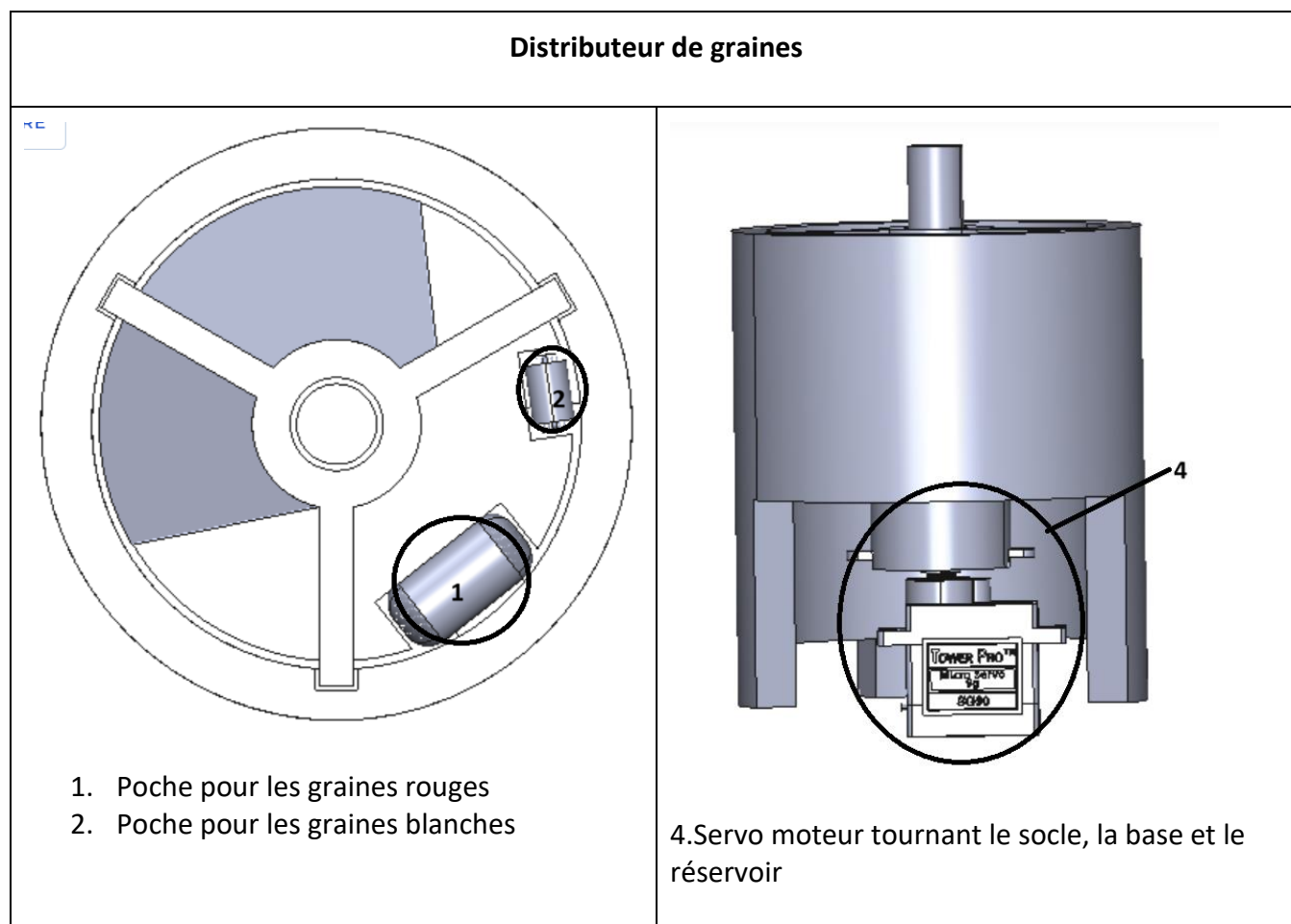
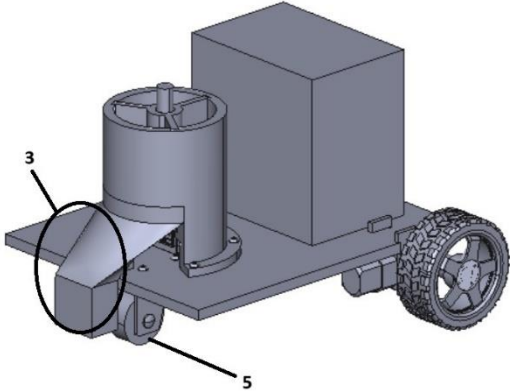
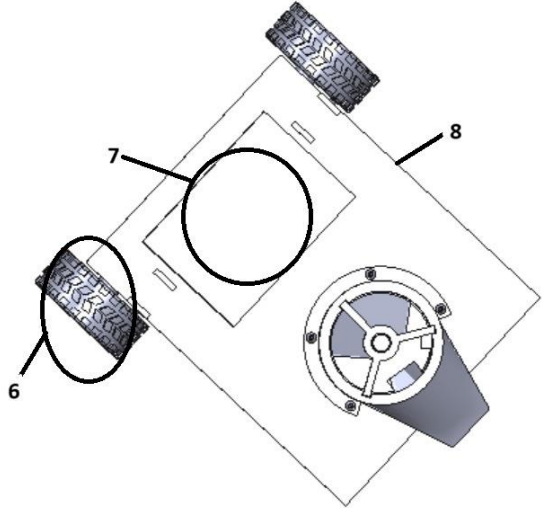


Tableau 2: Éléments sur le prototype

Prototype	
 <p>3. Tube/toboggan</p> <p>5. Roue libre/pivotante</p>	 <p>6. Roues motrices arrière (x2)</p> <p>7. Montage électronique (SG90 Servo, Robojax HC-05 Bluetooth Communication, Pile 9V, Breadboard Kit, Elegoo MEGA 2560, 9V battery connector, Arduino)</p> <p>8. Plateforme MDF</p>

1.2 Fonctionnement de la solution

La solution est alimentée par une pile 9V et l'ensemble de l'électronique est connectée à une carte Arduino. Cette dernière recevra les commandes envoyées par un téléphone grâce à un module Bluetooth.

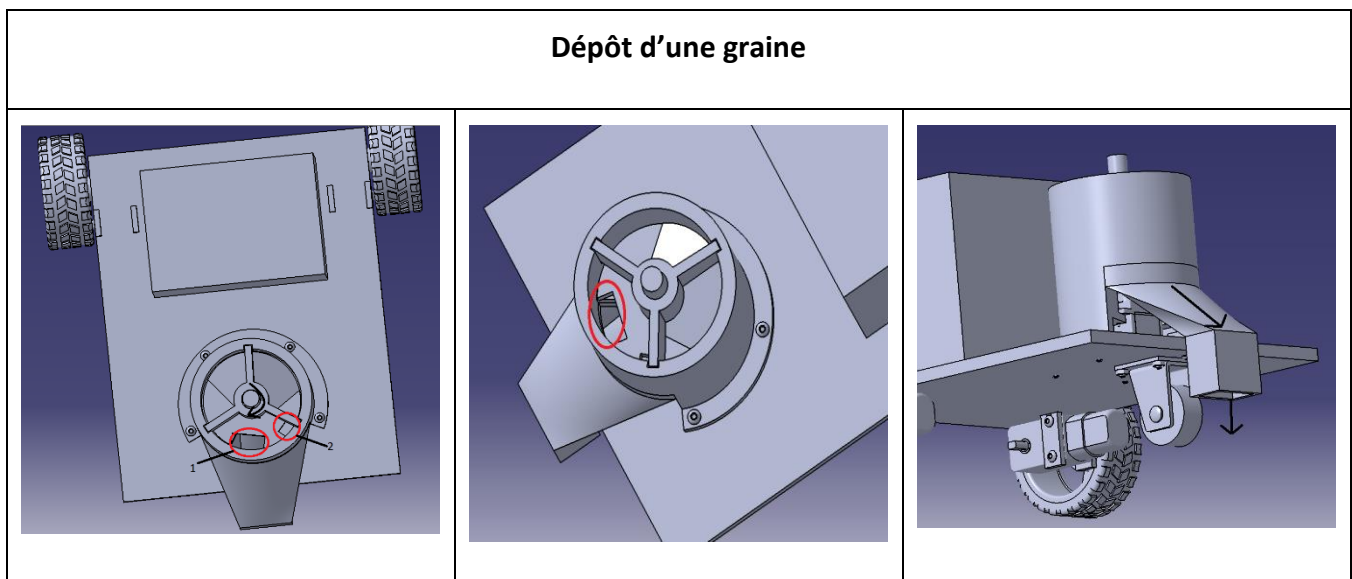
Deux roues arrière motorisées (#A) par des moteurs DC ainsi qu'une roue pivotante à l'avant (#B) assure le déplacement de la solution. Lors d'un déplacement rectiligne, les deux roues motrices tourneront simultanément, tandis que lors d'un virage, une roue restera bloquée pendant que la deuxième

tournera. Un équilibre entre les différentes masses sur le prototype est également envisagé afin de ne pas déranger le déplacement de ce dernier.

