

**DEPARTEMENT DE GÉNIE
DE L'UNIVERSITÉ D'OTTAWA**



uOttawa

Faculté de génie
Faculty of Engineering

GNG 1503

GÉNIE DE LA CONCEPTION

RAPPORT DE PROJET

Rapport finale du projet hydroponique

Section B - groupe 8

Benoit Denis	8820788
Mikael Grenier	8837468
Alexis Lanoix-Vallée	8851423
Tony Ngirabakunzi	6113421
Zadi Murenzi	8546637

Le mardi 11 avril 2017

Abstrait :

Dans le cadre de notre cours de génie de conception, nous avons conçu une serre hydroponique fonctionnelle pour des élèves de cinquième et sixième année du primaire. Cette demande de projet nous est venue des enseignants de l'élémentaire dans le but de responsabiliser les élèves. Pour pouvoir offrir un produit attirant à nos clients et utilisateurs, nous avons utilisé la méthode du design thinking appris en classe. Alors, nous avons commencé par identifier les besoins de notre clientèle lors de rencontre en classe. Par la suite, à l'aide des besoins que nous avons pris en note, nous avons créé des critères de conception avec lesquels nous avons déterminé nos spécifications cibles. En d'autres mots, nous avons déterminé les caractéristiques que notre serre devrait avoir pour répondre aux besoins de nos clients. Ensuite, nous avons créé notre conception préliminaire. Pour cela, nous avons individuellement imaginé des concepts possibles pour après débattre lequel répondait le mieux aux besoins de la clientèle. Pour l'entièreté des prototypes, nous avons un budget de 100 dollars seulement. Alors, notre but a été de prendre le plus de matériaux recyclés. Avant de commencer la conception de nos prototypes, nous avons dû planifier notre cheminement jusqu'au jour de la présentation devant les clients. Cette planification consistait à déterminer les coûts et le temps donné pour chacun de nos prototypes et livrables. Nos deux premiers prototypes nous ont pris environ 2 jours chacun. Pour les créer, nous avons décidés de concevoir des systèmes critiques de notre solution finale pour être sure qu'il serraient fonctionnel et qu'on aurait déjà des données, mesures et principes fonctionnels. Le premier était le système d'avertissement du niveau de l'eau et le deuxième était le système du mouvement de l'eau. Nos deux premiers prototypes ont été concluants et nous les avons présentés à la cliente. Pour le dernier prototype, nous avons fait un modèle fonctionnel de notre conception de base en intégrant nos deux systèmes critiques.

Table des matières

Abstrait :.....	2
Table des illustrations :.....	4
Table des tableaux.....	5
Introduction :	6
Recherche et étalonnage :.....	7
Description des clients en utilisateur avec leurs besoins et priorités relatives :.....	8
Énoncé du problème :.....	9
Conception préliminaire :	10
Critère de conception :	16
Description de la solution et ses attributs :	22
Le concept Final :	24
Modélisation :	24
Stratégie de prototypage, objectifs et résultats d'essais :.....	25
Prototype 1	25
Prototype 2	32
Prototype 3	38
Conclusion et recommandation :.....	45
Annexes.....	47

Table des illustrations :

Figure 1 Concept final	24
Figure 2 Prototype 1	25
Figure 3 Évacuation de l'eau	26
Figure 4 Circuit électrique.....	29
Figure 5 Circuit lumière Vue rapprochée.....	30
Figure 6 Situation sans contact.....	30
Figure 7 Situation avec contact.....	31
Figure 8 Ensemble du prototype 2.....	32
Figure 9 Vue du système de plomberie et de la pompe dans le réservoir	33
Figure 10 Photo de l'eau qui s'écoule du tuyau au 3 e essai.	36
Figure 11 Photo du tuyau alternatif pour diviser le débit en 2 et de la jonction des 3 tuyaux avec le joint étanche.	37
Figure 12 Vu du système d'approvisionnement de l'eau.....	40
Figure 13. Système de séparation du débit de l'eau	42
Figure 14. Système d'avertissement du niveau de l'eau	43
Figure 15. Prototype final	44

Table des tableaux

Tableau 1 : Étalonnage des deux produits hydroponiques sur le marché.....	8
Tableau 2: Exigences fonctionnelles et étalonnage des concepts préliminaires.....	14
Tableau 3: Exigences non-fonctionnelles et étalonnage des concepts préliminaires	15
Tableau 4: Contraintes et étalonnage des concepts préliminaires	15
Tableau 5: Besoins, critères de conception et métriques.....	17
Tableau 6: Critères de conception fonctionnels et leurs valeurs idéales / acceptables.....	20
Tableau 7: Contraintes de conception et leurs valeurs idéales / acceptables.....	21
Tableau 8: Critères de conception non-fonctionnels et leurs valeurs idéales / acceptables	21
Tableau 9: Analyse des concepts globaux : (Étalonnage par rapport aux critères de conception)	
Exigences fonctionnelles :	23
Tableau 10:Exigences non-fonctionnelles :	23
Tableau 11:Contraintes.....	24
Tableau 12:Vérification du système d'évacuation de l'eau	26
Tableau 13:Vérification du débit	27
Tableau 14: Résultat longueur du balancier	28
Tableau 15:Résultat des mesures des parties du balancier.....	28
Tableau 16:Dimension des pièces du prototype	33
Tableau 17: Résultats des différents essais du débit de l'eau	35

Introduction :

Depuis la nuit des temps, l'être humain cultive la terre pour subvenir à ses besoins. Toutefois, avec l'augmentation démographique et une diminution des terres cultivables dans le monde, une nouvelle innovation s'impose pour cultiver nos plantes : L'hydroponie. Cette technique consiste à approvisionner les racines des plantes par un liquide nutritif mélangé avec de l'eau au lieu d'utiliser les ressources nutritives de la terre. L'intérêt de développer cette nouvelle technologie et de l'intégrer au curriculum éducatif des jeunes enfants de l'élémentaire nous a amené à concevoir une serre hydroponique qui permet aux élèves de bien comprendre le cycle de vie des plantes. De plus, ce système tisse des liens avec plusieurs autres de leurs champs d'études. Le produit encourage les jeunes à prendre en charge l'entièreté du système pour qu'ils développent leur sens de la responsabilité et leur créativité.

Pour notre modèle de serre hydroponique, nous avons dû, tout abord, prendre en notes les besoins de notre clientèle, pour construire un prototype attrayant à leurs yeux. Pour cela, nous avons, lors d'une période de classe, posé des questions au sujet des besoins que notre cliente avait. En plus de cela, nous avons essayé d'extirper des informations sur l'importance de certains besoins pour mettre d'avantage d'effort et de travail sur les besoins les plus importants aux yeux de notre clientèle. Lors de toutes nos rencontres en classe, nous avons été en contact avec la même enseignante d'une école élémentaire. Alors, les besoins qu'on a identifié comme étant primordiales pour notre cliente sont que le prototype est fonctionnel, qu'il responsabilise les élèves, qu'il soit connecté avec les autres domaines d'études et qu'il démontre le cycle de vie des plantes. Ces 4 besoins ont été des parties importantes de nos inspirations pour créer nos conceptions préliminaires dont notre schéma final fait partie. Le croquis de notre modèle de serre hydroponique consiste en une fontaine où chaque étage contient des plantes/légumes (annexe 1).

Selon nous, ce modèle constitue la meilleure option pour une serre hydroponique, suite aux besoins apportés par l'enseignante en charge du projet scolaire. Une serre hydroponique faite en fontaine offre la possibilité aux enseignants de faire des connexions avec d'autres champs

d'études, en particulier les sciences, puisque le système est très ouvert. De plus, Nous avons opté pour n'avoir aucun mécanisme faisant les tâches des élèves, à l'exception de l'avertisseur du niveau d'eau qui sera expliqué dans une autre section du rapport. Alors, ce système fait en sorte que les élèves ont des responsabilités pour faire fonctionner leur système et faire pousser les légumes, par exemple les élèves doivent eux-mêmes remplir le réservoir d'eau lorsqu'il commence à être vide pour éviter que le moteur de la pompe surchauffe et que les légumes meurent. De plus, les plantes sont faciles d'accès et ont tous accès à de la lumière.

Recherche et étalonnage :

Nous avons fait de la recherche sur des systèmes déjà existants pour pouvoir nous aider à concevoir une serre hydroponique de qualité supérieure. Alors, nous avons fait de l'étalonnage de solutions compétitives dans le domaine de l'hydroponie basé sur la perception des clients et du marché. Pour cela, nous avons évalué les forces et les faiblesses du système déjà utilisé par les utilisateurs et d'un modèle de bonne qualité sur le marché, soit le *Longyoung Agricultural Technology*. Ce système hydroponique est surtout fait pour des serres de beaucoup plus grande superficie que la nôtre, mais on a quand même trouvé des avantages sur celui-ci qui pouvaient nous être utile. Nous avons eu de la difficulté à trouver plusieurs systèmes hydroponiques sur le marché et c'est pourquoi nous avons seulement évalué deux modèles. Notre recherche de système hydroponique sur le marché a été réduite à des recherches en ligne seulement, puisque c'est une technologie nouvelle et que le commerce se fait énormément en ligne. Notre étalonnage c'est basé sur tous les besoins que notre cliente nous a donnés lors de la première rencontre avec elle. Voici l'étalonnage que nous avons effectué :

Tableau 1 : Étalonnage des deux produits hydroponiques sur le marché

(Point)	Longyong Agrcultural Technology	Système du client
Coûts (\$) (4)	Non spécifié	4000
Dimension (m) (2)	7,5 x 2,5 x 9	Entre 2 et 3 de haut
Lumière pour soir et hiver (4)	Aucune ne venant avec le système	Oui
Type de matériaux (3)	Film, polycarbonate, verre et acier galvanisée	Non spécifié
Poids (lbs) (2)	Non spécifié	Non spécifié
Déplaçable ? (5)	Non	Oui
Type de culture (1)	Les systèmes hydroponiques NFT, plat, type vertical	Type verticale
Assistance (3)	Un système de ventilation	Aucune
Total	4	22

Notre système de points fonctionne de la manière suivante : le modèle qui est le meilleur dans une catégorie à la valeur maximale de points pour cette section et l'autre a 0. Nous avons choisi cette façon de faire, car plusieurs catégories n'étaient pas spécifiées pour les deux modèles hydroponiques et nous avons seulement 2 modèles dans l'étalonnage.

