GNG1503

Manuel d'Utilisateur du Projet de Conception

JARDINIÈRE AUTONOME :
LET IT PLANT

Soumis par:
ÉQUIPE A9: LES JARDIGÉNIES
CHRISTINA JARAWAN, 300174677
SARA GUELZIM, 300209588
HOUSSAM KHAILOU, 300167108
SAMI TAIMOURYA, 300147562
LAMINE GUEYE, 300210411

Le mercredi 9 novembre 2020
Université d'Ottawa

Résumé

Durant le cours GNG 1503, soit génie de la conception, il nous a été demandé de mener la conception d'une jardinière intérieur qui satisfera les besoins de notre client, l'Université d'Ottawa représenté par monsieur Jonathan Rausseo. À l'aide de la matière du cours, nous avons pu nous baser sur le processus de la pensée conceptuelle pour pouvoir créer notre solution au problème posé.

Ceci étant dit, le livrable qui suit vous permettra de suivre notre processus de conception et en conséquent vous donnera plus d'informations sur l'ensemble de nos étapes achevé lors de la conception, débutant par l'empathie avec le client afin de pouvoir définir le problème réel, puis la génération d'idées et ensuite le prototypage suivi par la présentation du prototype final qui représente la solution au problème posé par notre client. Ce livrable contient par la suite les instructions d'utilisation de la jardinière créée ainsi que des étapes détaillées de sa construction dans le cas où l'utilisateur voudrait reproduire la fabrication de notre projet.

Table des matières

Résumé……2
Table des matières ……3
Liste de figures ……4
Liste de tables ……5
Liste d'acronymes ……6
1.Introduction……7
2. Identification des besoins ……8
2.1 Énoncé de problème……8
2.2 Besoins et critères de conception ……8-9
3. Étalonnage ……10
4. Conceptualisation……11
4.1 Les concepts……11-14
4.2 Étalonnage des concepts initiaux……14-15
5. Plan de projet……16-18
6. Prototype I ……18-21
6.1 Nos essais……19-20
6.2 Rétroaction du prototype I ……21
7. Prototype II ……21-25
7.1 Nos essais ……22-24
7.2 Les calculs ……24-25
7.3Rétroaction du prototype II……25
8. Prototype III ……26-27
8.1 Notre solution et nos essais ……26-27
9. Comment le prototype est construit ……28-32
9.1 Compartiment de la plante ……28-29
9.2 Compartiment électronique ……29-32
9.3 Pourquoi nous? ……32
10. Catégorie……33-40
10.1 LDM (Liste de matériaux)……33-34
10.2 Liste d'équipments……24
10.3 Instructions de fabrication ……34
10.3.1 Compartiment électronique……34-37
10.3.2 Compartiment de la plante ……37-40
11. Comment utiliser le prototype ……40-41
12. Comment maintenir le prototype ……41
13. Conclusions et recommandations pour les travaux futurs……42
14. Remerciements ……42
15. Bibliographie ……43-44
Appendice 1: fichier de conception ……45

Liste de figures

Figure 1 : Cubico 50 Premium de Lechuza……..……....……10
Figure 2: Mkouo Pots de fleur en plastique auto-arrosage……...……10
Figure 3: Mano Mano……...…….……10
Figure 4: Schéma synoptique du système……..……11
Figure 5: Concept N°1 - HOUSSAM……12
Figure 6: Concept N°2 - SAMI…….……13
Figure 7: Concept N°3 - CHRISTINA ……..……...13
Figure 8: Concept N°4 SARA……...……...14
Figure 9: Le concept préliminaire……..…….……...15
Figure 10,11: Diagramme de Gantt ……..……...17-18
Figure 12: Prototype I……..…..18
Figure 13,14: Compartiment arduino……..……...19
Figure 15: Cloison……...…..20
Figure 16: Circuit électronique - Prototype II……...……21
Figure 17: Électrovanne - Prototype II……..21
Figure 18: Capteur d'humidité…….……..21
Figure 19: Programme - Prototype II……...…….23
Figure 20,21: Irrigation des tuyaux……...……...…..24
Figure 22: Compartiments……...……..24
Figure 23: Divisions de la terre……..25
Figure 24: Bâton de support……...25
Figure 25: Prototype III……26
Figure 26,27: Tuyaux - Prototype II……...……...28
Figure 28: Réservoir d'eau……...……..29
Figure 29: Programmation - Capteur d'humidité……...30
Figure 30: Capteur de pH, température et humidité…….……30
Figure 31: Électrovanne……31
Figure 32: Transformation physique avec le polyacrylate de potassium…….……..32
Figure 33-37: Les branchements avec arduino……...……..35-36
Figure 38: Programme finale……..……...37
Figure 39: Taille des planches…….……..…….…...38
Figure 40-41: La construction des planches de bois……...……...39
Figure 42: L'étanchéité……...…...39
Figure 43: La bâche…….……..40

Liste de tables

Table 1: Besoins……....8-9

Table 2: Critères de conception……..…..9

Table 3: Étalonnage…….…….9

Table 4: Étalonnage des concepts initiaux……..……..14-15

Table 5: Plan de projet……..……16-17

Tale 6: Essai 1 - Prototype I……..…….19

Table 7: Essai 2, Prototype I……..20

Table 8: Essai 1, Prototype II……..……...22

Table 9: Essai 3 - Prototype II……...…….23

Table 10: Cas de poudre……...……....….32

Table 11: Liste de matériaux…….....33-34

Table 12: Sources des matériaux……...…...43-44

Liste d’acronymes

Acronyme	Définition
LED	Diode électroluminescente
PC	Pensée conceptuelle
CAD	Dollar Canadien
cm	Centimètre
m	Mètre
V	volt
Ah	Ampère-Heure
EV	Electrovanne

1. Introduction

En premier lieu, il nous a été divulgué que l'Université d'Ottawa était un milieu universitaire qui nécessitait de la verdure sur le campus. Divers expériences ont montré que l'ajout de plantes dans les établissements de l'université améliorerait la santé mentale des étudiants et rendrait leurs espaces de travail plus agréables. Suite à des hypothèses menées par quelques étudiants et personnels à l'université, il semblait que le bon planteur n'était pas encore à proximité. C'était à cet instant que monsieur Jonathan Rausseo, travaillant pour le bureau du développement durable de l'université nous a rendu l'idée à nous les étudiants. Durant notre première rencontre, M.Rausseo était très claire sur ces besoins fondamentaux et son problème auxquels il voulait résoudre. Celle-ci stipulait de concevoir un planteur pouvant réduire le temps d'entretien au minimum, un planteur sécuritaire, durable et ne coûtant pas au-delà de 100$.

Suite à la récolte des informations clés de notre client, nous nous sommes directement mis à l'organisation de ceux-ci pour pouvoir prendre de l'avant dans notre processus de PC. Ceci étant dit, nous avons établi tous les critères nécessaires au fonctionnement de notre jardinière et depuis nous sommes partie de là.

Donc, dans ce document, une explication plus détaillée de nos démarches sera explorée davantage. Des détails comprenant notre prototype final, sa méthode de construction incluant les matériaux utilisés et les tests effectués pour valider le fonctionnement de celle-ci.

1. Identification des besoins :

2.1 Énoncé du problème :

L'université a besoin d'une jardinière d'intérieure munie d'un système d'auto-arrosage et de maintien des plantes durable, sécuritaire, flexible et à un coût raisonnable qui peut être placé partout sur le campus.

2.2 Besoins et critères de conception :

Se trouve dans le tableau ci-dessous les différents besoins interprétés du client suivant notre rencontre avec lui lors de notre séance d'empathie et de questionnement au sujet du problème qu'il voudrait que l'on résolve. Nous avons pu aussi faire ressortir les multiples critères de conception nécessaire qui devraient être respectés par notre solution.

No.	**Besoins**	**Critère de conception**
1	La jardinière est autonome.	Auto-arrosage Volume réservoir (m^3)
2	La jardinière se déplace facilement.	Mobilité Poids (kg)
3	Les planteurs ont un bon rapport qualité/prix.	Coût (dollar canadien $) Matériaux
4	Le système requiert un minimum d'entretien.	Temps d'entretien auto-arrosage
5	Les planteurs sont esthétiques.	Forme Couleurs
6	Le système se nettoie avec facilité.	Nettoyage facile Démontable
7	La jardinière est sécuritaire	Poids (kg) Inflamabilité
8	Les planteurs sont difficiles à voler.	Poids (kg) Longueur (m) Largeur (m)
9	La jardinière est écologique et durable.	Coût (dollar canadien $) Éco-responsable Résistante
10	Les plantes sont l'œuvre du système.	Diversité

		Resistance
11	La jardinière est un système simple et passe-partout.	Adaptable Flexible
12	La jardinière s'adapte aux applications de gestion des données récoltées.	Consultable

Par la suite, nous avons généré une liste de spécifications sur la base de ces critères.

No.	**Critère de conception**	**Relation**	**Valeur**	**Unités**	**Méthode de vérification**
	Exigence fonctionnelle				
1	Auto-arrosage	=	oui	s.o	Analyse et essai
2	Volume réservoir	>	5	L	Analyse et essai
3	Mobilité	=	oui	s.o	Analyse
4	Consultable	=	oui	s.o	Analyse et essai
	Contraintes				
1	Poids	>	10	kg	Analyse
2	Dimensions	>	0,50 x 0,50 x 0,50	m^3	Analyse
3	Matériaux	=	oui	s.o	Analyse et essai
4	Coût	<=	100	$ (dollar CAD)	Estimation
5	Non inflammable	=	oui	s.o	Essai
	Exigence non fonctionnelle				
1	Temps	>	7	jours	Analyse et essai
2	Esthétique	=	oui	s.o	Essai
3	Durabilité	=	oui	s.o	Essai

2. Étalonnage :

Nous avons utilisé l'étalonnage dans le but de voir ce qui se trouvait déjà comme modèle sur la marché pour ainsi connaître leurs points forts et faibles reliés en fonction des spécifications du tableau ci-dessus. Nous avons donc été capable d'en apprendre plus sur comment aborder notre problème et d'apporter des idées additionnelles.

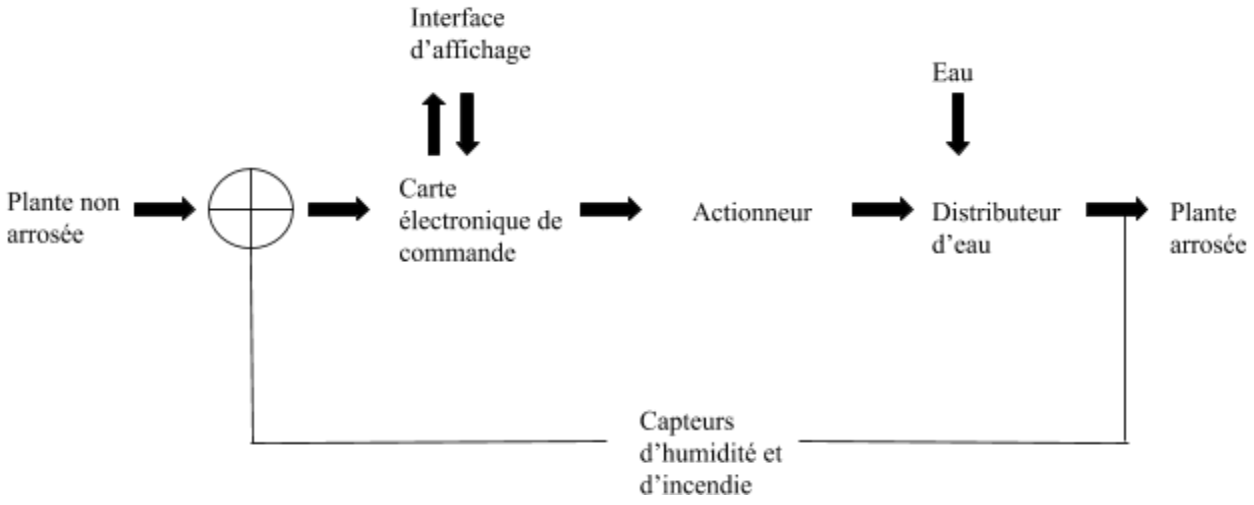
Spécifications	**Importance** 1 - Moins important 10 - Très important COEF 3 COEF 2 COEF 1	**Cubico 50 Premium de Lechuza** 	**Mkouo Pots de Fleurs en Plastique Auto-arrosage** 	**Mano Mano**
Coût	9	91,99$ CAD	40,00$ CAD	107,06$ CAD
Poids	7	16,4 kg	2,5 - 4,5 kg	7,2 kg
Dimensions	3	0,50m x 0,50m x 0,95m	0,18m ⌀ x 0,22m	0,58m x 0,29m x 0,33 m
Auto-arrosage	10	OUI	OUI	OUI
Mobilité	8	OUI	OUI	OUI
Sécuritaire	5	Inflammable	Inflammable	Inflammable
Matériaux	1	Polypropylène	Plastique dur, coton	Plastique
Volume de réservoir	4	14L	1,8L	9L
Temps entre maintenance	6	7-14 jours (dépendamment des besoins de la plante)	10 jours	42-49 jours
Durable	2	OUI	NON	OUI
TOTAL		140	112	121

MEILLEUR CHOIX = **CUBICO 50 PREMIUM DE LECHUZA**

3. Conceptualisation

L'étape de la définition est maintenant terminée pour l'instant, donc nous nous sommes de ce pas mis à l'idéation afin de générer de multiples concepts et idées pour notre jardinière autonome. Mais avant ça, nous nous sommes mis d'accord sur le système de base sur lequel notre jardinière devrait être fondé.