Une fois le robot arrivé à destination, le robot s'emparrera d'une graine afin de la déposer. Pour ce faire, le prototype va d'abord sélectionner un haricot (rouge ou blanc) :

- Le socle va effectuer une rotation jusqu'à ce que la poche (#1 ou #2) adaptée arrive au niveau du réservoir du haricot voulu.
- Attendre qu'un haricot tombe dans la poche.
- Puis revenir dans le compartiment vide où le haricot chutera en direction du tube de dépôt.

Tableau 3: Mécanisme de dépôt de la graine



Une fois la sélection faite, le haricot chutera le long d'un tube pour finalement atteindre le contenant visé. Cela nécessite donc un positionnement précis du prototype au préalable.

2. Les essais du prototype

2.1 Objectifs, procédure, résultats

La fonction qui a été analysée est la capacité de déplacement du robot. La procédure qui a été employée est la reproduction du parcours de compétition. Le robot devait se déplacer jusqu'au point de dépôt, tourner en direction de la zone de dépôt, puis retourner se stationner dans une zone prévue à cet effet. Pour réaliser ces essais, nous avons utilisé un prototype composé d'une table avec deux zones de départ et de stationnement, ainsi qu'un couvercle pour la zone de dépôt. Nous avons également utilisé un chronomètre, un ordinateur et un câble pour l'Arduino.

Les tests ci-dessous porteront sur le déplacement du robot ainsi que sa capacité à pouvoir déposer la graine. Ils auront différents objectifs : le test-1 analyse le déplacement du prototype sur la piste, ainsi que le temps nécessaire pour y parvenir, et le test-2 (optionnel) vérifie que le robot est capable de déposer la graine.

Pour les essais, une procédure de tests à essais de déplacement - erreurs de précision de positionnement du robot sera réalisée. Cela permettra de pouvoir faire varier facilement certaines sections du code afin d'optimiser sa performance.

Le test-1 nécessite le robot, une piste, un chronomètre, un ordinateur et un câble Arduino pour apporter les modifications au code afin de stabiliser les déplacements.

Le test-2 nécessite le robot, les graines de haricots rouges et blancs, un ordinateur et un câble Arduino pour apporter les modifications au code afin d'ajuster la vitesse et l'angle de rotation du servomoteur.

Dernièrement, nous avons prévu d'apporter plusieurs piles rechargées et un chargeur afin d'alimenter le robot à pleine charge à chaque essai.

Ci-dessous les tableaux qui résument les essais effectués :

Tableau 4: Objectifs du test 1

OBJECTIF(S) DU TEST					
FONCTION(S) TESTÉE(S) DU CAHIER DE CHARGES					T-12.0
No.	RÉV.	FONCTION	K	CRITÈRE	COMMENTAIRE (RÉF. OBJECTIF DU TEST)
FP-1.0	0	Se déplacer	5	Réussite de l'épreuve grâce à la commande Bluetooth	Mécanisme permettant au robot d'avancer, de reculer et de tourner. Type de propulsion.
AUTRE(S) FONCTION(S) OU ÉLÉMENT(S) À TESTER (SI APPLICABLE)					T-12.0
No.	RÉV.	IDENTIFICATION	K	VARIABLE MESURÉE	COMMENTAIRE (RÉF. OBJECTIF DU TEST)
CO-6.0	2	Faire le parcours sous le temps limite	5	Respecter la contrainte de temps de 180 secondes	Le temps est respecté
TEST GÉNÉRAL (CYCLE OU PARCOURS COMPLET, PRODUIT DANS SON ENSEMBLE, ETC.) (SI APPLICABLE)					T-12.0
No.	RÉV.	IDENTIFICATION	---	VARIABLE MESURÉE	COMMENTAIRE (RÉF. OBJECTIF DU TEST)
	2	Parcours complet		la précision des déplacements et de l'accomplissement du parcours	Le parcours est réalisé

Tableau 5: Procédure du test 1

PROCÉDURE DE TEST - MATÉRIEL REQUIS - CRITÈRE DE RÉUSSITE		T-12.0
PROCÉDURE DE TEST	1. Placer le robot dans la section de départ ; 2. Démarrer le robot et le chronomètre en même temps ; 3. Prendre notes des résultats du test ; 4. Modifier le code ; 5. Refaire les étapes précédentes jusqu'à réussir le test ;	
MATÉRIEL REQUIS	1. Le robot ; 2. Une table avec 2 feuilles et un couvercle ; 3. Un chronometre ; 4. Un ordinateur ; 5. Un câble arduino pour modifier le code ;	
CRITÈRE DE RÉUSSITE	Le test est considéré «Passé» si le robot realise le parcours qui lui a été assigné	

Tableau 6: Essais du test 1

				ESSAIS RÉALISÉS SUR:	INDIQUER «OUI» SELON LE CAS	
				PROTOTYPE	OUI	
RÉSULTATS DES ESSAIS						T-12.0
ESSAI No.	DATE	CONFIGURATION DU PROTOTYPE ET MODIFICATIONS APPORTÉES		RÉSULTATS OBSERVÉS/OBTENUS (CRITÈRE MESURÉ OU VARIABLE MESURÉE)	PERFORMANCE (RÉF. ÉQUATION P)	CONCLUSIONS TIRÉES / COMMENTAIRES SUITE À L'ESSAI
1	08-novembre-23	1er test		robot avance tout droit ensuite tourne sur lui même	Parcours Non-terminé	fil d'un des moteur ce detache, batterie pas bien fixer, vitesse rapide
2	08-novembre-23	modification du code Arduino pour régler la vitesse et faire tourner le robot		robot avance tout droit ensuite tourne sur lui même et retourne sur lui même	Parcours Non-terminé	fil d'un des moteur ce detache, batterie pas bien fixer, code a ajuster pour la vitesse
3	08-novembre-23	scotcher le fil électrique du moteur et des fils de la piles		robot avance tout droit ensuite tourne sur lui même	Parcours Non-terminé	le temps de delais entre avancer et tourner doit etre plus grand, mettre un temps pour arreter la rotation à un angle precis
4	08-novembre-23	modification du code Arduino pour avancer le robot à la suite de sa rotation		robot avance tout droit ensuite tourne sur lui même et reavance	Parcours Non-terminé	le temps de delais entre avancer et tourner est toujours trop petit
5	08-novembre-23	modification du code Arduino pour avancer, tourner, avancer et puis s'arreter		robot avance tout droit ensuite tourne sur lui même et reavance	Parcours Non-terminé	ne tourne pas a l'angle preciser et le temps de delais entre chaque tache est toujours trop petit
6	08-novembre-23	modification du code Arduino pour tourner un angle de 90 degrés et augmenter le temps de delais		robot avance tout droit ensuite tourne sur lui même de 90 degrés et reavance	Parcours Non-terminé	le robot n'avance pas tout droit après le tour
7	08-novembre-23	ajout de la puse bluetooth		aucune connection bluetooth ne fonctionne	Parcours Non-terminé	modifier la puse bluetooth
8	13-novembre-23	modification du code Arduino pour avancer le robot et de tourner de 90 degrés vers la gauche. Puse bluetooth retirer.		robot avance trop rapidement et depasse la distance, ensuite il tourne de plus de 90 degrés et ne recule pas	Parcours Non-terminé	réduire le temps pour que le robot avance, réduire l'angle de rotation
9	13-novembre-23	modification du code Arduino pour avancer le robot, de tourner de 90 degrés vers la gauche.		robot avance à la distance voulue, mais l'angle de rotation est trop petit	Parcours Non-terminé	augmenter l'angle de rotation du robot
10	13-novembre-23	modification du code Arduino pour tourner à un angle de 90 degrés		robot avance trop rapidement et depasse la distance, ensuite il tourne de plus de 90 degrés et ne recule pas	Parcours Non-terminé	réduire l'angle de rotation du robot
11	13-novembre-23	modification du code Arduino pour tourner à un angle de 90 degrés		robot avance pas droit, et tourne à un angle de 45 degrés	Parcours Non-terminé	augmenter l'angle de rotation du robot
12	13-novembre-23	modification du code Arduino pour tourner à un angle de 90 degrés		robot avance tout droit à la distance voulue, tourne à un angle environ 90 degrés	Parcours Non-terminé	ajuster angle pour une meilleure precision
13	13-novembre-23	modification du code Arduino pour tourner à un angle de 90 degrés		robot avance tout droit à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés	Parcours Non-terminé	ajouter le retour du robot en arriere pour se stationner
14	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais recule en tournant	Parcours Non-terminé	ajuster le retour en arriere
15	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais recule en tournant	t=11s	le robot tourne en reculant en raison de la roue avant. Le robot va tourner de 180 degrés et puis avancer vers l'aire de stationnement