Description des clients en utilisateur avec leurs besoins et priorités relatives :

Souvent dans le domaine de la conception, l'utilisateur représente la même personne que le client, mais dans notre situation ce n'est pas le cas. Nos clients sont les professeurs qui ont mis en place le programme de l'hydroponie éducative, tandis que nos utilisateurs seront les étudiants de 5^{ième} et 6^{ième} année de l'élémentaire. Alors, nous avons à prendre en compte les besoins de ces deux types de personnes qui ont des caractéristiques différentes, puisque les deux ont besoins d'être heureux avec le produit pour pouvoir réussir. Tout d'abord, nous avons fait un personnage

utilisateur pour pouvoir représenter les élèves de ce niveau. En réalité, les enfants de cet âge peuvent énormément diverger de notre personnage type, mais nous avons fait celui qui représente la majorité selon nous et on n'avait pas assez de temps pour tous les faire. La majorité des enfants de cet âge mesurent environ quatre à cinq pieds de haut, donc les plantes dans notre système ne doivent pas dépasser cette hauteur. De plus, la majorité des élèves de ce niveau ne font pas de la programmation avancée, donc nous avons décidé de ne pas intégrer des systèmes programmables pouvant faire des analyses de l'état du système hydroponique. Cependant, nous devons le rendre interactif et intéressant pour ceux-ci. Pour ce qui est des enseignants, leur description est vague de fait que nous avons seulement eue la chance d'en rencontrer une. Ces enseignants utilisent une nouvelle façon interactive d'enseigner à leurs élèves avec leur système hydroponique déjà en marche, donc ils ont déjà une vaste connaissance sur le sujet et s'attendent à un système excellent et innovateur. Les besoins principaux que ceux-ci veulent sont que le prototype est fonctionnel, qu'il responsabilise les élèves, qu'il soit connecté avec les autres domaines d'études et qu'il démontre le cycle de vie des plantes. Cependant, un autre besoin qu'on a ressorti lors de notre rencontre est le prix du système. Le système que leurs élèves utilisent en ce moment vaut 4000 dollars, ce qui est très coûteux lorsqu'on en achète plusieurs. Alors, nous devons faire le prototype qui est le meilleur sur le point qualité / prix.

Énoncé du problème :

Il faut concevoir un système hydroponique innovateur qui maximise l'apprentissage, la responsabilisation et la compréhension des systèmes hydroponiques par la manipulation, l'observation et l'expérience. Le produit doit également montrer le cycle de vie des plantes et mettre en relation plusieurs domaines d'apprentissage des élèves de 5^{ième} et 6^{ième} année primaire dans un délai raisonnable avec un budget de 100 dollars.

Voici notre énoncé du problème qui représente notre situation de conception dans le cours, puisqu'il contient tous les besoins primaires que notre cliente nous a donné. De plus, notre énoncé contient les limites principales de notre projet qui sont le budget de 100 dollars et le temps, puis les utilisateurs futurs de notre concept, soit les élèves de l'élémentaire.

Conception préliminaire :

Pour arriver à notre modèle de serre hydroponique final, nous avons dû faire un peu de remue-méninge entre tous les membres de l'équipe pour avoir le plus de conceptions préliminaires de base. Chaque membre de l'équipe a dessiné 3 croquis de concept qu'ils croyaient efficaces et intéressants à explorer. Dans cette section, il y aura toutes les idées venues de la tête des membres de notre équipe et une description de celles-ci. Les images seront en annexe. Les concepts décrits seront ceux imaginés par les membres de notre équipe dans l'ordre suivant : Mikaël, Benoit, Alexis, Tony et Zadi. Voici les descriptions des concepts :

1. Le premier concept est un concept horizontal. Il utilise la force de la gravité pour acheminer l'eau jusqu'en bas. C'est un concept simple, mais efficace. Il est par contre peu esthétique. Il utilise une technique qui a fait ses preuves. Il est facile à construire et à réparer par les élèves. (Annexe 2)
2. Le deuxième concept est un concept vertical qui peut être multiplié pour accroître la production et l'efficacité du système. C'est un concept compact qui a besoins de très peu de matériaux et qui peut se transporter facilement. C'est une tour trouée qui repose sur un cylindre où l'eau est entreposée. Ce système favorise la circulation rapide de l'eau dans tout le système, car l'eau tombe directement dans le réservoir. La partie supérieure peut aussi être démontée afin de la transporter. (Annexe 3)
3. Ce troisième concept est le plus sophistiqué des trois. C'est une tour à plusieurs niveaux sur lesquels les plantes vont pousser. L'eau est acheminée par le milieu et approvisionne les étages de plantes. C'est un concept plus stylé que les autres et peut être transporté à l'aide de roulettes. C'est un concept qui est efficace, car les plantes poussent tout le tour de la tour. (Annexe 4)
4. Ce modèle est sur l'horizontale est visser à un support avec roues pour le transporter facilement. Ce modèle est en forme de carré avec un espace sans plante au milieu pour avoir une lampe qui illumine les plantes de façon équivalente pour les journées avec

- moins de lumière comme en hiver. Tous les compartiments de plantes, le tuyau passe et à quelques petits trous pour arroser les plantes. Il y a une pompe dans le tuyau pour faire bouger l'eau. (Annexe 5)
5. Pour le dessin il y a seulement 5 compartiments pour plantes, mais c'est chiffre aléatoire choisi. On mettrait de l'eau dans le compartiment et elle coulerait dans tous les compartiments pour nourrir les plantes. En bas du système, une pompe ramène l'eau au compartiment le plus haut. CE système est, également, sur un support avec des roues pour faciliter le déplacement. (Annexe 6)
 6. Ce système est très différent des autres, car on bougerait les plantes et l'eau. Le cylindre tournera à un rythme lent pendant que de l'eau tombera dans la crevasse au haut du cylindre pour couler sur toutes les plantes sur cette partie. Les plantes seraient dans des compartiments en plastique rigide avec des roches à l'intérieur pour garder les racines en place comme ça on peut sortir les plantes de l'hydroponique sans problème. De plus pour s'assurer que chaque plante ait assez de lumière, on devra soit mettre des lampes. (Annexe 7)
 7. Ce système est composé d'un réservoir d'eau et est oxygéné par un filtreur. L'eau est pompée en haut du système et descend aux différents niveaux de bassins de plantes par la gravité. Les plantes sont placées dans des verres de plastiques qui se déposent sur des îlots flottants en styromousse. Les racines trempent dans l'eau garnie de nutriments pour approvisionner les plantes. Des lampes sont placées en haut du système pour améliorer la photosynthèse des plantes. Le système repose sur des roues pour tourner sur elle-même et se déplacer. Le système se branche dans le mur pour fonctionner à l'électricité. (Annexe 8)
 8. Ce système est constitué d'une pompe permet à l'eau de monter en haut des tuyaux PVC. L'eau descend par gravité dans les PVC. Un filtreur oxygène l'eau dans le réservoir. Des lampes sont placées en haut du système pour améliorer la photosynthèse des plantes. Des trous dans les tuyaux PVC permettent de placer les plantes (dans des verres de plastique) dans le système. Les racines entre en contact avec l'eau de cette façon. Le système se branche dans le mur pour fonctionner à l'électricité. Le système repose sur des roues pour rotationner et se déplacer. Un programme Arduino permet de

- mesurer le pH et la concentration de nutriment avec des capteurs et de gérer les lampes. Il se branche à l'ordinateur avec un câble USB. (Annexe 9)
9. Dans ce système, l'eau monte du réservoir au dôme avec une pompe à eau, puis s'écoule sur les parois intérieures du système circulaire ou elle entre en contact avec les racines des plantes. Les plantes sont placées dans des verres de plastique qui se place dans les orifices prévus à cet effet autour du système. Le système se branche dans le mur pour fonctionner à l'électricité. Le système repose sur des roues pour rotationner et se déplacer. Un programme Arduino permet de mesurer le pH et la concentration de nutriment avec des capteurs et de gérer les lampes. Il se branche à l'ordinateur avec un câble USB. Un filtreur oxygène l'eau dans le réservoir. Des lampes sont placées en haut du système pour améliorer la photosynthèse des plantes. (Annexe 10)
 10. C'est un système hydroponique conçue en forme rectangulaire compose de deux parties. La partie en dessous comporte le réservoir d'eau en solution, la pompe d'eau électrique, les roues pour un déplacement facile, deux manches y sont attache pour la direction en cas de déplacement. La partie supérieur est sur un agrégat de culture compose des matières de culture, un système d'irrigation pour passer l'eau et l'air pour que la plante pousse rapidement. (Annexe 11)
 11. Ce système hydroponique horizontal favorable à la culture des végétales rampantes telles que les tomates. Il est conçu sur une base qui est en forme trapézoïdale soutenant un réservoir d'eau circulaire a deux valves ouvert et ferme. Lorsque l'eau arrive à niveau il y a un thermostat qui ferme la valve pour stoppe l'eau après 12heures de temps l'eau du réservoir est remplacée par une nouvelle eau. Il y a un vase soutenu par un axe, La lampe produit la lumière pour la bonne production. (Annexe 12)
 12. Ce système hydroponique en tuyau en étage, consiste à produire des végétale en formes courtes, Les tuyaux sont soutenus par un fil en acier à partir du haut, sur chaque tuyau il y a deux trous où les plantes poussent, l'eau passe dans chaque tuyau et retourne par le système de pompe à eau contrôler. (Annexe 13)
 13. Le système consiste des 2 métaux verticaux sur les côtés et sur lesquelles des tuyaux horizontaux sont suspendus et dans lesquelles il y a des trous où l'on peut plantes des fleurs, des légumes...etc. À l'intérieure de ce système, il y a un moteur qui pousser de