Schéma synoptique du système



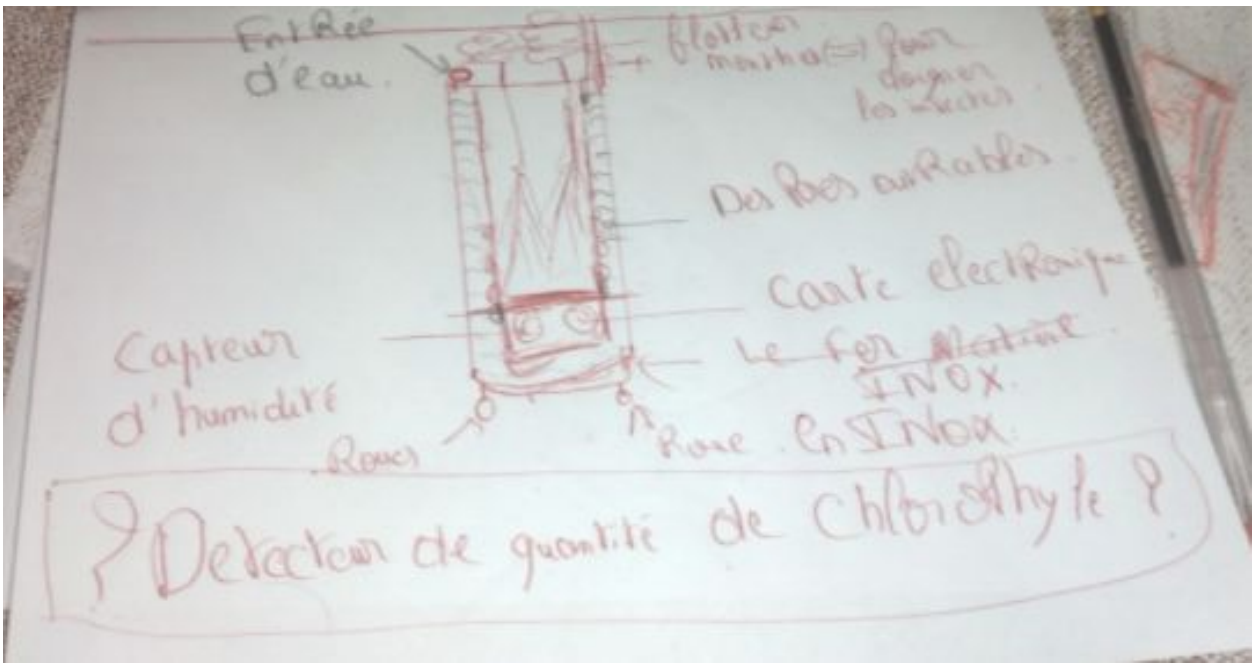
Notre idée générale de la jardinière que nous étions sur le point d'imaginer a été basé sur le schéma synoptique ci-dessus. Le système est constitué de plusieurs composantes clés qui permettront de faire fonctionner notre jardinière.

Dans la terre, on positionne un capteur d'humidité du sol qui va prélever le taux d'humidité et va communiquer ces informations à la carte électronique de commande : dans notre cas il s'agit de Arduino Uno. Cette carte devra contrôler un actionneur qui a comme rôle de permettre l'écoulement du flux d'eau dans la jardinière; ainsi la plante sera arrosée mais le processus n'est pas fini puisque le capteur va en permanence prélever le taux d'humidité pour savoir si il est nécessaire ou non d'ajouter plus d'eau à la plante. Une interface d'affichage de l'état actuel du système a aussi été prise en considération.

4.1 Les concepts:

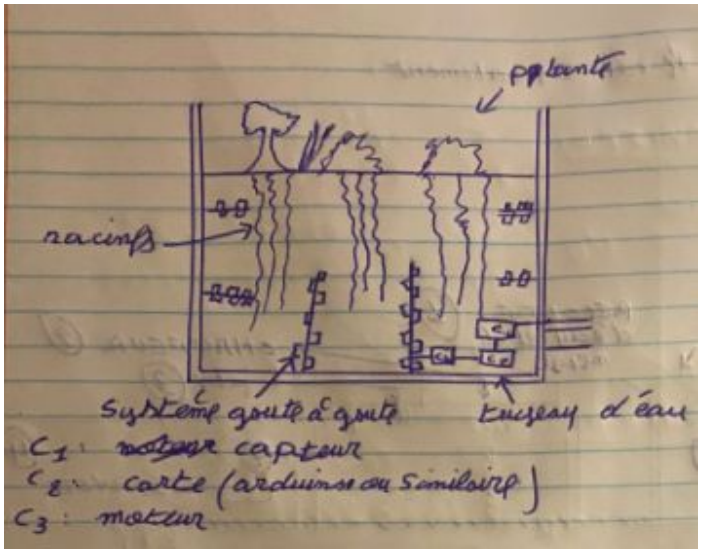
Nous avons choisi de donner à chaque membre de notre équipe la possibilité d'imaginer à lui seul comment sa jardinière autonome devrait avoir l'air, nous avons alors généré des concepts compréhensif général tous différents les uns les autres de manière à profiter de cette diversifications des idées.

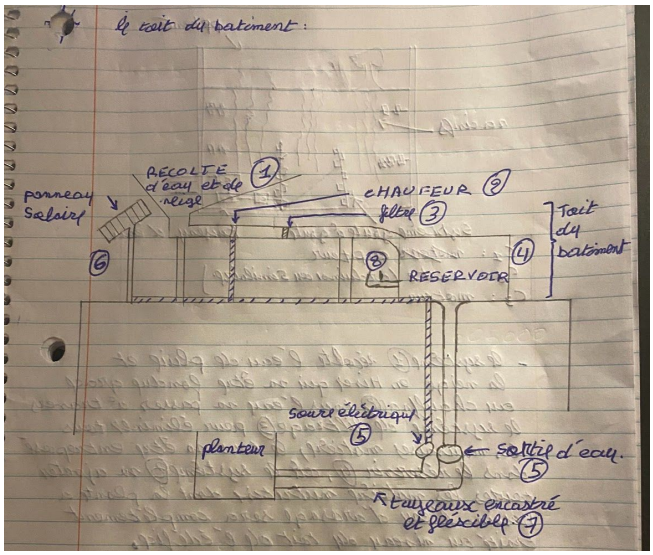
Concept N°1 - HOUSSAM :



Le premier concept représente une jardinière faite par un pot contenant des pores ouvrables dépendamment du message envoyé par le capteur d'humidité à travers l'Arduino . De sorte qu'ils s'ouvrent si le sol est sec et se ferment quand le sol est humide . Comme ca on arrose en fonction du besoin. Et pour le système d'antivol , la jardinière sera équipée des roues magnétiques qui vont se démagnétiser et se magnétiser à travers une télécommande en fonction du besoin . Ce qui rendra le vol impossible lors de son magnétisme et le déplacement facile lors du démagnétisme . Et pour éviter le regroupement de bactéries et d'insectes , la jardinière aura la menthe comme deuxième plante à côté de la plante principale vu son efficacité contre les insectes. Et afin de surveiller l'état de santé de la plante, la jardinière sera équipée d'un capteur de quantité de chlorophylle vu qu'une plante en bonne santé contient un taux important de chlorophylle .

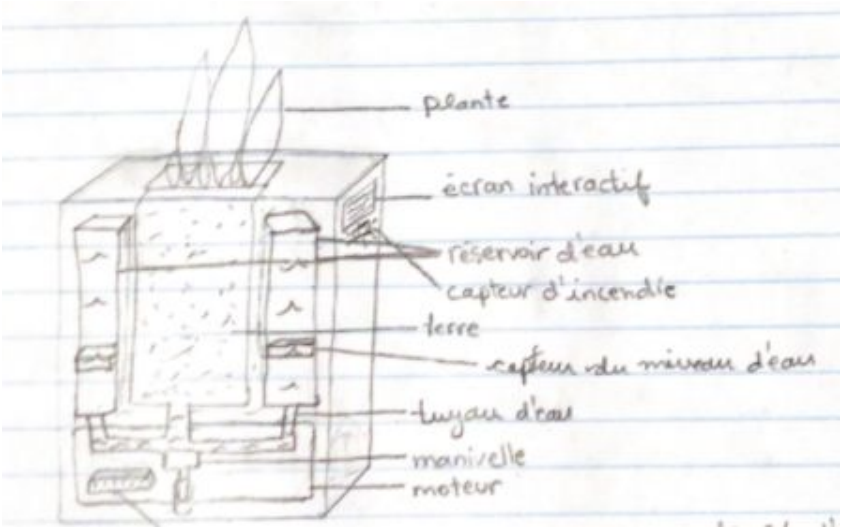
Concept N°2 - SAMI :





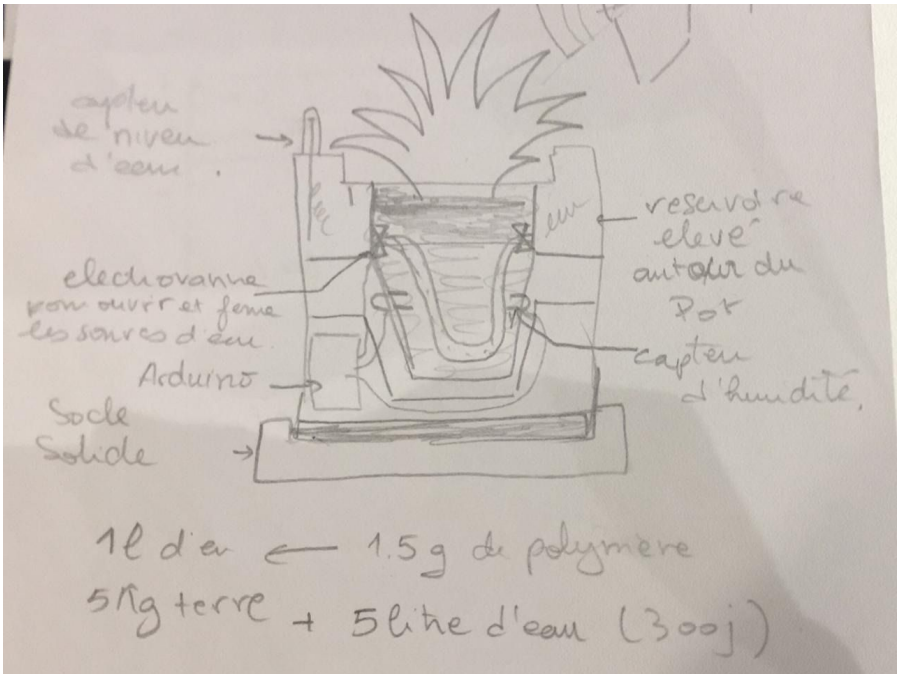
Ce 2ème concept se veut être un Système durable qui s'auto alimente en électricité et eau à l'aide d'une structure située sur toit de l'établissement, celle-ci va récolter la neige et l'eau en plus de l'énergie solaire dans le but de les utiliser en tant que source d'eau et source d'énergie électrique respectivement. Le tout alimente un arduino qui sera responsable des différents capteurs d'humidité ainsi que d'un moteur pouvant laisser l'eau couler du réservoir vers la jardinière.