16	13-novembre-23	modification du code Arduino pour tourner de 180 degrés et avancer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais tourne à un angle supérieur à 180 degrés et puis avance	Parcours Non-terminé	réduire le deuxième angle de rotation du robot
17	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais tourne à un angle inférieur à 180 degrés et puis avance	Parcours Non-terminé	augmenter le deuxième angle de rotation du robot
18	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais tourne à un angle supérieur à 180 degrés mais avance à une distance très grande	Parcours Non-terminé	réduire le deuxième angle de rotation du robot
19	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais tourne à un angle supérieur à 180 degrés mais avance à la bonne distance mais ne stationne pas exactement dans l'aire	t= 13 s	réduire le deuxième angle de rotation du robot
20	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue mais tourne à un angle inférieur à 90 degrés	t= 13 s	réduire l'angle de rotation du robot
21	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais tourne à un angle inférieur à 180 degrés et puis avance	t= 12 s	augmenter le deuxième angle de rotation du robot
22	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais recule en tournant	t=11s	réduire l'angle de rotation du robot
23	13-novembre-23	modification du code Arduino pour reculer tout droit		robot avance à la distance voulue, tourne à un angle de 90 degrés, mais recule en tournant	Parcours Non-terminé	réduire l'angle de rotation du robot

Déroulement et observation du test-1 :

Le robot démarre une fois qu'il a été installé sur la piste. Les observations des déplacements des roues montrent que :

- Les mouvements en ligne droite ne se font pas tout le temps correctement. En effet, nous avons observé que l'attachement des roues aux moteurs n'était pas toujours fixe et l'alimentation aux moteurs variait en raison du mauvais branchement des fils sur la batterie.
- Le mouvement en avant n'est pas rectiligne, le robot effectue une trajectoire parfois courbée vers la droite et la gauche.
- La rotation du robot sur place est correcte pourtant l'action se fait très rapidement.
- Les roues du robot n'étaient pas bien fixées aux moteurs et cela affectait les instructions données au robot.

Pour donner suite à cela, la manière dont le robot effectue les changements de directions a été ajustée, la rotation sur place se fait en roulant une roue et en arrêtant la deuxième à la place de faire tourner une roue vers l'avant et la deuxième vers l'arrière.

2^e test (Optionnel) :

Ce deuxième test montre une meilleure fiabilité dans le déplacement du robot et les essais réalisés pour le dépôt de la graine de haricot rouge.

Tableau 7: Objectif du test 2

OBJECTIF(S) DU TEST					
FONCTION(S) TESTÉE(S) DU CAHIER DE CHARGES					T-12.1
No.	RÉV.	FONCTION	K	CRITÈRE	COMMENTAIRE (RÉF. OBJECTIF DU TEST)
FP-2.0	0	Déposer une graine	5	dépôt de la graine par le prototype	déposer la graine aux bons endroits
TEST GÉNÉRAL (CYCLE OU PARCOURS COMPLET, PRODUIT DANS SON ENSEMBLE, ETC.) (SI APPLICABLE)					T-12.1
No.	RÉV.	IDENTIFICATION	---	VARIABLE MESURÉE	COMMENTAIRE (RÉF. OBJECTIF DU TEST)
	0	dépôt précis		précision de la récupération d'une graine et du dépôt de la graine	Le dépôt est réussi malgré une intervention externe

Tableau 8: Procédure du test 2

PROCÉDURE DE TEST - MATÉRIEL REQUIS - CRITÈRE DE RÉUSSITE		T-12.1
PROCÉDURE DE TEST	1. Placer le robot dans la section de départ ; 2. Démarrer le robot et le chronomètre en même temps ; 3. Prendre notes des résultats du test ; 4. Modifier le code ; 5. Refaire les étapes précédentes jusqu'à réussir le test ;	
MATÉRIEL REQUIS	1. Le robot ; 2. Une table avec 2 feuilles et un couvercle ; 3. Les graines de haricot ; 4. Un ordinateur ; 5. Un câble arduino pour modifier le code ;	
CRITÈRE DE RÉUSSITE	Le test est considéré «Passé» si le servomoteur tourne aux angles qu'il lui sont accordés	

Tableau 9: Essais du test 2

				ESSAIS RÉALISÉS SUR:	INDIQUER «OUI» SELON LE CAS	
				PROTOTYPE	OUI	
RÉSULTATS DES ESSAIS						T-12.1
ESSAI No.	DATE	CONFIGURATION DU PROTOTYPE ET MODIFICATIONS APPORTÉES		RÉSULTATS OBSERVÉS/OBTENUS (CRITÈRE MESURÉ OU VARIABLE MESURÉE)	PERFORMANCE (RÉF. ÉQUATION P)	CONCLUSIONS TIRÉES / COMMENTAIRES SUITE À L'ESSAI
1	08-novembre-23	1er test		Les angles de rotation sont trop importantes et mal réglées (angle supérieur à 90 degrés des deux cotes)	test sans graine	ajuster les angles afin de reconnaître quel est l'angle d'initialisation
2	08-novembre-23	modification du code Arduino, réduction des angles de rotation		Encore des angles de rotations trop grand, même la vitesse de rotation est plus rapide que prévu (angle proche de 90 degrés des deux cotes)	test sans graine	ajuster les angles afin de reconnaître quel est l'angle d'initialisation
3	08-novembre-23	modification du code Arduino, réduction des angles de rotation et ajout d'une feuille circulaire avec l'angle 0 degrés dessiner		Le servomoteur tourne de 60 degrés des 2 cotes	test sans graine	les angles sont facilement ajustable, mettre le servomoteur dans le distributeur de graine
4	08-novembre-23	modification du code Arduino, réduction des angles de rotation		la graine tombe sur la piste	la graine tombe sur la piste, O=50	modéliser un tobogan pour assurer le dépôt de la graine dans l'aire de dépôt

Pour les tests sur le servomoteur du distributeur des graines, l'objectif sera de manipuler le servomoteur par Bluetooth. Pourtant, pour ces tests, la manipulation a été faite de manière autonome en raison de la difficulté à connecter le Bluetooth à l'application sur le téléphone. Le Bluetooth sera modifié pour la compétition.


Les observations du moteur et du distributeur de graines montrent que :

- Le servomoteur tourne à une vitesse beaucoup trop élevée.
- La position initiale du servomoteur change à un très petit angle mais lors de nombreux essais, le changement d'angles n'est plus négligeable.
- Une impression 3D du tobogan est nécessaire pour réaliser d'autres tests afin de valider la précision de dépôts des graines dans l'aire de dépôts.

2.2 Changement d'une pièce achetée

Plusieurs modifications de pièces ont été réalisées à travers le projet :

Tableau 10: Modifications de pièces

	Modifications de pièces
1ere modification	-Stepper moteurs et roues omnidirectionnelles changé à des moteurs DC et roues normales
2eme modification	-Bras robotique et pince à servomoteurs changés à un distributeur et un toboggan -long breadboard changé à un breadboard plus petit
3eme modification	-Une impression 3D du distributeur des graines changé à une plus petite taille du distributeur
4eme modification	- Plaque de MDF simple découpé au laser ajoutant des trous à la plaque. -Les câbles électriques de la batterie changé à un connecteur batterie 

Pour la première modification, nous avons prévu l'installation de 4 moteurs pas à pas et de 4 roues mécanum omnidirectionnelles. Après avoir calculé la masse totale des concepts contenant les moteurs pas à pas, nous avons constaté que la masse totale dépassait la limite de poids allouée en raison du poids élevé des moteurs pas à pas. De plus, l'attache entre les moteurs pas à pas et les roues omnidirectionnelles n'avait pas la bonne forme et le coût des moteurs pas à pas est élevé. Par conséquent, nous avons remplacé les moteurs pas à pas par 2 moteurs à courant continu, 2 roues mécanum normales et une roue avant.

Pour la deuxième modification, un bras robotique avec 3 servomoteurs et une pince était prévu, avec des pilotes pour les servomoteurs. Cependant, après avoir réalisé des essais pour construire le bras, nous avons conclu que le concept de distribution des graines était compliqué en termes d'impression 3D, d'assemblage et de programmation Arduino. De plus, lors du calcul du nombre de pièces à l'étape 2, nous avons constaté que le nombre de moteurs utilisés était beaucoup trop élevé. Pour ces raisons, nous avons opté pour un distributeur de graines plus simple, réduisant le nombre de moteurs à un seul servomoteur qui fera tourner la base pour distribuer les graines. Un toboggan a été installé sous le trou par lequel les graines tomberont pour les guider vers la zone de distribution.

Nous avons initialement utilisé une grande breadboard, que nous avons ensuite remplacée par une breadboard plus petite en raison de l'ajout d'un boîtier pour couvrir l'ensemble des composants électriques et du câblage, ce qui facilite l'aspect esthétique du robot.

Après l'impression 3D du distributeur, nous avons remarqué qu'il était plus large que nécessaire et qu'il risquait de déséquilibrer le robot lors de la réalisation du parcours bonus, en particulier lorsqu'il passait par la rampe. Par conséquent, nous avons réduit la taille du distributeur de graines.

Initialement, nous avons prévu d'utiliser une plaque MDF complète, découpée au laser pour former la base du robot. Cependant, après la réalisation du distributeur, nous avons conclu qu'il était plus pratique d'ajouter des trous de différentes formes pour installer facilement le distributeur à l'aide de vis et pour faire passer les câbles électriques des moteurs à courant continu situés sous la plaque MDF.