- l'eau et permet la circulation de l'eau dans ces tuyaux pour arroser ses plantes, légumes, fleurs...Etc. plantées dans ces tuyaux. (Annexe 14)
14. Ce système ressemble au précédent et a le même fonctionnement, mais la seule différence est que les tuyaux sont verticaux. (Annexe 15)
 15. Sur ce système, il y a 2 rondes dans lesquelles a l'intérieure il y a des tuyaux qui les unis, a l'intérieure de ces tuyaux qui les unis on peut planter des légumes, fleurs,...etc. La façon dont le système fonctionne, le premier rond pousser l'eau vers les tuyaux et arroser les plantes et ça sort dans le deuxième et a l'intérieure il y a une lampe pour permettre la photosynthèse. (Annexe 16)

À présent, il sera question des 3 concepts finaux qu'on a choisis et de la raison pourquoi nous en avons décidé ainsi. Nous avons un système horizontal, un système en hauteur et un système en tuyau. Nous avons fait en sorte de choisir 3 types de prototypes différents pour avoir le plus d'idées possible. Les trois concepts choisis sont les suivants :

Pour le concept à tuyau, nous pensons que c'est un système prometteur, car il est facile à construire et à comprendre pour les utilisateurs, les étudiants. Aussi, toutes les plantes auront accès à la lumière, donc il demande peu d'entretien au cours de la journée. Ce système s'avère peu coûteux dû au peu de matériel nécessaire à sa construction. C'est un système qui a été testé dans l'industrie.

Pour le concept en hauteur, nous pensons que c'est un système prometteur, car il utilise peu d'espace et il est peu encombrant. Le système favorise l'interaction et la compréhension de la croissance des plantes. C'est un modèle esthétique et attrayant pour les élèves. Il attire les investisseurs. L'intégration de la technologie est facilitée.

Pour le concept plat, nous pensons que c'est un système prometteur, car il demande moins de force afin de manipuler l'eau dans le système. Il offre une meilleure productivité par rapport à la surface. Il est plus facile à perfectionner tout au long de la conception. La lumière est mieux répartie pour toutes les plantes. L'accessibilité est favorisée pour les élèves.

Alors, nous avons fait de l'étalonnage pour ces trois concepts pour savoir lequel d'entre eux sera le plus intéressant pour nous. Pour chaque critère de conception, nous donnons une note entre

0 et 5 et le concept avec le plus de point sera le modèle avec lequel nous allons continuer notre processus de conception.

Tableau 2: Exigences fonctionnelles et étalonnage des concepts préliminaires

Critère de conception	Point	Tuyau	vertical	horizontal
Forme du système	5	3	5	4
Facilité à manœuvrer	5	2	5	3
Mouvement de l'eau (débit)	5	5	4	5
Systèmes d'avertissements	5	1	4	4
Système pouvant résoudre le problème	5	5	5	5
Instruction sur produit	5	3	4	4
Lumière pour nuit	5	3	4	5
Nutriments	5	4	4	4
pH	5	4	4	4
Total	45	30	39	38

Tableau 3: Exigences non-fonctionnelles et étalonnage des concepts préliminaires

Critère de conception	Point	Tuyau	vertical	horizontal
Coûts	5	5	3	4
Facilité de voir les plantes	5	4	5	5
Consommation d'énergie	5	5	3	5
Temps pour faire pousser les plantes	5	5	5	5
Dimension	5	2	5	3
total	25	21	21	22

Tableau 4: Contraintes et étalonnage des concepts préliminaires

Critère de conception	Point	Tuyau	vertical	Horizontal
Durée de vie	5	5	5	5
Esthétique	5	3	5	4
Total	10	8	10	9
Grand total	80	59	70	69

Alors, en fonction de nos exigences et contraintes le système que nous avons choisis est le système vertical, car c'est celui-ci qui a le plus de point et il dépasse le système horizontal qui a fini deuxième. Alors ceci représente notre 7^{ème} concept préliminaire (annexe 8).

Critère de conception :

Pour établir nos critères de conceptions, nous devons bien décrire et énumérer nos besoins. Voici la liste des besoins de nos clients et utilisateurs que nous avons pris en note :

1. Espace pouvant accommoder la majorité de la classe. (1)
2. Peut passer dans un cadre de porte. (2)
3. Les élèves peuvent s'occuper de tous eux-mêmes de manière à se responsabiliser. (1)
4. Le produit a une connectivité avec les autres domaines d'étude. (1)
5. Le produit est esthétique pour aller chercher des fonds. (3)
6. Le produit est conçu afin de fournir des tâches et responsabilités aux élèves. (1)
7. Le produit maximise l'apprentissage et la compréhension des systèmes hydroponiques par la manipulation et l'observation. (1)
8. Le produit a une longue durée de vie. (2)
9. Le produit est performant (Les plantes poussent dans un délai relativement court durant l'année scolaire). (1)
10. Le produit est peu énergivore. (3)
11. Le produit est simple d'utilisation. (2)
12. Le produit est une innovation dans le domaine. (2)
13. Le produit démontre clairement le cycle de vie des plantes. (1)

La valeur écrite entre parenthèses représente l'importance de répondre à ce besoin. La valeur 1 indique un besoin essentiel et obligatoire, la valeur 2 un besoin qui serait très important à avoir et la valeur 3 un besoin qu'on peut mettre de côté si nous avons à choisir entre deux à cause du budget.

Selon notre liste de besoins et notre énoncé du problème pour la construction d'un système hydroponique que nous avons présenté dans ce rapport, nous avons ressortit la liste des critères de conception que nous avons suivis en fonctions des besoins de notre client. Nous avons divisé ces critères en trois catégories qui sont : exigences fonctionnelles, exigences non-fonctionnelles et contraintes. Pour les critères de conception, nous avons essayé le plus possible de trouver des métriques pour pouvoir les évaluer le plus facilement possible. De là, nous avons établis des métrique acceptables et idéales pour savoir si nous avons réussi à respecter nos critères de conception.

Tableau 5: Besoins, critères de conception et métriques

Numéro	Besoins	Critère de conception
1	Espace pouvant accommoder la majorité de la classe	Dimensions (m) (hauteur, largeur, profondeur), Facile à manœuvrer, forme du système
2	Le produit passe dans un cadre de porte	Dimension(m) (hauteur x largeur)
3	Les élèves peuvent s'occuper de tout par eux-mêmes pour se responsabiliser	Le programme laisse place à la responsabilisation des élèves, ceux-ci doivent prendre en charge le système hydroponique. (ex : les élèves calculent le pH, la concentration des nutriments, le niveau d'eau, etc.)
4	Le produit a une connectivité avec les autres domaines d'études	Le système hydroponique implique les cours de science (calcul de pH, cycle de vie d'une plante, etc.), les cours de mathématique (tous les calculs de régulation du système, rendement, etc.), l'informatique (implication dans le programme de la serre), etc.

5	Le produit est esthétique	Attirant à l'œil le plus possible
6	Le produit est conçu pour donner des tâches aux élèves	Le programme est incomplet de manière à ce que le système hydroponique soit dépendant des tâches des élèves.
7	Le produit maximise l'apprentissage et la compréhension des systèmes hydroponiques par la manipulation et l'observation	Concevoir des systèmes d'avertissements qui vont apprendre des bases de sciences aux élèves.
8	Longue durée de vie	Temps (année)
9	Le produit est performant	Temps nécessaire aux plantes pour pousser (mois / semaines) et bon mouvement de l'eau, lumière pour le soir / nuit.
10	Le produit est peu énergivore	Consommation d'énergie (kwh)
11	Le produit est simple d'utilisation	Instructions sur le produit, les systèmes sont simples d'utilisation
12	Le produit doit être abordable	Coûts (\$)
13	Le système démontre clairement le cycle de vie des plantes	Facilité à voir les plantes évoluer (vitres ou espaces ouverts)

Par la suite, nous avons dû les séparer dans les trois catégories citées plus haut dans le texte. La première catégorie représente les exigences sur les mécanismes de fonctionnement de la serre hydroponique, donc vont avoir un effet considérable sur notre solution finale. La deuxième catégorie représente les contraintes qu'on doit suivre dû aux utilisateurs et à l'emplacement où notre clientèle va utiliser notre produit. Puis, la troisième catégorie a rapport avec l'apparence du modèle.

