

Hydroponie Éducative

par

**Maxime Viennot
Julien Lambert
Daniel Aubrey
Benjamin Cue
Ayoub El Ouali**

**Travail présenté à Professeur Patrick Dumond
Dans le cadre du cours
Génie de la conception GNG1503B**

**Faculté de génie
Université d'Ottawa
Le mardi 11 avril 2017**

Résumé

Au début du semestre nous avons été donnée la tâche de se mettre en équipe pour faire un projet de conception. Le but était de concevoir un système hydroponique relié à l'éducation. Pour faire cela nous avons dû commencer par former une équipe de cinq personnes. Après avoir assemblée notre équipe et comprendre notre dynamique nous avons pu débiter le processus de conception. Pour ce projet nous avons utilisé la méthode de conception qui se nomme le "Design Thinking". Cette méthode est constitué de cinq étapes: empathiser, définir, concevoir, prototypage, essai. En résumé nous avons commencé par rencontrer notre cliente potentielle afin des déterminer les besoins et ainsi trouver le problème à résoudre. De ceci, nous pouvons commencer à rédiger nos critères de conceptions qui seront essentielles pour générer des concepts préliminaire. Nous avons ensuite créé un prototype à partir du meilleur concept préliminaire. Après avoir obtenu de la rétroaction nous avons pu créer deux autres prototypes pour arriver à une solution raffiné. Ce processus qu'on a suivi pour la conception de notre système hydroponique sera discuté tout au long de ce document.

Table de matière

Résumé	1
Table de matière	2
Liste des figures	3
Introduction	4
Développement	5
Empathiser	6
Définir	9
Concevoir	10
Prototypage	18
Prototype 1	18
Prototype 2	22
Prototype 3	27
Essai	34
Conclusions	35
Recommandations	35
Bibliographie	36

Liste des figures

Figure 1 - Pyramide d'apprentissage	4
Figure 2 - Notes prises durant la première rencontre avec notre cliente	8
Figure 3 - Notes prises durant la première rencontre avec notre cliente	8
Figure 4 - Concepts préliminaires de Julien	11
Figure 5 - Concepts préliminaires de Julien	11
Figure 6 - Concepts préliminaires de Julien	11
Figure 7 - Concepts préliminaire de Maxime	12
Figure 8 - Concepts préliminaire de Maxime	12
Figure 9 - Concepts préliminaire de Maxime	12
Figure 10 - Concepts préliminaires de Benjamin	13
Figure 11 - Concepts préliminaires de Benjamin	13
Figure 12 - Concepts préliminaires de Benjamin	13
Figure 13 - Concepts préliminaire d'Ayoub	14
Figure 14 - Concepts préliminaire d'Ayoub	14
Figure 15 - Concepts préliminaire d'Ayoub	14
Figure 16 - Concepts préliminaire de Daniel	15
Figure 17 - Concepts préliminaire de Daniel	15
Figure 18 - Concepts préliminaire de Daniel	15
Figure 19 - Meilleur concept 1	16
Figure 20 - Meilleur concept 2	17
Figure 21 - Meilleur concept 3	17
Figure 22 - Prototype 1	18
Figure 23 - Diagramme de Gantt pour le premier prototype	21
Figure 24 - Prototype 2	23
Figure 25 - Diagramme de Gantt pour le deuxième prototype	26
Figure 26 - Prototype 3	28
Figure 27 - Capture d'écran du code Arduino utilisé	31
Figure 28 - Diagramme de Gantt pour le troisième prototype	34

Liste des tableaux

Tableau 1 - Classement d'importance des besoins du client	6
Tableau 2 - Exigences fonctionnels	9
Tableau 3 - Contraintes	10
Tableau 4 - Exigences non fonctionnelles	10
Tableau 5 - Avantage et désavantage des concepts préliminaires de Julien	11
Tableau 6 - Avantage et désavantage des concepts préliminaires de Maxime	12
Tableau 7 - Avantage et désavantage des concepts préliminaires de Benjamin	13
Tableau 8 - Avantage et désavantage des concepts préliminaires d'Ayoub	14

Introduction

Tout d'abord, puisque notre projet est axé sur l'éducation il est important comprendre comment les enfants d'un jeune âge apprennent efficacement

Comme le démontre la pyramide d'apprentissage à la figure 1¹, il est facile de voir que l'apprentissage est le plus effectif lorsqu'on y discute en groupe (50%), quand nous pratiquons (75%) et lorsqu'on enseigne aux autres (90%). Il est donc crucial d'appliquer ces méthodes ci pour enrichir l'éducation.

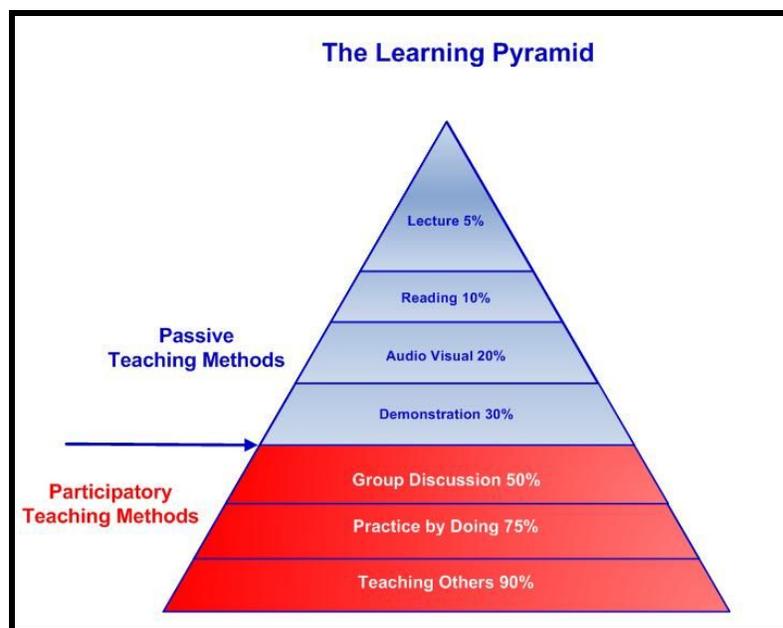


Figure 1 - Pyramide d'apprentissage

Enfin, ceci nous apporte à la demande posé par la cliente. La cliente, une enseignante du carleton district school board, nous a demandé de créer un système hydroponique spécifiquement pour les étudiant du primaire et du secondaire. Avec ce système, notre cliente espère enrichir l'apprentissage de ses élèves. Plus spécifiquement, elle veut que ses élèves puissent apprendre de nouvelles connaissances dans divers milieux comme la biologie, l'entrepreneuriat, la technologie et autres volets académiques. Tout cela en donnant un sens de responsabilité et des habiletés de résolution de problèmes.

Aussi, notre cliente a déjà un système hydroponique professionnel mais, celui-ci est extrêmement chère (4000\$). Ce système est très fonctionnel mais il a été conçu spécifiquement

1

<http://thepeakperformancecenter.com/educational-learning/learning/principles-of-learning/learning-pyramid/>

pour pousser des plantes donc notre clientes doit se servir de son imagination pour y trouver des bénéfices éducatif. Elle aimerait un système moins chère pour que plusieurs salle de classe puisse s'en procurer ainsi qu'un système qui priorise le côté éducatif de notre projet.

Les utilisateurs pour notre projet seront des élèves du primaire et secondaire. Afin que les élèves puissent faire leurs propres expériences et projets avec le système, il faut que celui-ci soit complètement fonctionnel. C'est à dire, il faut que les plantes puissent y pousser. En plus, le système doit être capable d'être placé dans l'école et laisser fonctionner par lui-même sans surveillance. Il est aussi primordial que le système soit sécuritaire et accessible pour les enfants de différents âges et de différentes tailles. Le système doit être capable de contenir suffisamment de gobelets pour que chaque élève de la classe aient une plante individuelle. De plus, l'expérience utilisateur de l'aspect technologique doit être plaisante, donc le système arduino du système doit être facile à utiliser ainsi que facile à modifier par les étudiants.

Notre concept de système hydroponique permet plusieurs avantages pour une fraction du prix. Notamment:

- Il permet de pousser jusqu'à 22 plantes
 - Assez de plantes pour une classe complète
- Concept très simple
 - Il est facile d'y retrouver de l'information sur internet (<http://www.jasons-indoor-guide-to-organic-and-hydroponics-gardening.com/homemade-hydroponics.html>)
 - Facile à reproduire à la maison
- Le système d'arduino est très facile à programmer
 - Il pourra être utilisé comme outil d'apprentissage technologique pour les élèves
 - L'écran LCD, le sensor de température ambiante et celui pour l'eau sont déjà inclus
- Il est muni d'une pompe à air pour oxygéner la solution de nutriments
- À l'habileté de faire pousser plusieurs plantes à leur maximum
 - Beaucoup d'espace entre les plantes
- La structure est stable et montée sur des roues pour y permettre de la mobilité
 - Les roues ont des freins intégrés
- Le système au complet nous a coûté 70\$
- Le système est très gros (7 pieds de large, 4 pied de hauteur) donc il attire continuellement l'attention des élèves

Enfin, ce document servira comme rapport final de notre processus de conception passant par le processus du design thinking vu en classe. Il va résumer notre expérience de conception, nos défis, nos succès et nos leçons apprises.