Pour alimenter l'ensemble du robot, une batterie de 9V est utilisée avec deux câbles électriques. Cependant, leur fixation sur la batterie n'était pas sécurisée, ce qui augmentait le risque de déconnexion d'un des câbles. Pour remédier à cette situation, nous avons prévu l'utilisation d'un connecteur de batterie, garantissant ainsi une alimentation stable du robot lors de l'exécution du parcours.

2.3 Calculs de Pointage – Équation de performance :

L'équation de performance est: $P = E * (O + x*S) + (120 - \text{temps}) + 2*D + y*z*BONUS$

Les données que nous avons pu mesurer dans les tests sont les suivants :

- $E = 2$, puisque nous avons une pile de 9 Volts
- $O = 50$, la graine tombe mais puisqu'il manque le toboggan pour guider la graine (0, si on n'a pas réussi à le faire)
- $S = 150$, le robot ne se stationne pas bien dans l'aire
- $x = 0.5$, le robot ne se stationne pas parfaitement dans l'aire
- $D = 120$ cm, la distance parcourue par le robot (dans le montage vidéo)
- $T = 12$ s, le temps pris par le robot de compléter le parcours (dans le montage vidéo)

Les données que nous n'avons pas pu mesurer n'apporteront aucun point dans le calcul :

- Bonus = 0, aucune tentative de dépôt d'une graine
- $y = 0$, car $O < 300$
- $z = 1$, car $t < 60$ secondes

Grâce aux données mesurée lors des tests, une valeur partielle (ou complète dépendamment si on a tous les inconnus de l'équation) peut être calculée :

$$P = 2 * (0 + 0,5 * 150) + (120 - 12) + 2 * 120 + 0 * 1 * 0 = 498 / 1860$$

Lien de la vidéo démonstration du déplacement et dépôt d'une graine :

<https://youtu.be/-gz4ryi8BaI>

Pour donner suite aux tests effectués on se retrouve avec des :

Points positifs :

- Amélioration de la fiabilité du parcours.
- Utilisation de la technologie Bluetooth
- Dépôt de graines satisfaisant

Points négatifs :

- Problèmes avec les roues
- Impacts sur la position du prototype dû à la masse du conteneur initial
- Absence d'un toboggan pour le dépôt des grains

Pour décrire plus en détails ces derniers, après avoir effectué les tests, nous avons remarqué que les roues ne tournaient pas à la même vitesse en raison du manque de vis et de serrage des roues sur les moteurs à courant continu, car la plaque utilisée n'était pas la plaque définitive. Cela a posé des problèmes en ce qui concerne la précision du prototype sur la piste, et a rendu la faisabilité du parcours plutôt incertaine.

Cependant, à la suite de la modification de la manière dont le prototype change de direction, le parcours est devenu plus fiable et mieux exécuté. L'utilisation de la technologie Bluetooth lors de la compétition assurera une exécution encore plus précise du parcours en permettant de manipuler le robot à distance.

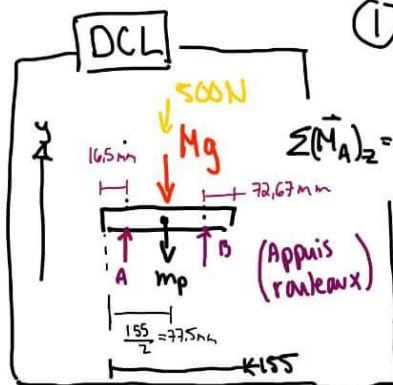
Néanmoins, en ce qui concerne les tests de dépôt de graines de haricot, après quelques essais qui ont entraîné de légères modifications, le dépôt des graines s'est révélé satisfaisant. Malgré l'absence d'un toboggan pour guider les graines plus efficacement vers la zone de dépôt, la majorité des graines ont pu atterrir avec succès lors des essais sur la piste.

3. Analyse de la solution

3.1 Résistance des matériaux

La pièce critique choisie de notre solution est la plaque du moteur, car cette pièce supporte le poids du distributeur et du montage électrique et sa résistance est calculée lorsqu'une force ou un moment est appliqué. Dans le calcul sur la résistance de la pièce, un DCL est dessiné et basé sur l'image #C001 d'où le nom est << plaque>> dans la section <<4.2 [dessin de définition](#)>>. Dans les calculs, les hypothèses posés sur le DCL sont qu'une force fictive s'applique vers le centre de la pièce. Il y a deux appuis à rouleaux identifiés par **A** et **B**. Selon les calculs, la résistance à la flexion du MDF est égale à 20 MPa et la contrainte maximale calculée est supérieure à la résistance à la flexion. La plaque subit donc une rupture.

Ci-dessous les calculs RDM fait sur la plaque de la base en MDF :



$$\textcircled{1} \cdot \sum \vec{F}_y = A + B - Mg - m_p g - 500 \text{ N} = 0$$

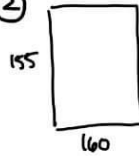
$$A + B = 511 \text{ N}$$

$$\sum (\vec{M}_A)_z = -Mg(0.0775\text{m}) - m_p g(0.0775\text{m}) + B(0.066\text{m}) - 500\text{N}(0.139) = 0$$

$$B = 70.34 \text{ N}$$

$$A = 441 \text{ N}$$

$\textcircled{2}$



$$I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.160 \cdot 0.000^3}{12} = 2.88 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Données

$$m_{\text{électrique}} = 0.7 \text{ kg} = m_1$$

$$m_{\text{distributeur}} = 0.2022 \text{ kg} = m_2$$

$$M = m_1 + m_2 = 0.9022 \text{ kg}$$

$$m_{\text{plaque}} = 0.2019 \text{ kg}$$

$$A = 0.160 \times 0.155 = 0.025 \text{ m}^2$$

$\textcircled{3}$

$$M_{\text{max}} = \frac{FL}{4} = \frac{500 \times 0.160}{4} = 20 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}} \cdot c}{I_y} = \frac{20 \times 0.083}{2.88 \times 10^{-9}} = 20.8 \text{ MPa}$$

$$R_e = 20 \text{ MPa (voir référence)}$$

$$\sigma_{\text{max}} > R_{e \text{ flexion}}$$

(Res flexion)

→ La résistance à la flexion du MDF est inférieure à la contrainte maximale de 20.8 MPa. Donc il y a une rupture.

3.2 Dimensionnement fonctionnel

La chaîne de cotes a été effectuée sur l'assemblage entre la partie extérieure du distributeur et la base rotative du distributeur d'haricots. Cet assemblage est constitué de deux pièces dont les dimensions sont données sur le dessin. L'incertitude sur les dimensions a été approximée à 0.3 mm (Understanding Accuracy, Precision, and Tolerance in 3D Printing). Cet assemblage est important puisqu'il permet de déposer une graine d'haricot, ce qui est une fonction principale du robot.

