

GNG1503

Manuel d'Utilisateur du Projet de Conception

Jardinière KITGO

Soumis par:

KITGO - A01

Gradie Kinda Bukongo, 300144324

Ian Campos Gomez, 300158819

Kyle Champagne, 300119016

Oumahane Koné, 300092067

Tara Noorishad, 300102226

Le 9 décembre 2020

Université d'Ottawa

Résumé

Dans le cadre du cours GNG 1503 de l'automne 2020, il était question de concevoir une jardinière intérieure pour l'Université d'Ottawa incluant un système de contrôle de la santé des plantes. À ces fins, la méthode de la pensée conceptuelle, traitée tout au long du cours, a été appliquée. Elle est une approche pour résoudre les problèmes de conception en génie et comporte cinq étapes qui sont: 1) l'empathie, 2) la définition, 3) l'idéation, 4) le prototypage et 5) les essais.

L'empathie est l'effort de comprendre ce qui est important pour le client. À cet effet, une entrevue avec le client a été organisée. Elle a permis d'avoir une idée plus claire des besoins du client, mettant fin à l'étape 1. Ces données recueillies et les contraintes définies, l'énoncé claire suivante du problème a été établie : « L'Université d'Ottawa, par l'intermédiaire de Jonathan Rauseo, a un besoin d'ajouter de la verdure dans ses installations avec un système de planteur antivol qui connaît l'état de santé des plantes, lequel est écologique, esthétique, transportable et économique. » Les besoins du client ont ensuite été interprétés en critère de conception, ce qui constitue l'étape 2 de la définition de la pensée conceptuelle. À l'étape 3 de l'idéation, plusieurs idées préliminaires ont été proposées pour les sous-concept d'arrosage autonome, de sécurité et de mobilité ainsi que d'aération. La meilleure idée de chaque sous-concept a été choisie. L'idée choisie pour l'arrosage autonome est l'utilisation du phénomène de capillarité. La jardinière a dans son réservoir des billes d'argiles qui, par capillarité, transfèrent l'eau à la terre. Le réservoir et la terre étant séparés par une toile géotextile. Pour les sous-concepts de mobilité et de sécurité, il a été décidé de munir la jardinière de roues mais de les cacher dans un boîtier à cadenas afin de les rendre inaccessibles et ainsi permettre sa mobilité sans les exposer au vol. Enfin le système d'aération est juste l'utilisation de tuyaux pvc munis de fentes et plantés dans la terre, pour laisser passer l'air. Dans l'étape du prototypage; deux sous-systèmes ont été conçus. Le prototype 1 représentait le système d'arrosage autonome. Elle a été réalisée en disposant dans un contenant en verre de la terre, des rondelles de coton pour substituer les billes d'argiles et en les séparant évidemment avec une toile géotextile. Elle représentait de façon juste notre idée d'arrosage autonome. Le prototype deux représentait le sous-système de mobilité et de sécurité. Elle a été conçue conformément à l'idée générée, avec du bois, un aquarium, etc.

Les essais, étape 5 à la suite du prototype 1 nous ont permis de confirmer la décision du concept choisi. Les essais du prototype 2 ont permis de s'assurer de sa fonctionnalité. Une seconde entrevue avec le client a été organisée où, il donnait sa rétroaction sur le travail accompli jusque là. Son approbation a permis la construction de notre prototype final avec tous les sous-concepts réalisés. Ceci a mis fin la conception de la jardinière qui répondait à termes aux besoins interprétés critiques du client. Car faute de budget, les sous-systèmes de surveillance de la santé des plantes

Table des matières

1 Introduction	1
1.1 Concept final	1
1.2 Phénomène de capillarité	3
1.3 Hypothèses	4
1.4 Étalonnage	4
1.4.1 Solutions existantes	4
1.4.1.1 Tableau d'étalonnage	5
2 Comment le prototype est construit	7
2.1 Catégorie	8
2.1.1 Liste des matériaux (LDM)	8
2.1.2 Liste d'équipements	11
2.1.2.1 Équipement pour l'aquarium	11
2.1.2.2 Équipement pour le cadre	11
2.1.2.3 Équipement pour le sous-système de transport	11
2.1.2.4 Équipement pour le sous-système antivol	11
2.1.2.5 Équipement pour la finalisation du cadre	12
2.1.3.6 Équipement pour le sous-système d'arrosage autonome	12
2.1.3 Instructions	12
2.1.3.1 Modifications pour l'aquarium	12
2.1.3.2 Construction du cadre	13
2.1.3.3 Construction du sous-système de transport	15
2.1.3.4 Construction du sous-système antivol	16
2.1.3.5 Finalisation du cadre	18
2.1.3.5 Assemblage du sous-système d'arrosage autonome	19
2.1.3.1 Image de l'aquarium	20
2.1.3.2 Image du sous-système de transport	20
2.1.3.3 Images du sous-système antivol	21
2.1.3.4 Images de la finalisation du cadre	22
2.1.3.6 Images du sous-système d'arrosage	23
3 Comment utiliser le prototype	24
3.1 Mode d'utilisation	24
3.1.1 Sous-système d'arrosage autonome	24
3.1.1 Sous-système antivol-transport	25
3.2 Utilisation en sécurité	26
3.3 Installation	26

4 Comment maintenir le prototype	27
4.1 Tests	27
4.1.1 Test du sous-système antivol et du sous-système de transport	27
4.1.1.1 Explication du test	27
4.1.1.2 Propriétés volumique et massiques de la jardinière	27
4.1.1.3 Analyse mécanique statique	29
4.1.1.4 Discussion des résultats du tests	30
4.1.2 Test du sous-système d'arrosage autonome	31
4.1.2.1 Explication du test	31
4.1.2.2 Conditions propices des plantes	32
4.1.2.3 Discussion des résultats du test	33
4.2 Comment gérer les défaillances et solutions	35
5 Conclusions et recommandations pour les travaux futurs	36
6 Bibliographie	37
ANNEXE	38
ANNEXE I: Spécifications pour la construction	38

Liste des figures

Figure 1: Système autonome d'arrosage.....	2
Figure 2: Système antivol.....	2
Figure 3: Système aération.....	3
Figure 4: Système de santé des plantes.....	6
Figure 5: Robinet de sortie pour l'excès d'eau.....	20
Figure 6: Robinet de sortie pour l'excès d'eau.....	20
Figure 7: Vue de face du système antivol.....	21
Figure 8: Vue de côté du système antivol.....	21
Figure 9: Cadre de l'aquarium.....	22
Figure 10: Vue en perspective du cadre.....	22
Figure 11: Installation du grillage et dépôt des billes d'argile.....	23
Figure 12: Installation de la toile géotextile.....	23
Figure 13: Remplissage du réservoir d'eau.....	24
Figure 14: Roues non-déployées.....	25
Figure 15: Déploiement des roues.....	25
Figure 16: Roues non-déployées.....	26
Figure 17: Schéma simplifié du prototype.....	27
Figure 18: Diagramme des forces de la jardinière.....	29

Liste des tables

Tableau 1: Légende des valeurs.....	5
Tableau 2: Étalonnage des produits existant et KITGO.....	5
Tableau 3: Masse décrivant la jardinière.....	7
Tableau 4: Nomenclature des matériaux.....	9
Tableau 5: Densité des matériaux utilisés.....	28
Tableau 6: Volumes et masses des composants.....	28
Tableau 7: Masse de la jardinière avec de l'eau.....	29
Tableau 8: Réactions aux roues.....	30
Tableau 9: Données du test du sous-système d'arrosage autonome.....	31
Tableau 10: Conditions propices pour une plante serpent.....	33
Tableau 11: Conditions propices pour une plante pothos.....	33

1 Introduction

L'Université d'Ottawa, dans son besoin d'ajouter de la verdure dans ses espaces, par l'intermédiaire de Jonathan Rausseo, a émis le besoin de concevoir des jardinières autonomes qui répondent à certains critères écologiques, esthétiques, économiques et fonctionnels. Grâce à ce projet, l'équipe a pu cumuler les connaissances théoriques apprises pendant le cours avec celles de la pratique afin de concevoir des idées, de créer des prototypes qui simulent le fonctionnement de la jardinière et, finalement, de réaliser la conception physique de cette dernière.

Dans une première partie, l'équipe présente le projet, les critères pré établis et remplis, ses atouts majeurs qui le caractérisent et le distinguent de la concurrence, sa rentabilité, son efficacité et son allure globale.

Dans une deuxième partie, l'équipe présentera un tableau d'étalonnage qui présente une comparaison entre la jardinière KITGO et les principaux produits sur le marché, pour évaluer leurs forces et leurs faiblesses, pour déterminer lequel est le meilleur afin de savoir jusqu'à quel degré nous devons être à la hauteur.

Dans la troisième partie de ce manuel, l'équipe présentera le fonctionnement proprement dit de la jardinière, une brève explication de comment le prototype est construit, les types de matériaux utilisés et tout l'équipement nécessaire pour cette conception. En outre, il y aura aussi une présentation de comment utiliser et maintenir le prototype .

1.1 Concept final

Afin d'accommoder les besoins du client, l'équipe a choisi de faire un amalgame de tous les concepts pour construire une solution finale. Celle-ci ayant des sous-systèmes extrêmement favorables, qui présentent des avantages importants pour le fonctionnement d'un système autonome, efficace quant à l'aération de la plante, antivol et d'un système qui détecte la santé de la plante. D'ailleurs, à partir de ces concepts primaires, l'équipe a créé un design final qui provoquera l'idée désirable du prototypage rapide et itératif.