Développement

Empathiser

L'empathie est une partie cruciale du design thinking que la plupart des débutant en conception prennent pour acquis. Elle est essentiel pour bien comprendre les besoins des clients et des utilisateur afin que le produit finale de notre conception répondre à tous les besoins possibles qu'ils pourraient avoir. Dans cette étape, notre imagination est une toile vierge et nous laissons les clients être les peintres. Pour faire cette étape nous avons eu une rencontre avec une cliente en salle de classe. Elle a fait une courte présentation de ses besoins et ses attentes. Elle a mentionné qu'elle avait déjà un système hydroponique avec lequel elle était satisfaite mais elle aimerait en avoir plusieurs autres à un prix plus abordable. Après la courte présentation de notre cliente nous avons eu la chance de poser divers questions. Vous pouvez voir les notes prise de cette courte présentation dans les figures 2 et 3. Nous avons compris que le but principale de notre cliente n'est pas de faire pousser des plantes mais d'éduquer et de responsabiliser les élèves à l'aide de l'hydroponie. Nous avons aussi appris que notre cliente travail dans une école qui associe beaucoup d'importante à l'énergie renouvelable ainsi qu'au développement durable. Elle en associe aussi énormément à la technologie; même que certains de ses élèves ont des aptitudes en programmation par exemple des connaissances au langage C et avec des microcontrôleurs arduinos et raspberry pi. Après avoir recueillis tous cette informations nous l'avons analyser pour définir les besoins de notre clientes. Voici un tableau de ces besoins:

Tableau 1 : Classement d'importance des besoins du client

Très important	Important	Peu important
Le système aide la compréhension des élèves dans divers volets académique(technologie, biologie, entrepreneuriat, etc)	Un système qui maximise la production en occupant le moins d'espace possible.	Avoir un esthétique propre puisque sinon le financement de divers entreprises ne sera peut-être pas donné.
Donner aux élèves un sens de responsabilité avec ce système (entretien, ajout d'autres éléments, construction, attribution des tâches)	Le coût du système doit être minime puisque l'argent sera ainsi des contributions venant de divers entreprises.	Avoir un système qui peut facilement être déplacé

<p>Un système qui peut rentrer dans une salle de classe(porte).</p>	<p>Un système efficace permettant de produire assez de fruits/légumes pour ramasser assez d'argent pour une charité.</p>	<p>Un système relativement facile à répliquer</p>
	<p>Un système qui facilite la cultivation de légumes qui poussent vites puisque les élèves utilisent ceux-ci (ex: laitue)</p>	
	<p>Un système facile à entretenir.</p>	

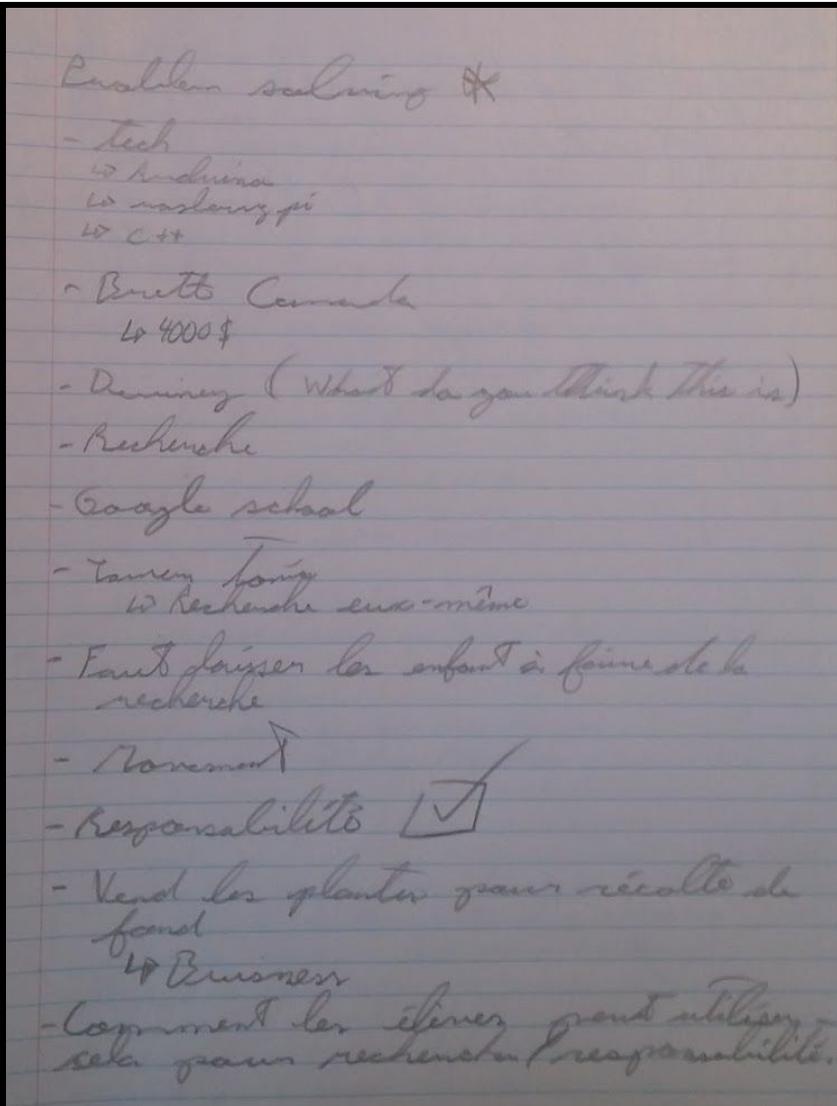


Figure 2 - Notes present during the first meeting with our client

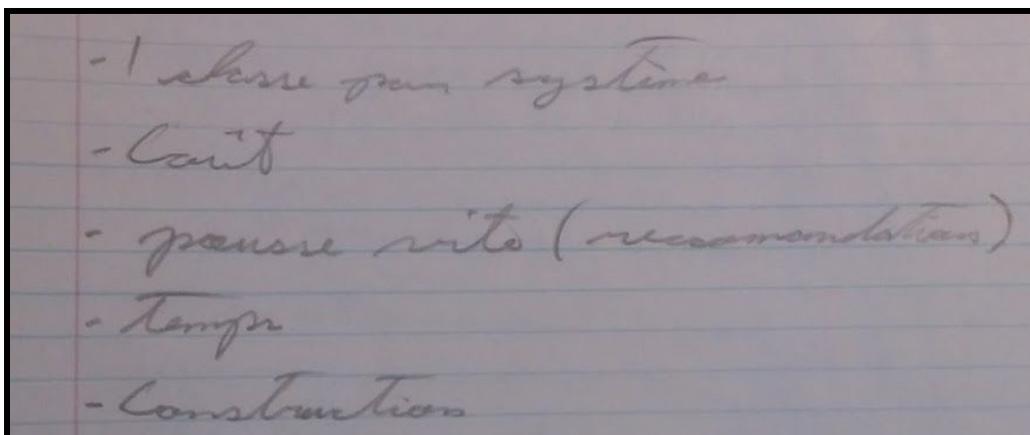


Figure 3 - Notes present during the first meeting with our client

Définir

Pour l'étape de définition, notre but était de prendre les besoins recueillis de l'étape précédente et de les rendre en énoncés et métriques afin de pouvoir une meilleure vue sur ce que la cliente veut.

Ceci dit, après avoir recueilli tous les données de notre cliente potentielle et avoir établi les besoins, nous avons établis l'énoncé de problème suivant:

“Les professeurs ont besoin d'un système hydroponique pour faire pousser des plantes dans les classes afin d'aider les étudiants à développer leurs connaissances (biologie, technologie, entrepreneuriat, etc). Le système doit être facile à entretenir avec un coût minime et facile à opérer tout en posant un problème stimulant pour les élèves.”

De cette énoncé de problème nous sommes capable de définir qui sont nos clients et qui sont nos utilisateurs.

Clients: Les professeurs du primaire et du secondaire.

Utilisateurs: Les élèves du primaire et du secondaire qui vont utilisé, modifié et expérimenter avec notre système.

Par après, il était important d'établir des critères de conception afin de permettre une bonne transition vers la conception. Les critères de conception sont eux-mêmes séparé en exigences fonctionnel, contraintes et exigences non-fonctionnel. Nous les avons dérivé de les besoins interprété démontré dans l'étape précédente. Ces critères de conception sont définis dans les tableaux 2 à 4.

Tableau 2: Exigences fonctionnels

Critères de conception	Relation	Valeur	Unité de mesure	Méthode de vérification
Nombre de plantes qui peuvent pousser	>	20	Plantes	Analyse
Facilité à faire des modifications	=	oui	s.o.	Essai
Facilité à y faire l'entretien	=	oui	s.o.	Essai

Accès à l'électricité	=	oui	s.o.	Essai
-----------------------	---	-----	------	-------

Tableau 3: Contraintes

Critères de conception	Relation	Valeur	Unité de mesure	Méthode de vérification
Dimensions	<	1.5(hauteur) x 2.5(longueur) x 0.64(largeure)	Metres	Analyse
Coût	<	Montant fournis par commanditaires	Dollar canadien	Estimation
Habilité à pousser divers type de plantes	=	oui	s.o.	Analyse
Poid	<	100	lb	Analyse

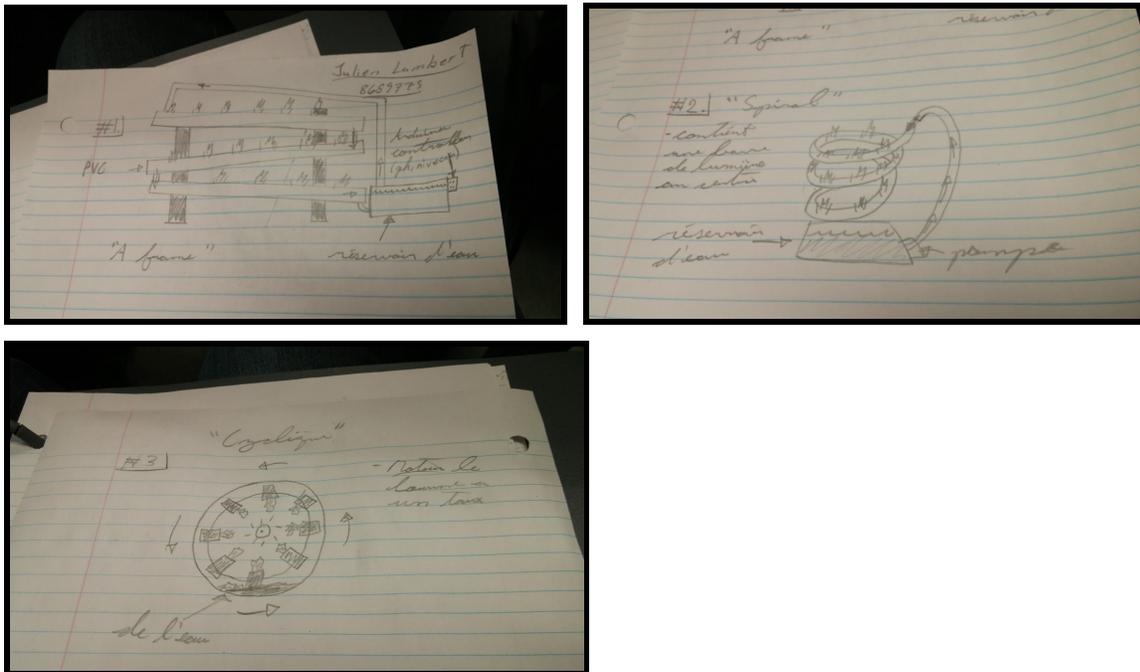
Tableau 4: Exigences non-fonctionnel

Critères de conception	Relation	Valeur	Unité de mesure	Méthode de vérification
Fiabilité	=	Oui	s.o.	Essai
Esthétique	=	Oui	s.o.	Essai
Intuitivité	=	Oui	s.o.	Essai
Durée de vie	>	5	ans	Essai
Sécurité	=	Oui	s.o.	Essai