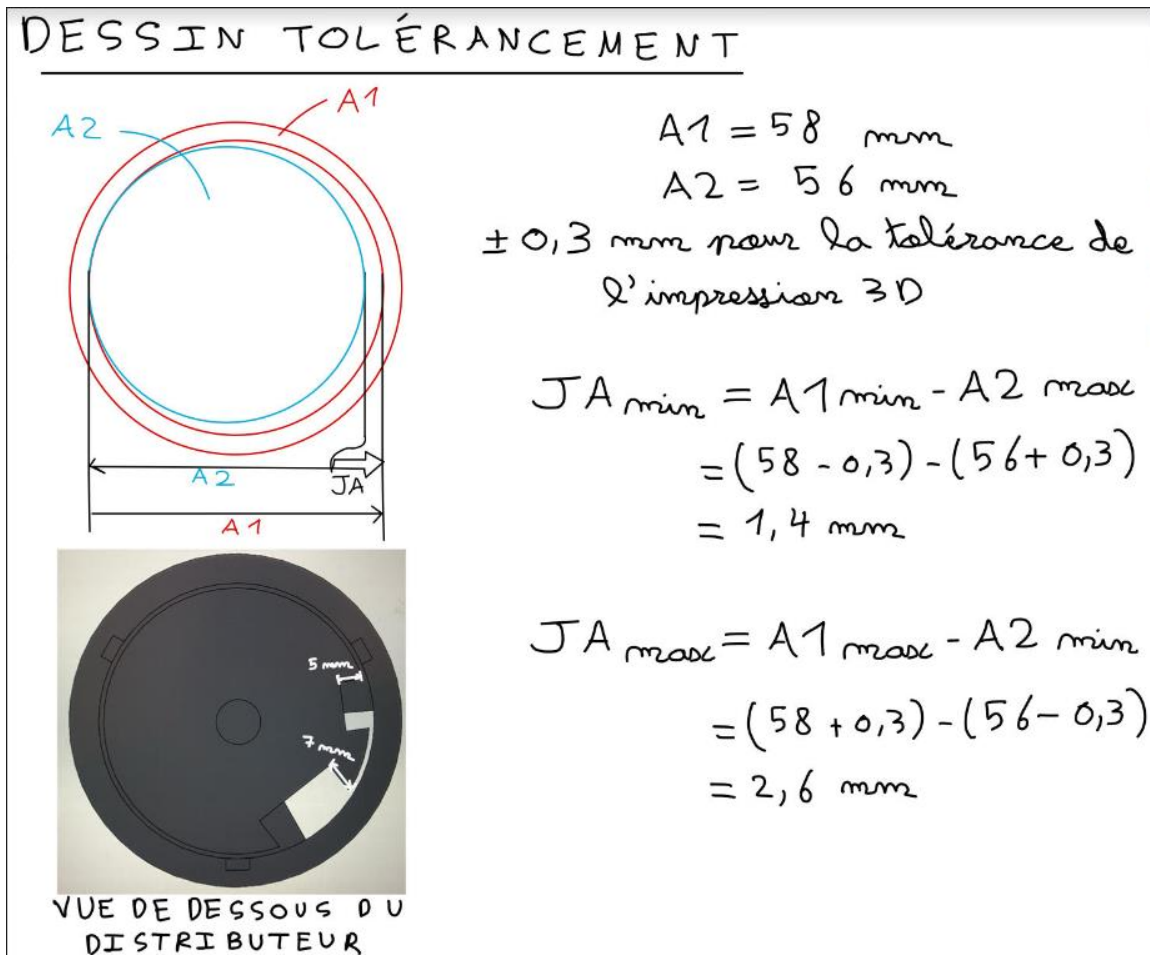


Figure 1: Jeu max et min du distributeur

Le robot ne comporte pas d'assemblages complexes avec de nombreuses pièces, ce que rend les calculs de dimensionnement relativement simples.

On remarque que le jeu minimal entre les pièces est de 1.4 mm, c'est-à-dire que la base ne risque pas de se bloquer lors de sa rotation pour déposer la graine. Le jeu maximal est de 2.6 mm, ce qui est acceptable pour notre design puisque la largeur moyenne d'une gaine d'haricot rouge est de 8 mm et d'une graine d'haricot blanche est de 6 mm. Deux trous de largeur 7 mm pour le haricot rouge et 5 mm pour le haricot blanc se trouvent sur la base, si on rajoute le jeu maximal, on trouve une largeur de 9.6 mm pour le trou le haricot rouge et 7.6 mm pour le haricot blanc, donc cela assure le dépôt d'une seule graine d'haricot qui est une fonction contrainte du robot.

3.3 Revue de design

Le tableau ci-dessous (présent également en Annexe) présente les différents tests effectués pour nos fonctions principales, et les modifications apportées au prototype. Les tests furent satisfaisants pour trois fonctions principales : Le déplacement, la sélection de graine et le stationnement. Le test pour le dépôt de graine n'étant pas concluant, un allongement du conduit de dépôt fut envisagé.

Tableau 11: Revue de design

RAPPORT DE REVUE DE DESIGN DÉVELOPPEMENT DE PRODUIT		ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL MEC-2105		AUTOMNE 2023 ÉQUIPE NO: 21	
PROJET: (titre du projet)		LE SEMEUR			
DONNÉES SOMMAIRES DU PROJET: (type de projet, description sommaire, etc.)		Concevoir et fabriquer un produit mobile capable de sélectionner et de déposer une graine.			
DATE DE MISE À JOUR:		11-nov-23			
REVUE DE DESIGN NO:		4			
DATE DE LA REVUE DE DESIGN:		11-nov-23			
SUJET DE LA REVUE DE DESIGN		0			
PHASE DU PROJET:		0			

No.	RÉV.	FONCTION	K	Vérifié? (X = fait à la date de la revue de design)	N/A (N/A = X)	Satisfaisant ? (OUI = X)	Action requise	Responsable	À compléter le (date)	Commentaires / explications
FP		Fonctions principales								
FP-1.0	3	Se déplacer (avancer, reculer, tourner)	5	X		X				Les deux roues motrices, la roue avant et le code Arduino permettent un bon contrôle du véhicule.
FP-2.0	2	Sélectionner une graine	5	X		X				La rotation de la base du pill dispenser permet de sélectionner une seule graine.
FP-3.0	1	Déposer une graine	5	X		NON	Allonger le tube de dépôt	I. Elazhar	12-nov-23	Le tube de dépôt actuel ne permet pas de guider la graine jusqu'à la cible.
FP-4.0	0	Se stationner	5	X		X				Le système de déplacement actuel permet de bien se stationner.

4. Dessins

4.1 Dessin d'assemblage

Dans l'assemblage général A, la boîte électronique est déposée sur la base et la distributrice est maintenue en place par 4 vis sur le dessus et une sur le dessous.

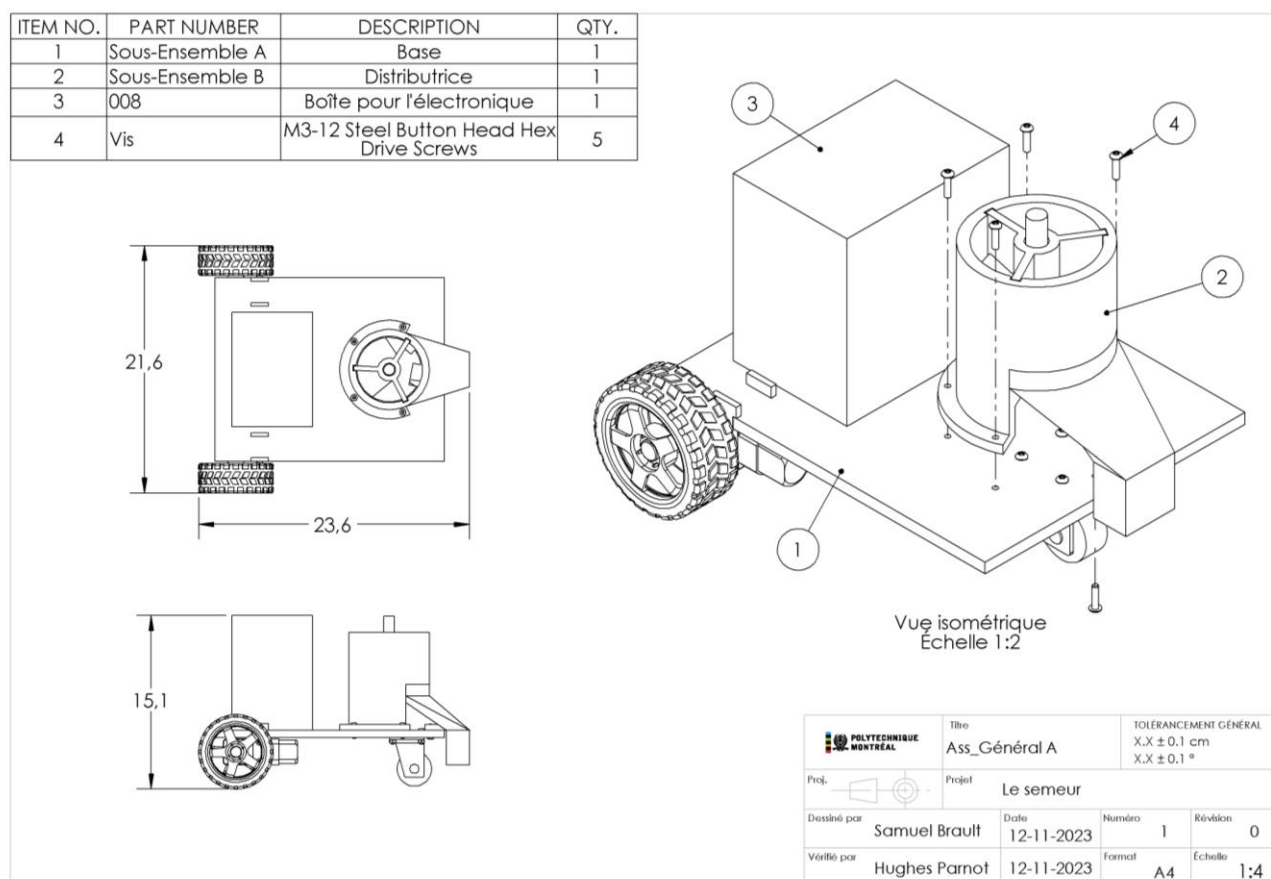


Figure 2: Dessin d'assemblage de l'Assemblage Général A

Au niveau du Sous-Ensemble B, les roues sont attachées à la base via les supports à moteur. De plus, la roue avant est vissée à la plaque principale de la base.