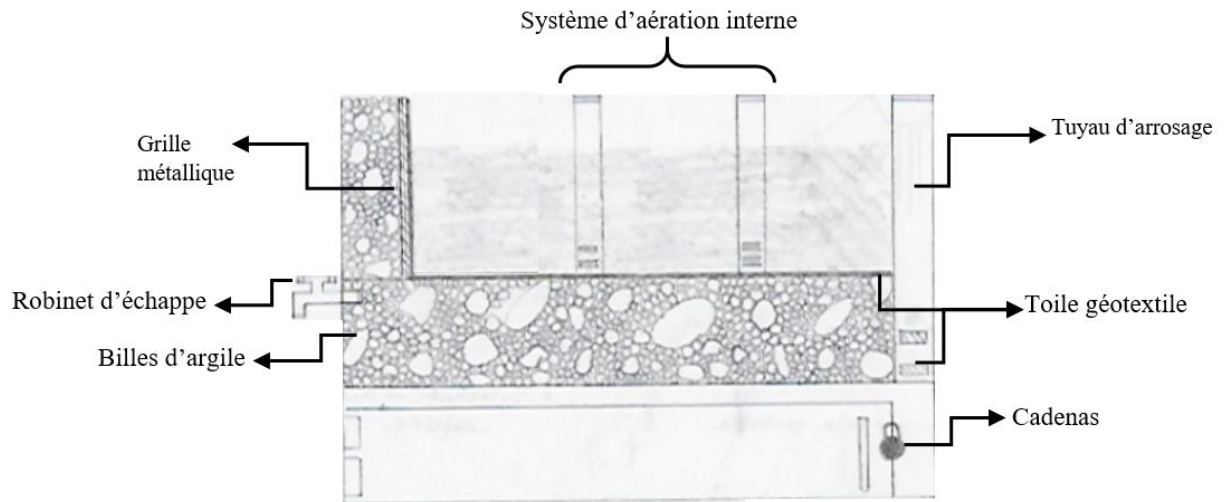


Figure 1: Système autonome d'arrosage

Le système comprend une réserve d'eau qui alimente par capillarité le substrat. La terre, maintenue à un état humide, ne se dessèche pas et l'autonomie d'eau peut durer jusqu'à 3 semaines. (Se référer à la figure 1)

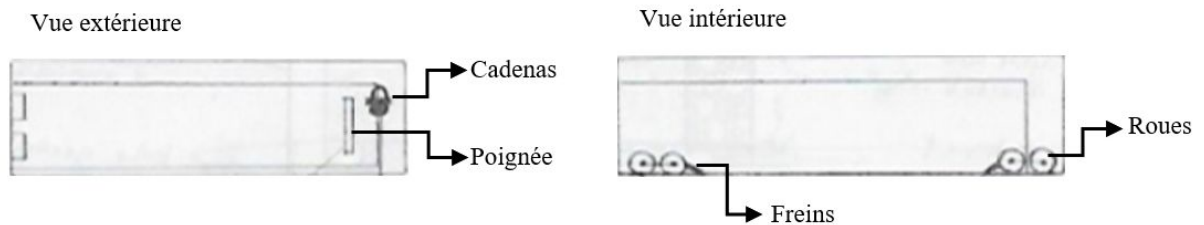


Figure 2: Système antivol

Le sous système du concept 1, répond aux besoins de mobilité et de l'aspect anti-vol de la jardinière, ayant une importance de 2 et de 4 respectivement. Le poids du pot de plante est l'aspect principal qui rend le pot anti-vol, mais cet aspect rend la transportation de ce dernier impossible si bien que des roues sont nécessaires. Cependant, l'ajout de roues rend le vol du pot possible de sorte qu'il faut cacher celles-ci. Ainsi, l'esquisse ci-dessus montre une serrure cachée permettant l'entrée de sa clé pour rendre les roues accessibles pour les débloquer. L'utilisateur ayant la clé peut débloquer les roues et 'fermer' le pot pour déplacer le pot et ensuite bloquer les roues. Cette solution rend le pot transportable uniquement aux personnes ayant le droit de déplacer la plante et non à un voleur potentiel. (Se référer à la figure 2)

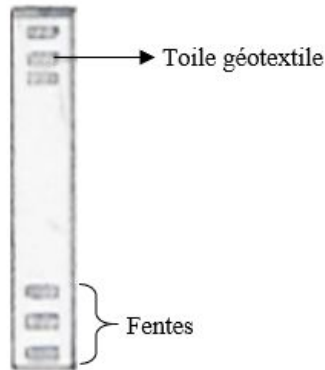


Figure 3: Système aération

Le système comprend des tuyaux (PVC) plantés dans le sol, ayant des petites fissures positionnées stratégiquement aux deux extrémités. (Se référer à la figure 3) Celles-ci dans le but de favoriser l'aération de la plante. De même, le système comprend un mécanisme d'aération interne qui permet une alimentation externe importante.

1.2 Phénomène de capillarité

Le phénomène d'arrosage par capillarité est un système très autonome. La terre par capillarité grâce aux billes d'argile, absorbe l'eau du réservoir de sorte qu'il n'y a aucun besoin d'arrosage. Les surplus n'interviennent pas souvent (environ chaque deux semaines) et dans ce cas, il suffit d'ouvrir le robinet d'eau.

La capillarité est la capacité de l'eau et de certains liquides à monter naturellement malgré la force de la gravité le long de tubes très fins plongés dans ces liquides [1]. Ces tubes sont ordinairement les instruments capillaires. Dans notre cas, ce sont les billes d'argile qui jouent le rôle d'instruments capillaires. Physiquement, la capillarité s'explique par le phénomène d'interaction qui se produit aux interfaces entre un liquide et une surface. L'eau possède une forte interaction entre ses molécules. Elle adhère aux surfaces des billes, les traverse avant d'atteindre la terre [2].

1.3 Hypothèses

Les rondelles de coton synthétiques peuvent reproduire également le phénomène naturel de capillarité, l'eau remontant le long de la mèche. Elles sont moins chères et plus disponibles. C'est la raison pour laquelle les billes d'argiles pourraient être substituées par les mèches en coton synthétiques dans le prototype. Cependant, ces rondelles de coton devraient être changées régulièrement car elles ne pouvaient pas être utilisées pour des longues durées et en présence des roches dans la jardinières, elles étaient facilement écrasées. Par conséquent l'hypothèse d'utiliser les rondelles de coton en lieu et place des billes d'argiles bien qu'étant moins coûteuses est rejetée.

1.4 Étalonnage

1.4.1 Solutions existantes

Parrot Pot est un produit permettant à un utilisateur d'arroser automatiquement ses plantes. Ce produit permet à l'utilisateur de connaître les conditions dans lesquelles réside la plante, soit la température, la quantité d'énergie solaire, le niveau d'engrais et l'humidité. Le pot est muni d'un réservoir de 2,2 L et a une durée de vie d'environ un an. Les données collectées par les capteurs du pot sont disponibles via une application grâce à une connexion Bluetooth. D'ailleurs, l'application analyse l'état de santé de la plante, offre des conseils d'entretien pour la plante et fait des rappels à l'utilisateur de remplir le réservoir d'eau [3]. Ce produit est efficace car il répond aux attentes qui vont au-delà des besoins du client. De plus, il représente une solution ultime pour tous les besoins du client et encore plus.

Un autre exemple de la technologie des planteurs intelligents est le produit développé par Kickstarter, le Smart Herb Garden by Click & Grow qui s'agit simplement d'un planteur capable de maintenir les plantes en bonne santé étant donné qu'il s'occupe de la quantité de lumière et d'eau nécessaires. Même si le produit est destiné aux plantes comestibles, la technologie utilisée dans ce planteur montre être vraiment efficace car il contient plus de 3 ans de R&D qui ont permis au planteur d'avoir un milieu de croissance conçu pour fournir aux racines des plantes la bonne quantité d'oxygène, d'eau et de nutriments à tout moment [4].

Avec un concept différent, il existe un autre groupe appelé Mu-design qui a développé Lua, un planteur intelligent semblable aux célèbres Tamagotchis qui "transforment" les plantes en les rendant capables de communiquer avec son propriétaire pour lui demander tout ce dont elles ont besoin et la quantité requise. Son système consiste juste d'une application où l'utilisateur scanne le planteur et choisit le type de plante désiré pour savoir tout ce qu'il doit faire [5].

1.4.1.1 Tableau d'étalonnage

Tableau 1: Légende des valeurs

1	2	3
Faible	Moyen	Fort

Tableau 2: Étalonnage des produits existant et KITGO

	Imp	Parrot Pot [3]	Smart Herb Garden [4]	Lua [5]	KITGO
Coût (\$)	5	121,00	99,95	155,00	100,00
Dimensions (cm)*	3	20.55 x 20.55 x 31.19	30 x 12 x 2**	∅15 x 16	39.40 x 86.35 x 98,95
Entretien du réservoir	5	3 semaines	3 semaines	En fonction des circonstances	4 semaines
Transportable	2	Oui	Moyennement	Oui	Oui
Système antivol	4	Non	Non	Non	Oui
Assure/surveille la santé des plantes	4	Oui	Oui	Oui	Non
Mécanisme d'arrosage automatique	5	Oui	Oui	Non	Oui
Total		58	67	40	71

*Les plantes serpent ont besoins d'un pot d'au moins 25 cm de diamètre [6]

**Smart Herb Garden est de 30 cm, mais divisé en plusieurs compartiments

À partir du tableau d'étalonnage ci-dessous, le produit répondant le mieux aux besoins du client pour ce projet s'agit de la jardinière KITGO, qui a un score de 71. La seule amélioration pouvant être apportée à ce produit est l'ajout d'un testeur de sol LCD, qui mesure la température, les conditions acides et alcalines du sol, la teneur en humidité ainsi que la quantité lumineuse. Cette analyse qui est valide au client et lui permet de prendre les précautions nécessaires. (Se référer à la figure 4)

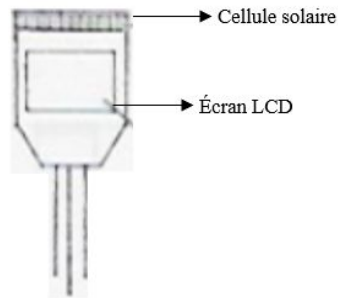


Figure 4: Système de santé des plantes

Cet ajout, nécessitant seulement 15 \$ de surplus, accordera un score de 75 à la jardinière KITGO si bien que l'ensemble des besoins du client sont répondus.

2 Comment le prototype est construit

Avant d'entamer la construction de la jardinière, il est primordial de passer par les différentes étapes pour établir les mesures et positionnement des pièces composant celle-ci.