Exigences Fonctionnelles :

- Forme du système (type de culture)
- Facilité à manœuvrer
- Mouvement de l'eau (débit)
- Systèmes d'avertissements (pour ph, quantité de minéraux dans l'eau et quantité d'eau)
- Aucun système pouvant résoudre les problèmes (élèves doivent le faire)
- Instruction sur produit
- Lumière pour la nuit

Contraintes :

- Coût (\$)
- Facilité à voir les plantes
- Consommation d'énergie
- Temps pour faire pousser les plantes (durant une année scolaire)
- Dimension (m)

Exigences non-fonctionnelles :

- Durée de vie (année)
- Esthétique

Comme on peut le voir nous avons les métriques suivants que nous allons pouvoir mesurer sur nos prototypes pour évaluer leur efficacité et leur capacité à suivre les contraintes de nos clients. Les métriques sont le dollar, le mètre, le débit (HP), le kWh et les années. Ensuite, nous avons été en mesure de mettre des valeurs idéales et acceptables pour chacun de ces métriques que l'on voulait atteindre pour considérer notre système comme efficace. Nous avons fait un tableau pour chaque type d'exigences que nous avons énumérer précédemment.

Tableau 6: Critères de conception fonctionnels et leurs valeurs idéales / acceptables

Critère de conception	Relation (<,>=)	Valeur	Unité	Méthode de vérification
Forme du système	=	Oui	s.o.	Essai
Facilité à manœuvrer	=	Oui	s.o.	Essai
Mouvement de l'eau (débit)	=	1/24 Hp	m ³ /s	Analyse et essai
Systèmes d'avertissements	=	Oui	s.o.	Essai
Système pouvant résoudre les problèmes	=	Non	s.o.	Élèves doivent le faire (besoin du client)
Instruction sur produit	=	Oui	s.o.	Essai
Lumière pour nuit	=	Oui	s.o.	Essai
Nutriments	1 ^{ière} semaine= 2 ^{ième} semaine= 3 ^{ième} semaine=	0,6 - 0,8 0,8 - 1,0 1,1 – 1,4	Taux de conductivité électrique	Calculer à l'aide d'un EC-mètre
pH	5,2<pH<5,7		pH	Ensemble pour tester le pH

Tableau 7: Contraintes de conception et leurs valeurs idéales / acceptables

Critère de conception	Relation (<,>=)	Valeur	Unité	Méthode de vérification
Coûts	<	4000	\$	Estimation et vérification des factures
Facilité de voir les plantes	=	Oui	s.o.	Essai
Consommation d'énergie	=	À déterminer	kWh	Analyse et essai
Temps pour faire pousser les plantes	<	9	Mois	Essai
Dimension	<	Haut = 1,6 Large = 1	Mètre	Calcule et Essai

Tableau 8: Critères de conception non-fonctionnels et leurs valeurs idéales / acceptables

Critère de conception	Relation (<,>=)	Valeur	Unité	Méthode de vérification
Durée de vie	>	4	An	Essai
Esthétique	=	Oui	s.o.	Essai

Alors, ce sont les exigences que nous voulions que notre modèle respecte. Il est possible que quelques-unes de ces exigences soient mises de côté dû à nos contraintes budgétaires (100\$) et au temps de conception.

Description de la solution et ses attributs :

Le monde de l'hydroponie est en plein essor ces dernières années et de nombreux concepts sont présentés aux consommateurs et agriculteurs en herbe. De nombreux concepts nous sont venus en tête lorsqu'il est venu le temps de planifier notre premier prototype. Tous ont leurs avantages et inconvénients, néanmoins nous avons raffiné nos idées en se concentrant sur les demandes du client. Ainsi, dans ce livrable, trois concepts venant de chacun des membres de l'équipes seront présentés et expliqués. S'en suivra une analyse des concepts globaux et le choix du prototype final.

Tableau 9: Analyse des concepts globaux : (Étalonnage par rapport aux critères de conception)
Exigences fonctionnelles :

Critère de conception	Point	Tuyau	vertical	horizontal
Forme du système	5	3	5	4
Facilité à manœuvrer	5	2	5	3
Mouvement de l'eau (débit)	5	5	4	5
Systèmes d'avertissements	5	1	4	4
Système pouvant résoudre le problème	5	5	5	5
Instruction sur produit	5	3	4	4
Lumière pour nuit	5	3	4	5
Nutriments	5	4	4	4
pH	5	4	4	4
Total	45	30	39	38

Tableau 10: Exigences non-fonctionnelles :

Critère de conception	Point	Tuyau	vertical	horizontal
Coûts	5	5	3	4
Facilité de voir les plantes	5	4	5	5
Consommation d'énergie	5	5	3	5
Temps pour faire pousser les plantes	5	5	5	5
Dimension	5	2	5	3
total	25	21	21	22

Tableau 11: Contraintes

Critère de conception	Point	Tuyau	vertical	Horizontal
Durée de vie	5	5	5	5
Esthétique	5	3	5	4
Total	10	8	10	9
Grand total	80	59	70	69

Alors, en fonction de nos exigences et contraintes le système que nous allons choisir est le système vertical, car c'est celui-ci qui a le plus de point et il dépasse le système horizontal qui a fini deuxième.

Le concept Final :

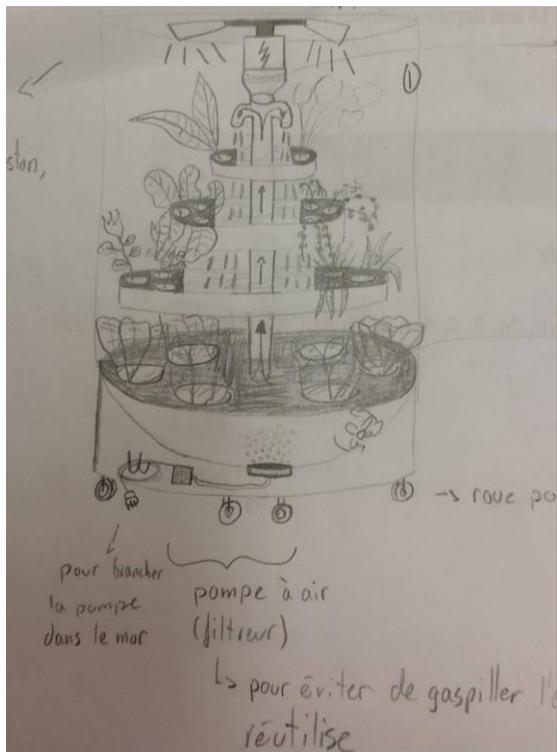


Figure 1 Concept final

Modélisation :

(Voir annexe pour les Plans d'essai de chaque prototypes)

Stratégie de prototypage, objectifs et résultats d'essais :

Prototype I

Pour notre premier prototype, nous avons choisi en équipe de faire un système d'avertissement lorsque le niveau de l'eau est trop bas. Notre concept prend en compte des concepts en électricité, en mécanique et en mathématique. Nous avons décidé de faire ce système comme prototype, puisqu'il est très important pour le bon fonctionnement de notre système hydroponique. Dans l'étude que nous avons faite nous avons vérifié le système d'évacuation de l'eau, la vitesse de déversement et les mesures.

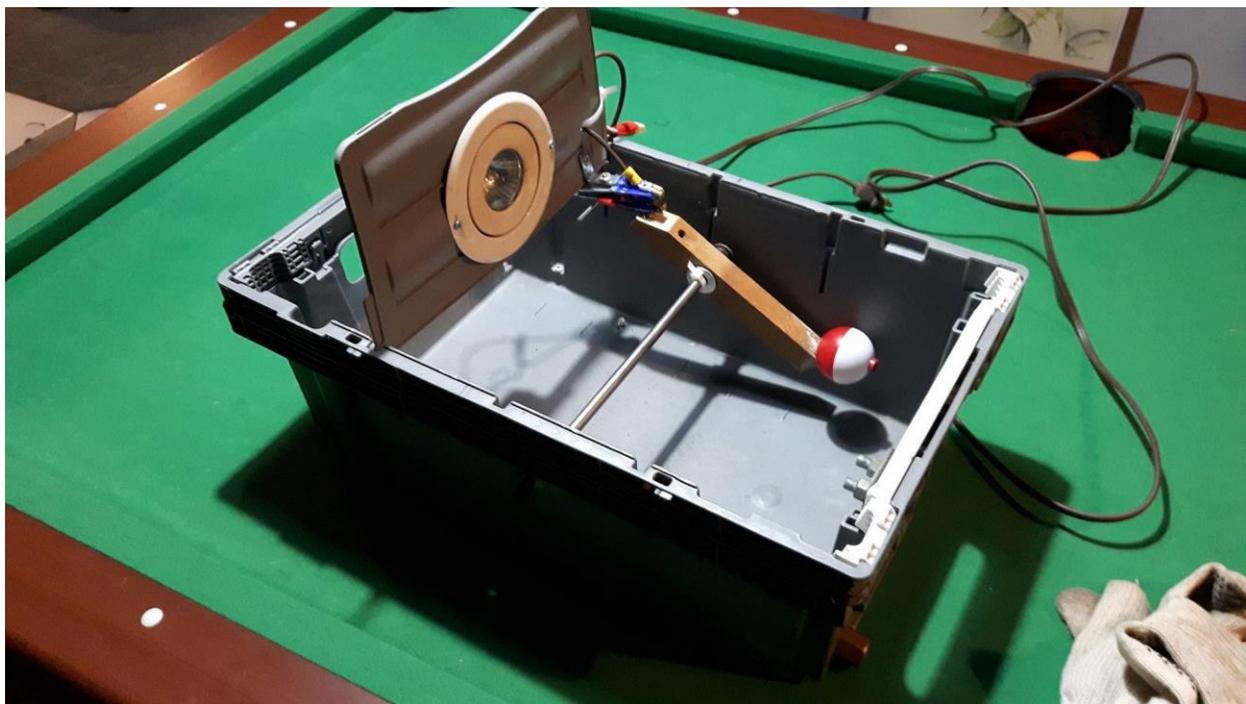


Figure 2 Prototype 1

Premièrement, il serait préférable de commencer en expliquant le fonctionnement global de notre prototype. On a système de pendule qui fonctionne avec la variation du niveau d'eau et le côté qui descend est plus long (du point de rotation à l'extrémité) que celui qui monte, puisque la force dominante et non négligeable en jeu est la gravité pour le moment du bâton. Lorsque le niveau de l'eau sera trop bas, la partie supérieure du bâton sur la photo va engendrer la connexion du circuit électrique de la lumière et elle avertira les élèves. Ceci fonctionne comme un interrupteur pour une lumière dans une maison.