Concept N°3 - CHRISTINA :



Dans ce 3ème concept, une autre méthode de distribution d'eau a été imaginée. Un moteur est censé pomper l'eau des deux réservoirs latéraux vers la plante grâce à un système de biel-manivelle. On a aussi ajouté un écran interactif où l'utilisateur pourra connaître l'état de la plante et du réservoir.

Concept N°4 - SARA :



Et finalement ici a proposé une jardinière automatisée grâce à un Arduino uno, qui contrôle l'ouverture d'une électrovanne séparant le pot interne ET le réservoir d'eau qui se trouve en hauteur pour favoriser la coulée d'eau par gravité.

Il a été ajouté à ceci un socle volumineux afin de profiter de son poids considérable dans le but d'éviter son vol.

4.2 Étalonnage des concepts initiaux :

Les différents concepts générés lors de l'étape de l'idéation ont été comparés en fonction des différentes spécifications cibles et contraintes , comme ce qui a été fait précédemment pour l'étalonnage des produits présents sur le marché. Et comme pour ce dernier, nous avons choisi le concept qui répondait le mieux aux besoins du client pour en faire un concept préliminaire.

Spécifications	Importance	Sami	Sara	Christina	Houssam
Auto-arrosage	**10**	3	3	3	3
Mobilité	**8**	1	3	3	3
Sécuritaire	**5**	2	3	3	3
Volume de réservoir	**4**	3	2	3	2

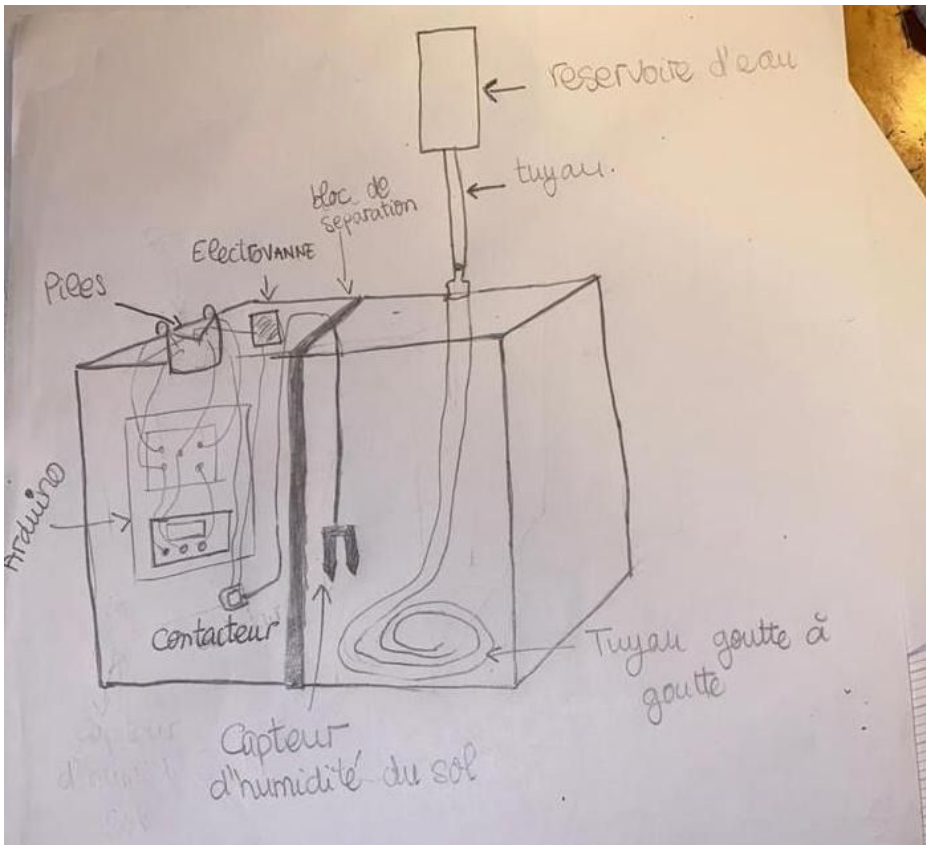
1e Coût	**9**	2	3	2	3
Dimensions	**3**	3	3	3	1
Matériaux	**1**	3	3	2	2
Poids	**7**	3	3	2	1

Le meilleur choix :

Le meilleur choix s'avère être le modèle de Sara qui s'est montré le plus convainquant avec des caractéristiques très pertinentes. Nous allons essayer de le développer encore plus afin d'y intégrer des options intéressantes proposées par les autres membres du groupe et d'après les meilleurs choix déterminés pour les sous-systèmes.

Le concept préliminaire :

Après moultes discussions entre nous, on a voulu merger toutes nos idées passées mais en prenant en compte les différentes contraintes de construction afin de trouver un compromis entre le pratique et l'essentiel. Alors, nous sommes venu au concept suivant:



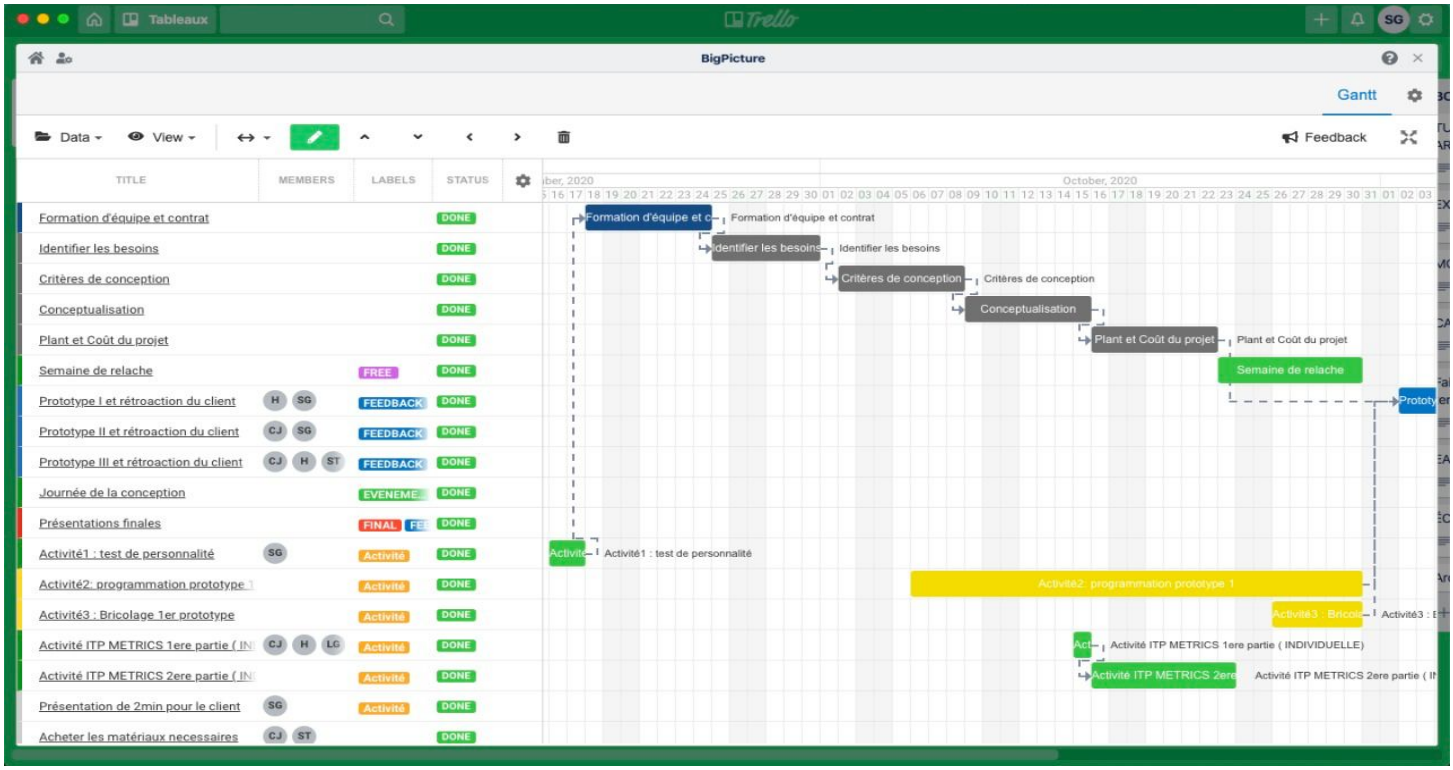
4. Plan de projet:

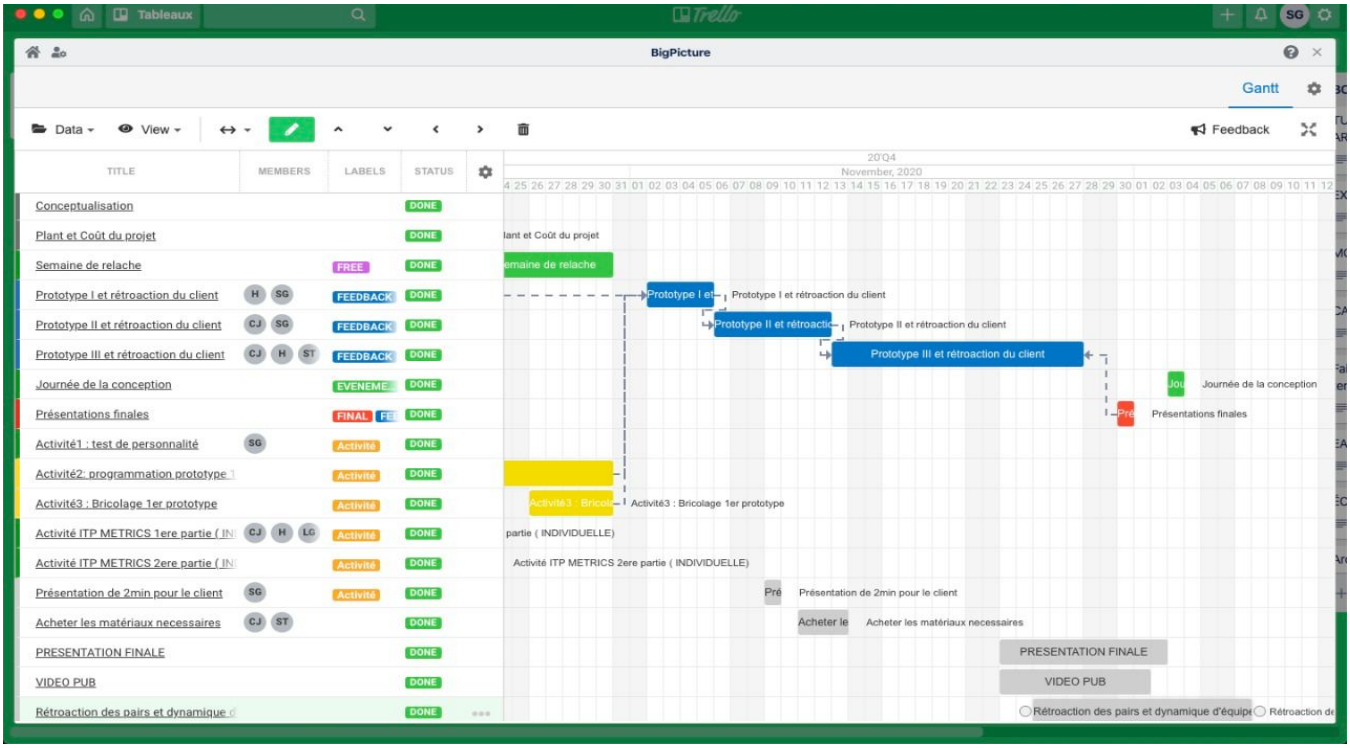
Au fur et à mesure que l'on avançait dans notre projet, il s'est avéré que la charge de travail augmentait et qu'il fallait nécessairement s'organiser entre nous afin d'être efficace et pratique. De plus la crise sanitaire due au Covid-19 nous a obligé à rester dans nos pays respectifs au lieu d'être au Canada, on s'est vu de ce fait obligé de prendre en compte cette contrainte géographique pour mieux nous structurer en vue des réalisations physiques qu'on est supposé faire.