Concevoir

La définition du problème, des clients et des utilisateurs nous mène d'abord à l'étape de conception. Le but de cette étape est de créer le plus de solutions au problème et en choisir la plus commode pour l'application. Ceci se prouve être un processus qui demande beaucoup de créativité. Il est aussi important de ne pas se décider sur une idée spécifique à ce point puisqu'il est bon d'avoir beaucoup de choix à présenter pour recevoir de la rétroaction. Cela permettra aux concepteurs d'avoir des exemples de points positifs et aussi négatifs. Ultimement, cela va aider les concepteurs. Qui dans ce cas est nous.

Nous avons appliqué ceci en faisant 3 remue méninges aussi créatif que nous le voulons. Tout en faisant sur que chacun soit basé sur les besoins établis dans l'étape précédente. Les remues méninges effectués sont présentés dans les figures 4-18. Par après, nous en avons établis les avantages et désavantages pour chacun en équipe. Comme démontré dans les tableaux 5-9. Ensuite nous y avons choisi les 3 meilleurs concepts (figures 19-21) selon nous et nous avons effectué un étalonnage comme démontré à la tableaux 10. Nous avons effectuer un pointage de 1(rouge), 2(jaune) et 3(vert) et nous les avons multiplié à la fin pour montrer quel serait le meilleur. Dans notre cas cela se trouve à être le concept 3.

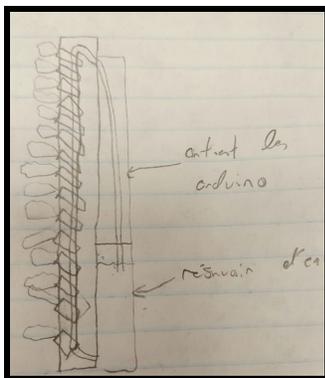
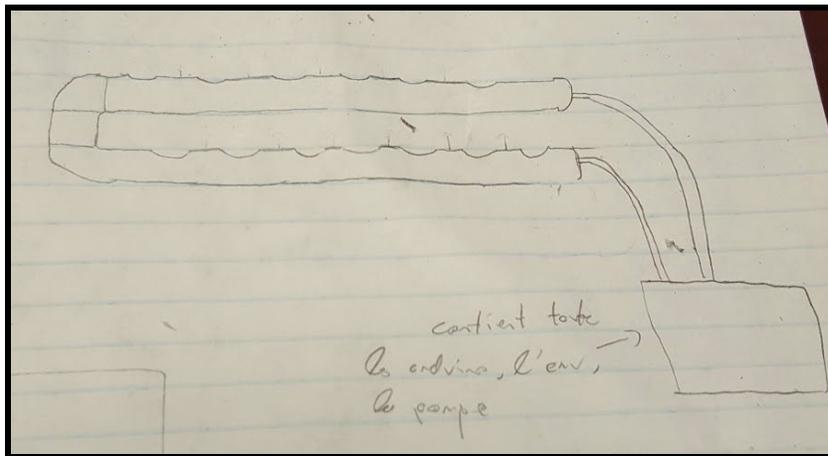
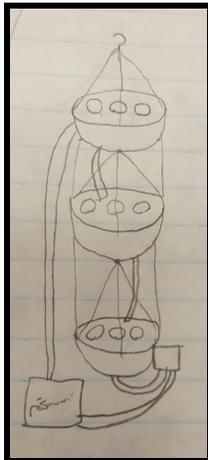


Figures 4-6 - Concepts préliminaires de Julien

Tableau 5 - Avantage et désavantage des concepts préliminaires de Julien

Idée	1	2	3
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Moin chère à construire -Peut avoir beaucoup de plantes -Facilement modifiable avec l'arduino 	<ul style="list-style-type: none"> -Facile à contrôler et surveiller les plantes -Permet un taux de croissance plus élevé dû au système de lumière. -Facilement modifiable avec l'arduino 	<ul style="list-style-type: none"> -Présente une nouvelle façon innovante de faire un système hydroponique. -Facilement modifiable avec l'arduino

Désavantages	<ul style="list-style-type: none"> -Peut atteindre une grosseur trop grosse pour une salle de classe -Doit avoir une source de lumière constante pour alimenter les plantes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Difficile à construire -Contient une structure possiblement fragile 	<ul style="list-style-type: none"> -Ce système ne fonctionnera pas pour tout les plantes -Difficile à observer et entretenir le plantes dans le tube.
--------------	--	---	---

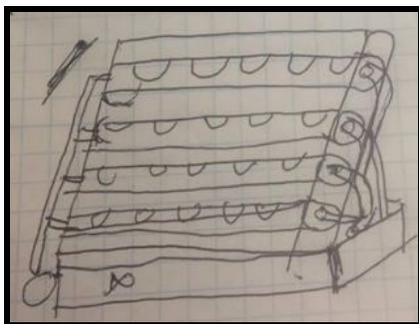
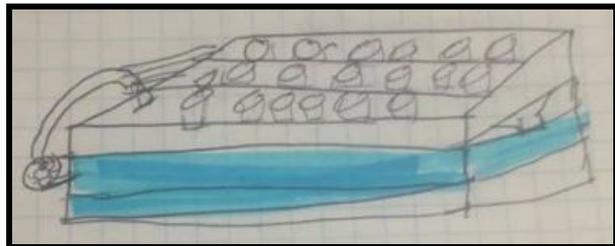
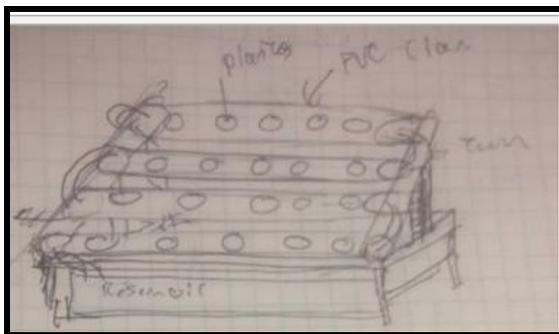


Figures 7-9 - Concepts préliminaire de Maxime

Tableau 6 - Avantages et désavantages des concepts préliminaires de Maxime

Idée	1	2	3
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Peut être accroché n'importe où dans la classe -Ne requiert pas de base -Minimise la surface 	<ul style="list-style-type: none"> -Le système est bougeable autour de l'axe vertical. -Peut être suspendu au mur ou au plafond -Système par lui 	<ul style="list-style-type: none"> -Système élégant -Vertical donc permet d'occuper le moins d'espace possible -Tous les outils et les réservoirs sont situé

	utilisé en classe puisque c'est vertical	même est solide	à l'arrière et donc caché -Une lumière placé au-dessu pourrait être assez pour tout le système
Désavantages	-Peut s'avérer fragile -Si le système tombe beaucoup sera perdu	-Pas stable -Nécessite une base qui n'est pas accroché au système	-Nécessite une stabilisation, serait facile à faire tomber sans soutien -Difficile à construire -Doit être orienté vers le soleil donc ne peut pas être sur les murs des fenêtres

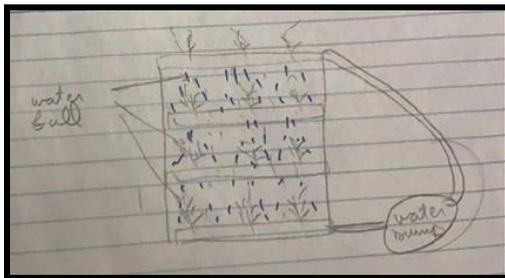
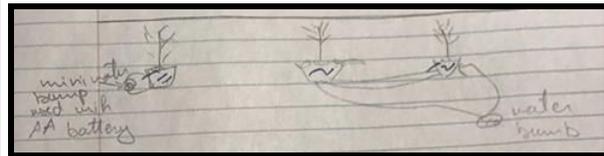
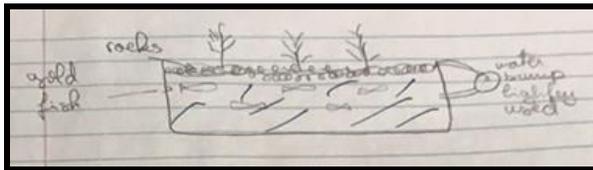


Figures 10-12 - Concepts préliminaires de Benjamin

Tableau 7 - Avantages et Désavantages des concepts préliminaire de Benjamin

Idée	1	2	3
Avantages	-Occupe peu d'espace -facile à observer la	-Bonne circulation d'eau -poids repandue (plus	-occupe peu d'espace -facile à observer la

	croissance des plantes -bonne repartition des nutriments	stable) -facile a entretenir	croissance des plantes -rangers independantes
Désavantages	-peut avoir de la difficulté à rejoindre le top -pauvre circulation de l'eau dans le réservoir -peut avoir de la difficulté à entretenir les plantes haute.	-prends beaucoup de place -peut avoir de la difficulté à rejoindre les plantes du centre -mettre contre un mur réduit l'accès aux plantes.	-pauvre répartition des minéraux -pauvre circulation d'eau -peut avoir de difficulté à rejoindre le top