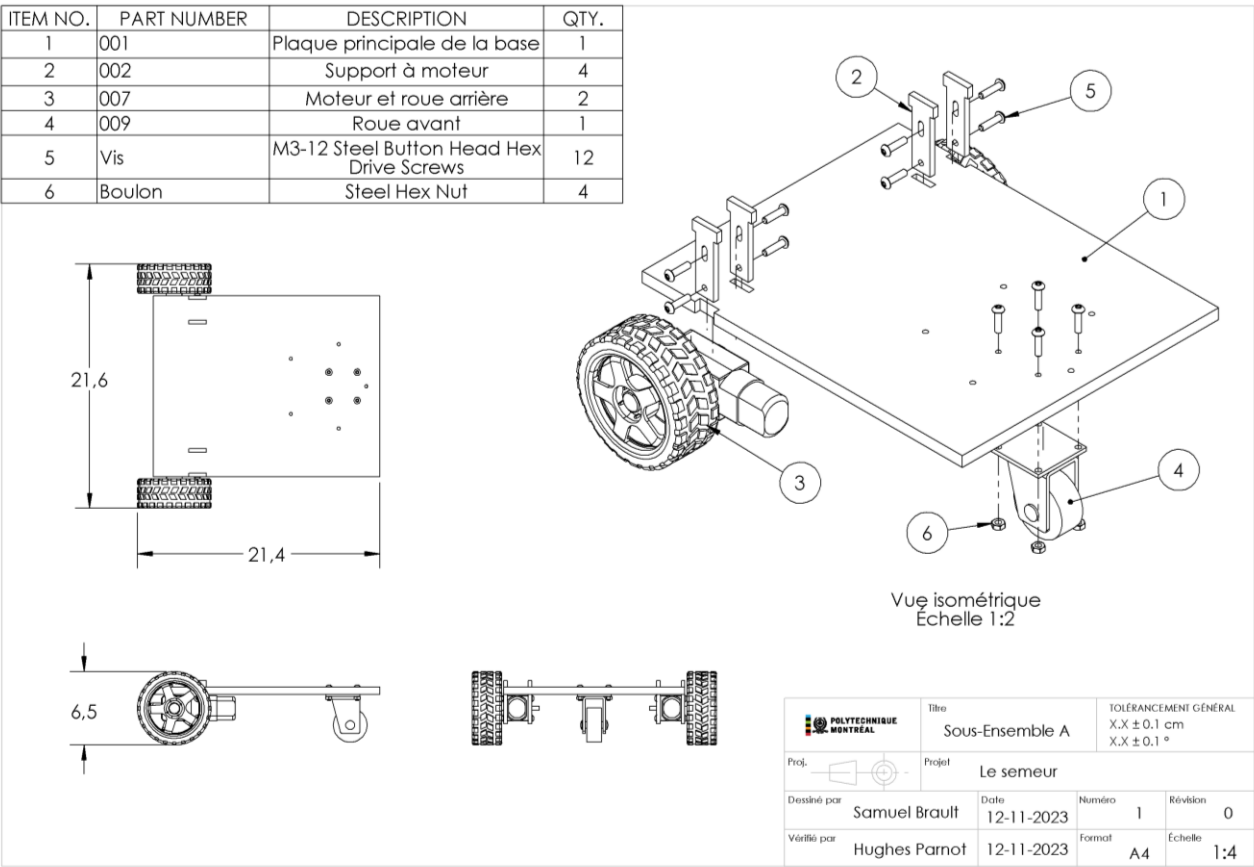


Figure 3: Dessin d'assemblage du Sous-Ensemble A

Le Sous-Ensemble B est composé de chacune des parties qui compose la distributrice. Toutes les parties sont seulement maintenues en place par la gravité à l'exception du servo-moteur (Item #3) qui, lui, est vissé à la base de la distributrice.

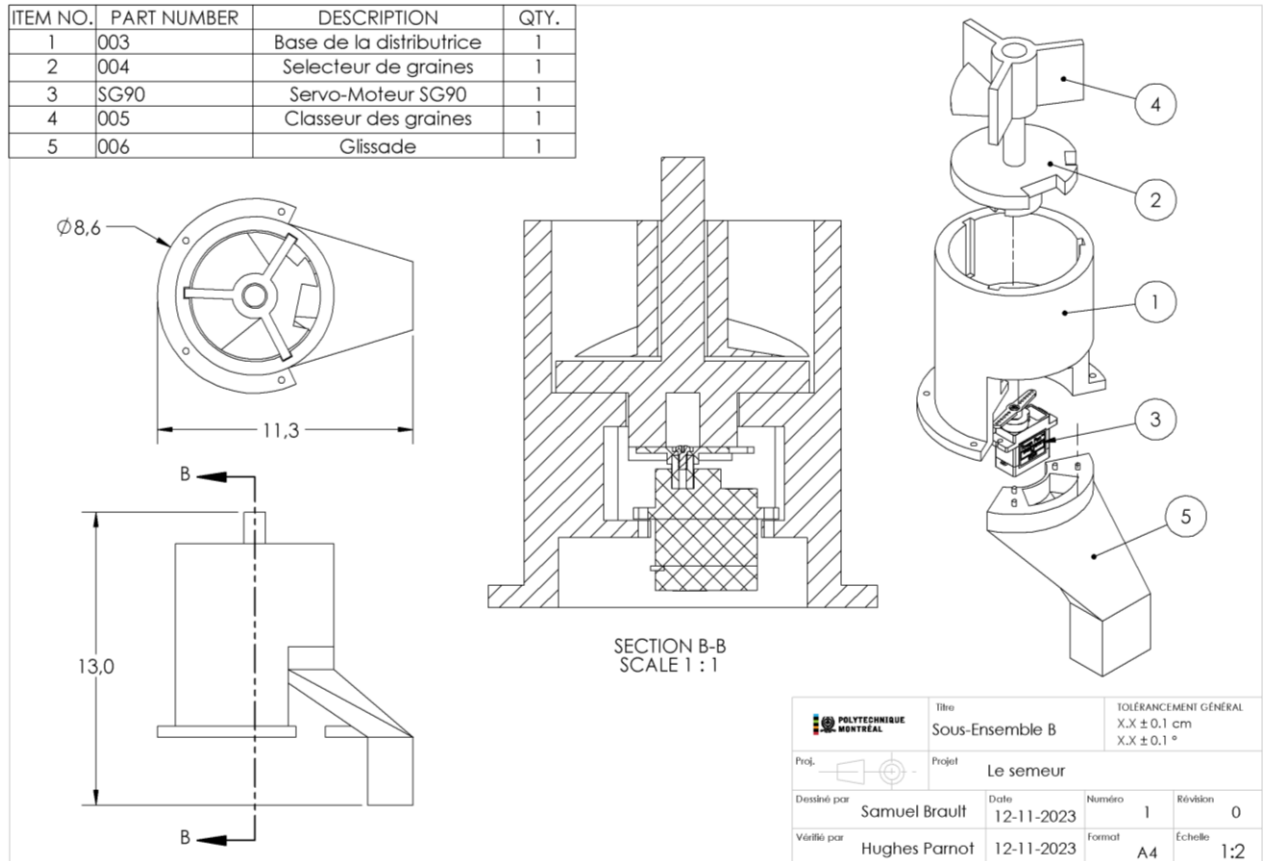


Figure 44: Dessin d'assemblage du Sous-Ensemble B

4.2 Dessin de définition

Les figures ci-dessous sont les dessins de définition de la base du sélectionneur de graine, de la plaque supportant l'ensemble du système et des supports de moteurs respectivement.

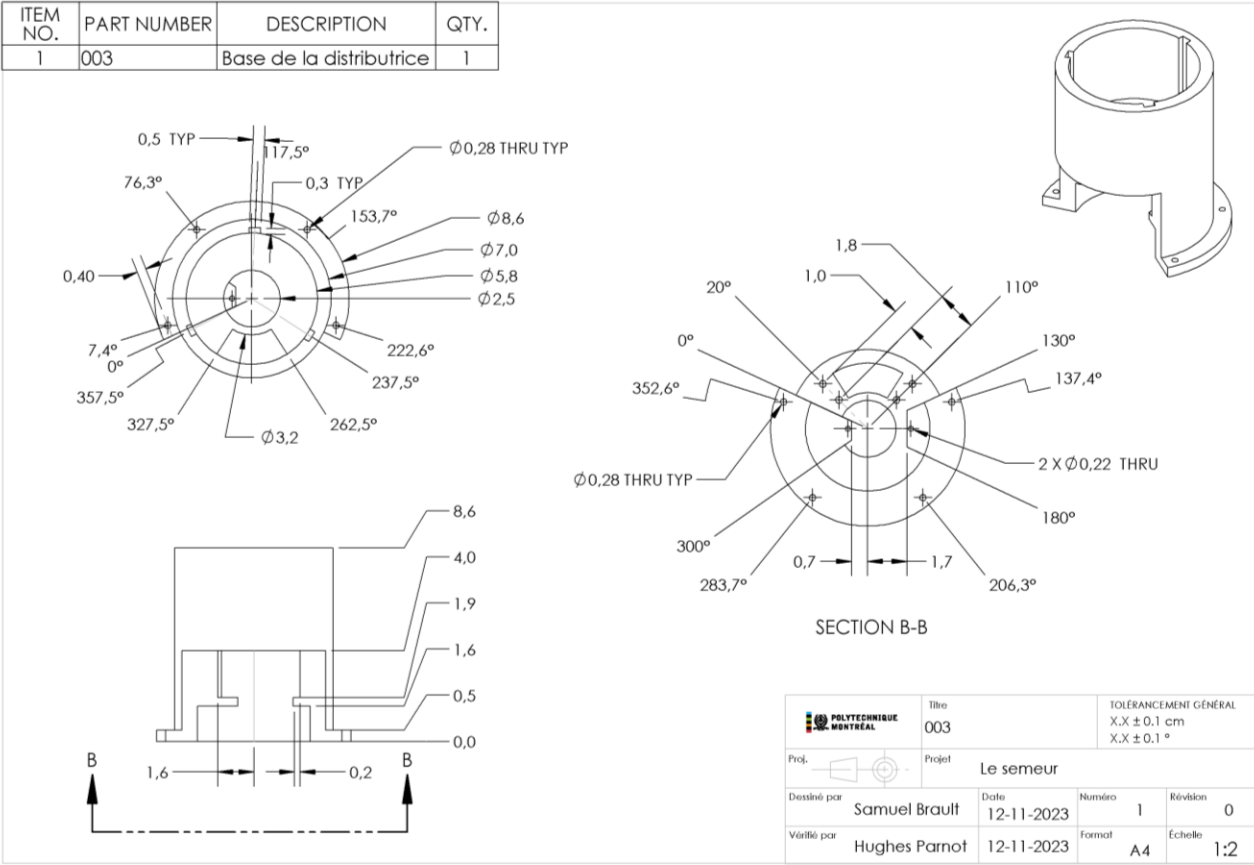


Figure 55: Dessin de définition du distributeur

La base du sélectionneur de graines va être percé lors de l'assemblage afin de s'ajuster aux trous présents sur la plaque. Des pré-trous sont déjà présents sur la pièce.