Le tableau qui va suivre est donc la distribution des tâches entre les 5 membres de notre équipe:

N. de tâche	Tâche à compléter	Estimation de la durée	Responsable	Dépend de N. de tâche
1	ITP Metrics Rétroaction des pairs et dynamique d'équipe 2.2	1h30 min	Tout les membres	ITP Metrics Rétroaction des pairs et dynamique d'équipe 2.1
Sous-tâche	Rétroaction des pairs	60 minutes	Individuel	
Sous-tâche	Rétroaction du dynamique de groupe	30 min	En groupe	
2	Livrable E - Plan et coût du projet	2h15 min	Tout les membres	Livrable D - Conceptualisation
Sous-tâche	Liste des tâches à compléter	45 minutes	Christina et Sara	
Sous-tâche	Diagramme de Gantt	30 minutes	Sami et Houssam	
Sou-tâche	Recherche des matériaux & coûts	1 heure	Tout les membres	
3	Livrable F - Prototype 1 et rétroaction	2 jours et trois heures	Tout les membres	Livrable E - Plant et coût du projet
Sous-tâche	Prototypage (fait maison)	2 jours	Sara et Houssam	
Sous-tâche	Documentation	3 heures	Tous les membres	
4	Livrable G - Prototype 2 et rétroaction	2 jours et trois heures	Tout les membres	Livrable F - Prototype 1 &
Sous-tâche	Prototype (sous-système : circuit électrique)	2 jours	Sara et Christina	

Sous-tâche	Documentation	3 heures	Tout les membres	rétroaction
5	Livrable H - Prototype 3 et rétroaction	8 jours	Tout les membres	Livrable F & Livrable G
Sous-tâche	Prototype (finale)	1 semaine	Christina et Sami	
Sous-tâche	Documentation	1 jour	Tous les membres	
6	Livrable I - Matériels de présentation de la journée deconception	4 heures	Tout les membres	Livrable H
Sous-tâche	Documentation	4 heures	Tous les membres	
7	Livrable J - Présentation finale	5 heures	Tout les membres	L'ensemble des tâches précédentes (livrables et ITP Metrics)
8	Livrable K - Manuel d'utilisateur	1 semaine	Tout les membres	Tous les travaux précédents





5. Prototype I

Lors du premier prototypage, nous nous sommes concentrés sur l'aspect physique et le fonctionnement général de ce dernier. Ceci étant dit, nous avons effectué divers tests qui seront en mesure de favoriser le meilleur rendement possible.

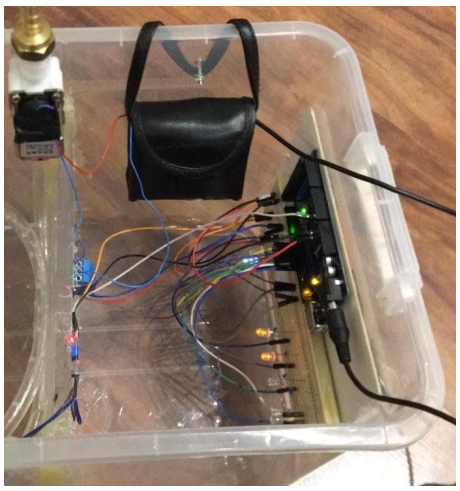
Voilà déjà à quoi ressemble ce premier prototype à droite.

Nous avons donc combiné tests physiques et analytiques (tous ciblés) dépendamment de la nécessité.

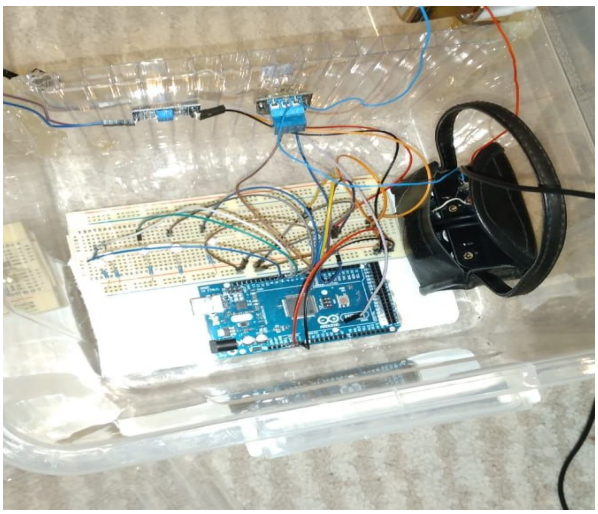
6.1 Nos essais

Essai 1: Améliorer l'aménagement de l'espace utilisé pour une meilleure efficacité.

Description du prototype utilisée et de la méthode de test de base (Comment?)	**Description des résultats à documenter et comment ces résultats seront utilisées** (Quoi?)
- Positionnement des éléments électroniques de différentes sortes dans le compartiment de contrôle (en bas ou collé à la paroi verticale ou dans une boîte séparée). - Essai de plusieurs types d'attaches : colle chaude, petites ceintures en plastique, vis). - On a aussi essayé différentes longueurs de fils électriques pour relier toutes les composantes.	- Ce test nous permettra de trouver un aménagement favorable facilitant le nettoyage et l'accessibilité des pièces si il faut les changer. - Le résultat que l'on va tirer de ce test est le degré d'accessibilité de nos pièces et cela va nous aider à optimiser l'espace du compartiment de commande pour gagner plus d'espace dans celui de la plante.



Ardino collé à droite (meilleure solution surtout en cas d'Infiltration d'eau dans le compartiment 2) facile à atteindre.

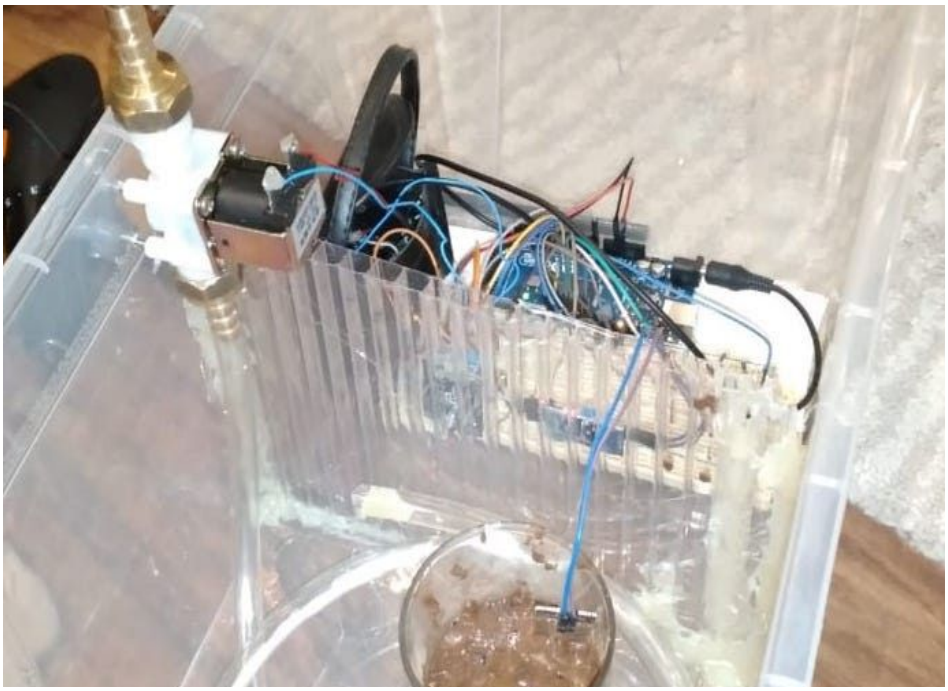


Arduino situé sur le bas (difficile à atteindre, une infiltration d'eau serait critique à ce niveau).

Essai 2: S’assurer de l'étanchéité entre les deux compartiments de la jardinière.

Description du prototype utilisée et de la méthode de test de base (Comment?)	**Description des résultats à documenter et comment ces résultats seront utilisées** (Quoi?)

- Choix entre différentes matières pour le bloc de séparation (plastique mince, plaque de plastique à double cloison) : nous avons testé l'étanchéité des matériaux et leur flexibilité et facilité de manipulation (découpage et collage…).
- Choix de la matière de collage (colle chaude et silicone) : nous avons rempli un compartiment d’eau et avons notifié les fuites d’eau rencontrées (la colle s’est avérée moins efficace).
	- Nous allons ressortir avec la meilleure solution permettant l’accessibilité aux composantes et plus de contrôle de ces derniers.
	  - Les résultats attendus sont une étanchéité maximale qui évitera tout court circuit.
	  - Une meilleure protection du compartiment de contrôle.



Plaque en plastique double cloison collée au pot grâce à de la colle chaude. Cette solution de collage n’est pas très pratique (la colle était la seule présente). Nous prévoyons donc d’utiliser au niveau des prototypes futures des tubes de silicone pour plus d'étanchéité.

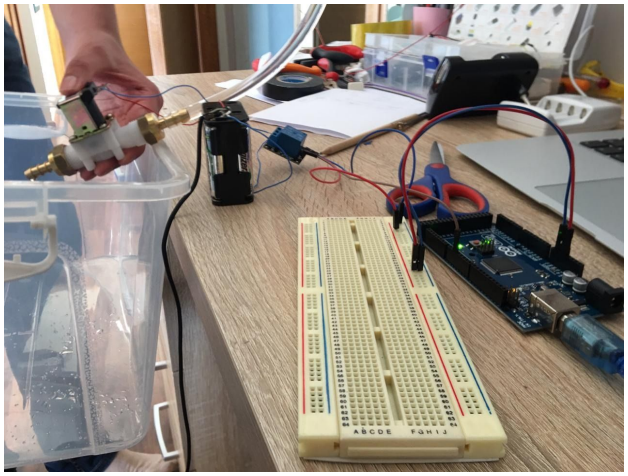
6.2 Rétroaction du prototype I:

Voici les divers rétroactions obtenues de quelques utilisateurs futures:

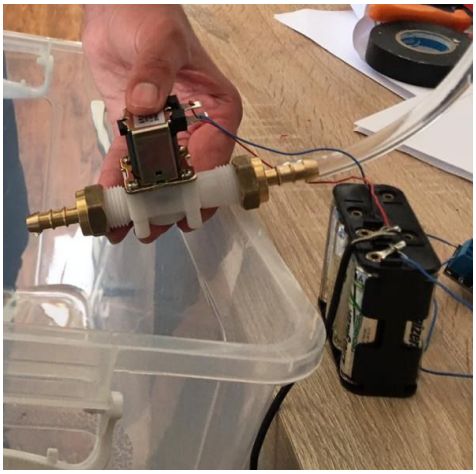
- Le système est bien élaboré et futuriste.
- L'idée de la poudre est géniale et ingénieuse.
- Je me soucie de l'humidité de la terre au niveau du milieu du pot, ne serait il pas meilleur d'ajouter un tuyau de façon transversale pour une meilleure irrigation ?
- Une esthétique plus travaillée est préférable.
- Il faut trouver une solution pour le surplus d'eau.
- Le temps entre les recharge sont-elles d'une longue durée? Cet aspect causera-t-il un délai de la performance de l'électrovanne (auto-arrosage)?
- Attention aux fuites d'eau du réservoir au compartiment d'Arduino.
- Il vaudrait mieux faire plus de place pour le compartiment où sera plantée la plante et réduire celui où les composantes électroniques se situent.
- Allez-vous construire le prototype final à l'aide des mêmes matériaux?
- Mieux réarranger les fils électriques provenant de l'Arduino.
- Agrandir les proportions.

6. Prototype II :

Pour le prototype 2 nous avons choisi de plus nous concentrer sur le sous-système de contrôle , c.a.dire l'arduino et toutes les directives qu'ils doit donner aux autres composantes électroniques entrant dans le fonctionnement de notre jardinière : l'électrovanne, le capteur d'humidité et la batterie .



1.Photo du circuit électrique avec L'arduino, le breadboard, la batterie et l'électrovanne (en partant de droite à gauche).



2. Photo de l'électrovanne alimenté grâce à une batterie 12V.

3. Photo du Capteur D'humidité du sol.

Dans ce sous-système, l'arduino est représenté comme le cerveau des opération, il doit recevoir les informations que le capteur d'humidité prélève c.a.dire le taux d'humidité, cet arduino va alors transformer ces données en pourcentage et puis va décider si la plante devrait bénéficier d'une quantité plus haute d'eau ou pas.

7.1 Nos essais

Essai 1: Améliorer le temps d' allumage/extinction de l'électrovanne pour une meilleure efficacité.