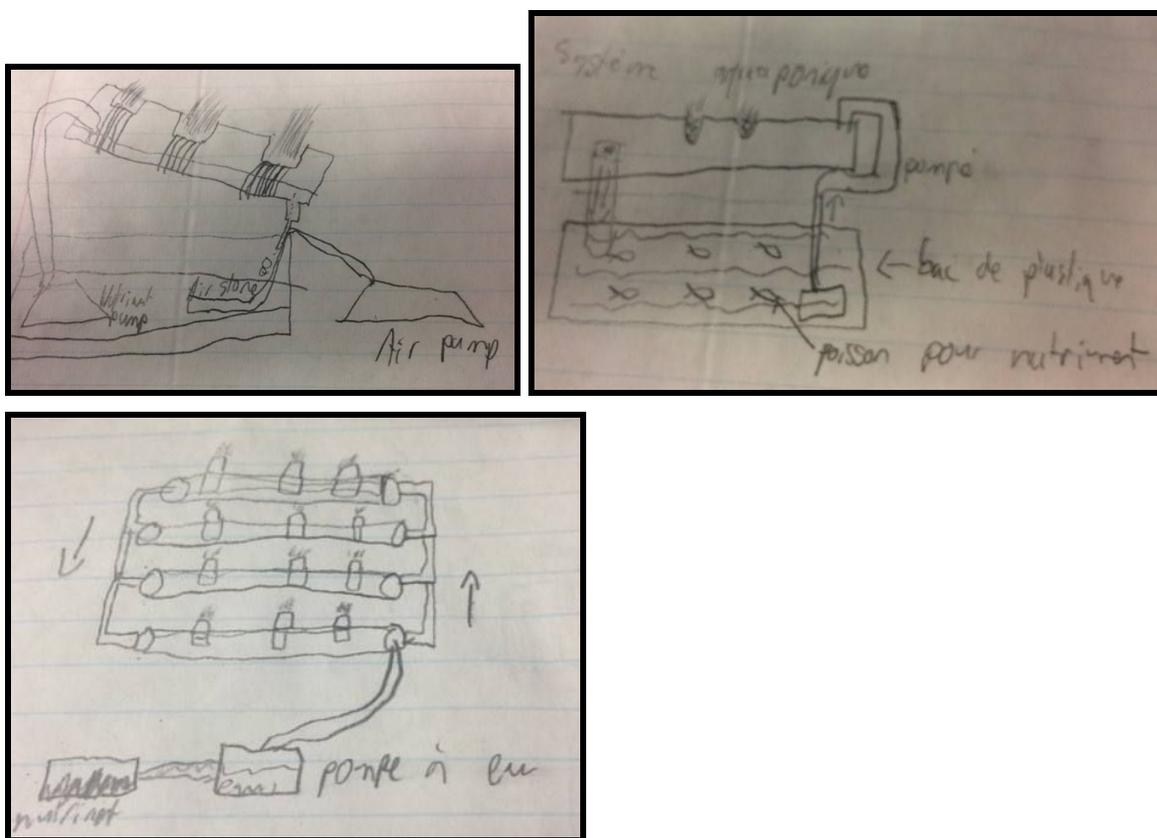


Figures 13-15 - Concepts préliminaire d'Ayoub

Tableau 8 - Avantages et Désavantages des concepts préliminaire d'Ayoub

Idées	Avantages	Désavantages
1	Plus écologique Moins d'électricité utiliser decoratif	La taille de l'aquarium Le soins des poissons
2	Capabilité de le faire juste dans un bureau Très petit capable de planter une plante Decorarif Plusieurs type de plantes différentes	Le cout pour chaque pot Le bruit soumis par la water bump

	Peut fonctionner avec des panneaux solaires Il peut être plus needed au marché par des clients	
3	Plus décoratif ca peut être dans les place publique Une seul water bump On peut ajouter plus des adds on pour économiser de l'énergie comme une turbine	Ca prends beaucoup d'espace Ca peut prendre aussi un peu plus de maintenance que les autres



Figures 16-18 - Concepts préliminaire de Daniel

Tableau 9 - Avantages et désavantages des concepts préliminaire de Daniel

Idée	1	2	3
Avantages	Ce système est fonctionnelle et	Idées original	On peut pousser plusieurs plantes en même temps

	<p>souvent utilisé pour l'hydroponie</p> <p>Ce système est économique</p> <p>Ce système est relativement facile à bâtir</p>	<p>Les poissons sont une responsabilité pour les élèves</p> <p>Les élèves apprennent la biologie des plantes ainsi que des poissons</p>	<p>Le système est fonctionnelle et est souvent utilisé</p> <p>Le système de prend pas beaucoup d'espace</p> <p>Le système est relativement facile à bâtir</p> <p>Le système est économique</p>
Désavantages	<p>Ce système n'est pas original</p> <p>Le système n'ajoute pas un aspect technologique pour les jeunes</p>	<p>Demandes de l'attention continuelle pour nourrir les poissons qui peut causer un problème durant les vacances ou les fin de semaines</p> <p>Le système n'est pas aussi fiable que le système avec des nutriments achetés</p> <p>L'aspect des poissons présente un défi supplémentaire au niveau de la conception, qui ajoute du temps</p>	<p>Le système n'est pas original</p> <p>Le système n'a pas d'effet "wow" au niveau visuel</p> <p>Le système manque d'originalité</p>

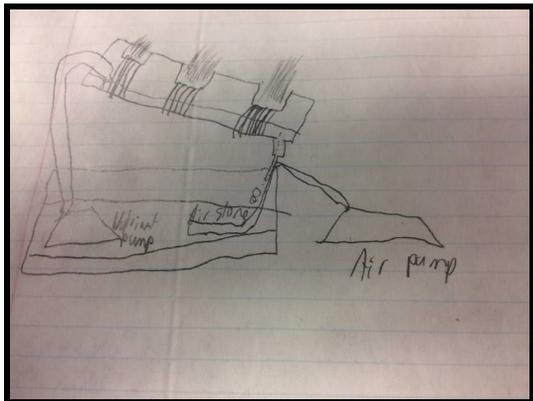


Figure 19: Meilleur concept 1

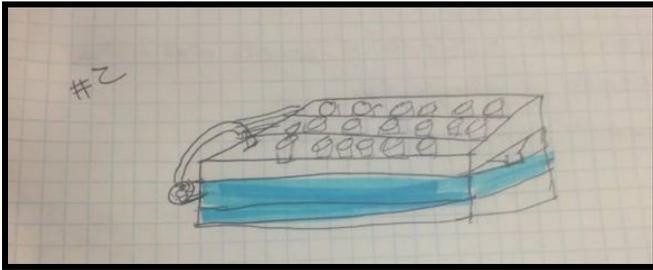


Figure 20: Meilleur concept 2

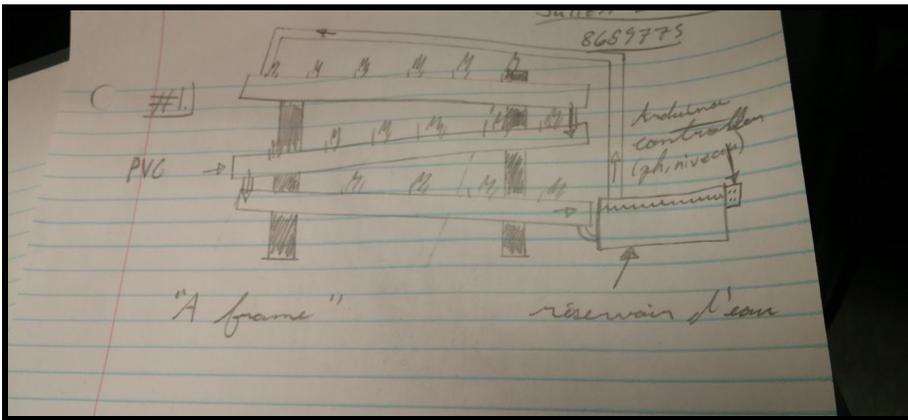


Figure 21: Meilleur concept 3

Tableau 10: Étalonnage des trois meilleurs concepts

Besoin	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Système qui aide la compréhension des élèves dans divers volets académique. (5)	Yellow	Yellow	Green
Un système qui peut rentrer dans une salle de classe (5)	Green	Green	Green
Pousse beaucoup de plantes (4)	Red	Green	Green
Esthétique (3)	Yellow	Green	Yellow
Gros (2)	Yellow	Yellow	Green
Entretien facile (3)	Green	Yellow	Green

Facilement déplaçable (3)			
Points	57	65	75

Prototypage

Prototype 1

À partir des concepts préliminaires générés nous avons été capable d'identifier un concept qui nous permet de résoudre le problème initial. Nous pouvons donc commencer l'étape du prototypage. Pour cette étape nous voulons commencer par créer un prototype qui nous permettra de confirmer la faisabilité de notre concept. Pour ce faire cela nous avons commencé par faire un plan d'essai afin de déterminer le comment et le pourquoi de ce prototype. En autres mots, nous voulons déterminer l'approche que nous allons utiliser pour la résolution de notre prototype avant de le construire ce qui nous fera économiser du temps. Ces plans d'essais nous permettent de comprendre en détail ce que nous voulons apprendre de nos prototypes. Vous pouvez aussi voir notre prototype 1 à la figure 22.

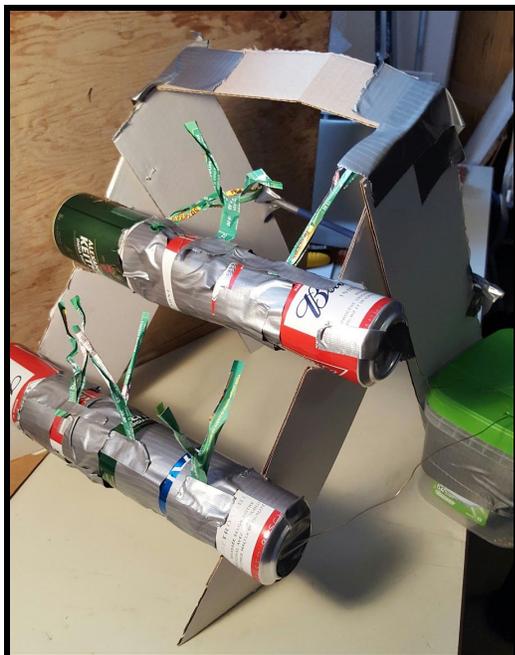


Figure 22 : Prototype 1

Pourquoi est-ce qu'on fait cet essai?