Nous avons installé un système d'évacuation d'eau pour simuler la diminution de l'eau par évaporation et la consommation de celle-ci par les plantes. Ce système consiste en un embout pour la sortie d'air d'un compresseur à air. Nous avons fait un trou dans le bac en plastique et on a placé l'embout dans le trou. Nous avons fait les deux tests suivants pour vérifier l'efficacité de ce système : voir si l'eau coule même si l'embout est fermé et voir le débit.



Figure 3 Évacuation de l'eau

Tableau 12: Vérification du système d'évacuation de l'eau

Hauteur de l'eau (cm)	Temps à partir du départ (min)
5.2	0
4.8	90
4.8	150

Entre la première et la deuxième mesure, par accident le bac a été bousculé par un de nous, donc c'est peut-être la raison de cette grande différence. De plus on ne peut pas vraiment dire si de l'eau a été expulsée du bac, puisque celui-ci était dans un bain.

Tableau 13: Vérification du débit

	Mesure initiale	Mesure finale
Temps (s)	0	378
Hauteur (cm)	4,8	2,1
Volume (cm ³)	5120,64	2240,28

On peut calculer le débit de la façon suivante :

$$D = \frac{5120,64 - 2240,28}{378 - 0}$$

$$D = 7,62 \text{ cm}^3/\text{s}$$

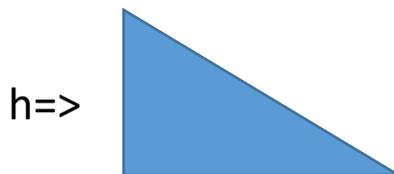
Alors, on peut affirmer que notre débit est d'environ 7,62 cm³/s.

Les premières mesures que nous avons faites sont les dimensions du bac en tant que telle. La longueur est de 42 cm, la largeur est de 25,4 cm et la hauteur est de 10,5 cm. Cette hauteur correspond à la hauteur maximum du niveau d'eau que le bac peut avoir. Nous avons prédéterminé pour notre prototype que le système d'avertissement va s'enclencher lorsque l'eau atteint le quart de sa hauteur soit à 2,63 cm. De plus, comme on peut le voir sur la première photo de notre prototype, la lumière est placée sur un morceau de plastique qui se place facilement sur la boîte. Alors, nos mesures nous démontrent que le côté supérieur du bâton devrait atteindre 15,1 cm de haut par rapport au fond du bac de plastique.

Alors en calculant, on remarque que le bâton représente l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont la hauteur est de 12,475 cm.

$$h = 15,1 - 2,625$$

$$h = 12,475$$



Pour trouver les grandeurs manquantes pour les longueurs, nous avons dû prédéterminer l'angle entre l'hypoténuse et le côté qui n'est pas h. Pour cela nous avons fait des essais avec 30, 40, 45 et 60 degré. Nous avons pu trouver les côtés manquants à l'aide des formules suivantes :

$$\sin \theta = \frac{\text{hypoténuse}}{\text{côté opposé}(h)}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{hypoténuse}}{\text{côté adjacent}}$$

On peut voir les résultats dans le tableau suivant :

Tableau 14: Résultat longueur du balancier

Angle (degré)	Côté opposé (cm)	Côté adjacent (cm)	Hypoténuse (cm)
30	12,475	21,607	24,95
40	12,475	14,867	19,407
45	12,475	12,475	17,64
60	12,475	7,2	14,4

Par la suite, nous avons calculé la longueur du côté le plus long et le plus court du balancier par rapport au point de rotation. Nous savons que le point de rotation est à 10,5 cm du fond du bac et que le point le plus élevé du balancier est à 15,1 cm. Alors, le point de rotation est à 4,6 cm du point le plus haut verticalement, donc nous avons un nouveau triangle rectangle dont la hauteur est de 4,6 cm et que l'hypoténuse est la longueur de la plus petite moitié du balancier. De plus, par trigonométrie nous savons que l'angle de ce triangle sera le même que celui du grand triangle. Les résultats que nous avons obtenus sont les suivants :

Tableau 15: Résultat des mesures des parties du balancier

Angle (degré)	Côté supérieur (cm)	Côté inférieur (cm)
30	9,2	15,75
40	7,16	12,25
45	6,51	11,13
60	5,31	9,09

Notre choix a été lorsque l'angle est de 45 degré, puisque nous voulons avoir un balancier qui prend peu de place. Il est vrai qu'à 60 degré la longueur du balancier est plus petite, mais il était plus facile, selon nous, de faire en sorte que le balancier connecte les deux fils à 45 degré, car on a plus de marge d'erreur pour le placer.

Pour ce qui est du circuit électrique, nous avons relié une lumière un câble électrique qu'on branche dans le mur. On doit connecter la lumière et le câble à deux endroits, donc à un endroit la connexion est permanente et pour l'autre il y a un interrupteur. L'interrupteur est composé d'une peinture avec des morceaux de plastique (isolant électrique) et un fils de chaque côté.

En conclusion, nous avons réussi à produire un prototype fonctionnelle en utilisant presque juste des pièces recyclées et nous et qui répond à nos critères de conception et les besoins du client.