Pour l'aquarium, les premières mesures à déterminer sont d'abord les dimensions de notre réservoir total. Celle-ci, qui doit être suffisamment volumineuse afin de satisfaire au besoin fonctionnelle et non-fonctionnelle du client. Dans ce cas, selon les résultats obtenus lors de l'essai du prototype I, l'équipe détermine que volume du réservoir d'eau approximatif nécessaire afin de prolonger la période d'autonomie du système est d'environ 30 L. D'ailleurs afin de satisfaire aux besoins physiologiques des plantes pothos, le réservoir de sol doit aussi être assez volumineux. C'est grâce à ces approximations que l'équipe a pu débiter sa recherche pour un contenant étanche à l'eau. Heureusement, l'équipe a trouvé un aquarium de 80 L, celui-ci qui satisfait d'abord les besoins. Suite à des calculs pour trouver la hauteur du robinet d'excès se trouvant dans l'annexe I, il a été déterminé que, pour assurer une période d'autonomie optimale l'équipe placera d'abord à une hauteur supérieure à 6,35 po. Dans ce cas, l'équipe choisit une hauteur de 7,5 po.

Pour le cadre, des calculs sont nécessaires afin de déterminer ses dimensions et ses propriétés pour les raisons suivantes: déterminer la charge totale que doivent supporter les membres (en conséquence quelle matériel utilisé), évaluer le centre de gravité et estimer le coût. Le tableau ci-dessous résume la masse de la jardinière:

Tableau 3: Masse décrivant la jardinière

Materiaux	Densité (kg/m ³)	Volume (m ³)	Masse (kg)
Eau	1 000	0,0340	34,000
Verre	2 500	0,00105	2,625
Roches (Calcaire)	2 100	0,017	35,700
Billes d'argile	1 500	0,010	15,000
Terre (Végétale)	1 250	0,0245	30,625
Masse totale: 117,95 kg		Poids total: 1 157,090 N	

L'équipe se rapproche à une valeur d'environ 1 200 N. Le cadre doit d'abord d'une manière fiable supporter cette charge. Bref, l'équipe conclut qu'il faut un matériel relativement dur et résistant à la déformation; le bois s'agit d'un bon candidat.

Le défi avec une masse de telle importance est qu'il peut avoir des effets néfastes sur l'équilibre ainsi que la stabilité du système. D'où vient l'importance du centre gravité, si la masse est distribuée d'une manière efficace uniformément, cette condition peut en effet avoir les effets contraires. Ici l'équipe veut faire en sorte que la majorité du poids dans le système soit situé à une hauteur relativement basse, ceci dit d'une hauteur toujours esthétique et qui favorise la facilité d'utilisation. Selon des approximations basées sur de connaissances antérieures, l'équipe conclut que la hauteur totale du système ne devrait dépasser 48 po. De plus, que la base de l'aquarium ne peut absolument pas être à une hauteur plus élevée de 24 po. Dont, lors de la fabrication ainsi que la conceptualisation, il est nécessaire de ne pas dépasser ces limites. La fabrication à été basée sur le schéma, ainsi que les mesures suivantes se trouvant dans l'annexe 1.

D'ailleurs, afin d'apporter une apparence finie à la jardinière, il faut remplir les espaces qui se retrouvent entre le cadre et les panneaux installés lors de la fabrication de la coquille.

2.1 Catégorie

2.1.1 Liste des matériaux (LDM)

Tableau 4: Nomenclature des matériaux

Nomenclature des matériaux					
N°	Description du composant	Lien	Quantité	Prix unitaire(\$)	Prix calculé (\$)
1	Aquarium de 85 L	-	1	Gratuit	0,00
2	Baril de pluie robinet adaptateur mâle (¾ po)	https://www.amazon.ca/EZ-FLO-20217-Loose-Hose-Bibb/dp/B00838IKCG/ref=sr_1_60?crd=11VVVQ4O53PC&dc_hild=1&keywords=outdoor+faucet&qid=1607364333&refinements=p_36%3A-600&rnid=12035759011&s=lawn-garden&sprefix=robinet%2	1	5,45	5,45

		Clawngarden%2C276&sr=1-60			
3	Adaptateur de retenue (½ po)	https://www.homedepot.ca/produit/waterline-adaptateur-pour-raccord-de-barres-1-2-po-sueur-nominale-x-1-2-po-fietage-femelle-de-fer/1000121847	1	1,77	1,77
4	Époxy de vitre	-	1	Gratuit	0,00
5	Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po)	https://www.homedepot.ca/product/barrette-1x2x8-millstead-spf-sdry/1000100184	8	2,85	22,8
6	Bois de construction (2 po X 3 po X 60 pi)	-	3	Gratuit	0,00
7	Charnières	https://www.amazon.ca/NATIONAL-MFG-SPECTRUM-BRANDS-N830-227/dp/B00M7BMBE8/ref=sr_1_6?crd=147MNO0MSYQC9&dchild=1&keywords=hinge&qid=1607364642&refinements=p_36%3A-200&rnid=12035759011&suffix=charni%2Caps%2C272&sr=8-6	12	1,79	21,48
8	Roues	https://www.amazon.ca/GBL-Profile-Furniture-Trolley-Hardwood/dp/B07D7VGR1F/ref=sr_1_9?dchild=1&keywords=wheels&qid=1607363045&sr=8-9	1	15,99	15,99
9	Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po)	-	3	Gratuit	0,00
10	Panneau de fibres dures (1/4 po x 24 po x 48 po)	-	2	Gratuit	0,00

11	Poignée d'armoire	https://www.homedepot.ca/produit/liberty-poignee-d-armoire-en-plastique-76-mm-3-po-noir/1001316380	2	0,95	1,90
12	Boulon de canon de 2-1 / 2 po	https://www.homedepot.com/p/Everbilt-2-1-2-in-Black-Barrel-Bolt-20354/203340003	1	3,28	3,28
13	2-1/2 in. Satin Brass Fixed Staple Safety Hasp	https://www.homedepot.com/p/Everbilt-2-1-2-in-Satin-Brass-Fixed-Staple-Safety-Hasp-15118/202033913	1	3,58	3,58
14	Tuyau de cuivre	-	1	Gratuit	0,00
15	Vis à bois	-	1	Gratuit	0,00
16	Tuyau de cuivre (DIA ½ po)	-	1	Gratuit	0,00
17	Billes d'argile	https://www.amazon.ca/Pebble-Planting-Horticulture-Hydroponic-System/dp/B08PS284J4/ref=sr_1_71?dchild=1&keywords=clay+pebbles&qid=1607288469&sr=8-71	1	12,78	12,78
18	Toile géotextile	-	1	Gratuit	0,00
19	Grille métallique	-	1	Gratuit	0,00
10	Terre	-		Gratuit	0,00
21	Tuyaux PVC	-	3	Gratuit	0,00
Total					89,03

2.1.2 Liste d'équipements

2.1.2.1 Équipement pour l'aquarium

- Perceuse électrique
- Forêt ½ po à pointe diamantés
- Forets à pointe en carbure de tungstène
- Papier de verre grain 1000
- Chiffon humide
- Epoxy
- Mètre ruban
- Marqueur effaçable à sec
- Règle

2.1.2.2 Équipement pour le cadre

- Scie à onglets composée coulissante à double biseau
- Scie sauteuse
- Perceuse électrique
- Forêts; étoiles, carrées, etc...
- Clamp-C
- Mètre ruban
- T- carré
- Règle de nivellement
- Support

2.1.2.3 Équipement pour le sous-système de transport

- Scie à onglets composée coulissante à double biseau
- Mètre ruban
- T- carré
- Règle de nivellement
- Tournevis

2.1.2.4 Équipement pour le sous-système antivol

- Scie à onglets composée coulissante à double biseau
- Scie sauteuse
- Perceuse électrique
- Forêts; étoiles, carrées, etc...
- Clamp-C
- Mètre ruban
- T- carré
- Règle de nivellement
- Marqueur

2.1.2.5 Équipement pour la finalisation du cadre

- Scie à onglets composée coulissante à double biseau
- Scie à métaux
- Perceuse électrique
- Forêts; étoiles, carrées, etc...
- Clamp-C
- Mètre ruban
- T- carré
- Règle de nivellement
- Marqueur

2.1.3.6 Équipement pour le sous-système d'arrosage autonome

- Colles chaudes
- Cisailles
- Papier
- Mètre ruban
- Ruban adhésif

2.1.3 Instructions

2.1.3.1 Modifications pour l'aquarium

1. Évaluer les dimensions voulues. Dans ce cas, on veut créer un trou de ½ po, centré selon le milieu de la face avant de l'aquarium et à une hauteur de 7,5 po.
2. Utiliser le mètre ruban afin de dimensionner d'ailleurs utiliser le marqueur effaçable à sec afin de marquer le point d'où on veut notre trou.
3. À l'aide la règle s'assure que le correspond réellement au milieu de la face avant et qu'elle est à une hauteur de 7,5 po du rebord inférieur.
4. D'une manière extrêmement délicate, utiliser la perceuse électrique ainsi qu'un foret à pointe en carbure de tungstène (ayant un diamètre plus petit que possible) afin de commencer le trou dans le verre.
5. Lors de l'étape précédente il est extrêmement important de ne pas appuyer trop de pression contre la perceuse puisque trop de pression résulterait en une fissure dans le verre. Il faut simplement permettre à la forêt de travailler.
6. De manière graduelle agrandir le trou en utilisant des forets à pointe en carbure de tungstène de plus en plus grand. Toujours sans appuyer de pression contre la perceuse.
7. Il est important de noter qu'avant et après chaque changement de forêt il faut bien essuyer la surface et le trou avec un chiffon humide.
8. Lorsque que trou arrive à un diamètre assez significatif, utiliser le foret ½ po à pointe diamantés afin de finaliser le trou.
9. Adoucir les repports du trou à l'aide du papier de verre grain 1000.
10. Bien essuyer le trou avec le chiffon humide.