Ce prototype ci est un prototype qui va être utilisé comme preuve de concept. Le but primordial de celui-ci est donc de communiquer notre idée avec les clients/utilisateurs mais, il sera aussi être utilisé comme un outil pour apprendre les aspects critiques de notre concept.

Il est nécessaire de pouvoir faire un prototype qui pourrait communiquer notre vision du système en personne pour pouvoir être capable de le montrer aux clients/utilisateur pour enfin avoir de la rétroaction(positive et négative) pour modifier notre concept avant d'avoir fait un prototype plus permanent ou nous devrions changer au complet notre prototype.

Description des objectifs de l'essai

Quels sont les objectifs spécifiques de l'essai?

Les objectifs spécifiques de cette essai est de visualiser notre idée pour notre système. Ce prototype est juste une preuve de concept donc, nous allons en servir comme base pour les prochains prototypes. Ceci nous permettra plus facilement de concevoir des modifications et de ultimement améliorer notre produit. Cela va être fait puisque nous allons recevoir de la rétroaction des clients/utilisateurs.

Qu'est-ce qu'on peut apprendre ou communiquer exactement avec ce prototype?

Avec un prototype, il sera plus facile à indiquer quelles parties ont besoin d'amélioration. À partir de la rétroaction du client et d'utilisateurs potentiels nous pouvons faire les modifications appropriés lors du prochain prototype. Nous voulons aussi communiquer l'idée de base de notre concept. Nous avons accomplis cela en faisant un prototype très simple. Ceci permet de dépenser un nombre minimal de ressources tout en communiquant un message clair.

Quels sont les types de résultats possibles?

Ceci est un prototype preuve de concept donc nos résultats devront être interprété loosely. Cela est plus un test pour avoir de la rétroaction des clients et utilisateurs afin de leurs montrer comment notre produit final va ressembler et recevoir de la rétroaction de leur part. Des résultats possible peuvent être à propos des dimensions de notre prototype ou bien la fonctionnalité en général.

Comment est-ce que ces résultats vont aider à prendre des décisions ou choisir des concepts?

Ces résultats vont nous aider à décider quels idées ont besoin d'être ajouté, modifié ou enlevé. Avec des opinions en dehors de notre groupe et de la part des clients/utilisateurs nous pouvons voir certaines améliorations que nous auront pas vue dans notre analyse.

Quels sont les critères pour le succès ou la faillite de l'essai?

Puisque c'est un prototype "preuve de concept", les critères de succès ne sont pas élevés.

Succès:

- Les clients/utilisateurs aime le prototype/concept présenté.
- Conforme aux normes de la physique en format plus gros.
- Améliorations peuvent être ajoutés.
- Satisfait les critères de besoin mentionner dans les livrables précédents.

Faillite:

- Les clients/utilisateurs n'aime pas le prototype.
- Le prototype ne fonctionnera pas dans un format plus gros("Lifesize").
- Satisfait les critères de besoin mentionner dans les livrables précédents.

Qu'est-ce qu'on va faire et comment?

Décrivez le type de prototype (p. ex. ciblé ou compréhensif) et la raison pour avoir choisi ce type de prototype.

Ce prototype sera du type compréhensif car nous allons pas nécessairement être capable de produire et développer nos sous-systèmes avant d'avoir la base complète du système préparer. Celle-ci aura aussi un effet sur comment les sous systèmes fonctionnent.

Aussi, c'est du type compréhensif puisque ce sera un prototype preuve de concept de tout l'ensemble au complet. Nous devons aussi se servir des critères de besoins établis dans les livrables précédents afin de construire un prototype que l'on pourrait utiliser plus tard comme gabarit.

Décrivez le processus d'essai avec assez de détail pour permettre quelqu'un autre que vous de construire et essayer le prototype.

Le processus d'essai de cette partie était de construire un prototype "preuve de concept" pour pouvoir représenter physiquement en trois dimension notre concept pour le système hydroponique. Cette partie a été fait avec des matériaux 100% recyclé et a eu un coût effectif de 0.00\$. Pour représenter les tuyaux en PVC nous avons utilisé des canettes d'aluminium, nous avons fait 2 tuyaux. Pour soutenir les tuyaux nous avons représenté le cadre de la structure en carton, dans le prototype final ce sera en bois. Pour représenter la pompe nous avons utilisé un objet quelconque, mis à l'intérieur du réservoir représenté par une boîte en plastique quelconque.

Quelle information sera mesurée?

La stabilité de la forme de notre système sera mesuré.

Qu'est-ce qui sera observé et comment est-ce que ce sera enregistré?

La fonctionnalité de la structure choisie est observée. Comme mentionné ci haut ce prototype n'est qu'une preuve de concept donc l'observation est fait pour vérifier si notre concept imaginé est une possibilité avec des objet physique.

Quels matériaux sont requis et quelle est l'estimation de leurs coûts approximatifs?

Comme mentionné plus haut, pour représenter les tuyaux de PVC nous avons utilisé des cannettes d'aluminium. Pour représenter le cadre qui soutient les tuyaux ou les plantes vont pousser, on a utilisé du carton. Pour représenter la pompe nous avons utilisé un taille crayon quelconque ou des fils ressortent pour représenter les tuyaux. Enfin, pour représenter le réservoir nous avons utilisé une boîte de plastique quelconque. Tous les matériaux sont 100% recyclé et le coût total du prototype est 0.00\$.

Quel travail (p. ex. logiciel d'essai ou travail de construction ou de modélisation ou de recherche) doit être fait?

La construction du prototype doit être fait pour que l'essai soit fonctionnel. Une analyse par après est nécessaire.

Comment est-ce que cela va se passer?

Combien de temps est-ce que l'essai va prendre et quelles sont les dépendances (c.-à-d. qu'est-ce qui doit arriver avant de pouvoir faire l'essai)?

Vous trouverez plus bas un diagramme de Gantt qui démontre comment notre temp de travail sera divisé pour cette étape



Figure 23: Diagramme de Gantt pour le premier prototype

Analyse:

Après avoir complété notre prototype nous sommes maintenant en mesure d'y faire une analyse.

Clients:

Rétroaction:

- Le système à l'air simple à utiliser
- Convenable pour des étudiants du primaire

- Le design ne prend pas trop de place
- Inquiétudes sur l'esthétique du prototype final
- Le produit final doit être plus grand pour contenir plus de plantes

Utilisateurs:

Nous avons reçu de la rétroaction potentielle d'utilisateur(c-a-d les étudiants) de la part de notre cliente potentielle(une personne qui est enseignante comme métier).

- Les élèves pourront y faire beaucoup de recherche
- Les élèves plus vieux pourront y ajouter des composantes technologiques(arduinios, capteurs, etc)
- Il y aura suffisamment de plantes pour que les élèves soit capable de redonner à la communauté avec les ventes de plantes pousser.
- Ce système enseignera un sens de responsabilité aux élèves(vérifier le pH, ajouté de l'eau, etc).

Concepteur(nous):

Ce prototype nous permet de visualiser dans une taille réduite le produit final. Il nous permet de confirmer sa fonctionnalité, et de vérifier la solidité de la structure. Après avoir fini le prototype, nous avons appris que la forme de la structure que nous avons utilisé est effectivement une bonne structure. Ce prototype est une preuve de concept et est une partie primordiale du processus de conception, il va faciliter l'étape finale de construction du produit final. De plus, nous avons fait des changements en ce qui concerne le concept qui a été établi dans l'étape de concepts préliminaires. L'étape de l'estimation des coûts nous a fait voir que le concept choisit était en fait trop chère. Nous avons donc fait les modifications nécessaire afin d'essayer de réduire les coûts. Notre premier prototype représente ce concept. Après la réalisation de ce prototype nous pouvons confirmer que la structure ne requiert pas beaucoup de matériaux tout en étant solide. Avec la rétroaction obtenue et notre analyse nous pouvons conclure que notre concept est bon. Nous devons maintenant se concentrer dans les sous-système du réservoir d'eau et de la circulation de l'eau.

Prototype 2

Après avoir compléter notre premier prototype et d'obtenir de la rétroaction de notre cliente potentiel nous pouvons maintenant débiter le processus d'essai pour notre deuxième prototype. Nous avons créé un nouveau plan d'essai afin de bien comprendre

ce que nous voulons apprendre de ce prototype. Une image du prototype 2 est démontré à la figure 24



Figure 24 - Prototype 2

Plan d'essai:

Pourquoi est-ce qu'on fait cet essai?

Ce prototype d'un sous-système permet de mettre un sous-système crucial à l'analyse tout en gardant la possibilité de changer et modifier le système complet. Pour ce sous-système nous avons choisit de mettre à l'essai la pompe pour figurer comment celle-ci sera opéré. L'objectif de ce prototype est donc de figurer quelle pompe utiliser, comment celle-ci sera tenu et comment l'eau passera dans ce tube.

Selon nous, ce sous-système est le plus crucial puisque la pompe est la partie la plus importante d'un système hydroponique. C'est cela qui apporte les nutriments à l'eau et qui doit constamment fonctionner pour avoir une bonne production de plante. Il faut aussi la bonne pompe car il faut avoir un bon débit pour la production de plante. Enfin, si on a la bonne pompe et un bon système d'eau il sera facile d'y ajouter d'autres sous-systèmes si le budget y permet.

Description des objectifs de l'essai

Quels sont les objectifs spécifiques de l'essai?

Pour cette essai nous avons comme objectif de faire un prototype du système d'eau et de pompe. Nous voulons être capable de visualiser, implémenter et confirmer la fonctionnalité de la pompe. Nous allons nous assurer que la pompe est effectivement capable de pousser l'eau à la hauteur désiré. Ceci va nous permettre d'obtenir de la rétroaction sur notre prototype de la part d'un expert en hydroponie. Nous allons aussi performer cette rétroaction en faisant de la recherche sur internet. Si nous pouvons accomplir ceci nous allons être capable de finir notre prototype complet avec facilité. Ce prototype sera aussi basé sur notre prototype preuve de concept afin de l'implémenter plus facilement.