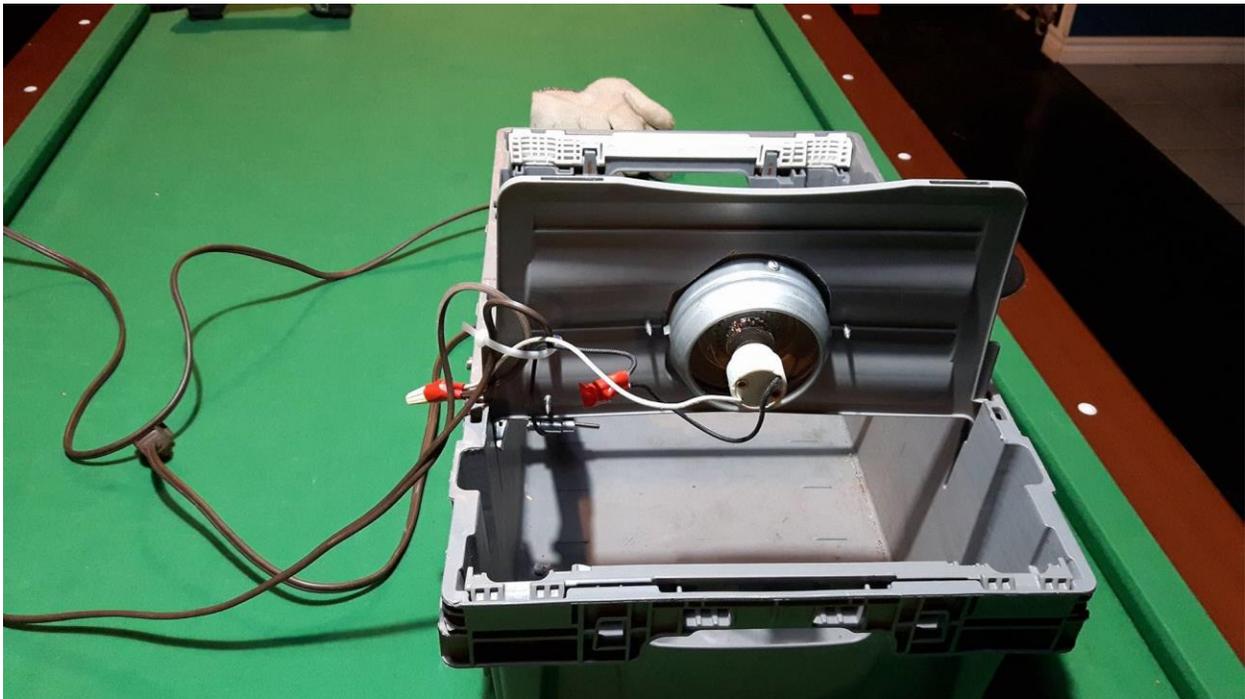


Figure 4 Circuit électrique

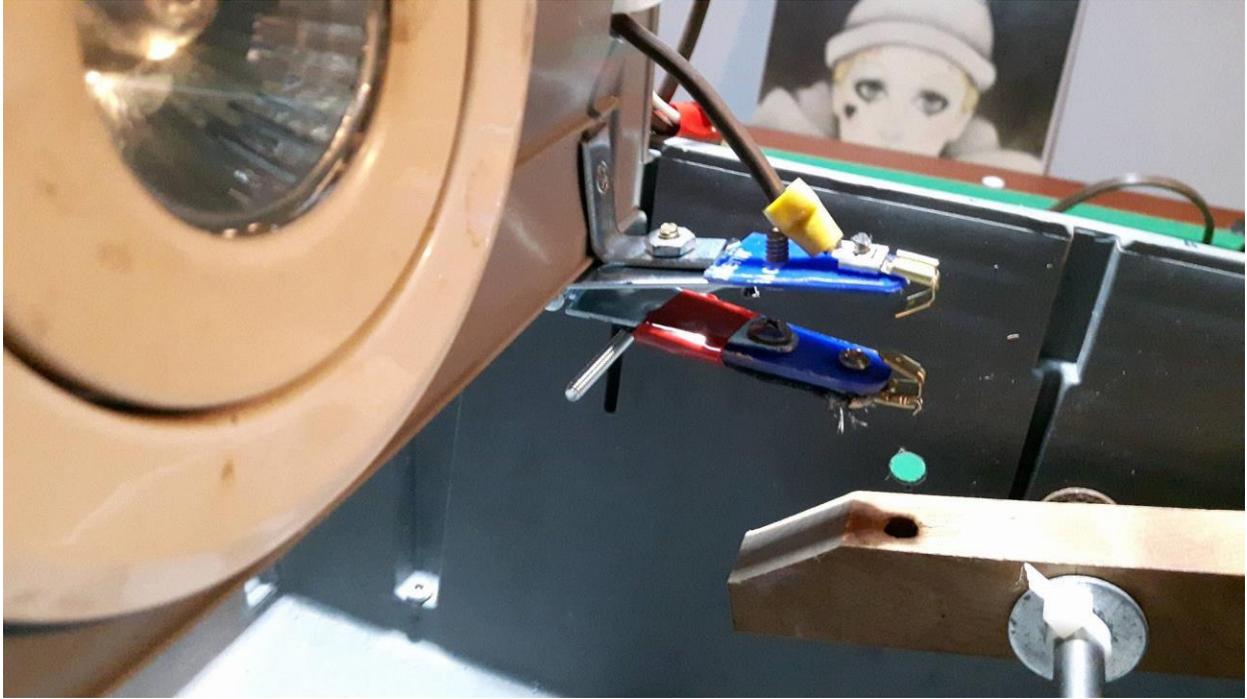


Figure 5 Circuit lumière Vue rapprochée

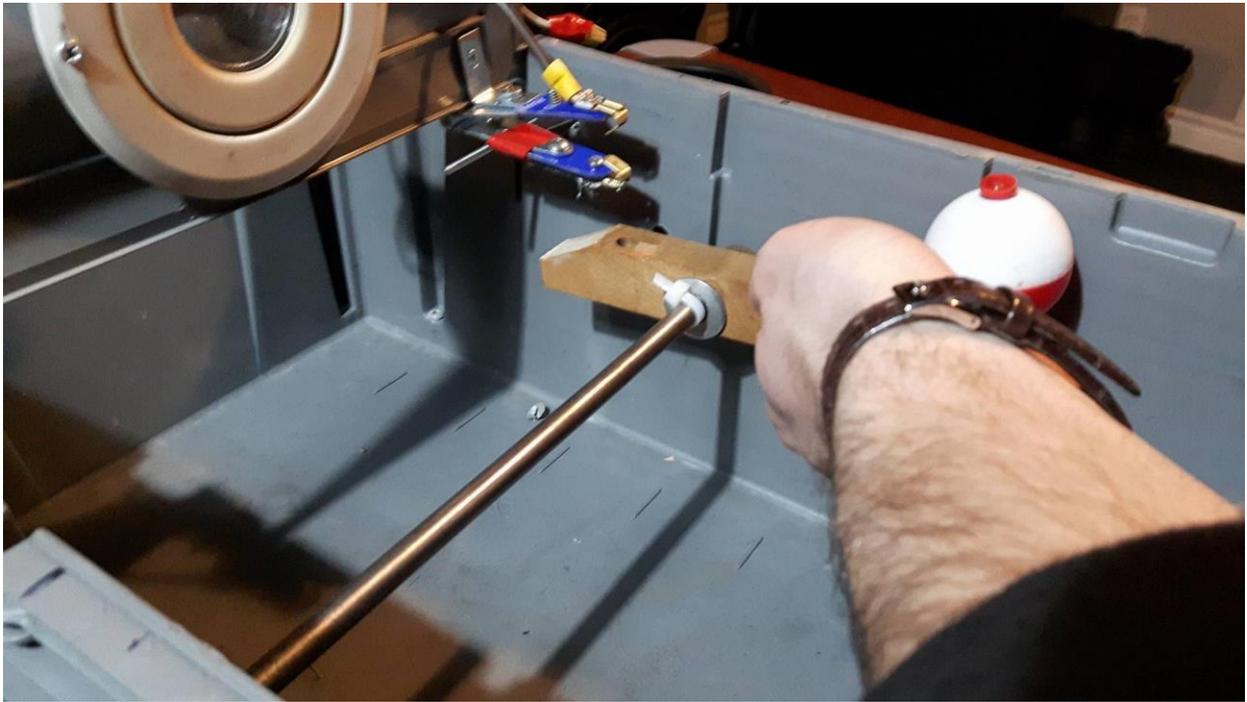


Figure 6 Situation sans contact

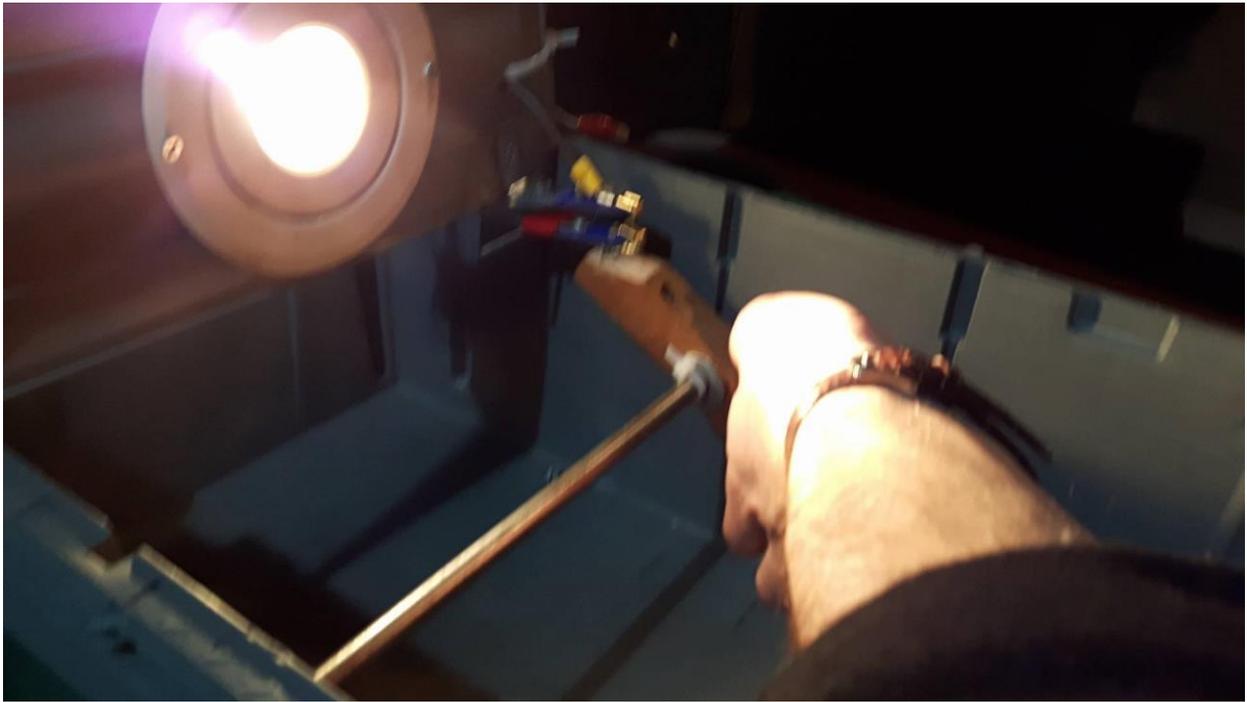


Figure 7 Situation avec contact

Prototype 2

Notre deuxième prototype est un prototype physique de type ciblé. Nous avons choisi ce type de prototype pour mettre l'accent sur la compréhension d'un sous-système (le cycle de circulation de l'eau), dans le but de répondre à nos questions sur les concepts et principes ainsi que la faisabilité. Aussi, le fait d'avoir un prototype physique permet à notre client de mieux comprendre l'avancement et les principes de notre projet; sa rétroaction est alors plus fondée.

Le prototype vise à rendre concret le cycle de circulation de l'eau à travers notre serre hydroponique. Pour ce faire, nous avons isolé les mécanismes liés à la circulation de l'eau et ce prototype sera intégré au produit final, selon les mêmes principes et concepts.

Tout d'abord, l'eau repose en grande partie dans un réservoir à la base du système. Puisque notre serre est conçue en hauteur, il nous faut un moyen de monter l'eau jusqu'en haut. Pour se faire, une pompe à immersion est placée dans le réservoir, sous l'eau, et pompe l'eau avec un débit de 1/12 HP dans un tuyau en caoutchouc (semblable à un boyau d'arrosage). Ce tuyau est tenu en position horizontal par un tuyau PVC de 5 pieds de haut avec un diamètre de 3 pouces. Une fois l'eau pompée jusqu'en haut, un entonnoir fait couler l'eau doucement et de manière uniforme et circulaire en fonction de la gravité vers le bas pour qu'elle retombe dans le réservoir. De cette manière, la même eau circule indéfiniment selon le même circuit.