Description du prototype utilisé et de la méthode de test de base (Quoi?)	**Description des résultats à documenter et comment ces résultats seront utilisés** (Comment?)
- Pour ce test, nous allons avoir recours à la programmation d'Arduino. - On a créé et comparé des delays (temps où l'électrovanne restera allumée) qui alimentent la plante en sa quantité nécessaire en eau et avons prélevé le débit d'écoulement d'eau pendant celle-ci. - On a recherché sur internet la quantité d'eau moyenne nécessaire pour une plante et l'avons comparé à nos résultats.	- Débit prélevé de l'eau quand l'électrovanne est ouverte. - Temps du "delay" le plus efficace pendant lequel l'électrovanne restera allumée. - Pour laisser l'eau s'écouler dans le pot quand l'humidité est faible.

Nous avons mis de l'eau dans notre réservoir (¼ litre) et avons laissé l'électrovanne ouverte afin de calculer en combien de temps l'eau sera totalement passée à la jardinière. Avec cette quantité, la durée a été de 10 minutes ce qui nous donne 0.4ml/s. Nous avons déduit alors qu'un délai d'ouverture de l'électrovanne de 10 min sera parfait, mais seulement quand l'humidité sera inférieure à 40% . Ce qui va faire qu'en moyenne 1L d'eau sera présenté à la plante lors de chaque jour (ou moins en fonction de la plante choisie) et étant donnée que le cycle de prélèvement d'humidité est de 3h, donc l'électrovanne marchera une fois sur 2 (car l'humidité restera toujours élevée dans le sol après seulement 3h d'après ce que l'on a vu dans nos tests).

Essai 2: Assurer une interaction dans les temps entre le programme et le monde extérieur (données du capteur + réaction de l'électrovanne) et réduire l'énergie utilisée.

```
int PinSensor = A0;
int LEDvan = 3;
int LED1 = 4;
int LED2 = 5;
int LED3 = 6;
int LED4 = 7;
int LED5 = 8;
int ValeurSensor = 0;
int pourcentage = 0;
const int signal = 2;
void setup()

{
 pinMode(signal, OUTPUT);
 pinMode(LEDvan, OUTPUT);
 pinMode(LED1, OUTPUT);
 pinMode(LED2, OUTPUT);
 pinMode(LED3, OUTPUT);
 pinMode(LED4, OUTPUT);
 pinMode(LED5, OUTPUT);
 Serial.begin(9600);
}

void loop(){
 digitalWrite(LED1,LOW);
   digitalWrite(LED2,LOW);
   digitalWrite(LED3,LOW);
   digitalWrite(LED4,LOW);
   digitalWrite(LED5,LOW);
```

1

```
ValeurSensor = analogRead(PinSensor);
pourcentage = ConvertEnPercent(ValeurSensor);
AfficheValeurEtPourcentage();


if( pourcentage<20)
      {  digitalWrite(LED1,HIGH); }
if(pourcentage >= 20 && pourcentage< 40)
      {  digitalWrite(LED1,HIGH);
         digitalWrite(LED2,HIGH);  }
if(pourcentage >= 40 && pourcentage< 60)
      {  digitalWrite(LED1,HIGH);
         digitalWrite(LED2,HIGH);
         digitalWrite(LED3,HIGH); }
 if(pourcentage >= 60 && pourcentage< 80)
      {  digitalWrite(LED1,HIGH);
         digitalWrite(LED2,HIGH);
         digitalWrite(LED3,HIGH);
         digitalWrite(LED4,HIGH);}
 if(pourcentage >= 80 )
      {  digitalWrite(LED1,HIGH);
         digitalWrite(LED2,HIGH);
         digitalWrite(LED3,HIGH);
         digitalWrite(LED4,HIGH);
         digitalWrite(LED5,HIGH);}
}
```

2

```
if ( pourcentage < 40)
  {
   digitalWrite(signal, HIGH);
   digitalWrite(LEDvan, HIGH);
   delay(5000);

   digitalWrite(signal, LOW);
   digitalWrite(LEDvan, LOW);
delay(10800000);                    => on a changé le delai entre chaque cycle à 3H
  }
 else
  {
   digitalWrite(signal, LOW);
   delay(10800000);
  }

int ConvertEnPercent(int value)
{
 int ValeurPorcentage = 0;
 ValeurPorcentage = map(value, 1023,150, 0, 100);      => nous avons réinitialié les valeurs standards du
capteur
 return ValeurPorcentage;
}

void AfficheValeurEtPourcentage(){
 Serial.print("Valeur: ");
 Serial.println(ValeurSensor);
 Serial.print("Pourcentage: ");
 Serial.print(pourcentage);
 Serial.println("%");
 Serial.println("----------");
}
```

3

Ceci est qu'un programme basique est constitué d'une boucle qui fait marcher l'électrovanne dans le cas où le taux d'humidité est plus bas que 20%. Ce programme permet aussi d'allumer des LEDs en fonction de ce même taux d'humidité. Une lampe est aussi allumée pour montrer l'état de l'électrovanne (allumé si l'actionneur est ouvert, éteinte si l'actionneur est fermé).

Essai 3: Réduire la consommation de la batterie.

Description du prototype utilisé et de la méthode de test de base (Quoi?)	**Description des résultats à documenter et comment ces résultats seront utilisés** (Comment?)
- On a créé des temps de pauses entre les multiples échantillonnage du taux d'humidité afin de réduire le temps de travail de l'arduino au maximum et les avons comparés pour voir qui consomme le plus d'énergie. - Augmenter la durée de vie de la batterie en la rechargeant moins de fois.	- Temps de pauses le plus efficace - Temps d'autonomie d'une batterie (déjà prélevé lors du livrable précédent). - Ceci sera utile pour minimiser l'utilisation de la batterie et la garder plus longtemps sans avoir à la recharger une autre fois.

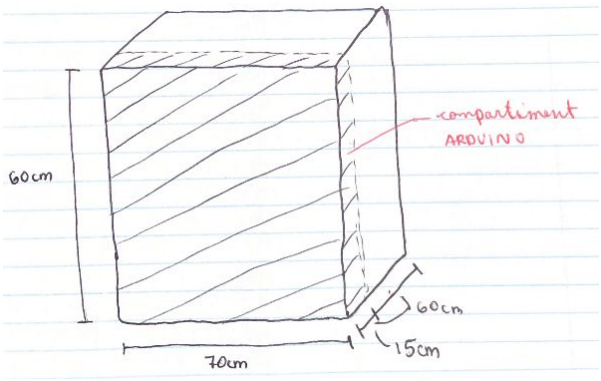
On a relevé que la durée optimale pour notre cycle serait de 3h entre chaque prélèvement de l'humidité, car cela consomme moins d'énergie et laisse en même temps le temps à la plante d'absorber l'eau qui lui a déjà été donnée dans le cycle précédent vu qu'une plante absorbe l'eau à un rythme très bas (on a remarqué qu'après avoir arrosé notre jardinière avec ¼ l d'eau que la terre avait toujours une taux élevé d'humidité après 3h). Toutefois, nous préférons garder un cycle de 3h pour faire la vérification quand même.

Essai 4: Déterminer le débit d'eau nécessaire pour une bonne irrigation.

Un diamètre de 10mm et longueur de 1 mètre. Ces dimensions sont compatibles avec l'entrée et sortie de l'électrovanne et permettent de bien disperser l'eau. Dans toute l'enceinte du pot. Les trous ont été fait au tournevis et au soudeur. Ceux avec le soudeur laissaient l'eau mieux couler. Ceux avec le soudeur laissaient l'eau mieux couler et était bien mieux fait.

7.2 Les calculs:

Les calculs suivants nous permettront de déterminer l'apport d'eau avec l'ajout de la poudre (polyacrylate de potassium):



1. L'eau nécessaire pour une plante en moyenne:

L x l x 2.5 = 60 x (70-15) x 2.5

= 8250 cm^3

=8.25 L/semaine

2. Estimation de la densité de la terre:

1250kg/m^3 donc V≈100000cm^3 = 0.1 m^3

3. Pour 0.1 m^3 on a besoin de 125kg de terre.

Pour la poudre:

- Pour 5kg on a besoin de 5g.
- Pour 125 kg on a besoin de 125g.

La poudre prend environ 300 fois son poids.

125g x 300 = 37500g = 37.5kg

Donc 37.5 L et en moyenne, il faut arroser la plante **quatre fois** par mois (ou en une seule fois nous verserons toute la quantité nécessaire d'eau, étant donnée que la poudre de polyacrylate de potassium est celle qui stockera l'eau dans le sol sans suffoquer la plante : il représentera un réservoir naturel et accessible aux racines à n'importe quel moment).

7.3 Rétroaction prototype II:

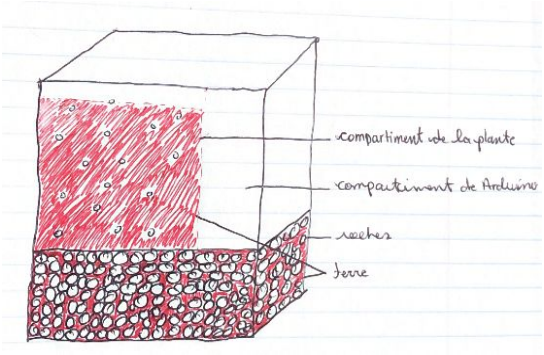
Après avoir mener une rencontre avec le client, il nous a fait part de ses préoccupations suivants:

1. Le client nous a suggéré d'ajouter un élément permettant à la plante de mieux s'aérer au niveau des racines:
    a. Solution: Pour permettre l'aération des racines , on a décidé de placer des roches (petits galets) au niveau de la terre comme ça on crée l'espace entre les racines.

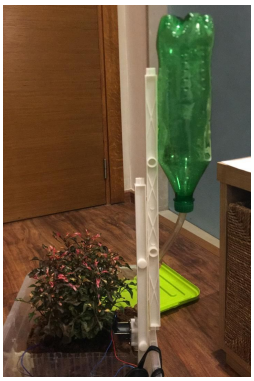
2. Le client nous a aussi suggéré de trouver une façon de supporter le réservoir d'eau en hauteur:
    a. Solution: Afin de réaliser ça , on a placé un support au milieu du plantier . Ce support sera collé au réservoir d'eau qui sera en hauteur afin de faciliter le passage d'eau

3. Le client s'inquiète quant à la sécurité de la plante et veut qu'elle soit protégée contre le vol.
    a. Solution: Pour protéger la plante contre le vol , on a profité du fait qu'on a utilisé les roches pour aérer les racines afin d'augmenter le poids du plantier . En conséquence, ceci rendra le vol de ce dernier difficile .

Alors, nous avons écouté notre client et nous avons apporté les changements nécessaires.



(1) et (3) L'ajout des roches au fond du planteur pour le poids et l'aération.



(2) Support pour la suspension du réservoir.

8. Prototype III

Suite à tous les tests effectués lors des prototypes précédents, nous sommes venues à l'élaboration du prototype final suivant. Ce dernier tient compte de tous les besoins que notre client veut inclure dans son produit voulu. Alors voici:

8.1 Notre solution et nos essais

De ce côté, nous pouvons voir le prototype final conçu.

Dans le but de confirmer le fait que notre prototype répond à tous les critères nécessaires de notre client, une série de tests ont été effectués.

Essai 1: Assurer que les dimensions qui ont été choisies fonctionnent bien avec les différentes parties de la jardinière (ex: les deux compartiments).

Alors, nous avons testé différents positionnements des composantes constituant le compartiment de commande pour une meilleure disposition efficace pour les nouvelles grandes dimensions de notre jardinière. Donc, la jardinière va bénéficier d'un plus grand volume pour la partie terreuse par rapport à la partie contrôle. Un positionnement en hauteur de ce dernier permet son aération, son rapprochement des pièces intégrées dans le compartiment voisin et une bonne organisation du système.

Essai 2: Notre deuxième test que l'on a effectué est de déterminer si l'électrovanne lié au capteur d'humidité est bel et bien fonctionnel.

Alors pour tester cela, nous avons ajouté différentes quantités d'eau et voir si le capteur va relever le niveau réel d'humidité de la terre et va ouvrir l'électrovanne si nécessaire. Les résultats ont démontré que l'électrovanne s'ouvre comme prévu quand le taux d'humidité descend sous la barre des 40%.

Essai 3: Le troisième test effectué consistait à vérifier si le poids de la jardinière avec l'ajout des roches augmente son poids pour éviter les vols.