Qu'est-ce qu'on peut apprendre ou communiquer exactement avec ce prototype?

Avec ce prototype nous voulons apprendre comment la pompe devrait fonctionner avec le système d'eau choisi pour notre utilisation. Il faut aussi apprendre comment faire notre système d'eau. Ceci est très nécessaire pour assurer que les plantes puisse bien être alimenté avec notre système.

Quels sont les types de résultats possibles?

Il y a 2 résultats possible pour nous. Il y a les échecs constructifs et les succès parfait. Les échecs constructifs sont ceux que nous attendons à recevoir puisqu'il est impossible d'arriver à la perfection avec un essai. Même si nous avons des échec constructif nous allons quand même être capable de les améliorer en temps pour notre prototype complet. Les types d'échecs possible avec notre prototypes sont avec la pompe ou la base. Il se peut que la pompe ne fonctionne pas, ou qu'elle fonctionne à un débit trop lent ou trop puissant. Il est possible que la base soit trop faible pour soutenir les tuyaux d'eau.

Comment est-ce que ces résultats vont aider à prendre des décisions ou choisir des concepts?

Ces résultat vont nous permettre à voir quelle seront nos restraints sur notre système complet comme la hauteur et l'angle des contenant de plantes. Il sera plus facile de voir les lacunes et améliorations possible après l'analyse.

Quels sont les critères pour le succès ou la faillite de l'essai?

Puisque c'est un prototype du sous-système, les critère seront plutôt basé sur son fonctionnement.

Succès:

-Les clients/utilisateurs aime le système de pompe et eau présenté.

- Le système pompe l'eau dans les tubes adéquatement.
- Améliorations peuvent être ajoutés.
- Satisfait les critères de besoin mentionner dans les livrables précédents.

Failite:

- Les clients/utilisateurs n'aime pas le prototype.
- Le système ne pompe pas l'eau dans les tubes adéquatement.
- Le système a des fuites d'eau majeures.
- Satisfait les critères de besoin mentionner dans les livrables précédents.

Qu'est-ce qu'on va faire et comment?

Décrivez le type de prototype (p. ex. ciblé ou compréhensif) et la raison pour avoir choisi ce type de prototype.

Ce prototype est de type ciblé. Ce prototype concentre seulement sur le sous-système de pompage en omettant plusieurs autres parties qui se retrouveront dans le prochain prototype.

Décrivez le processus d'essai avec assez de détail pour permettre quelqu'un autre que vous de construire et essayer le prototype.

Pour ce prototype nous voulons utiliser le plus de matériaux recyclés que nous pouvons trouver. En fait nous avons été capable de réaliser ce prototype sans dépenser de l'argent. Notre intention est de créer le sous-système de pompage. Pour faire cela nous avons créé une structure qui est capable de soutenir ce système et faire bouger l'eau. La structure soutient un tube de PVC qui est le tube où les plantes pousseront. Nous avons aussi le réservoir d'eau qui est un bac en plastique. La pompe est située dans ce réservoir et pompe vers le tube de PVC où elle y sort ensuite. Le système qui retourne l'eau sera fait à la prochaine étape. Pour ce prototype nous voulons vérifier que l'eau soit bien pomper vers le tube puisque c'est une partie cruciale de notre projet. Pour rejoindre la pompe et le tube nous avons utilisé un tuyau d'arrosage. La structure est construite en bois.

Quelle information sera mesurée?

Pour ce prototype nous devons être capable de mesurer le débit de l'eau qui est bougé par la pompe. Puisque le mouvement de l'eau est très important pour que les plantes du système hydroponique poussent il faut absolument voir si le débit est trop fort ou trop faible. Nous devons aussi mesurer la rigidité de notre structure. Puisque la structure doit être capable de supporter les plantes dans les tubes de plastique et l'eau qu'on y ajoute. Pour ce prototype nous allons seulement utiliser un tube mais pour les futures prototypes nous allons avoir plusieurs tubes qui contiendront chacun de l'eau, et des

plantes. Il est donc important de bien estimer si la structure construite lors de ce prototype est suffisamment solide pour soutenir tous ces tubes.

Qu'est-ce qui sera observé et comment est-ce que ce sera enregistré?

Nous allons mesurer la stabilité du système en ajoutant du poids pour vérifier combien de poids celui-ci peut supporter. Aussi, nous allons vérifier le débit d'eau produit par la pompe à une hauteur maximum. Cela sera fait en calculant combien de gallons par heures (gph) nous pouvons pomper en remplissant un seau de volume d'un gallon en y calculant le temps requis. Tout cela en pompant au niveau maximum. Ce niveau dépend de la longueur de notre tuyau.

Quels matériaux sont requis et quelle est l'estimation de leurs coûts approximatifs?

Pour ce prototype notre but est de pouvoir créer un des sous-système de notre système hydroponique en utilisant le plus de matières que nous pouvons trouver gratuitement. En fait, les matériaux dont on a besoin pour faire ce prototype sont des matériaux que nous pouvons trouver facilement sans déboursier une somme d'argent. Les matériaux nécessaires sont: du bois pour la structure, une pompe à eau, un tube de PVC, un contenant de plastique et des tuyaux tel qu'un tuyau d'arrosage pour acheminer l'eau du réservoir vers le tube. Même la pompe a été récupérée gratuitement.

Quel travail (p. ex. logiciel d'essai ou travail de construction ou de modélisation ou de recherche) doit être fait?

La construction du prototype doit être faite afin de pouvoir faire nos analyses. Il est difficile de simuler ceci sur un logiciel comme SolidWorks donc utiliser des matériaux gratuits pour notre essai serait meilleure.

Comment est-ce que cela va se passer?

Combien de temps est-ce que l'essai va prendre et quelles sont les dépendances (c.-à-d. qu'est-ce qui doit arriver avant de pouvoir faire l'essai)?

Vous trouverez plus bas un diagramme de Gantt qui démontre comment notre temps de travail sera divisé pour cette étape.

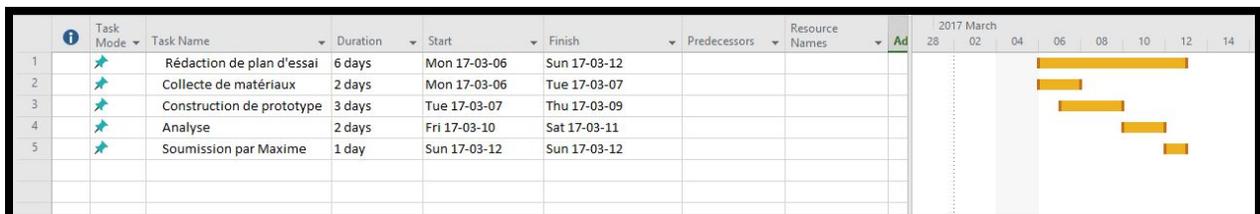


Figure 25: Diagramme de Gantt du prototype 2

Analyse:

Après avoir complété notre prototype nous sommes maintenant en mesure d'y faire une analyse.

Concepteurs (nous):

D'après notre analyse, le système d'eau devrait bien être supportée par la structure que nous avons créé. En plus, les tubes pour les plantes étaient inclinés avec un ratio de 1 pouce de descente du tube par 30 pouces sur notre tube. Puisque notre tube était de 7 pieds long, il doit avoir une descente de 2.8 pouce. Cela va promouvoir des meilleures conditions pour que les plantes poussent.²

D'ailleurs, notre système d'eau a une lacune en ce qui est la pompe. La pompe que nous avons récupérée semble donner l'eau à une vitesse beaucoup trop vite pour bien offrir aux plantes un milieu de nutrition. Soit une vitesse aux environs 1000 gph (gallons par heures). Ainsi, nous avons décidé d'utiliser une autre pompe récupérée qui produit aux environs 150 gph (gallons par heures). Celle-ci pourra nourrir nos plantes efficacement et la pompe pourra être utilisée constamment ou par intervalle (choix des utilisateurs). Implémenter le changement de pompe pour la prochaine itération ne sera pas une tâche trop ardue et n'a pas un gros effet sur notre idée de conception originale. La modification de ce sous-système causera un impact négligeable sur les autres sous-systèmes.

Clients:

Nous avons reçu de la rétroaction de notre cliente potentiel lors de la seconde rencontre. Notre cliente potentiel a beaucoup aimé la grosseur du prototype. Elle a expliqué qu'un système de cette grosseur va attirer les étudiants. Aussi, elle a suggéré que nous pouvons concevoir un système qui peut être mis dans une aire commune au lieu d'une salle de classe. Nous allons donc pour le prochain prototype créer un système qui peut être placé à plusieurs endroits dans l'école.

Expert en hydroponie:

Nous avons eu une rencontre avec un expert en hydroponie qui nous a donné de l'information clé pour la réalisation de notre prochain prototype. Il nous a conseillé d'avoir un espace de 5" minimum entre chaque plante. Nous devrions aussi mettre une pompe à air pour s'assurer que l'eau est oxygénée.

² http://www.homehydrosystems.com/hydroponic-systems/nft_systems.html

Prototype 3

Après avoir compléter nos deux premiers essais nous avons assez d'information pour faire un prototype final de type compréhensif. En fait, nous sommes maintenant capable de faire un prototype qui va représenter le mieux notre solution. Cette information sera discuté dans le plan d'essai de ce prototype. Une image du prototype 3 est démontrée à la figure 26



Figure 26: Prototype 3

Plan d'essai:

Pourquoi est-ce qu'on fait cet essai?

Cette essai consiste d'un prototype compréhensif de tous le système incluant tous ses sous-systèmes. Celui-ci est le premier prototype qui va tester la fonctionnalité complète du système d'hydroponie. Après les derniers prototypes, nous avons obtenues des informations très pertinentes, par exemple nous savons maintenant que la pompe que nous envisageons utiliser est trop forte. Après avoir recueilli ces informations ainsi que de la rétroaction, nous sommes au stage de prototypage complet. Ce prototype représente la première itération du système complet. L'analyse de ce prototype sera

utilisé pour faire des améliorations sur notre concept. Ces itérations et analyses seront répétées jusqu'à ce que nous soyons satisfait de notre produit.