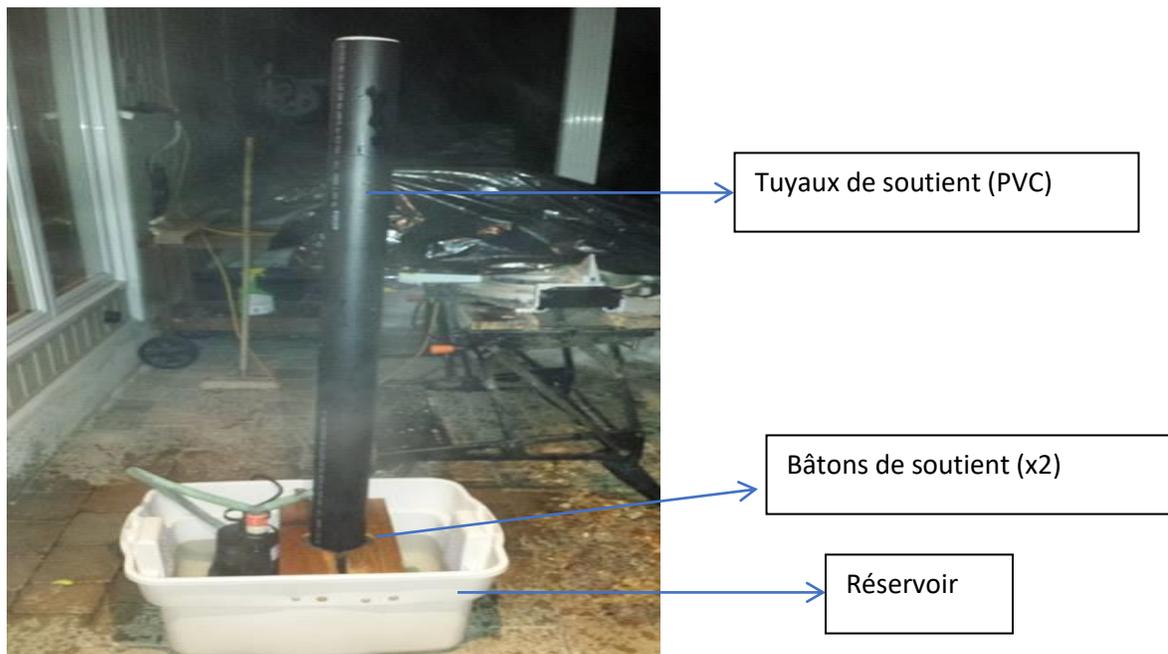


Figure 8 Ensemble du prototype 2

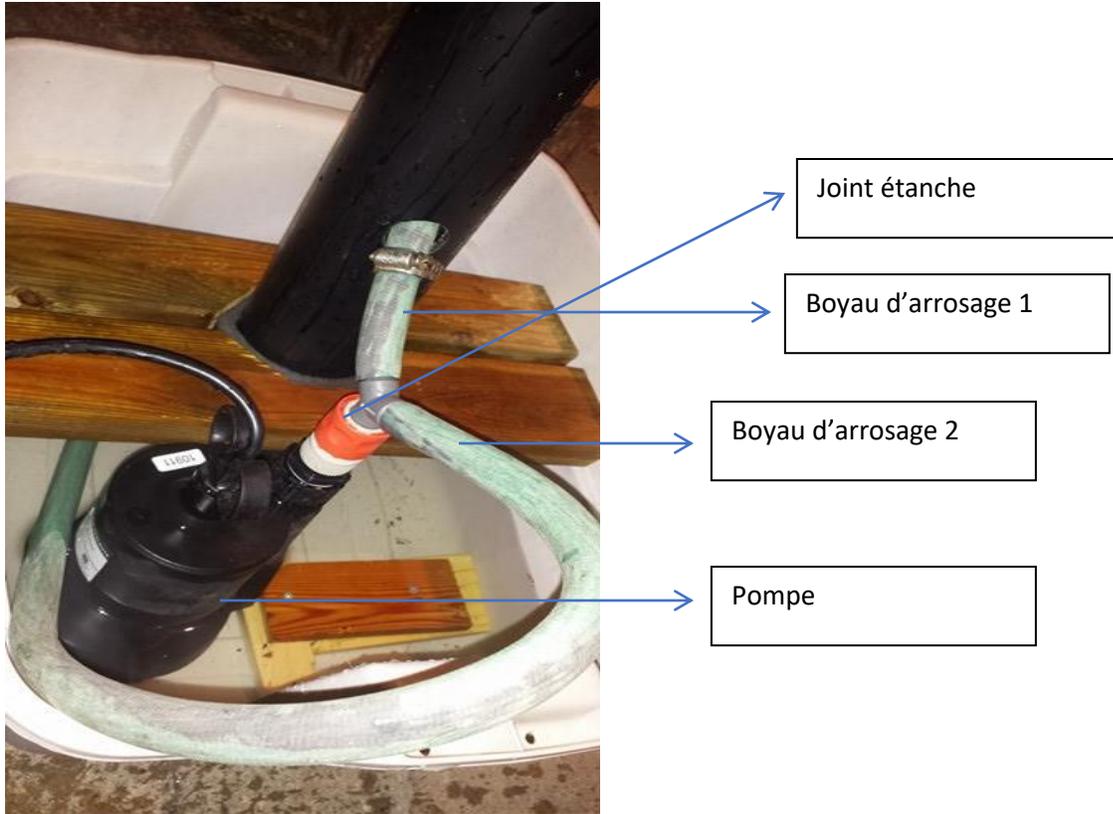


Figure 9 Vue du système de plomberie et de la pompe dans le réservoir

Tableau 16: Dimension des pièces du prototype

pièces	Hauteur (pied)	Largeur / rayon	longueur	volume	matériaux
Tuyau PVC	5	1,5 pouce			PVC
Boyau d'arrosage 1	4	0,3 pouces			Caoutchouc
Boyau d'arrosage 2	2,5	0,3 pouces			Caoutchouc
Réservoir	1	1,5 pied	2		Plastique rigide
Soutiens en bois			1,5		Bois
pompes	9/12	4 pouces			Plastique
Eau					Eau
Prototype entier					

*Le prototype à un poids total de 55 lb remplis d'eau.

Exemples de calculs :

Volume du tuyau PVC : $V_t = \text{hauteur} \cdot \text{rayon}^2 \cdot \pi$

(Mêmes calculs pour les boyaux d'arrosage)

Volume du réservoir : $V_r = \text{Hauteur} \cdot \text{Largeur} \cdot \text{Longueur}$

Volume d'eau : $V_{\text{eau}} = V_r + V_t$

Analyse de problème 1 :

Nous avons la nécessité de concevoir ce prototype, car il est le sous-système le plus important du produit final. En effet, la circulation de l'eau est l'élément le plus important d'une serre hydroponique, puisque la fonction du produit est de faire pousser des plantes, ce qui ne peut arriver sans le système de circulation d'eau idéal.

Le but de la conception de ce prototype est de communiquer les principes et le fonctionnement principal du sous-système de circulation d'eau, qui sera intégré au produit final. Ces principes sont, dans un premier temps, l'aspect physique de pression qui est démontré avec le pompage de l'eau et la circulation contre la gravité de l'eau. Dans un deuxième temps, la mécanique des fluides est illustrée par ce prototype à travers le système de plomberie qui permet la circulation de l'eau. Aussi, nous avons profité des essais réalisés pour choisir la force idéale de pompage de l'eau.

Les objectifs spécifiques des essais étaient de vérifier le débit d'eau idéale, de montrer la circulation continue de l'eau sans perte, et d'avoir une bonne idée des dimensions du produit final.

Les critères pour le succès des essais sont principalement :

- 1) L'eau est pompée avec la bonne force du réservoir en haut du tuyau, sans débordement.
- 2) Le cycle de circulation de l'eau est continu et n'occasionne pas de perte ou de déséquilibre dans le réservoir.
- 3) L'eau circule lentement, pour ne pas éclabousser, et pour que les plantes puissent absorber ses nutriments ultérieurement.
- 4) Le fonctionnement du système est coordonné avec l'apprentissage des élèves sur des principes de physique des fluides, de pression / succion et gravité.

Tableau 17: Résultats des différents essais du débit de l'eau

Essais	Débit d'eau (HP)	Temps de l'essai (seconde)	Observations
1	1/6	60	Le joint du tuyau n'est pas assez étanche, aucune eau n'est pompée.
2	1/6	20	Nous avons changé le joint, l'eau est pompée beaucoup trop fort, elle est projetée hors du prototype
3	1/12	180	Nous avons diminué de moitié le débit de la pompe, l'eau a juste assez de propulsion pour arriver en haut du tuyau PVC, et dégouliner doucement dans le réservoir.

Le troisième essai répond aux critères de réussite. Le débit de l'eau sortant à l'extrémité du tuyau est excellente, c'est-à-dire qu'elle a juste assez de force pour atteindre la hauteur de 5 pied, et dégouliner par la suite sur les bords du tuyau de soutènement (PVC).

Pour diminuer la force de pompage, donc le débit d'eau, de 1/6 de HP à 1/12 de HP, nous avons divisé l'eau pompée dans le tuyau en deux autres tuyaux. Le premier retourne l'eau directement dans le réservoir, le deuxième achemine l'eau en haut du prototype. Après 180 secondes nous avons constaté que l'eau circulait de manière continue et qu'aucune perte n'avait eue lieu.



Figure 10 Photo de l'eau qui s'écoule du tuyau au 3 e essai.



Figure 11 Photo du tuyau alternatif pour diviser le débit en 2 et de la jonction des 3 tuyaux avec le joint étanche.

Analyse de problème 2 :

Il y a très peu de lien entre notre premier prototype et celui-ci, puisque tous les deux représentent des systèmes spécifiques de notre système hydroponique final. Cependant, on peut les voir comme deux pièces importantes du même produit. À part cela, il n'y a pas de lien entre nos deux premiers prototypes.