11. Rentrée le robinet adaptateur mâle de sorte que le mécanisme de rotation soit du côté externe de l'aquarium.
12. De l'autre côté, visser l'adaptateur de retenue (½ po).
13. Maintenant il est temps d'utiliser l'époxy (vitre) afin de combler les écarts entre l'adaptateur et le rebord de l'aquarium.
14. Appliquer l'époxy sur les deux côtés du trou.
15. Laisser sécher pour une durée d'environ 10 minutes.
16. Répéter les étapes 14-15 jusqu'à ce que tous les écarts soient remplis.
17. Remplir l'aquarium a ce le niveau d'eau dépasse le robinet d'excès. Observer le système afin d'assurer aucune coulisse d'eau.
18. Marquer avec un marqueur effaçable à sec, le niveau d'eau.
19. Observer de manière horaire le niveau d'eau. Faites ceci sur une durée d'au moins 6 heures.
20. Si le niveau d'eau descend, vider l'aquarium et répéter les étapes 14-15, jusqu' à temp qu'il n'y aucune coulisse d'eau.

2.1.3.2 Construction du cadre

1. Évaluer à l'aide du mètre ruban, les mesures de l'aquarium.
2. Définir les dimensions du contour supérieur de l'aquarium. Il y 4 pieces necessaire, dont deux pièces on de mesures plus courtes - largeur de l'aquarium et deux pièce plus longues - longueur de l'aquarium.
3. À l'aide du mètre ruban et des dimensions prédéterminées préparez le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po) pour les coupes à venir. Afin d'obtenir la précision voulue, toujours s'assurer de bien mesurer. La méthode suivante peut être utile pour les débutants; "measure twice, cut once, measure twice, cut once, measure twice, cut once..."
4. À l'aide de la scie à onglets composée coulissante à double biseau, ainsi que les mesures établies, couper les pièces.
5. Avant de commencer la fabrication du contour supérieur de l'aquarium, vérifier que la dimension de chaque pièce satisfait au mesure définie à l'étape 2.
6. Suivi par cette vérification, positionner les pièces en position du contour. Afin d'obtenir des angles droit, utiliser le T-carrée, d'ailleurs fixer les jointures à l'aide des clamp-C.
7. À l'aide de la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois. Viser les pièces du contour ensemble.
8. Définir à nouveaux les dimensions des 4 supports du système. Notez-bien que les dimensions utilisées lors de cette étape donneront la hauteur finale du système.
9. À l'aide du mètre ruban et des dimensions prédéterminées préparez le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po) pour les coupes à venir.
10. À l'aide de la scie à onglets composée coulissante à double biseau, ainsi que les mesures, couper les supports. Si non recommencer de l'étape 9.

11. Maintenant que les supports sont dimensionnés, s'assurer que leurs mesures satisfont les relations établies.
12. Utiliser un support afin de tenir l'aquarium en place, ensuite positionner le contour supérieur de l'aquarium à son rebord.
13. Utiliser les clampes afin de fixer le contour en place. Ensuite positionner les 4 supports sous le contour existant, à l'aide du T-carré s'assurer que l'angle de formation entre le support et le contour est bien de 90 degrés.
14. Suivi par ceci, utiliser la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois afin de visser chaque support au contour supérieur de l'aquarium.
15. Maintenant mesurer les dimensions d'un support à l'autre, (la distance la plus courte entre les supports) ces mesures seront utiles afin de créer le support inférieur de l'aquarium.
16. À l'aide du mètre ruban et des dimensions prédéterminées préparez le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po) pour les coupes à venir. Afin d'obtenir la précision voulue, toujours s'assurer de bien mesurer.
17. Utiliser la scie à onglets composée coulissante à double biseau, afin de couper les pièces.
18. Vérifier que les mesures finales des pièces respectent toujours les dimensions voulues. Si non recommencer de l'étape 16.
19. Positionner les nouvelles pièces selon le système existant. Les pièces doivent être placées sur la partie interne des supports. Ainsi les supports doivent être placés de manière à ce que le contour supérieur soit aligné avec les rebords de l'aquarium. Vous pouvez à cette étape évaluer les mesures ensuite positionner les supports en conséquence. Utiliser d'abord le T-carré afin d'assurer des angles de 90 degrés.
20. À l'aide de la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois. Viser au travers le support dans les coins du contour inférieur.
21. Évaluer les dimensions longitudinales entre les deux nouvelles pièces.
22. À l'aide du mètre ruban et des dimensions prédéterminées préparez le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po) pour les coupes à venir.
23. Utiliser la scie à onglets composée coulissante à double biseau, afin de couper les pièces désirées.
24. Avant de procéder, il est essentiel que pour cette étape les mesures soient précises, puisque une imperfection à ce niveau pourrait affaiblir le cadre au complet. Alors, bien vérifier que les mesures respectent toujours les dimensions voulues.
25. Lors de cette prochaine étape, il est plus efficace de poser le système du sens inverse à ce que les pattes du système font face vers le haut. Assurez-vous de manipuler la structure avec précaution, la vitre de l'aquarium est très fragile.
26. Utiliser le T-carré et positionner les nouvelles pièces par rapport au support inférieur de l'aquarium.
27. À l'aide de la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois. Viser de l'extérieur des supports inférieurs afin d'atteindre les nouvelles pièces.

28. Toujours maintenir le système dans la même position, cette position sera idéale pour la fabrication à venir.
29. Maintenant il s'agit de renforcer le cadre. Évaluer les dimensions entre chaque support (pattes). Il devrait y avoir 4 mesures au total mais seulement de dimensions différentes.
30. Utiliser le mètre ruban afin de dimensionner les pièces. Cette fois-ci le bois de construction (2 po X 3 po X 60 pi) sera utilisé.
31. À l'aide de la scie à onglets composée coulissante à double biseau, couper les pièces.
32. Marquer une ligne à 6 po de chaque pattes.
33. Toujours avec le T-carrée aligne les pièces aux marques créées sur les pattes.
34. Viser les pièces maintenant positionner, de l'extérieur des pattes.
35. Repositionner les systèmes à ce que les pattes supportent le système.
36. À l'aide du mètre ruban, préparer 4 nouvelles pièces à partir du bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po). Les dimensions voulues pour ces pièces seront ainsi de 6 po de longueur.
37. À l'aide de la scie à onglets composée coulissante à double biseau, couper les pièces.
38. Positionner les pièces à ce qu'il soit à-côté sur les pattes ainsi que coincé entre le plancher le cadre réalisé lors de 34.
39. Viser les pièces en position, à partir du bois de construction (2 po X 3 po X 60 pi).
40. Le cadre est complété.

2.1.3.3 Construction du sous-système de transport

1. Déterminer les dimensions pour les supports des roues. (dans ce cas ici on veut des supports de 3 ¾ po. Dans ce cas, il faudra 8 pièces.
2. À l'aide du mètre ruban et des dimensions prédéterminées préparez le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po) pour les coupes à venir. Afin d'obtenir la précision voulue, toujours s'assurer de bien mesurer. La méthode suivante peut être utile pour les débutants; "measure twice, cut once, measure twice, cut once, measure twice, cut once..."
3. À l'aide de la scie à onglets composée coulissante à double biseau, ainsi que les mesures établies, couper les pièces.
4. D'ailleurs, utiliser ainsi la scie à onglets composée coulissante à double biseau afin de créer une coupe de 45 degrés à l'extrémité de 4 pièces.
5. Utiliser un marqueur et une règle afin de marquer un point au centre des 4 pièces n'ayant pas la coupe de 45 degrés à l'extrémité.
6. À l'aide d'un tournevis installer les roues de transportation sur les pièces au point indiqué lors de l'étape 5.
7. D'ailleurs, avec le tournevis installer les charnières sur les pièces ayant la coupe de 45 degrés à l'extrémité. Notez bien, que les charnières sont positionnées du côté opposé de la coupe.
8. Installer les charnières sur les pièces ayant les roues en sorte que les roues font face vers le bas lorsque installer sur le cadre.

9. Utiliser le mètre ruban ainsi que le carrée-T afin de positionner les pièces ayant les coupes de 45 degrés sur les supports créés à partir du bois de construction (2 po X 3 po X 60 pi). La mesure entre les pattes du système et les pièces devrait être d'une distance $3 \frac{3}{4}$ po.
10. Visser les 4 pièces à l'aide du tournevis.
11. Maintenant, positionner les pièces ayant les roues. À cette étape, il est essentiel d'utiliser le carrée-T, afin d'assurer que les pièces sont bien positionnées. Une imprécision à ce niveau ferait en sorte que les roues ne sont pas au niveau avec le plancher, ce qui causerait un manque de stabilité lors du déplacement.
12. Le système de transport est maintenant complété.

2.1.3.4 Construction du sous-système antivol

1. Utiliser le mètre ruban afin d'évaluer les dimensions des 2 faces frontales. D'abord les mesures entre le rebord de l'aquarium et la base de chaque patte.(hauteur) Ainsi que la dimension entre les deux pattes d'une manière horizontale.(largeur)
2. Selon la récolte de données en tant que hauteur soustraire 2 po à la valeur obtenue. Ceci nous permettra d'obtenir l'esthétique que l'on recherche.
3. À l'aide du mètre ruban, la règle de nivellement ainsi que le marqueur, marquer les Panneau de fibres dures (1/4 po x 24 po x 48 po). En sorte à respecter les dimensions prédéterminées. Notez bien, d'utiliser les rebords du panneaux lors du marquage, ceci permettra d'avoir une coupe déjà faite.
4. Positionné à l'aide des clamps-C, le panneau de bois a une surface solide et stable.
5. Aligner la règle de nivellement avec les marques sur le panneau. Dans ce cas, puisqu'on utilise une scie sauteuse (qui est un outil moins précis) on utilisera la règle afin de guider l'outil lors de la coupe.
6. Après avoir aligner la règle, utiliser des clamps-C afin de finaliser le positionnement.
7. À l'aide de la scie sauteuse, couper les pièces. (il devrait avoir deux pièces identique dans ce cas)
8. Manoeuvrer le système afin de faciliter l'installation des pièces. En d'autres mots, à côté la face arrière contre la surface du sol. Afin d'éviter des graphiques au niveau de la vitre, il est recommandé de placer une serviette ou un objet doux sous le système.
9. Positionner la pièce coupée de sorte à ce que les extrémités de la largeur soient alignées avec les pattes ainsi à ce que le rebord de la pièce soit aligné avec le rebord inférieur de l'aquarium.
10. Utiliser les clamps-C pour fixer la pièce au système.
11. À l'aide de la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois. Viser du panneau au système.
12. Répétez les étapes 9-11 pour la face du derrière.
13. À nouveau déterminer les dimensions nécessaire pour les portes du système.
14. Dans ce cas respecter les mesures en tant que hauteur des pièces précédentes.