Description des objectifs de l'essai

Quels sont les objectifs spécifiques de l'essai?

Pour cette essai nous avons comme objectif de faire un prototype final d'un système hydroponique. Nous voulons être capable d'avoir un système fonctionnel. Ce système sera utilisé pour démontrer notre produit final. Donc, il est important que tous les systèmes majeur et sous-systèmes soient fonctionnels et sécuritaires pour l'utilisation d'élèves de l'école primaire. Ce prototype sera basé sur notre prototype preuve de concept et notre prototype sous-système de pompe et système d'eau.

Qu'est-ce qu'on peut apprendre ou communiquer exactement avec ce prototype?

Avec ce prototype nous allons être capable de finalement montrer à notre cliente comment se produit serait utile dans sa salle de classe. Donc, il va servir comme une démonstration de ce que notre produit final sera. En plus, cela sera une de nos dernière chances de recevoir de la rétroaction de la part de notre cliente et même des utilisateurs.

Quels sont les types de résultats possibles?

Pour notre dernier prototype du type complet nous devons envisager un prototype complètement fonctionnel pour pouvoir démontrer celui-ci a notre cliente. Nous espérons avoir le plus de rétroaction positive possible de la part de notre cliente puis que notre prototype est basé sur ses demandes et la rétroaction que nous avons obtenus de sa part au fur des prototypes. Donc, enfin nous aurons un système complet et fonctionnel prêt à démontrer son utilité ou il contient tous les besoins de la cliente et être capable de faire vivre des plantes à leur maximum.

Comment est-ce que ces résultats vont aider à prendre des décisions ou choisir des concepts?

Ces résultats vont nous aider voir des améliorations possibles que nous avons pas remarqué et ceci peut faire la différence entre le succès et le regret. Ce prototype nous permettras de voir le débit de l'eau dans le système pour assurer que les plantes ne seront pas endommagées par l'eau et nous permettras aussi de voir l'espace entre les plantes. La grosseur du prototype nous permet de donner un aperçus au client de l'espace de que le système occupe. Tous nos sous-systèmes dépendent de ces facteurs donc, il est très important de les vérifier afin d'avoir des sous-systèmes fonctionnels.

Quels sont les critères pour le succès ou la faillite de l'essai?

Puisque c'est un prototype final, les critères seront basés sur le fonctionnement du système et la rétroaction de la part d'un client.

Succès:

- Le système est sécuritaire.
- Les clients/utilisateurs aiment le prototype complet.
- Le système offre un environnement pour pousser des plantes adéquatement.
- Satisfait les critères de besoin mentionnés dans les livrables précédents.
- Les sous-systèmes fonctionnent dans un environnement d'école.
- Le système hydroponique offre un opportunité d'apprentissage pour les élèves

Faillite:

- Le système n'est pas sécuritaire.
- Les clients/utilisateurs n'aiment pas le prototype complet.
- Le système n'offre pas un environnement pour pousser des plantes adéquatement.
- Satisfait les critères de besoins mentionnés dans les livrables précédents.
- Les sous-systèmes ne fonctionnent pas dans un environnement d'école.
- Le système n'améliore pas l'apprentissage des élèves

Qu'est-ce qu'on va faire et comment?

Décrivez le type de prototype (p. ex. ciblé ou compréhensif) et la raison pour avoir choisi ce type de prototype.

Puisque ce prototype est le prototype final, nous voulons faire un prototype de type compréhensif. En fait, nous avons fait des prototypes non-fonctionnel pour les deux derniers prototypes. Ceux-ci nous ont permis de déterminer et de comprendre comment nous allons faire nos sous-systèmes les plus importants. Maintenant que nous avons ces deux prototypes nous sommes capable de combiner ceux-ci pour faire notre prototype final qui sera une version complète de notre concept. Aussi, puisque ce prototype est le prototype final il est important que le client soit capable de nous donner de la rétroaction sur le concept complet. C'est pour cela que nous avons choisis un prototype de type compréhensif.

Décrivez le processus d'essai avec assez de détail pour permettre quelqu'un autre que vous de construire et essayer le prototype.

Pour ce prototype nous allons utiliser ce que nous avons créé lors du prototype 2. Lors de ce dernier prototype nous avons fait la base et le sous-système de la pompe. Nous allons maintenant prendre la base et y ajouter d'autres tubes de PVC. Avant d'ajouter ces tubes nous devons ajouter des supports à la base pour soutenir ces tubes. Pour cette étape nous allons copier ce que nous avons fait pour le premier tube lors du prototype

précédent et le refaire pour deux autres tubes. Nous devons aussi faire des trous dans le PVC afin de pouvoir mettre les plantes qui elles seront placées dans des verres en plastique. Lorsque nous avons complété cette étape nous pouvons compléter le système de pompage. Pour ceci, nous allons rejoindre chaque tube de PVC en série par des tuyaux en plastiques. Le trajet de l'eau ira donc de la pompe située dans le réservoir vers chaque tuyau pour enfin revenir vers le réservoir. Nous voulons finalement implémenter un système arduino programmable qui sera responsable de mesurer la température de l'eau et la température ambiante. Ceux-ci seront affichés sur un moniteur LCD. Ceci sera le code utilisé pour ce prototype:

```
Project_final $
#include <dht.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
#include <Wire.h>

#define water 9

OneWire oneWire(water);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);

dht DHT;

#define DHT11_PIN 8

void setup(void)
{
  lcd.begin(16, 2);
  Serial.begin(9600);
}
```

```

void loop(void)
{
  int chk = DHT.read11(DHT11_PIN);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Room Temp: ");
  lcd.print(DHT.temperature);
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Room Humidity: ");
  lcd.print(DHT.humidity);
  lcd.print("%");

  sensors.requestTemperatures();
  float Celsius = sensors.getTempCByIndex(0);

  lcd.setCursor(20,0);
  lcd.print("Water Temp: ");
  lcd.print(Celsius); //Imprimer la température en Celsius
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C  ");

  for (int positionCounter = 0; positionCounter < 10; positionCounter++)
  {
    lcd.scrollDisplayLeft();
    delay(400);
  }
}

```

Figure 27 - Capture d'écran du code Arduino utilisé

Enfin, pour tester ce prototype nous allons le laisser fonctionner pendant des longues périodes de temps afin de trouver des défaillances possibles et les apporter les corrections nécessaires.

Quelle information sera mesurée?

Pour ce prototype nous devons mesurer la stabilité de notre système pour vérifier qu'il n'a pas de risques que le prototype tombe ou s'effondre. Nous devons aussi mesurer l'efficacité générale du système. En fait nous devons mesurer le débit de l'eau pour voir si celui-ci est trop fort ou trop faible pour les plantes. Nous devons aussi voir s'il y a des fuites d'eau dans le système. Puisque le système est conçu pour être à l'intérieur il est important qu'il n'y est pas d'eau qui sort du système.

Qu'est-ce qui sera observé et comment est-ce que ce sera enregistré?

Il sera important de mesurer comment l'eau circule dans le système pour ce prototype. Puisque nous faisons un prototype qui possède toutes les composantes de notre système hydroponique il est très important de bien observer comment l'eau interagit dans notre système. En effet, la façon dont l'eau circule (puissance, vitesse, fréquence) est critique

pour la croissance des plantes. Il faut donc s'assurer que l'eau circule doucement dans les tubes en tout temps.

En plus, nous devons observer comment nos sous-systèmes fonctionnent. Ceux-ci inclut le arduino que nous allons programmer. Il faudra que celui-ci affiche bien la température ambiante et la température de l'eau. Cela sera comparé avec des thermomètres ambiant et dans l'eau. Aussi, notre sous-système de pompe à air devra être prêt à oxygéner notre bassin d'eau afin d'avoir le maximum de croissance des plantes.

Quels matériaux sont requis et quelle est l'estimation de leurs coûts approximatifs?

Pour ce prototype nous avons besoins de plusieurs nouveaux matériaux afin d'avoir un prototype compréhensif:

- 1 tube de PVC de 10 pieds de long et 4 pouces de diamètre: 14\$
- Des morceaux de bois pour soutenir le PVC: 0\$
- Arduino et capteurs: 0\$
- Fils pour Arduino: 2\$
- Pompe à air: 22\$
- 5 roues: 12\$
- Connecteurs pour les tubes de PVC: 12\$

Plusieurs de nos parties ont été recyclé. En fait nous voulons dépenser le moins d'argent possible pour notre prototype afin de développer un système accessible.

Quel travail (p. ex. logiciel d'essai ou travail de construction ou de modélisation ou de recherche) doit être fait?

Pour cette étape nous devons réaliser la construction d'un prototype complet d'après les spécifications mentionnées par notre cliente afin de faire une bonne analyse. Nous voulons créer ce prototype avec le plus de matériaux gratuit.

Comment est-ce que cela va se passer?

Combien de temps est-ce que l'essai va prendre et quelles sont les dépendances (c.-à-d. qu'est-ce qui doit arriver avant de pouvoir faire l'essai)?

Vous trouverez plus bas un diagramme de Gantt qui démontre comment notre temp de travail sera divisé pour cette étape.



Figure 28: Diagramme de Gantt pour le prototype 3

Analyse:

Après avoir complété notre prototype nous sommes maintenant en mesure d'y faire une analyse.

Clients:

Observations des clients:

- Le système à l'air complet.
- Impressionné par le faible montant d'argent qui a été dépensé.
- Le design permet de faire pousser un bon nombre de plantes.
- Peut être placé sur le bord d'une fenêtre.
- Puisque le système est assez gros il est utile d'avoir les roulettes pour le déplacer.
- Il est difficile d'enlever des tubes du système.

Utilisateurs:

Après avoir montré le prototype à des utilisateurs potentiels ils nous ont donné des améliorations possibles que nous pourrions apporter à notre système.