Pour ce test, nous avons essayé de soulever la jardinière toute seule puis d'essayer de la soulever avec toutes ses composantes. À la fin, la jardinière s'est montrée très lourde. On l'a soulevé à deux et il était très difficile de le soulever. En conséquence, cela veut dire que la jardinière respecte l'aspect anti-vol voulu par le client.

Essai 4: Finalement, nous avons fait un test pour assurer l'étanchéité entre les compartiments et l'extérieur de la jardinière.

Nous avons inclus l'utilisation de silicone pour les bords et les petites failles et l'utilisation d'une bâche dans le compartiment de la plante afin de ne pas laisser l'eau ou la terre sortir de la jardinière. Suite à ce test, il s'est démontré qu'aucune fuite n'avait été détectée. On a mis de l'eau pour tester s'il y avait des fuites et mis le compartiment arduino en hauteur et donc est moins propice à une inondation d'eau ou de terre.

Alors, dans le but d'éviter des pannes à notre prototype, il ne suffit que de garder un œil sur celle-ci. Bien sûr, notre prototype a été conçu de manière à permettre un minimum de temps d'entretien, mais malgré son fonctionnement automatique, les effets à long terme ne sont pas tout à fait connus.

Ceci m'amène aux pièces de notre prototype qui sont plus à risque de se défecter. En général, le réservoir peut être potentiellement tombé s' il n'est pas bien placé sur le bâton de support. Étant donné que la gravité influence le mouvement de l'eau dans le réservoir vers le bas, alors il y a une force qui pousse cette dernière vers le bas continuellement. Mais, s'il est bien attaché sur le bâton de support, ce problème ne devrait pas survenir.

8.2 L'importance du problème

Nous constatons que dans les circonstances dans lesquelles nous faisons face à la pandémie, accomplir des tâches en personne peut être très difficile ou même impossible. Alors, dans le cas de l'université d'Ottawa, elle nous a fait part de ses préoccupations reliées à la verdure sur le campus. Elle remarque que lorsque l'on exige de faire entrer des personnes formées pour l'arrosage de ces plantes à l'université, il mettent leurs vies en péril, alors dans le but d'éviter cela, l'université vise à minimiser le temps mis dans l'arrosage des plantes. Sans oublier les énormes économies budgétaires qui peuvent être faites en diminuant les temps de maintenances manuels de ces plantes. Ce qui souligne une fois de plus l'importance d'avoir des jardinières autonomes qui prennent soin d'elles par elles-mêmes.

8.3 La fonction de notre produit

Notre produit a été conçu principalement pour la cause de diminuer le temps d'entretien mis sur la jardinière. Alors, nous avons opté d'intégrer un système d'auto-arrosage qui pourrait accomplir cette fonction sans l'apport d'une personne extérieure. De plus, tenant compte du système d'auto-arrosage, une autre fonction essentielle au client est l'installation de système consultable par l'utilisateur qui affichera les données de la plante tels que le pH, la température et l'humidité. En gros, la fonction du planteur dans son ensemble consiste d'une jardinière d'auto-arrosage et consultable à l'aide de capteur.

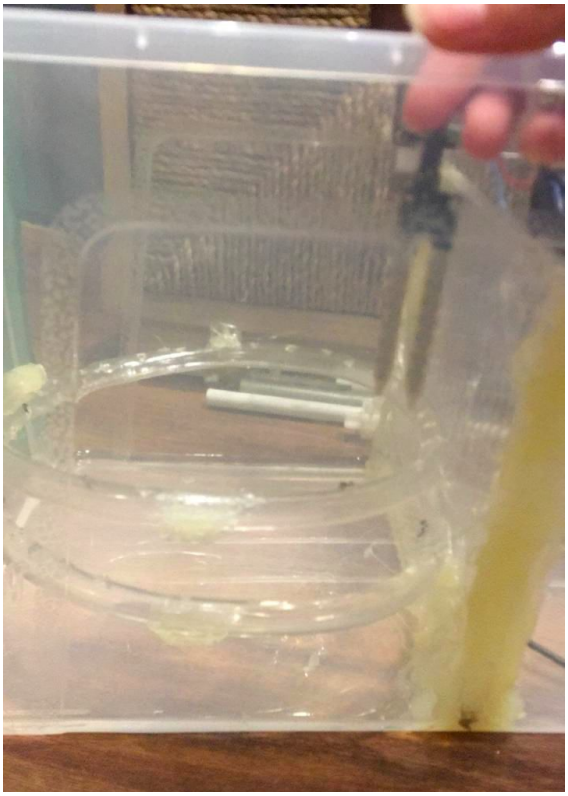
9. Comment le prototype est construit

Notre vision initiale que l'on avait établie s'agissait d'un planteur, ayant des dimensions de 60 cm x 70cm x 60cm donc les mesures que l'on a choisies ne sont ni très petites, mais aussi ni trop grandes. Pour permettre une meilleure organisation au sein de la jardinière, nous avons décidé de séparer celui-ci en deux compartiments ou l'un sera un compartiment contenant les composantes électronique tels que l'Arduino et un compartiment contenant la plante. La description des différentes parties est démontré ci-dessous:

9.1 Compartiment de la plante:

9.1.1 Tuyaux:

Les tuyaux seront attachés sur les bords de la jardinière allant de haut en bas en spirale. Celle-ci sera également percé pour permettre d' alimenter la plante équitablement et ne pas privé certaines parties de la plante d'eau. Dans les images ci-dessous tirées de notre premier prototype, nous pouvons les illustrer plus clairement. Étant donné que notre premier prototypage consistait d'observer le fonctionnement et l'arrangement de nos composantes, le matériel choisi pour la représentation de notre notre planteur était un bac transparent qui nous permettra de mieux visualiser la fonction de votre tuyau.



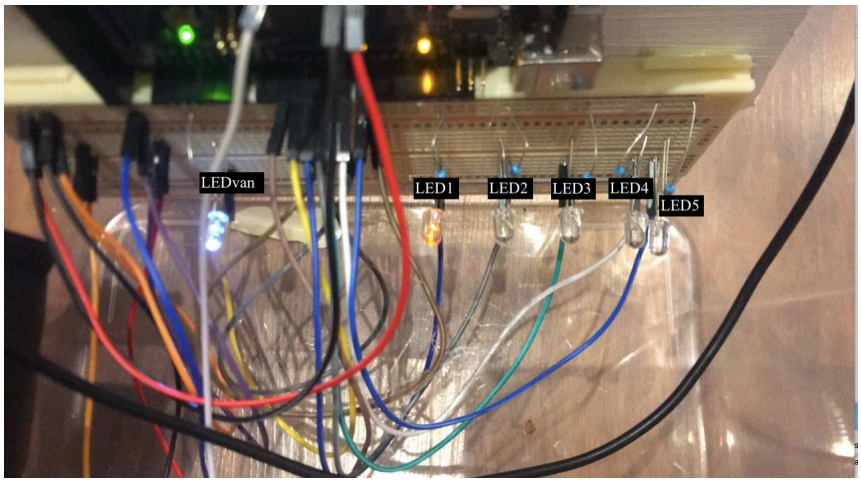
9.2.1 Réservoir d’eau:

Le réservoir d’eau sera disposé sur le côté de la jardinière ou le tuyau y sera attaché. Nous avons choisi cette disposition pour permettre à la gravité de jouer un rôle au lieu d’ajouter un système de pompe qui requiert un coût et composantes additionnelles. Dans l’image ci-dessous, la bouteille de plastique qui contiendra de l’eau sera en descente à cause du mouvement de la force gravitationnel comme mentionné précédemment.

9.3 Compartiment électronique:

9.3.1 Capteur d’humidité:

Puisque notre client voulait un système consultable, pour cela nous avons intégré la fonction du capteur d’humidité. Ce dernier détecte l’humidité du sol à l’aide d’Arduino. Durant notre premier prototype, nous avons eu recours à un système d’allumage LED. Nous avons conçu un programme décrit comme suit: on a un capteur humidité (PinSensor) , une LEDvan qui est une lampe qui s'allume quand l'électrovanne est ouverte , 5 LED qui s’allument en fonction du pourcentage d’humidité. Nous avons programmé de tel sorte que la LED1 s’allume quand le pourcentage d’humidité est inférieur à 20% , LED2 qui s’allumera de plus quand le pourcentage d'humidité est entre 20% et 40% , LED3 va s’ajouter entre 40% et 60% , LED 4 entre 60% et 80% et la LED5 entre 80% et 100%, ce qui va nous rendre à 5 LED allumée quand l’humidité est maximale. Le but de ces lampes est de permettre au client ou utilisateur de connaître le niveau d'humidité sans avoir besoin d’un écran d’affichage. Dans l’image ci-dessous, une photo du fonctionnement des lampes peut être observée.



Suite à ce prototype, nous avons remarqué que dans le but de pouvoir observer les LED éteint ou ouvert, il est nécessaire d'avoir un matériel préférablement transparent. Nous avons pensé au plexiglass, mais malheureusement ce dernier est très coûteux, alors nous avons continué nos recherches. À cet instant il est devenu évident que nous allons avoir besoin d'un dispositif pouvant afficher les données d'humidité de la plante, mais en gardant le capteur d'humidité pour l'auto-arrosage. Alors, nous avons décidé d'acheter un détecteur de pH, température et humidité qui se placera directement dans la plante comme dans l'image montrée ci-bas.

9.3.2 Électrovanne:

L’électrovanne à 12 volts est une composante très importante puisqu'elle fait partie des composantes responsables de l’arrosage de la plante en eau. Celle-ci interagit avec le capteur d’humidité lui permettant d’ouvrir et de se fermer dépendamment des besoins de la plante. Un vidéo sur le fonctionnement de l’électrovanne peut être visionnée sur notre page MakerRepo dans un lien ajouter dans l’appendice.

9.3.4 Le polyacrylate de potassium:

Notre ingrédient secret pour établir un minimum d’entretien est le polyacrylate de potassium. Une poudre à grande efficacité pouvant retenir 300 fois le poids de l’eau agissant comme une réserve d’eau naturelle. Alors, au lieu de vérifier l’eau contenu dans le réservoir régulièrement, il ne suffit que de mélanger de la terre, de l’eau et la poudre en quantité prédéterminée et l’arrosage pourra aller 300 jours avant que la plante ait besoin d’un ajout d’eau dans son réservoir. Dans le tableau, nous avons effectué des comparaisons des quantités nécessaires pour l’arrosage. Dans le cas test, nous pouvons voir que pour un total de 5kg de terre et 5L d’eau, il suffit d’ajouter 5g de poudre. En conséquence, nous avons ajusté ces quantités pour qu'elles soient respectées, mais à une plus grande échelle. Notre jardinière a démontré qu’elle a besoin d’un total de 37kg, voulant dire que 7L d’eau seront ajoutés et 50g de la poudre.

Cas	QUANTITÉ DE POUDRE	QUANTITÉ DE TERRE	QUANTITÉ D'EAU	DURÉE ENTRE ARROSAGES SUCCESSIFS
Test	5 g	5 kg	5 L	**300 jours**
Final	50 g	37 kg	7 L	**300 jours**

Dans l'image, la transformation physique est illustrée pour montrer de quoi il s'agit après l'ajout de l'eau.

9.3 Pourquoi nous?

Si nous nous basons sur les produits déjà sur le marché, nous pouvons constater que plusieurs possèdent les différents critères que notre client recherche. Mais ce qui met notre jardinière à part, c'est le fait qu'elle répond à tous les critères. En premier lieu, notre planteur est esthétiquement beau puisque le bois et la couleur des plantes se complètent très bien. À l'aide de l'électrovanne et du capteur d,humidité, ceux-ci permettent de posséder l'aspect d'auto-arrosage. À l'aide des roches et de la terre, le planteur est très difficile à voler en raison du poids. Ceci étant dit, les roches permettent également d'aérer les racines de la plante pour éviter leur étouffement. Elle peut être consultée à l'aide du détecteur de pH, température et d'humidité qui peut afficher ces données-ci au client et aux utilisateurs. Sans oublier que la construction de notre jardinière est en dessous du coût limite, soit 100$. Bref, notre jardinière a été conçue de sorte qu'elle réponde à tous les besoins de notre client.