15. En tant que largeur des pièces, évaluer la distance entre les pattes du système. La mesure obtenue suivie d'une soustraction d'un pouce s'agit de la largeur de nos pièces. (2 au total)
16. À l'aide du mètre ruban, la règle de nivellement ainsi que le marqueur, marquer les Panneau de fibres dures (1/4 po x 24 po x 48 po). En sorte à respecter les dimensions prédéterminées. Notez bien, d'utiliser les rebords du panneaux lors du marquage, ceci permettra d'avoir une coupe déjà faite.
17. Positionné à l'aide des clamps-C, le panneau de bois a une surface solide et stable.
18. Aligner la règle de nivellement avec les marques sur le panneau. Dans ce cas, puisqu'on utilise une scie sauteuse (qui est un outil moins précis) on utilisera la règle afin de guider l'outil lors de la coupe.
19. Après avoir aligner la règle, utiliser des clamps-C afin de finaliser le positionnement.
20. À l'aide de la scie sauteuse, couper les pièces. (il devrait avoir deux pièces identique dans ce cas)
21. Cette fois-ci il manœuvre le système de sorte à ce qu'il repose sur une des extrémités latérales.
22. Positionner la pièce coupée de sorte à ce que l'extrémité (de droite) de la largeur soient alignées avec la pattes qui se retrouve ainsi à la droite. Ceci devrait créer une espace entre le panneau et la pattes de gauche d'un pouce. D'ailleurs aligner le rebord de la pièce avec le rebord inférieur de l'aquarium.
23. Fixer le panneau aux systèmes à l'aide des clamps-C.
24. Installer les charnières sur le panneau, à l'aide de la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois. Celle-ci servira d'une porte d'entrée. Notez que les charnières doivent être espacées de 6 po afin de bien distribuer le poids de la porte.
25. D'ailleurs installer la poignée de porte une hauteur centrale et une distance de 2 po par rapport au rebord de droite.
26. Vérifier la fonctionnalité de la porte. Si nécessaire ajouter de la lubrification aux jointures des charnières afin d'assurer le bon fonctionnement.
27. Maintenant il s'agit d'installer le moraillon de sécurité à agrafe fixe en laiton satiné de 2-1 / 2 po.
28. Positionner les pièces (une sur la porte et l'autre sur la patte du cadre) de sorte à ce que les composés du système soient bien alignés et performants.
29. Répéter les étapes 21-26, pour l'autre extrémité.
30. Cette fois de l'autre côté, on installe un boulet de canon de 2-1 / 2 po. Dans ce cas, Positionner les pièces (une sur la porte et l'autre sur la patte du cadre) de sorte à ce que les composés du système soient bien alignés et performants.
31. Le système antivol ainsi que la coquille sont maintenant complétés.

2.1.3.5 Finalisation du cadre

1. Évaluer avec le mètre ruban les dimensions qui sépare toutes les pattes du système. Dans ce il y 4 mesures à prendre ainsi que deux paires de dimensions identiques.
2. À l'aide du mètre ruban, la règle de nivellement ainsi que le marqueur, marquer le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po).
3. Utiliser la scie à onglets composée coulissante à double biseau, afin de couper les pièces.
4. Fixer les pièces au contour inférieur de l'aquarium fabriqué lors de la fabrication du cadre avec la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois.
5. Vérifier que le système a une apparence finie. Si non remplir les incertitudes.
6. Maintenant il faut créer des poignées pour le système de transport.
7. Évaluer la largeur du système (cadre).
8. À l'aide du mètre ruban, la règle de nivellement ainsi que le marqueur et selon cette mesure, dimensionner le bois Millstead SPF SDRY (2 po X 2 po X 48 po), en y ajoutant 6 pouces.
9. Utiliser la scie à onglets composée coulissante à double biseau, afin de couper les pièces.
10. Maintenant marquer une ligne à l'aide d'un crayon à mine, selon une distance de 1 ½ po de chaque extrémité des pièces.
11. Répéter l'étape 10 cette fois-ci avec une ligne située à 3 po du rebord des pièces.
12. Maintenant, à la distance de 1 ½ po, utiliser la perceuse électrique ainsi que des forêts en cônes afin de créer des trous qui ne percent pas complètement travers le bois.
13. Évaluer la distance entre les rebords internes des pattes.
14. Utiliser cette mesure et y ajouter ½ po, afin de marquer le Tuyau de cuivre (DIA ½ po). Il faudra deux pièces...
15. Utiliser la scie à métaux afin de couper les pièces.
16. Entrer le tuyaux de cuivre à l'intérieur des trous créés dans les pièces de bois.
17. Utiliser des clampes afin de maintenir une pression sur le nouveau système créer.
18. Positionner les pièces de bois sur le contour supérieur de l'aquarium. Aligner les lignes de 3 pouces avec les rebords externes du contour. Fixer les pièces au système à l'aide de clamp-C.
19. Utiliser la perceuse électrique, les forêts d'étoiles et les vices à bois, afin de visser les pièces au contour supérieur de l'aquarium.
20. Vérifier que les tuyaux de cuivre sont fixés en place. Si non, ajouter de la colle.
21. Le cadre est finalisé.

2.1.3.5 Assemblage du sous-système d'arrosage autonome

1. Porter préalablement des gants, car la manipulation de la grille peut causer des coupures
2. Utiliser le mètre ruban pour mesurer la longueur et la largeur des côtés de l'intérieur de l'aquarium.
3. Se munir des cisailles et découper la grille en rectangle avec les mesures obtenues préalablement. Il faut 4 rectangles de grilles pour les 4 côtés de l'aquarium
4. Utiliser un feutre pour marquer l'intérieur de l'aquarium à 1,5 cm de chaque vitrine
5. Prendre l'une des plus grandes grilles
6. Étaler la colle chaude sur la longueur inférieure du rectangle (celle qui ira dans l'aquarium) et sur les 2 largeurs.
7. Installer le grillage sur la marque laissée à 1,5 cm de la vitrine
8. Maintenir le grillage pendant 3 minutes minimum, puis laisser sécher 15 minutes
9. Répétez ce processus pour l'autre grande grille.
10. Se munir des cisailles et enlever 1,5 cm des longueurs des plus petits grillages
11. Étaler la colle sur 3 côtés du petit grillage
12. Installer le grillage sur la marque laissée à 1,5 cm
13. Maintenir le grillage pendant 3 minutes, puis laisser sécher 15 minutes
14. Répétez ce processus pour le dernier petit grillage
15. Installer le plus grand tuyau PVC dans un coin l'aquarium
16. Verser les billes d'argiles dans l'aquarium pour maintenir le tuyau pvc
17. Couper la toile géotextile et la déposer sur les billes d'argiles
18. Avec du ruban adhésif, coller de la toile géotextile sur les côtés des grilles également afin d'éviter que la terre ne s'échappe par les grilles
19. Verser de la terre dans l'aquarium jusqu'à le remplir
20. Remplir les grilles avec les pierres décoratives
21. Fermer l'une des extrémités des tuyaux d'aération
22. Planter les extrémités fermées des tuyaux d'aération dans la terre

2.1.3.1 Image de l'aquarium



Figure 5: Robinet de sortie pour l'excès d'eau

2.1.3.2 Image du sous-système de transport



Figure 6: Robinet de sortie pour l'excès d'eau

2.1.3.3 Images du sous-système antivol



Figure 7: Vue de face du système antivol



Figure 8: Vue de côté du système antivol

2.1.3.4 Images de la finalisation du cadre



Figure 9: Cadre de l'aquarium



Figure 10: Vue en perspective du cadre

2.1.3.6 Images du sous-système d'arrosage



Figure 11: Installation du grillage et dépôt des billes d'argile



Figure 12: Installation de la toile géotextile

3 Comment utiliser le prototype

L'utilisation du produit est très simple, tout en gardant le système efficace. D'ailleurs, la jardinière se divise en plusieurs sous-systèmes, mais seulement quelques-uns parmi ceux-ci doivent être commentés par rapport à leur mode d'emploi. Par exemple, le système d'aération des racines n'a besoin d'aucune manipulation afin de le mettre en marche, alors que le système d'arrosage autonome, oui. Dans cette présente section, le mode d'emploi du système d'arrosage autonome et du système antivol-transport sera traité ainsi que les mesures de sécurité à prendre et l'installation du prototype.

3.1 Mode d'utilisation

3.1.1 Sous-système d'arrosage autonome

Pour le système d'arrosage, il faut seulement remplir le réservoir d'eau une fois qu'il est vide. Pour remplir le réservoir, il faut simplement ajouter de l'eau par le tuyau de PVC qui a accès au réservoir. Dans le cas où le réservoir a été rempli au-delà de sa capacité, c'est-à-dire que l'eau mouille directement le sol et non par l'intermédiaire des billes d'argile, il faudra vider l'excès d'eau. Ainsi, il faut utiliser le robinet de sortie pour l'excès d'eau et récupérer le surplus d'eau dans un contenant quelconque. Voici un schéma de la procédure:

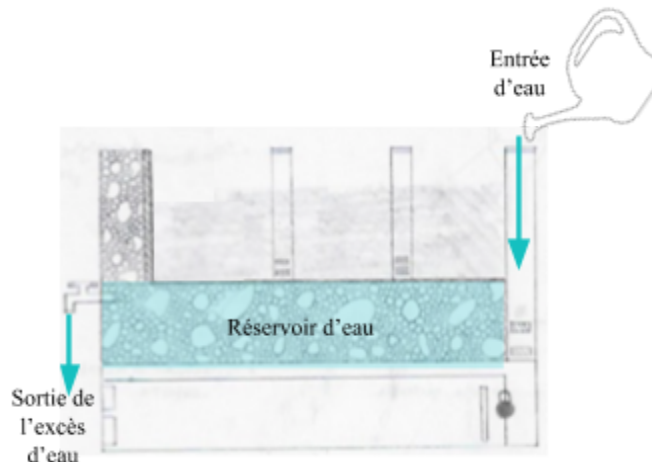


Figure 13: Remplissage du réservoir d'eau

3.1.1 Sous-système antivol-transport

Le sous-système antivol est un amalgame du poids de la jardinière et de l'accès aux roues de celle-ci. La jardinière est trop lourde pour déplacer lorsque les roues ne sont pas déployées et, pour pouvoir déployer les roues, il faut une clé que seul le client et les personnes d'entretien de l'Université auront. En outre, le fait que les roues ne sont pas toujours sous une charge, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas toujours déployées, permet d'éviter la rupture ou la défaillance par fatigue.