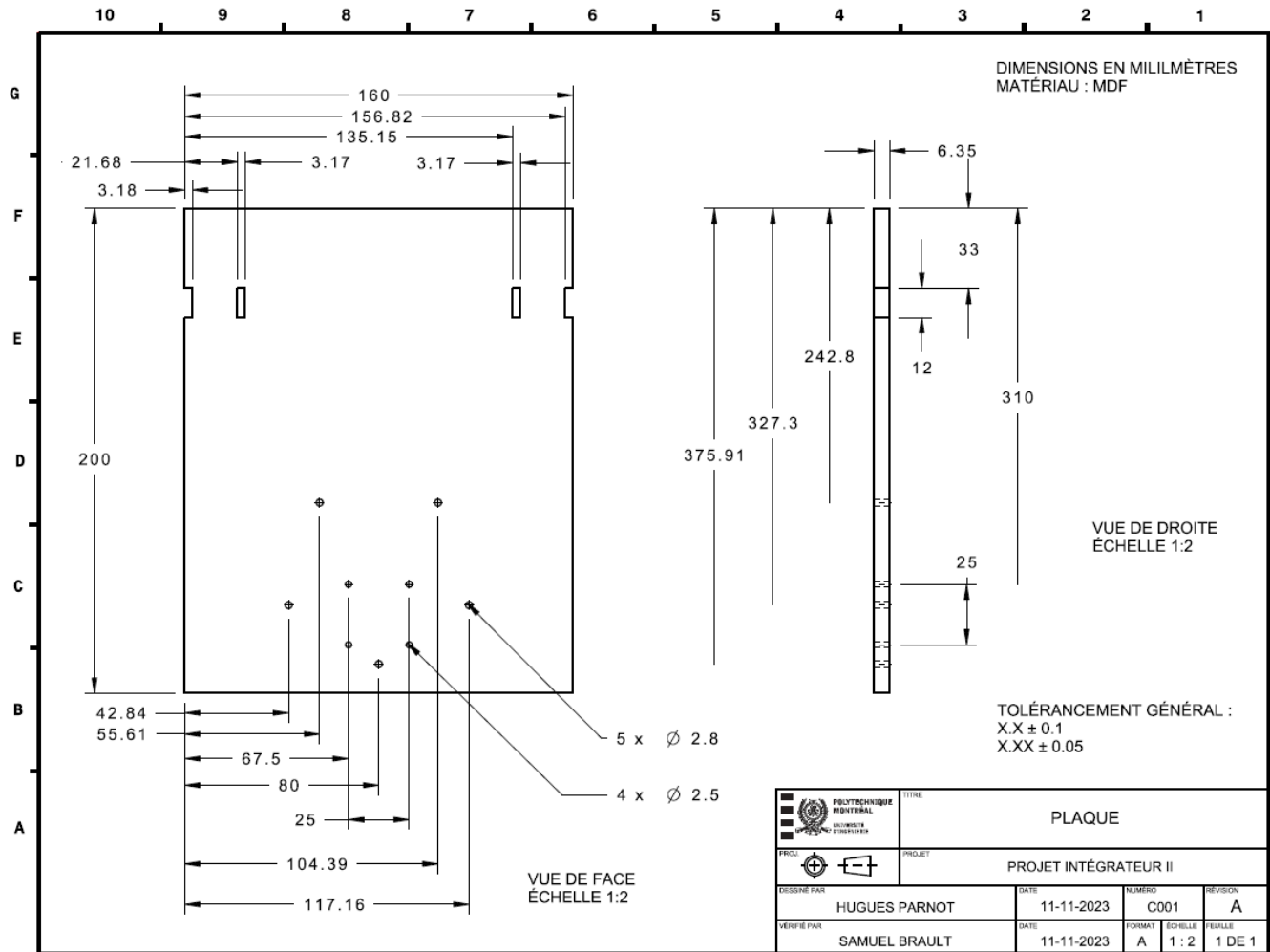


Figure 66: Dessin de définition de la base MDF

La plaque joue le rôle de base de l'entièrement du système. Une plaque en MDF sera découpée au laser afin d'obtenir la pièce finale. Les poches permettent l'insertion des supports de moteurs et les trous permettent la fixation de la roue avant et du système de dépôt de graine.

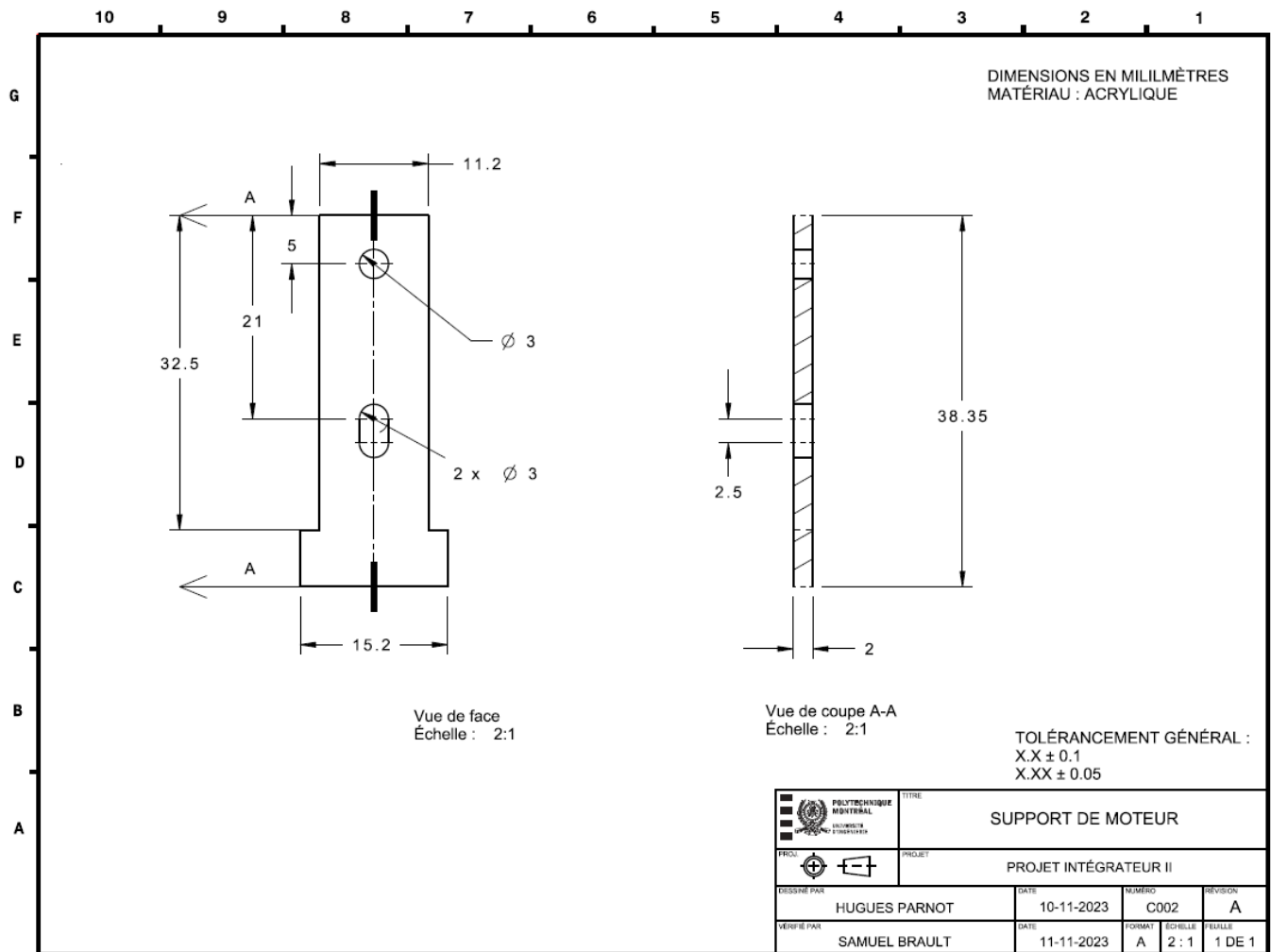


Figure 7: BOM Sous-Ensemble C

Les supports de moteurs, permettant de fixer le moteur des roues, sont en acrylique. Le trou oblong permet l'ajustement de la position de la vis de fixation. Cette pièce sera également découpée au laser.