10. Catégorie

10.1 LDM (Liste des Matériaux)

Numéro	Description du composant	Quantité	Prix unitaire	Prix calculé (avec taxes)	Source
1	Arduino	1	6,19$	6,99$	EBAY
2	Contacteur	1	8,99$	10,15$	AMAZON
3	Capteur de pH, température et humidité	1	12,73$	14,38$	AMAZON
4	Électrovanne	1	12,00$	13,56$	AMAZON
5	Bois	5 x 5’	9,99$	11,28$	HOMEDEPOT
6	Porte-pile de 8	1	4,99$	5,63$	MAKERSTORE
7	Piles	2 x 4	1,25$	2,94$	DOLLARAMA
8	Polyacrylate de potassium	1 x 150g	12,99$	14,67$	O-GEL
9	Silicone + bâche	1	1,98$	2,23$	HOMEDEPOT
10	Capteur d’humidité	1	1,20$	1,35$	A2D ELECTRONICS
11	Terre	2	GRATUIT	GRATUIT	N.A
12	Tube	1	5,92$	6,68$	HOMEDEPOT
13	Raccords	2	1,51$	3,41$	HOMEDEPOT
14	Plante	2	2 x 1,00$	2,26$	HOMEDEPOT
15	Jumper cables	10	10 à 1,00$ -5 (M-M) -5 (F-M)	1,13$	MAKERSTORE

16	Résistance	6	GRATUIT	GRATUIT	MAKERSTORE
			Total	97,10$	

***Une liste des sources de chaque item peut se retrouver dans la bibliographie.

10.2 Liste d'équipements

Une fois que nous nous sommes assuré de l'achat de l'ensemble de nos matériaux, nous pouvons procéder à l'équipement que l'on va devoir avoir possession tels que les suivants:

- Une foreuse : La foreuse sert à assembler le bois ensemble.
- Une scie : La scie sera utile pour le coupage du bois.
- Une règle à mesurer: Celle-ci sert à bien mesurer les dimensions des planches de bois qui vont agir en tant que pot pour notre jardinière.
- Lime: La lime sert à raffiner les côtés des planches de bois après qu'elles ont été coupées.

10.3 Instructions de fabrication :

Dans la section qui va suivre, il vous sera présenté les différentes marches à suivre afin de reproduire à la lettre la fabrication de notre Jardinière.

Étant donné que notre prototype final est composé de deux compartiment, un compartiment électronique et un autre contenant toutes les composantes primordiales à l'alimentation des plantes tels que la terre, le tuyau d'eau et le réservoir d'eau. Alors ci-dessous sera les directives suivis pour la construction de chacune d'entre elles:

10.3.1Compartiment électronique:

Les matériaux nécessaire à cette étape-ci sont :

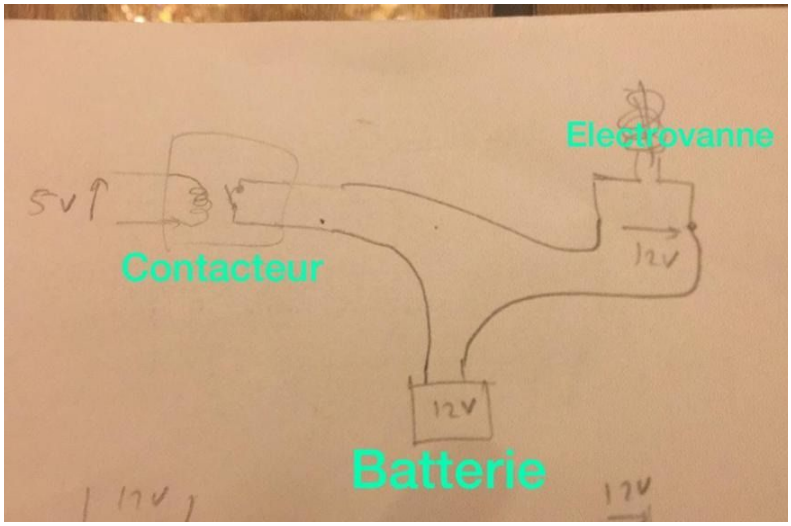
- 8 piles rechargeables AA+
- 1 porte pile pour 8 piles AA+
- Un Arduino Uno
- Un relais (ou contacteur)
- Un capteur d'humidité du sol programmable avec arduino
- Une électrovanne 12V
- Des fils électriques.

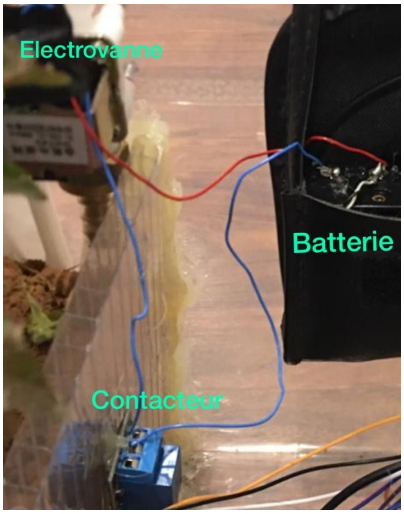
Les outils nécessaire à cet étape-ci sont :

- Un ordinateur pour faire entrer le code dans l'Arduino Uno.
- Soudeur.
- Bande adhésive noir (optionnelles pour une meilleure étenchéité)
- Quelques vis de fixation

Les étapes à suivre pour mener à bien la confection de ce circuit de commande sont les suivant :

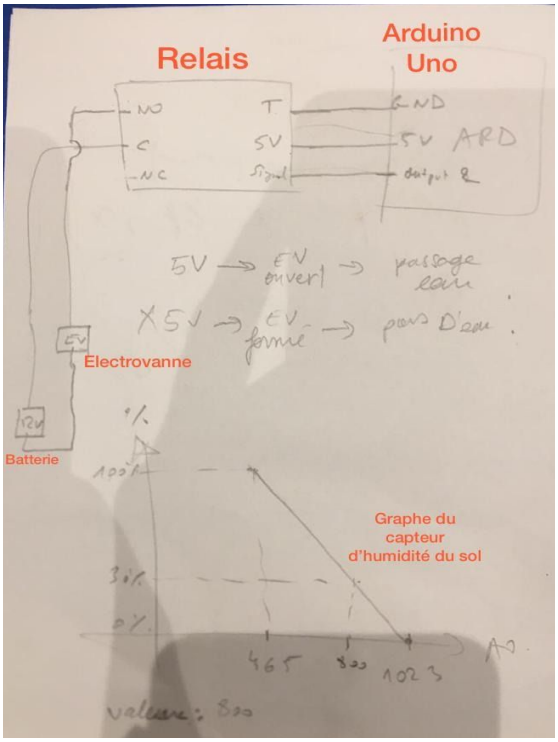
1. Mettre les piles dans le porte pile et relier à la batterie 2 fils électriques, l'un vers le contacteur et l'autre vers l'un des pôles de l'électrovanne.



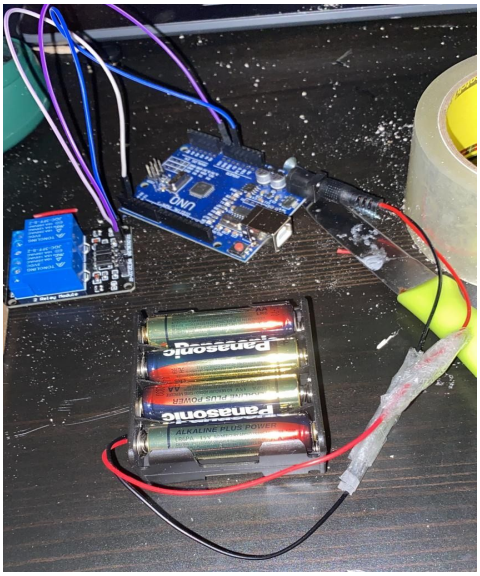


Dans la photo qui va suivre vous verrez le branchement exact qui doit être fait :

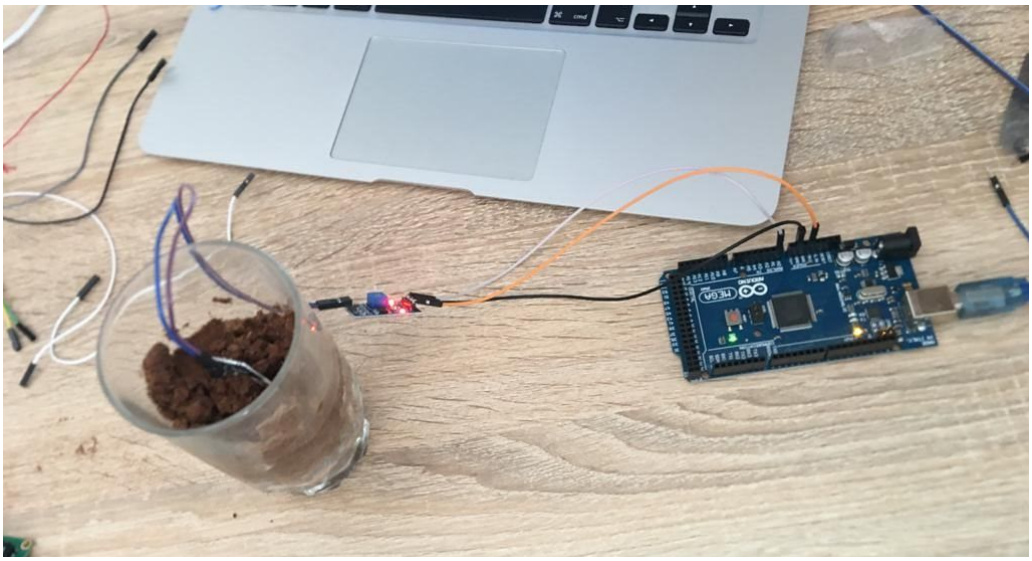
2. Il faut vérifier si l'électrovanne est normalement ouverte ou fermée puis fait le branchement qui convient afin qu'elle soit normalement fermée c.a.dire que sans courant elle ne laissera pas l'eau passer.
3. Pour ce qui est du contacteur , il sera relié quant à lui d'un côté à l'électrovanne et à la batterie, et de l'autre il sera relié à l'Arduino Uno en concordance avec ce que l'on a représenté sur le schéma ci-dessous:



4. Il faudra aussi utiliser un fil adaptateur qui représente l'entrée d'énergie électrique provenant de la batterie 12V vers l'arduino afin de pouvoir s'alimenter.



5. Vient ensuite le réglage du capteur d'humidité et de l'arduino : il faudra relier 3 jumper cables sortant du module adaptateur du capteur avec l'output analogique Analog A0 de l'arduino, l'arrivé de courant 5V ainsi que le Ground.



6. C'est l'étape de la programmation , il fraude ouvrir l'application de Arduino et insérez le code qui suit, c'est une version améliorée des codes fait lors des étapes de prototypage :

```
int PinSensor = A0;
int ValeurSensor = 0;
int pourcentage = 0;
const int signal = 2;
void setup()

{
  pinMode(signal, OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
}

void loop(){

 ValeurSensor = analogRead(PinSensor);
 pourcentage = ConvertEnPercent(ValeurSensor);
 AfficheValeurEtPourcentage();


 if ( pourcentage < 40)
   {
    digitalWrite(signal, HIGH);
    delay(5000);

    digitalWrite(signal, LOW);

delay(10800000);
   }
 else
  {
    digitalWrite(signal, LOW);
    delay(10800000);
   }

int ConvertEnPercent(int value)
{
 int ValeurPorcentage = 0;
 ValeurPorcentage = map(value, 1023,150, 0, 100);
 return ValeurPorcentage;
}
```

10.3.2 Compartiment de la plante:

Les matériaux nécessaire à cette étape-ci sont:

- Les planches de bois et bâton de bois.
- Des vis.
- Le silicone.
- Une bâche.

- Terre.
- Roches.

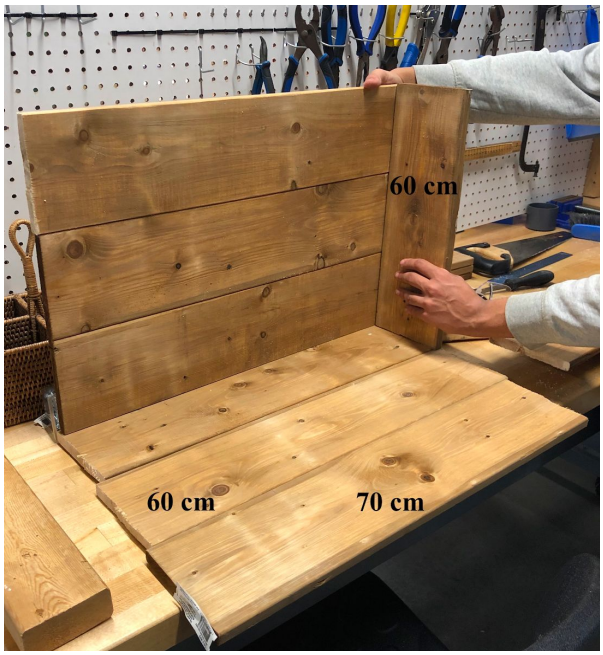
Les outils nécessaire à cet étape-ci sont:

- Foreuse.
- Scie.
- Lamelle.
- Lime.