Ainsi, pour avoir accès aux roues, il faut d'abord ouvrir le cadenas fermant la porte cachant les roues. En ouvrant la porte, il s'avère possible de voir les roues non-déployées illustrées à la figure suivante:



Figure 14: Roues non-déployées

Les roues étant maintenant visibles, il faut appliquer une force et un moment vers le centre de la jardinière par l'utilisateur tel qu'illustré ci-dessous:



Figure 15: Déploiement des roues

Déployées, les roues permettent maintenant à l'utilisateur de déplacer la jardinière d'un endroit à un autre. Afin de rendre le déplacement d'avantage facile, il est suggéré de fermer la porte et ensuite de déplacer la jardinière.



Figure 16: Roues non-déployées

De toute évidence, une fois que la jardinière se trouve à l'endroit désiré, il faut remettre les roues à leur forme non déployée afin d'assurer qu'une personne ne tentera pas de déplacer ou voler la jardinière.

3.2 Utilisation en sécurité

La jardinière est faite de matériaux recyclés et contient un aquarium qui doit être manipulé avec beaucoup de précaution de peur que ce dernier puisse se briser. Ayant un poids assez élevé, elle doit être bougée et déplacée délicatement. Tout mouvement brusque doit être évité.

Les roues ne doivent être déverrouillées que pour un besoin important de la bouger. Il est important de veiller qu'après utilisation, ces dernières soient de nouveau verrouillées de peur que la jardinière ne se déplace sans qu'on puisse le vouloir. D'ailleurs, il faut faire attention à où placer ses mains lors du déploiement des roues afin de s'assurer que celles-ci ne sont pas dans une position d'être prise entre les morceaux de bois permettant le déploiement des roues.

Les tuyaux doivent être toujours recouverts de peur que des déchets n'y soient jetés, ce qui pourrait mettre la santé des plantes en danger également.

3.3 Installation

Le but est de d'embellir l'espace en ajoutant une touche décorative particulière. La jardinière doit être placée dans un endroit propice, qui ne barre pas le passage à cause de sa dimension et qui la met en évidence. Vu qu'elle contiendra des plantes, elle doit être placée à un endroit qui lui permet de recevoir de la lumière.

4 Comment maintenir le prototype

4.1 Tests

4.1.1 Test du sous-système antivol et du sous-système de transport

4.1.1.1 Explication du test

Le test présenté avait comme but de vérifier que la jardinière, par l'intermédiaire de ses roues, a la capacité de supporter le poids de la jardinière en entier, de vérifier le bon fonctionnement de la mobilité et des roues et de s'assurer de la résistance du matériel construit. Dans le but d'assurer le bon fonctionnement des aspects antivol et transportabilité de la jardinière, l'équipe a dû s'assurer que les roues permettant le transport de la jardinière peuvent supporter le poids de celle-ci. L'équipe a rempli l'aquarium d'eau avec trois volumes d'eau différents et a surveillé le prototype pour effectuer une collecte de données. Ces données ont permis d'effectuer l'analyse du système, de détecter les failles et d'y remédier en apportant des modifications.

4.1.1.2 Propriétés volumique et massiques de la jardinière

La jardinière a un volume imposant de 40 L. La masse et le volume de chaque matériau constitutif ont été déterminés afin de connaître la masse totale de la jardinière en utilisant les densités. La somme des masses partielles de chaque matériau ont donné une masse totale d'environ 23,7 kg de la jardinière vide. Ainsi, les matériaux comme le Millstead SPF SDRY ont chacun un poids différents inclus dans les tableaux ci-dessous.

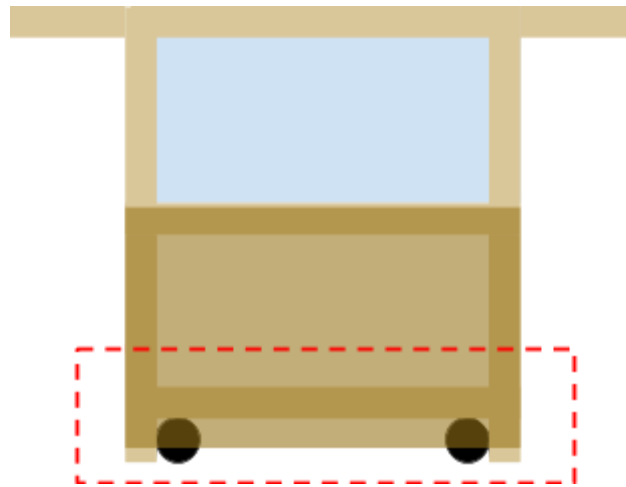


Figure 17: Schéma simplifié du prototype

Tableau 5: Densité des matériaux utilisés

Matériaux	Densité (kg/m ³)
Millstead SPF SDRY	800
Bois de construction	795
MDF	600
Verre	2 500
Cuivre	8 960
Acier inoxydable	8 000
Aluminium	2 700
Polypropylène	900
Eau	1 000

Tableau 6: Volumes et masses des composants

Matériaux	Volume total (m ³)	Masse (kg)
Millstead SPF SDRY	≈ 0,0065	≈ 5,2
Bois de construction	≈ 0,0095	≈ 7,55
MDF	≈ 0,0048	≈ 2,88
Verre	≈ 0,00105	≈ 2,63
Cuivre	≈ 0,0005	≈ 4,48
Acier Inoxydable	≈ 0,00012	≈ 0,96
Aluminium	Négligeable	≈ 0
Polypropylène	Négligeable	≈ 0
Masse totale (kg)		≈ 23,7

À vide, la jardinière pèse 23,7 kg. Ci-dessous se trouve les différentes masses totales de la jardinière remplie lorsqu'elle contient 10 L, 20 L et 35 L d'eau.

Tableau 7: Masse de la jardinière avec de l'eau

Essais	Volume d'eau (m ³)	Masse de l'eau (kg)	Masse totale (kg)
#1	0,01	10	33,7
#2	0,02	20	43,7
#3	0,035	35	58,7

4.1.1.3 Analyse mécanique statique

L'analyse mécanique statique est l'analyse des forces appliquées sur la jardinière à l'équilibre. Dans ce cas, les forces étant la force gravitationnelle, notée W , ainsi que les force normales de chaque roues, notée R_y .

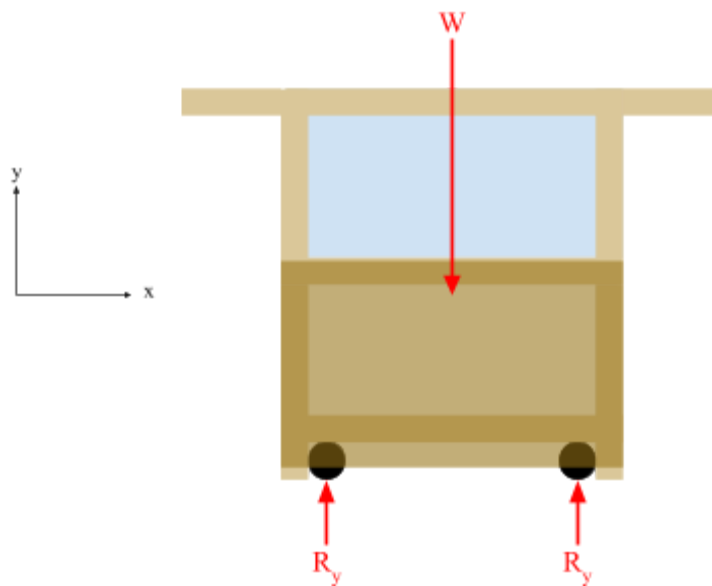


Figure 18: Diagramme des forces de la jardinière

Légende:

- M_{tot} = masse total de l'essai (kg)
- g = constante gravitationnelle (9,81 m/s²)
- R_y = Réaction de chaque roue en Newton (N)

Tableau 8: Réactions aux roues

Essai	Réaction à chaque roue (N)
#1	$R_y = (M_{tot} * g) / 4 = 82,565$
#2	$R_y = (M_{tot} * g) / 4 = 107,065$
#3	$R_y = (M_{tot} * g) / 4 = 143,815$

4.1.1.4 Discussion des résultats du tests

D'une part, l'équipe ajoute progressivement de l'eau au réservoir de sorte que le poids que doivent supporter les roues augmente. D'ailleurs, après avoir ajouter de l'eau, l'équipe évalue l'efficacité du système de transport, c'est-à-dire la facilité de déplacer la jardinière et la performance du système sous l'effet du poids ajouté. Dans ce cas, l'équipe évalue surtout la facilité d'activer les roues en mode de transport. D'ailleurs, quant à la performance, l'équipe évalue la stabilité ainsi que le contrôle du système.

D'abord, suite à la complétion initiale du cadre ainsi que le système de transport, l'équipe observe immédiatement que les roues et leurs supports sont beaucoup trop faibles et instables. Conséquemment, comme les roues et les supports ont été jugés incompatibles, l'équipe a décidé de modifier le sous système dans le but de le fortifier avant de poursuivre les essais.

Après quelques modifications apportées au sous-système, l'équipe débute les essais.