1. Pouvoir enlever les tubes de PVC plus facilement pour faire de l'entretien.
2. Installer des lumières pour que les plantes en reçoivent en tout temps.
3. Des valves qui contrôlent le débit dans les tubes.

Concepteurs(nous):

D'après nous, ce prototype est vraiment le plus proche que nous sommes d'avoir un prototype fonctionnel. Ceci est d'après nous un système idéal pour faire pousser des plantes à feuilles. Nous avons suivi les spécifications données par un expert en hydroponie pour avoir un système prêt à faire pousser des plantes à feuilles (laitue). Ceci inclut avoir une distance verticale de au moins 6 pouces entre les tubes et une distance horizontale d'au moins 5 pouces entre les plantes. En plus, notre système a un débit d'eau recommandé pour notre système puisque celui-ci couvre seulement le fond du tube.

Par contre, ceci serait un système où la germination devrait être faite avant d'ajouter la plante au système. Autres lacunes pourraient inclure qu'il faut ajuster le pH manuellement et que nous avons pas de solution à nutriments. Puisque nous avons comme besoin "donner la responsabilité aux enfants", nous trouvons que ces lacunes peuvent être comblées par les enfants eux-mêmes. Donc, ils pourront y faire la recherche sur la germination, les nutriments et le pH (dépendant de les plantes qu'ils choisissent). Avec leurs recherches ils seront capables d'implémenter ceci eux-mêmes.

Experts en hydroponie:

Durant la journée de design nous avons eu la chance d'obtenir de la rétroaction de multiples experts en hydroponie. Voici les gros points de leurs rétroactions:

Positifs:

- Gros système qui permet beaucoup de plantes.
- La pompe à air est un élément essentiel dont la plupart des équipes ont oublié, sauf nous.
- Le concept est simple, ce qui aide les modifications et facilite l'opération.
- Beaucoup d'espace entre les plantes pour une meilleure poussée.

Négatifs:

- Le débit d'eau pourrait être contrôlable.
- Le prototype pourrait être plus esthétiquement plaisant.

Suggestions:

- Changer la planche 1x6 sur le bas pour une planche 2x6 pour avoir plus de rigidité.
- Ajouter au fond des gobelets un matériel de type éponge pour que l'eau monte et ceci pourra faire la germination.
- Ajouter plus de capteurs liés à notre Arduino pour plus d'automatisation.

Essai

Afin de bien comprendre le comportement de nos prototypes il est primordial de faire l'étape d'essai. Cette étape du "Design Thinking" nous permet de voir si le prototype conçu répond bien au problème initial. Pour cela, il faut vérifier si la fonctionnalité de notre prototype répond aux besoins des clients et aux critères de conception.

Dans le projet nous avons construit trois prototypes dont un preuve de concept et les deux autres des prototypes fonctionnels. Par conséquence aucun essai n'était nécessaire pour le premier prototype; seulement une analyse. Par contre nous devons faire des essais sur nos deux derniers prototypes.

Pour le prototype 2 nous voulions comprendre si nous avons adéquatement conçu le sous-système de pompage et de la structure puisque ces deux systèmes sont les plus critiques. Pour cette phase d'essai nous avons donc décidé de tester la solidité de notre structure ainsi que le comportement de notre pompe. Pour tester la structure, nous avons appliqué sur le point maximal de notre structure un tube de PVC rempli d'eau. Ce qui, d'après nous, pourrait adéquatement montrer si notre système peut supporter des plantes et de l'eau. Cela était fait pour tester la rigidité de notre système. Pour la pompe, nous l'avons mis a sont emplacement idéal et nous avons fait pomper l'eau jusqu'au point maximal (c-à-d ou le premier tube de PVC serait). Après avoir testé le prototype nous avons conclu que notre structure était adéquate et que celle-ci répond à nos critères de conception. Par contre, nous avons remarqué que la pompe utilisé était beaucoup trop forte pour notre système. Cette pompe pompait beaucoup trop d'eau et aurait endommager les plantes du système. Il fallait donc soit changer la pompe ou bien trouver une façon de réduire le débit d'eau pour le prochain prototype. Puisque nous avons été capable de trouver une autre pompe moins forte nous avons choisit de changer de pompe pour le prochain prototype.

Le prototype 3 est un prototype qui représente notre système complet. Pour celui-ci nous avons comme tests général de fonctionnement du système pour savoir si celui-ci peut vraiment pousser des plantes et si tous les sous-systèmes sont capables de fonctionner efficacement. Nous avons fait des tests sur le comportement de l'eau du point ou c'est pomper jusqu'au retour du bac pour s'assurer qu'il reste étanche. Nous avons effectivement trouver des endroits ou l'eau s'évacuait. Donc, nous avons dû modifier nos tube de PVC et les connections de plastique pour être complètement étanche. Après s'avoir assurer que le système soit complètement étanche, nous avons effectué des tests sur le fonctionnement du sous-système d'Arduino. Nous avons Comparé la température de l'eau et de l'air sur l'écran LCD avec des valeurs précises d'un thermomètre. Cela nous a montré que les valeurs était bonnes et que le sous-système fonctionnait bien. Pour le dernier test du prototype 3, nous voulons savoir si celui-ci serait capable de fonctionner pendant de longues périodes de temps puisque le système doit être autonome dans les écoles. Nous avons donc laisser le système et tous ses sous-systèmes en-marche pour 2 heures de temps. Après le 2 heures écoulé, nous avons vérifié si le système a eu des fuites, si les sous-systèmes fonctionnait bien et si il y avait des changements finaux à apporter. Heureusement, nous avons aucun changements à apporter au système.

D'après nous, il reste un test final à éprouver pour vraiment savoir si celui-ci fonctionne bien. Ce serait de faire pousser des plantes de différentes sortes avec notre système pour vraiment tester si il peut bien faire sa fonction.

Conclusions

En conclusion, avec le processus de conception design thinking nous avons été capable de concevoir un système hydroponique munie d'un système arduino. Pour faire ceci nous avons analysé les besoins d'une cliente, avec ceux-ci nous avons créé des critère de conception. Nous avons choisi un des 15 concepts préliminaire que nous avons créé. Ceci nous amène dans le stage prototypage. Nous avons bâti trois prototype. Le premier était une preuve de concept, le deuxième testait un sous-système, dans notre cas la pompe, et le dernier était un prototype complet fonctionnelle. Nous avons créé un prototype final qui a atteint les attentes à notre clientes. Notre prototype est axée sur l'apprentissage, même qu'il est munie d'un système arduino facilement adaptable pour perfectionner l'éducation technologique des élèves. Il est monté sur des roues donc il est facile à transporter de la salle de classe au corridor. Le prototype peut pousser jusqu'à 22 plantes ce qui est parfait pour une classe moyenne du primaire et tout cela à une fraction du coût du système que notre cliente possède. Effectivement notre système nous a coûté 70\$ avec du matériel recycler, avec une valeur de matériel de 150\$ tandis que le système de notre cliente lui a coûté 4000\$. Enfin, cette expérience à développer nos aptitudes de concepteur en améliorant nos qualités de présentateur; en perfectionnant nos habiletés de travailler en équipe; en développant notre côté artistique et surtout en nous apprenant que l'empathie est très importante en design.

Recommandations

Le projet de construire des prototypes d'un système d'hydroponie était vraiment intéressant. Le projet a beaucoup aidé à mettre en pratique ce que nous avons appris en classe. Par contre il y a des chose qu'on aurait pu faire pour améliorer notre projet.

Au début du projet il est important de se diviser les tâches également. Ceci permettra à tous les membres de connaître leurs rôles dans l'équipe et cela deviendra une habitude pour chacuns.

Au début du projet (empathiser), il est important de prendre son temps et de se concentrer sur ce que les clients veulent. Une fois tous les membres d'équipe ont une très bonne idée (et sont en accord) de ce que les clients veulent, il est temps de démarrer la prochaine étape de conception.

Dans un de nos laboratoire nous avons appris à utiliser le programme Microsoft Project, ceci est un excellent programme par contre pour plusieurs d'entre nous c'est la première fois que nous devons construire des systèmes avec une contrainte sur le temps. Avec peu d'expérience c'est difficile de juger comment longtemps chaque étape devrait prendre. Les concepteurs futurs devraient en tenir compte et se donner plus de temps qu'il le pense à compléter les tâches. Surtout la construction.

Ceci a été une première fois que nous avons travaillé avec un budget. Le budget de 100\$ n'as pas été beaucoup pour construire un système fonctionnelle. Malgré que notre système était 30% sous-budget, ceci a été accomplis avec ce que nous avons trouvé dans le fond de nos cours et de fouiller sur les pages de Kijiji. Un budget de 150\$ devrait être plus qu'assez (200\$ serait bon) pour construire un système fonctionnelle et intéressant pour présenter à nos clients et au juges de Design Day. Par contre, si le budget reste le même, il faudrait que les concepteurs futurs commencent à chercher pour des matériaux critiques dès le début pour avoir assez de budget.

Pour Design Day, c'était bien organisé mais, certains des prototypes occupaient beaucoup d'espace et nous avons l'impression que nous étions empiler l'un sur l'autre. Les grosses tables fixes à ÉITI/SITE causait des ennuis avec la présentation de nos prototypes. Si il avait plus d'espace ce serait plus confortable à présenter nos prototypes. Une recommandation des équipes avec de plus gros systèmes à l'administration de la journée de design devrait être faite pour assurer amplement de place pour toutes les équipes.

Pour augmenter l'intérêt et la connaissance dans le projet, ce serait bien que les concepteurs étudient une étude de cas sur le système qu'ils vont construire. Cela aiderait à comprendre comment le système sera utilisé pour faire des changements dans la vie de tous les jours. En plus, cela mènera peut-être à des contacts dans l'industrie ce qui est très bénéfique quand c'est la première fois à faire la conception d'un système quelconque.

Bibliographie

"the learning pyramid - various percentages of retention.."

<http://thepeakperformancecenter.com/educational-learning/learning/principles-of-learning/learning-pyramid/>. Accédé 9 Avril 2017.

"Hydroponic NFT Systems - Home Hydro Systems."

http://www.homehydrosystems.com/hydroponic-systems/nft_systems.html. Accédé 22 Mars 2017.