Une fois que tout le matériel est présent, nous pouvons maintenant commencer à construire la boîte de notre jardinière:

1. Nous aurons cinq planches de 1 x 6 x 5’ ainsi qu’un bâton de bois de 6’ pour fixer l’intérieur de la boîte. Nous allons couper les planches suivant ces dimensions: trois planches seront coupées en trois morceaux de 70 cm et deux planches seront coupées en trois morceaux de 60 cm.

2. Suivis par ceci, nous allons placer le bois comme ceci et le coller à l’aide de vis.



3. Une fois que la partie extérieure de la jardinière est construite, nous allons procéder à la construction du compartiment électronique. Nous allons la construire avec des dimensions de 15 x 20 x 10 cm suivant la même procédure que la grande boîte.

4. Ensuite, nous allons coller le compartiment électronique sur le côté droit de la jardinière à l'aide des vis ainsi que le bâton de support du réservoir.

5. Par la suite, nous allons étendre une couche mince de silicone sur les côtés de la jardinière pour éviter les fuites d'eau.

6. Nous allons maintenant placer la bâche dans le compartiment de la plante et y disposer le tuyau en forme de spirale. Une fois que ceci est fait, une couche de roches sera placée au fond suivis de terre qui fera son chemin jusqu'au haut de la jardinière.

7. Dépendamment de la plante utilisée, celle-ci peut être plantée dans le compartiment et ajouter les capteurs.

11. Comment utiliser le prototype

Le prototype final sera construit d'un pot en bois munis d'un réservoir mis en hauteur afin d'avoir de la gravité et d'un compartiment spécial pour la partie électronique. Cette dernière sera composée de l'Arduino, l'électrovanne, le capteur d'humidité et le contacteur. L'électrovanne et le contacteur seront reliés par un tuyau troué qui va entourer la jardinière afin de permettre l'arrosage à travers la méthode de goutte à goutte. Grâce à ce branchement qui est catalysé par le cerveau arduino, le capteur d'humidité enverra deux sortes de messages. Le 1er cas c'est que la terre est humide, donc notre système est inactif d'où l'électrovanne est fermée. Pour le 2ème cas qui nous intéresse le plus c'est quand le capteur enverra un message comme quoi le sol est sec. En conséquence, le système deviendra actif . L'électrovanne sera ouverte et laissera couler l'eau dans le tuyau depuis le réservoir qui sera en hauteur afin de permettre la gravité d'envoyer l'eau vers la plante. On a également utilisé une substance soit disant magique qui rendra notre produit incontournable, le polyacrylate de potassium.

Notre prototype nécessite un minimum d'étapes pour le rendre fonctionnel dans son milieu. À vrai dire, nous pouvons commencer par trouver un milieu convenable pour notre dispositif tenant compte de ses dimensions (60 x 70 x 60 cm). Notre prototype peut s'adapter à n'importe quel lieu ou emplacement , il suffit de le placer dans un endroit ensoleillé et de remplir le réservoir quand il sera

vide. Lorsqu'un lieu lui a été désigné, nous pouvons maintenant nous préoccuper de la manière dont nous allons manipuler le planteur. Voici quoi suivre pour mettre le planteur en marche.

1. Tout d'abord, retirer le réservoir qui est en suspension sur le bâton de support.
2. Remplir celle-ci d'eau jusqu'à temps qu'elle soit pleine.
3. Une fois pleine, remettez là à sa position initiale sur le bâton.
4. Dans un grand bocale, préparer le mélange de terre (37 kg), d'eau (7L) et du polyacrylate de potassium (80g),
5. Dans le compartiment de la plante, ajoutez le mélange.
6. Placez le capteur d'humidité Arduino dans la terre, mais en s'assurant que ses fils font contact avec l'aire de l'extérieur et ne sont pas trempés dans la terre.
7. Placez les piles dans le porte-pile (si ce n'est pas déjà fait).
8. Insérez le capteur de pH, température et humidité dans la terre.
9. Voilà, le tour est joué!

À cet instant, l'utilisateur peut se réjouir de la belle biodiversité.

12. Comment maintenir le prototype

Plusieurs jardinières sont exigeantes au niveau du nettoyage et de l'entretien de celle-ci. Par contre, ce qui met notre jardinière à part de tous les autres est sa simplicité à se défaire ainsi que sa durabilité dans son environnement. Alors, notre planteur ne nécessite pas beaucoup de temps de maintenance, mais bien sûr, comme il est évident, il vaut mieux de toujours rester à l'égard de la jardinière puisqu'il est toujours possible qu'un imprévu se produise. Par exemple: il se peut qu'il y a des fuites d'eau qui découlent du planteur menant à de la moisissures ou même des dégâts dans le milieu. Une composante pourrait se briser pour une raison quelconque, ce qui affecte le processus d'auto-arrosage. Mais, malgré les possibles inattendus, notre prototype a été conçu de telle sorte que si de tels évènements se produisent, cette dernière peut s'adapter en conséquence. Pour maintenir la jardinière, il est préférable de passer chaque fin de mois afin de voir son état: l'eau devrait suffir pour une période de 300 jours, il n'est donc pas nécessaire de faire des changements à ce niveau-ci. Il faudrait néanmoins voir l'état des batteries rechargeables pour s'assurer de garder le système en marche. Pour ajouter, il faudra examiner le détecteur de pH, température et humidité pour voir si la plante a un déficit en eau ou autre minéraux (normalement la poudre devrait combler tout cela étant donné que cette dernière contient les minéraux nécessaires à la plante et sert de réserve d'eau naturelle). Pour ce qui est de la poudre, elle ne nécessite aucune maintenance puisqu'elle dure plus de 10 ans, donc aucune nécessité de la changer. Au cas où il y a un excès d'eau accumulé au bas de la jardinière, il est recommandé de venir durant les premières semaines pour le faire évacuer, mais à la suite de cela la poudre devrait prendre la relève et agir en tant qu'éponge pour éviter toutes pertes d'eau.

13. Conclusions et recommandations pour les travaux futurs :

Durant notre projet , on a acquis plusieurs compétences inédites qu'on n'avait jamais utilisées auparavant. Étant donné que c'est notre première expérience dans le monde de conception, on a suivi le modèle de pensée conceptuelle lors de la démarche de notre projet. Cette méthode est représentée par 5 étapes : l'empathie , la définition , l'idéation , le prototypage et les essais itératifs. On a eu à faire face à un vrai problème de conception avec une équipe composée de 5 membres. Cette expérience nous a pleinement aidé à appliquer les principes qu'on a appris en cours dans le monde réel. De plus, on a appris à affronter les conflits d'équipes en faisant intervenir nos énergies de solidarité et d'entretien .

Ce projet a eu un impact positif sur notre ouverture d'esprit en tant que futurs ingénieurs et nous a plus familiarisé avec l'analyse scientifique et ses conséquences et contraintes dans le monde réel. Sans oublier la compétence du prototypage rapide et efficace en faisant des esquisses à main levée.

Durant nos prochains projets , nous allons essayer de travailler plus efficacement en étant plus organisés, diminuer l'énergie résiduelle et augmenter le taux des autres énergies de travail. On essaiera aussi de faire un meilleur assignement de tâches de telle sorte que tout le monde ait une partie précise et éviter le mode multitâche.

Au cas où l'utilisateur veut maintenir le progrès que l'on a effectué jusqu'à présent, nous recommandons de toujours garder à l'esprit le coût et le temps qui sont deux grandes contraintes dans ce type de projet.

14. Remerciements :

Nous aimerions boucler notre conception avec des remerciements les plus sincères à notre professeur, Emmanuel Bouendeu ainsi qu'à nos professeurs assistants, Éric Hallé-Sherman et Mohamed Yassine Bouhamidi pour leur aide précieuse.

Aussi, nous remercions le personnel du MakerLab qui nous a permis d'accéder à leurs locaux et de réaliser notre projet, sans cela notre jardinière n'aurait pas vu la lumière du jour.

15. Bibliographie

«Potassium polyacrylate-Super Absorbent Polymer for Agriculture» Ma's Group Accédez le 10 septembre 2020. https://www.sapgel.com/potassium-polyacrylate-super-absorbent-polymer-for-agriculture/

Voici les sources que l'on a utilisé pour les matériaux

Numéro	Description du composant	Source
1	Arduino	EBAY https://www.ebay.ca/itm/Arduino-Uno-R3-Board-ATmega328P-CH340/313282197127?hash=item48f112f687:g:E94AAOSwfiJfb0LJ
2	Contacteur	AMAZON https://www.amazon.ca/-/fr/Lysignal-lumineux-Household-Appliance-contr%C3%B4le/dp/B073HX1DK2/ref=sr_1_8?__mk_fr_CA=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=relay+5V&qid=1606160449&sr=8-8
3	Capteur de pH, température et humidité	AMAZON https://www.amazon.ca/-/fr/Testeur-dhumidit%C3%A9-int%C3%A9rieur-ext%C3%A9rieur-pr%C3%A9cision/dp/B08F1V5KRH/ref=pd_sbs_86_9?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B08F1V5KRH&pd_rd_r=e859a038-b5b4-4dc0-8120-8c9629e4fd07&pd_rd_w=gdxG1&pd_rd_wg=k0Rz6&pf_rd_p=3885b243-7797-4c4b-b0ae-97ca9ec36283&pf_rd_r=TVJ420K6DV5SR9PETMMW&psc=1&refRID=TVJ420K6DV5SR9PETMMW
4	Électrovanne	AMAZON https://www.amazon.ca/-/fr/%C3%89lectrovanne-%C3%A9lectrique-filetage-plastique-distributeur/dp/B07KT84NRL/ref=sr_1_6?__mk_fr_CA=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=12v+water+solenoid&qid=1606946108&sr=8-6
5	Bois	HOMEDEPOT https://www.homedepot.ca/product/micropro-sienna-1-x-6-x-5-treated-wood-fence-board/1000790633
6	Porte-pile de 8	MAKERSTORE
7	Piles	DOLLARAMA https://www.dollarama.com/en-CA/p-5x-aa-carbon-zinc-batteries/3048634
8	Polyacrylate de potassium	O-GEL https://www.o-gel.com/fr/produit/o-gel-150g
9	Silicone + bâche	HOMEDEPOT https://www.homedepot.ca/product/dap-alex-plus-300-ml-white-acrylic-latex-caul

		k-with-silicone/1000158964 https://www.dollarama.com/en-CA/p-plastic-dropsheet/0600931
10	Capteur d'humidité	A2D ELECTRONICS https://a2delectronics.ca/shop/sensors/soil-hygrometer-moisture-humidity-sensor/
11	Terre	N.A
12	Tube	HOMEDEPOT https://www.homedepot.ca/product/canada-tubing-clear-vinyl-tubing-1-4-inch-inside-diameter-x-3-8-inch-outside-diameter-x-10-ft-coil/1001001956
13	Raccords	HOMEDEPOT
14	Plante	HOMEDEPOT https://www.homedepot.ca/product/poinsettia-potted-poinsettia/1000156128
15	Jumper cables	MAKERSTORE
16	Résistance	MAKERSTORE

APPENDICES

APPENDICE I: Fichiers de conception

Pour plus d'informations sur notre prototype final, une documentation détaillée est présentée sur le site MakerRepo. Vous pouvez y accéder à l'aide du lien suivant: https://makerepo.com/Christina11/les-jardignies-fa9.

Sur le site, vous allez pouvoir avoir accès au documents suivants:

- Vidéo sur le fonctionnement de l'électrovanne.
- Une vidéo de notre équipe résumant notre projet.
- Une vidéo sur les tests initiaux de notre premier prototype.
- Un tableau de matériaux.
- Des photos de notre prototype final.
- Une présentation de nos concepts clés de notre prototype.