4.3 Tableau synthèses des 3 pièces fabriquées

Le tableau ci-dessous résume les trois pièces fabriquées, leur procédé de fabrication, leur matériau et leur choix. L'usage du MDF et de l'acrylique se résume à la minimisation de la masse, la résistance et de leur coût. La troisième pièce est imprimée en 3D compte tenu de sa complexité, cependant des trous y seront percés lors de l'assemblage afin de pouvoir s'ajuster aux trous présents sur la plaque. Le choix de la découpe laser est dû à sa simplicité et sa rapidité, mais également à sa précision : le positionnement des trous et des poches, mais aussi les dimensions des petites pièces avaient une tolérance relativement faible. Le perçage, lui, a été choisi pour son adaptabilité : effectué manuellement, ce procédé laisse une certaine marge d'erreur et d'imprécision aux étapes de fabrication antérieures.

Tableau 12: Tableau synthèse des 3 pièces fabriquées

Pièce	Matériau	Procédés de fabrication	Justification
Plaque	MDF ¼" d'épaisseur	Découpe laser	La plaque est en MDF afin d'obtenir une grande résistance tout en limitant le poids. Une certaine précision est nécessaire pour le positionnement des trous et des poches.
Support de moteur	Acrylique	Découpe laser	La pièce est de petite taille et le positionnement des trous nécessitent une assez grande précision afin de bien pouvoir retenir le moteur.
Structure du pill dispenser	PLA	Perçage	Percer au niveau des pré-trous permettra de bien s'ajuster par rapport à la plaque qui nous sert de base. Cela offre une plus grande adaptabilité.

5. Nomenclature

Ci-dessous se trouvent les BOMs du prototype entier, ainsi que ceux de sous-ensembles qui le composent. Une brève description, le matériau, la masse et le fournisseur des pièces y sont indiqués.

Tableau 13: Liste des pièces

PROJET:
LISTE DES PIÈCES

Le Semeur

							A	A x B
Identification (no de pièce)	Description	Dessin no	Matériau	Fournisseur et no. de pièce fournisseur	Masse unitaire (g)	Référence (assemblage et no)	Qté totale	Masse totale (g)
001	Plaque principale de la base	001	MDF	RONA	1	C-1	1	1
002	Support à moteur	002	Acrylique	Amazon	2	C-2	4	6
003	Base de la distributrice	003	PLA	-	150	B-1	1	150
004	Selecteur de graine	-	PLA	-	32	B-2	1	32
005	Classeur de graine	-	PLA	-	22	B-3	1	22
006	Glissade	-	PLA	-	40	B-4	1	40
007	Moteur et roue arrière	-	-	Amazon	52	C-7	4	208
008	Boîte pour l'électronique	-	-	-	50	A-X	1	50
009	Roue avant	-	-	Amazon	60	C-4	1	60
010	Vis M3-12	-	Acier	RONA	18	A-4, C-5	17	306
011	Servo Moteur SG90	-	-	Amazon	12.00	B-5	1	12
								0
							TOTAL:	887

Tableau 14 : BOM Assemblage Général

PROJET:	Le Semeur		
LISTE DE PIÈCES ET COMPOSANTES (NOMENCLATURE - BOM/BILL OF MATERIAL)			
NO DE L'ASSEMBLAGE:	A	DESCRIPTION:	ASSEMBLAGE GÉNÉRAL
(OU DU SOUS-ENSEMBLE)			

	A							A x B
No	Qté	Identification (no de pièce)	Description	Dessin no	Matériau	Fournisseur et no. de pièce fournisseur	Masse unitaire (g)	Masse totale (g)
1	1	B	Distributrice	B	PLA	-	256	256.00
2	1	C	Base	C	-	-	491	491.00
3	1	008	Boîte pour l'électronique	-	-	-	50	50.00
4	5	010	M3-12 Vis	-	Acier	RONA	18	90.00
								0.00
	TOTAL:							887.00

Tableau 15: BOM Sous-Ensemble B

PROJET:	Le Semeur		
LISTE DE PIÈCES ET COMPOSANTES (NOMENCLATURE - BOM/BILL OF MATERIAL)			
NO DE L'ASSEMBLAGE:	B	DESCRIPTION:	Distributrice
(OU DU SOUS-ENSEMBLE)			

	A							A x B
No	Qté	Identification (no de pièce)	Description	Dessin no	Matériau	Fournisseur et no. de pièce fournisseur	Masse unitaire (g)	Masse totale (g)
1	1	003	Base de la distributrice	003	PLA	-	150.00	150.00
2	1	004	Sélecteur de graine	-	PLA	-	32.00	32.00
3	1	005	Classeur de graine	-	PLA	-	22.00	22.00
4	1	006	Glissade	-	PLA	-	40.00	40.00
5	1	011	Servo Moteur SG90	-	-	Amazon	12.00	12.00
								0.00
	TOTAL:							256.00

Tableau 16: BOM Sous-Ensemble C

PROJET:

Le Semeur

LISTE DE PIÈCES ET COMPOSANTES (NOMENCLATURE - BOM/BILL OF MATERIAL)

NO DE L'ASSEMBLAGE:

C

DESCRIPTION:

Base

(OU DU SOUS-ENSEMBLE)

	A							A x B
No	Qté	Identification (no de pièce)	Description	Dessin no	Matériau	Fournisseur et no. de pièce fournisseur	Masse unitaire (g)	Masse totale (g)
1	1	001	Plaque principale de la base	001	MDF	RONA	1	0.52
2	4	002	Support à moteur	002	Acrylique	Amazon	2	6.36
3	4	007	Moteur et roue arrière	-	-	Amazon	52	208.00
4	1	009	Roue avant	-	-	Amazon	60	60.00
5	17	010	Vis M3-12	-	Acier	RONA	18	306.00
								0.00
	TOTAL:							580.88

Conclusion

Ce projet a abouti à la création d'un prototype de robot innovant, conçu pour effectuer efficacement des tâches de tri et de dépôt de graines. Grâce à l'adoption de roues motrices arrière et d'une roue pivotante à l'avant, combinées avec une plateforme MDF robuste et un système électronique bien conçu, le robot a démontré une mobilité et une précision remarquables dans ses opérations. L'introduction des moteurs DC, en remplacement des steppers moteurs, a été une décision clé, réduisant la masse totale du robot tout en simplifiant le codage et en réduisant les coûts.

La modification du bras mécanique initial en un distributeur de graines a non seulement allégé la structure, mais a également permis d'optimiser la fonctionnalité du robot. Ce distributeur, avec ses compartiments distincts pour les différents types de graines et son système de dépôt ingénieux via un tube/tobogan, illustre une innovation significative, répondant précisément aux exigences du mandat.

Le fonctionnement du robot, piloté par Arduino et contrôlé par Bluetooth, a prouvé une grande fiabilité dans la récolte et le dépôt des graines. Cette automatisation et cette précision s'avèrent essentielles pour les applications futures envisagées pour ce prototype.

Bibliographie

- Additive-X. (2022). Understanding accuracy, precision, & tolerance in 3D printing. Additive-X Blog. <https://additive-x.com/blog/understanding-accuracy-precision-tolerance-3d-printing/>
- L'Industrie des Panneaux. (s. d.). Avantages et Inconvénients du Bois MDF. <https://www.lindustrie-panneaux.fr/faq/avantages-inconvenients-bois-mdf/>
- Lasertec. (s. d.). Quels sont les avantages de la gravure et découpe laser. <https://www.lasertec.fr/blog/quels-sont-les-avantages-de-la-gravure-et-decoupe-laser>
- 3DS. (s. d.). Laser Cutting: Avantages & Inconvénients. <https://www.3ds.com/fr/make/solutions/blog/laser-cutting-advantages-inconvenients>
- Imperial College London. (s. d.). SG90 Servo Motor Datasheet. http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf
- Arduino. (s. d.). Controlling a DC Motor with an Arduino Motor Shield Rev3. <https://docs.arduino.cc/tutorials/motor-shield-rev3/msr3-controlling-dc-motor>
- Arduino. (s. d.). Servo Motors. <https://docs.arduino.cc/learn/electronics/servo-motors>
- 3Dnatives. (2019, Août 19). PLA 3D Printing Guide. <https://www.3dnatives.com/en/pla-3d-printing-guide-190820194/>
- Simplify3D. (s. d.). Materials Guide: PLA. <https://www.simplify3d.com/resources/materials-guide/pla/>
- Panneaux VIDAL. (s. d.). Bois, panneaux, parquets, stratifiés. <https://www.vidal-panneaux.fr>
- MakeItFrom.com. (s. d.). Medium Density Fiberboard (MDF). <https://www.makeitfrom.com/material-properties/Medium-Density-Fiberboard-MDF>