Le premier essai consiste d'ajouter 10L d'eau dans l'aquarium si bien que la masse totale du système augmente à environ 35 kg. Avec ce poids, l'équipe calcule ainsi une force moyenne de 82,5 N appliquée sur chacune des roues. Malgré la charge les roues et le cadre supporte de manière efficace le système et lui permet non seulement de se déplacer d'une manière stable mais aussi d'une façon contrôlée. D'ailleurs, lors du déploiement des roues, l'équipe ne rencontre aucune difficulté et la procédure fonctionne adéquatement.

Lors du deuxième essai, l'équipe augmente la masse totale du système à environ 45 kg en ajoutant 10 L d'eau dans le réservoir. Dans ce cas, l'équipe estime une réaction de 107 N pour chaque roue. Ceci dit, encore une fois, l'équipe observe aucune défaillance au niveau du cadre et du support des roues. De plus, le système se déplace de manière stable avec un niveau de contrôle raisonnable. La facilité de fonctionnement des roues déployables demeure toujours adéquate.

Lors du troisième essai, l'équipe décide d'augmenter la masse totale du système à environ 60 kg. Afin d'atteindre cette masse, l'équipe ajoute d'abord 15L au réservoir. Pour cet essai, les roues supportent chacune une charge de 143 N. En outre, le système de transport est toujours stable et solide. Ceci dit, il a toujours une petite perte de contrôle. Finalement, lors du déploiement des roues l'équipe cette fois-ci rencontre un peu plus de difficulté mais l'effort est toujours pas extrême.

Lors de ces essais rigoureux, les sous-systèmes font preuve d'un bon fonctionnement. Il est surtout important de remarquer qu'au travers les essais que la cadre et le support de roue demeurent toujours solides. D'ailleurs que le système de transport est fonctionnel et que seulement le contrôle général diminue avec l'ajout de poids. De plus, la facilité d'utilisation des roues déployables est toujours relativement efficace.

En somme, l'équipe est très confiante avec les résultats obtenus lors des essais, puisque la masse totale du concept ne serait seulement qu'environ 40 kg, ce qui indique que non seulement le système de transport sera efficace et performant, mais aussi que la facilité d'utilisation des roues déployables serait toujours raisonnable.

4.1.2 Test du sous-système d'arrosage autonome

4.1.2.1 Explication du test

Afin de vérifier le bon fonctionnement du sous-système d'arrosage autonome, l'équipe a d'abord développé le prototype final ayant des dimensions que devrait avoir le produit réel. Le sous-système en question a été évalué selon les critères suivants: l'humidité du sol, la variation du niveau d'eau en dans le réservoir, ce qui peut être déterminé par la variation de la hauteur d'eau en millimètres et le temps après lequel le réservoir doit être à nouveau rempli d'eau. Le sous-système, équipé de billes d'argile, de tissu géotextile, de terre et de tuyaux PVC, était mis en fonction par l'ajout d'eau dans son réservoir. La jardinière a été ensuite placée à un endroit simulant les conditions dans lesquelles le produit réel sera placé. L'équipe a ainsi exécuté l'essai. L'équipe l'a surveillée de façon quotidienne afin d'effectuer une collecte de données qualitatives et quantitatives, qui sont incluses dans le tableau 9, trouvé ci-dessous. Par ailleurs, l'équipe s'assure par cet essai que les billes d'argile assurent vraisemblablement et efficacement la capillarité, c'est-à-dire de s'assurer de leur utilité et du bon fonctionnement au sein du système d'arrosage autonome.

Tableau 9: Données du test du sous-système d'arrosage autonome

	Diminution du niveau d'eau (mm)	Humidité du sol (%)	Potentiel hydrogène (pH)	Température du sol (F)	Remplissage du réservoir d'eau
Jour 1	≈ 23	24,1	6,8	71,8	✓
Jour 2	≈ 15	23,7	6,6	71,6	✗
Jour 3	≈ 8	23,4	6,4	71,9	✗
Jour 4	≈ 3	22,7	6,2	71,9	✗
Jour 5	≈ 4	22,9	6,3	72,0	✗
Jour 6	≈ 3	22,8	6,2	71,7	✗
Jour 7	≈ 3	22,6	6,3	71,5	✗
Jour 8	≈ 5	22,9	6,5	72,2	✗
Jour 9	≈ 5	22,8	6,5	72,1	✗
Jour 10	≈ 5	22,8	6,5	72,0	✗
Jour 11	≈ 4	22,6	6,4	71,9	✗
Jour 12	≈ 3	22,5	6,3	71,9	✗
Jour 13	≈ 5	22,8	6,4	72,1	✗
Jour 14	≈ 3	22,4	6,2	71,8	✗
Moyenne	≈ 6,4	≈ 22,9	≈ 6,4	≈ 71,9	N/A
Total	≈ 89	N/A	N/A	N/A	N/A

4.1.2.2 Conditions propices des plantes

Voici deux tables informatives sur les conditions idéales des plantes utilisées lors de l'essai, dans ce cas les plantes serpents et les pothos. Ces plantes sont celles ayant été mentionnées par le client. L'équipe se base tout d'abord sur les conditions idéales pour la croissance de ces plantes afin d'évaluer la capacité du sous-système à favoriser la santé ainsi que la croissance des plantes mentionnées ci-dessus.

Les plantes serpent, aussi connues comme *sansevieria trifasciata*, sont l'une des espèces de plantes les plus populaires et les plus résistantes présentes dans des domiciles. Cette espèce a des feuilles rigides qui peuvent varier en grandeur de six pouces à huit pieds de haut. Les plantes serpents ont généralement des feuilles vertes ayant parfois une bordure jaune. D'ailleurs, voici ses conditions idéales de croissance:

Tableau 10: Conditions propices pour une plante serpent

Conditions	Plante serpent [7]
Température limite	50 F
Température propice	70 à 90 F
Humidité du sol	15 - 25 %
pH du sol	Acide à peu alcalin (5 à 8)

Les pothos sont parmi les plantes intérieures les plus faciles à cultiver. Cette espèce de plante comprend des feuilles vertes pointues en forme de cœur parfois ayant des tâches blanches, jaunes ou vert pâle. D'ailleurs, voici ses conditions idéales de croissance:

Tableau 11: Conditions propices pour une plante pothos

Conditions	Mesures [8]
Température limite	Supérieur à 50 F
Température propice	65 à 75 F
Humidité du sol	20 - 35 %
pH du sol	6,1 à 6,5

4.1.2.3 Discussion des résultats du test

Tout d'abord, l'équipe analyse la capacité du sous-système à maintenir les plantes dans un état de santé qui favorise d'ailleurs leur croissance. Tout d'abord, les données requises quotidiennement, ont été récoltées par un instrument permettant à l'utilisateur de déterminer les composantes clés de la santé d'une plante, c'est-à-dire l'humidité du sol, le potentiel hydrogène (pH) du sol ainsi que la température du sol. Les valeurs obtenues qui seront maintenant comparées aux conditions idéales de croissance chez les plantes.

Quant à l'humidité du sol, l'équipe observe une gamme de 22,4 % à 24,1 % avec une moyenne d'environ 22,9 %. Les valeurs précédentes respectent bien les conditions idéales non seulement de la plante serpent, mais aussi celle de la plante pothos, qui ont une gamme respective de 15 à 25 % ainsi que de 20 à 35 %. D'ailleurs, il est important de noter que l'humidité du sol varie selon la diminution du niveau d'eau dans le réservoir ainsi que la température du sol malgré, les trois premières journées de l'essai où les conditions initiales du sol et des plantes si bien qu'elles favorisent grandement le phénomène de capillarité des billes d'argile et favorise un sol est davantage humide. De toute évidence, après trois jours, l'équipe remarque un équilibre parmi le système de sorte que l'humidité du sol se stabilise à une valeur moyenne d'environ 22,7 %, ce qui respecte toujours les gammes idéales retrouver chez les deux espèces végétales.

Ensuite, le potentiel hydrogène (pH) du sol a aussi été évalué de manière quotidienne d'où l'équipe observe une gamme de 6,2 à 6,8 avec une moyenne d'environ 6,4 sur une intervalle de deux semaines. Notez que, dans ce cas, le pH du sol est étroitement dépendant de l'humidité du sol, car le sol plus humide a un pH légèrement plus élevé que le sol sèche grâce aux surplus d'eau qu'il contient. D'ailleurs, puisque l'eau a un pH neutre, le pH du sol humide a donc tendance à se rapprocher à cette valeurs qui est de 7,0. Voilà ainsi la raison pour laquelle l'équipe observe ainsi un pH plus élevé lors des trois jours suite à la mise en fonction du prototype III. Ceci étant dit, la moyenne du potentiel hydrogène observé au courant de l'essai, soit 6,4, indique à l'équipe que les conditions idéales retrouver chez les plantes sont en effet respectées; les plantes serpent ont une gamme de 5 à 8 et les plantes pothos, de 6,1 à 6,5.

En outre, la température du sol est ainsi un élément clé qui influence la croissance ainsi que la santé des plantes, ce qui est la raison pour laquelle cette valeur est surveillée par l'équipe quotidiennement. Dans ce cas, le système se retrouve dans une pièce ayant une température constante d'environ 71,5 F et est ainsi placé près du bord d'une fenêtre. Il est ainsi évident que la température du sol est strictement influencée par le niveau de soleil qu'atteint le système ainsi que la température environnante, notamment la température de la pièce. Notez bien que, lors de l'essai, l'équipe observe une gamme de température entre 71,5 et 72,2 F ainsi qu'une moyenne d'environ 71,9 F. Ces valeurs respectent les conditions idéales des 2 espèces végétales. Malgré les bons résultats, l'équipe fait aussi une remarque très importante lors de cet essai. Cette remarque est qu'en effet, lors des journées où le soleil atteint de surplus le système, le sol est conséquemment plus chaud si bien que la diminution d'eau quotidienne dans le réservoir est supérieure par rapport aux journées où le sol est moins visible. D'ailleurs, le sol est légèrement plus humide, ce qui indique à l'équipe que le phénomène de capillarité est en effet efficace, car, d'une façon autonome, il peut détecter un besoin d'eau et ensuite y fournir.

Bref, il est évident que la capacité du système autonome d'arrosage favorise la santé et la croissance des plantes évaluées puisque chaque conditions idéales retrouver chez les espèces sont satisfait D'ailleurs, il est ainsi évident que le système autonome est réellement fonctionnel puisque, comme prouvé avec la température et l'humidité du sol, le système ne permet jamais aux plantes d'être assoiffées grâce au phénomène naturel de capillarité.

4.2 Comment gérer les défaillances et solutions

L'ensemble de la jardinière est fonctionnel et les tests ont permis d'assurer le bon fonctionnement de chacun des sous-systèmes. Ainsi, les défaillances sont peu probables.

D'ailleurs, il y a certaines mesures à prendre pour assurer la santé de la plante. Il serait tout d'abord pertinent de changer les billes d'argile après une durée d'un an afin d'assurer l'efficacité de celle-ci. Lorsqu'on remplit le réservoir d'eau, il faut s'assurer que le niveau d'eau ne dépasse pas la hauteur du robinet de sortie d'eau, car il faut éviter une humidité excessive des racines.

Dans le cas où une fissure est détectée dans un des morceaux de bois composant la jardinière, il est nécessaire de remplacer uniquement ce morceau afin d'éviter d'autres dommages.

5 Conclusions et recommandations pour les travaux futurs

En guise de conclusion, ce projet a bien répondu aux besoins primordiaux que le client avait indiqués lors des rencontres. Même si des problèmes et complications sont arrivés lors de la construction du produit tels que des problèmes avec les roues qui ne permettaient pas de bien répondre à la mobilité étant donné qu'elles ne donnaient pas un niveau assez stable, l'équipe a pu arriver à obtenir un prototype fonctionnel et vraiment performant. Ceci dit, puisque nous sommes perfectionnistes et qu'il s'agit d'un produit déjà capable d'être utilisé dans l'université, les modifications suggérées sont surtout des modifications esthétiques pour rendre le produit plus attirant.

6 Bibliographie

- [1] Capillarité-définition et explication[En ligne]. 8 Novembre 2019 [Page consultée le 7 décembre 2020] Disponible sur : [Capillarité : définition et explications \(techno-science.net\)](http://techno-science.net)
- [2] Capillarité [En ligne]. Mai 2013 [Page consultée le 9 février 2020]. Disponible sur : [Capillarité — Wikipédia \(wikipedia.org\)](http://wikipedia.org)
- [3] Smart Home Scout the source for smart home buying advice [En ligne]. 18 novembre 2019 [Page consultée le 4 octobre 2020]. Disponible sur : <https://www.postscapes.com/wireless-plant-sensors/>
- [4] Click & Grow. Kickstarter [En ligne]. Click & Grow, le 8 juillet 2016 [Page consultée le 4 octobre 2020]. Disponible sur : <https://www.kickstarter.com/projects/mattiaslepp/smart-herb-garden-by-click-and-grow>
- [5] Mu Design [En ligne].[Page consultée le 4 octobre 2020]. Disponible sur : <https://mu-design.lu/lu#lua-2>
- [6] SUWAK, Matt Suwak [En ligne]. Matt Suwak, 6 avril 2019. [Page consultée le 6 octobre 2020] Disponible sur : <https://gardenerspath.com/plants/houseplants/snake-plant-sansevieria/>
- [7] VANZILE, Jon. The Spruce [En ligne]. Debra LaGattuta, le 6 juin 2020 [Page consultée le 21 novembre 2020]. Disponible sur: <https://www.thespruce.com/snake-plant-care-overview-1902772>
- [8] IANNOTTI, Marie. The Spruce [En ligne]. Julie Thompson-Adolf, le 20 juin 2020 [Page consultée le 21 novembre 2020]. Disponible sur : <https://www.thespruce.com/pothos-an-easy-to-grow-houseplant-1403154>

ANNEXE

ANNEXE I: Spécifications pour la construction

Hauteur de le robinet d'excess:

D'ailleurs avec le volume du réservoir d'eau estimer, il faut d'abord déterminer où positionner le robinet d'échappement d'eau. Celle-ci permet à l'utilisateur de savoir lorsque le réservoir d'eau est rempli.

Volume désiré: 30L

Dimension de l'aquarium: (24 po x 12 po x 18 po)

Volume total de l'aquarium = $24 \times 12 \times 18 = 5184 \text{ po}^3 = 85\text{L}$

Rapport de dimension: $(85 / 5184) = (30 / \text{pouces cubiques nécessaire})$

Pouces cubiques nécessaire = 1830

- Puisque seulement la hauteur peut varier lors de l'installation du robinet d'excess ont trouvé d'abord la hauteur selon l'aire;

Aire de l'aquarium: $24 \times 12 = 288 \text{ po}^2$

- On isole pour H: (hauteur)

Pouces cubiques nécessaire = Aire de l'aquarium x H

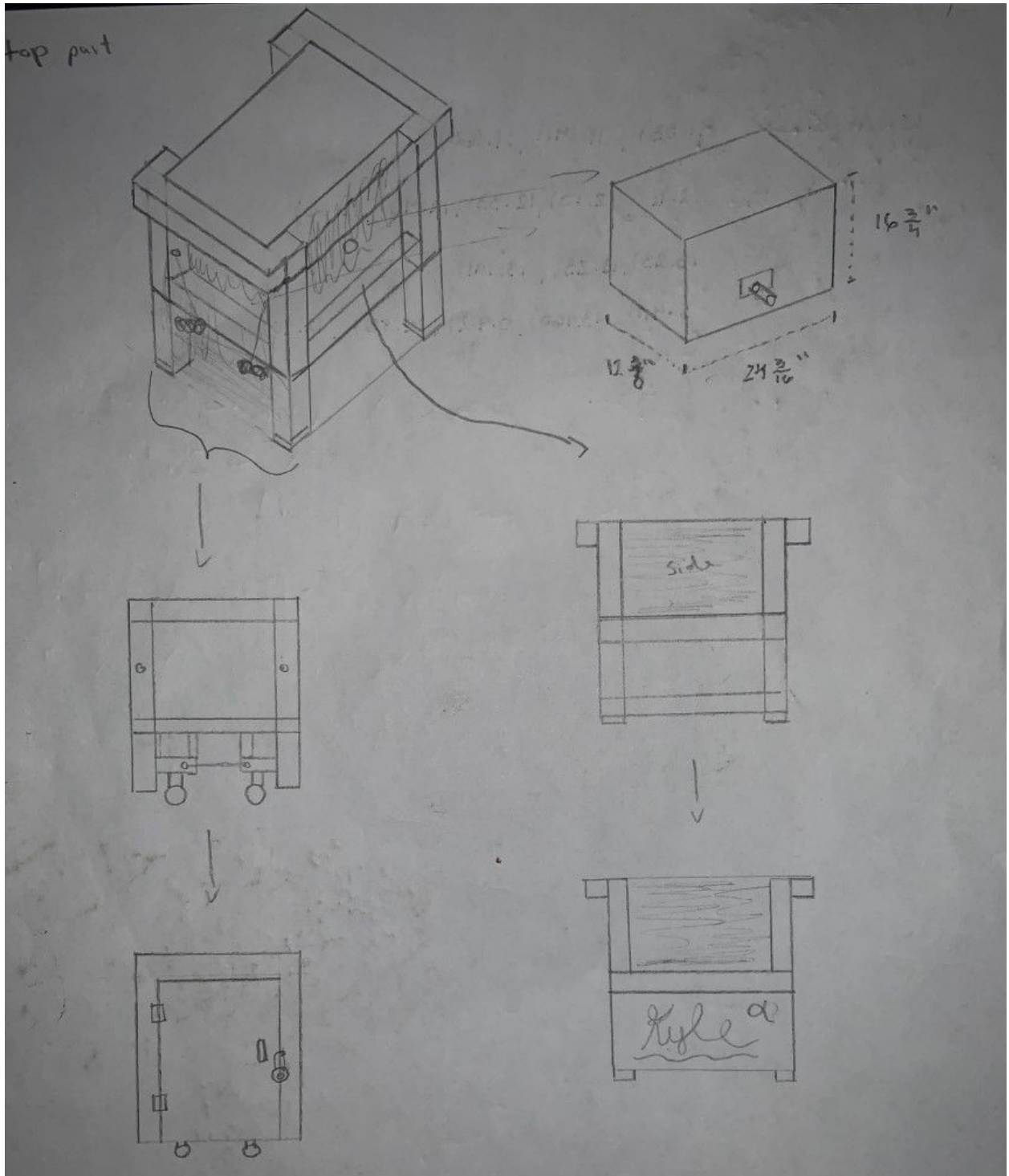
$$H = (1830 / 288)$$

$$H = 6,35 \text{ po}$$

Afin d'assurer une période d'autonomie optimale l'équipe placera d'abord à une hauteur supérieure à 6,35 po. Dans ce cas, l'équipe choisit une hauteur de 7,5 po.

Fabrication du cadre

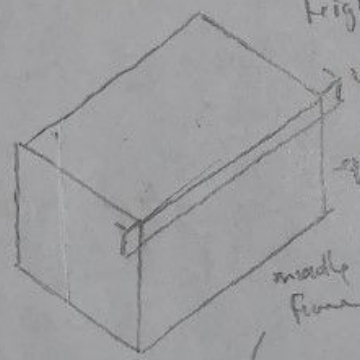
La fabrication à été basé sur le schéma, ainsi que les mesures suivantes



2x2

top frame { width 2 x $(1\frac{7}{16} \times 2) + 24\frac{3}{16}$ "
 $2x = 27\frac{1}{16}$ "
 spans 2 x $(12\frac{3}{8})$ "

high 8 x $(42 - 1\frac{7}{16}) = 4x(40\frac{9}{16})$



width 2 x $(24\frac{3}{16} - 2(1\frac{7}{16})) = 2x(21\frac{3}{16})$

spans 4 x $(9\frac{1}{2}$ or $12\frac{3}{8}$ ")
 Beam frame

→ 2x ⇒ bottom frame