Conclusion

En conclusion, on peut voir que notre deuxième prototype d'essai est concluant avec les tests que nous avons effectués tout comme le premier prototype. Cependant, nous devons adapter nos deux premiers prototypes pour un système final beaucoup plus grand pour avoir un système hydroponique efficace.

Prototype 3

Ce prototype est primordial à l'avancement du projet du système hydroponique. C'est la plaque tournante et l'aboutissement de tous nos efforts tout au long du cours. Ce prototype regroupe tous les prototypes antérieurs ainsi que les améliorations résultant des rétroactions du client. Il est ainsi dire le prototype final et est en tout point représentatif du concept final. Il nous permet pour la toute dernière fois d'apporter des modifications et des améliorations au concept final, tout dépendant des résultats obtenus et des objectifs atteints. La construction de ce prototype a été faite de manière minutieuse et précise afin d'avoir la meilleure vue d'ensemble du concept final. L'objectif principal est d'en apprendre d'avantage sur le comportement du prototype lorsqu'il fonctionne en incluant toutes les composantes du système final. Puisque c'est le dernier prototype, nous avons aussi ajouté tous les autres systèmes qui ne valaient pas la peine d'être testés individuellement en prototypes ciblés, par exemple la circulation d'eau dans les étages de plantes.

Liens avec les 2 premiers prototypes :

Pour ce prototype final, nous avons décidé de faire le modèle grandeur réelle, pour voir à quoi ressemble notre produit final, en fonction de notre budget de 100 dollars. Alors, ce prototype est fonctionnel et peut être utilisé pour faire de l'hydroponie de façon efficace selon les tests que nous avons faits. Ce prototype incorpore nos 2 prototypes précédents avec les modifications que nous y avons apportées suite à la rétroaction du client et des tests. Premièrement pour le système d'avertissement du niveau d'eau, nous avons utilisé une plus petite lumière qui prend moins d'espace, soit une lampe de lecture. De plus, celle-ci est maintenant connecter à une batterie 9 volts plutôt qu'au courant du bâtiment, donc notre prototype peut être installé à plus d'endroit pour être fonctionnel. Pour ce qui est de notre deuxième prototype, nous avons seulement rajouté des sorties d'eau sur le tuyau de PVC pour les différents étages de plantes et renforcer le tuyau de PVC dans notre réservoir d'eau, puisque c'est lui qui supporte tous les étages de plantes. Nous avons aussi réutilisé des pièces de nos deux premiers prototypes, comme le PVC, notre interrupteur fait maison, la pompe et plusieurs autres. Ceci était une nécessité pour attendre notre but d'avoir un prototype final fonctionnel avec un budget de 100 dollars.

Rétroaction :

Lors de notre dernière rencontre avec la cliente durant un cours, celle-ci nous a démontré une petite inquiétude par rapport à la force du débit d'eau à travers notre système et l'équilibre d'eau entrante, sortante, absorbée et évaporée entre les étages de plantes. Son inquiétude était axée sur le rapport entre le débit rentrant et sortant. C'est pour cela que nous avons changé notre idée initiale pour le mouvement de l'eau qui consistait à faire quelques trous dans chaque étage pour que l'eau dégoute vers le bas. Pour répondre à ses attentes, nous avons décidé de faire un deuxième trou dans le PVC par lequel l'eau qui dépasse notre niveau requis (2 pouces) sera expulsée dans notre réservoir (tel le système anti débordement d'un lavabo). De plus, nous avons pris rendez-vous avec des connaissances que nous avons pour voir leur réaction par rapport à nos idées finales et des photos du prototype en tant que telle. La majorité du temps, ils trouvaient nos idées intéressantes et nous les avons prises en compte, comme le fait que la lumière du système d'avertissement d'eau soit reliée à une batterie.

Faisabilité :

Nous avons vérifié la faisabilité de notre dernier prototype en testant tous nos sous-systèmes individuellement. Premièrement, nous avons testé notre nouveau système d'avertissement du niveau d'eau, puisque celui-ci est à batterie et non à fil. Également, nous avons vérifié si notre système de transfert d'eau était efficace à plusieurs reprises au centre Brunsfield. Nous nous sommes arrangés pour que le débit de l'eau ne puisse pas dépasser une limite de 2 pouces en faisant un trou dans notre PVC pour ramener l'eau rapidement au réservoir. Puis, pour s'assurer que l'eau puisse sortir du tuyau de PVC nous avons faits des trous dans celui-ci au bas et nous l'avons relevé du bas du bac de 1 cm.

ANALYSE :

Sous-systèmes :

Pour ce dernier prototype nous avons encore quelques parties intégrantes de notre système qui devaient être analysées pour pouvoir soumettre un prototype de premier choix. Premièrement, la cliente nous avait fait comme remarque que notre idée pour contrôler le niveau de l'eau dans chaque étage ne la mettait pas en confiance. Notre idée de base était de faire des petits trous dans les bacs pour laisser dégoutter l'eau d'un étage à l'autre. Alors, nous avons décidé de faire un trou supplémentaire à celui où l'arrosoir va rentrer (dans le PVC) pour faire sortir l'eau de trop. Nous avons décidé de mettre le niveau de l'eau à environ 2 pouces de haut et nous avons fait le trou à cette hauteur comme on peut le voir dans la photo suivante :



Figure 12 Vu du système d'approvisionnement de l'eau

On peut également voir que le trou pour laisse sortir l'eau est plus bas que celui par lequel le tuyau rentre. Chaque bac comprenant des plantes aura environ soit 3 ou 6,5 litres d'eau en permanence. On sait que 1 litre d'eau équivaut à 1 kilogramme, donc le poids supporté par les bacs de plastique sera soit 3 ou 6,5 kilogrammes, ce qui est trop pour seulement avoir de la colle chaude pour les supporter et boucher les fissures. Nous avons donc mis des supports en forme de L pour les 2 bacs supérieurs (équerre en métal). Pour ce qui est du bac le plus bas, il est supporté par le réservoir et la structure qui supporte le tuyau de PVC. Pour supporter le tuyau de PVC, nous avons mis des morceaux de bois ayant sa forme au fond pour le garder en place. Nous n'avons pas visé ces morceaux au réservoir pour éviter que l'eau coule. De plus, au niveau du haut du réservoir nous avons encore solidifié le PVC avec des morceaux de bois qui sont serrés sur lui pour l'empêcher de bouger. Puisque c'est plus haut que le niveau de l'eau maximum dans le réservoir, nous l'avons vissé sur le réservoir. Pour ce qui est de la pompe pour acheminer l'eau aux étages de plantes, nous avons utilisé la même que celle utiliser dans le deuxième prototype et puisque le débit de celle-ci est très élevé, nous l'avons divisé en trois; une pour chaque étage. Finalement, pour notre système d'avertissement nous avons décidé qu'il s'actionne lorsque le niveau de l'eau dans le réservoir est plus bas que 10 centimètre pour éviter de brûler le moteur de la pompe. Pour prendre le moins de place possible le système d'avertissement, nous avons décidé de le placer du côté qui est le plus court. Pour que le système puisse fonctionner dans un espace restreint l'angle d'inclinaison a dû être à 60 degré et la longueur du manche à 29 centimètres. Le point de rotation est à 15 centimètres du haut du réservoir. Le niveau de l'eau doit alors descendre de 20 centimètre pour allumer la lumière. Ce système d'avertissement est identique dans son fonctionnement à part le fait que la lumière pour celui-ci est reliée à une batterie 9 volts.

Critère d'arrêt :

Pour ce dernier prototype, nous voulions faire en sorte d'avoir un mécanisme très fonctionnel. Alors, notre critère d'arrêt pour ce prototype est que l'échange d'eau entre les quatre niveaux de notre prototype soit efficace, sans dégâts et continue. Suite aux premiers tests que nous avons effectué, nous avons eu quelques problèmes à bien divisés le débit de l'eau pour que le débit sortant soit égale débit entrant dans tous les cas. Ce problème a été résolu après avoir bien ajusté le débit de chaque sortie de l'embout en Y. De plus, un autre problème que nous avons eu

pour un étage, la dernière, est le fait que l'eau coulait à travers le point de contact entre le tuyau de PVC et ce bac. Alors, nous avons mis plus de colle chaude comme aux autres étages pour mieux boucher les fissures.



Figure 13. Système de séparation du débit de l'eau



Figure 14. Système d'avertissement du niveau de l'eau



Figure 15. Prototype final

Conclusion

En conclusion, la construction de ce prototype a été un succès. Nous avons pu cerner les problèmes très vite et les régler comme il avait été planifié. Nous faisons référence ici au problème d'étanchéité du prototype. Les étages se remplissent comme nous l'avions prédit à quelques exceptions près. Il faut avoir en tête que le prototype en est un à 100\$. Certains problèmes sont directement liés au manque d'argent, mais ont été résolus grâce à l'ingéniosité des membres de notre équipe et à la persévérance. Si nous aurions à refaire le prototype il y aurait un détail que nous ajouterions. Il s'agit d'une valve à la base du bac inférieur ainsi qu'à tous les étages du montage. Ceci nous permettrait de vider efficacement l'eau après tous les essais que nous effectuons. Aussi, nous pourrions installer une lumière légèrement plus visible. Mis à part cela, nous avons obtenus des résultats très satisfaisants qui répondent à nos objectifs. Il serait intéressant de construire le même prototype, mais avec un budget beaucoup plus gros afin de comparer les résultats. Nous pourrions donc évaluer si le budget a un impact sur les performances du prototype.

Conclusion et recommandation :

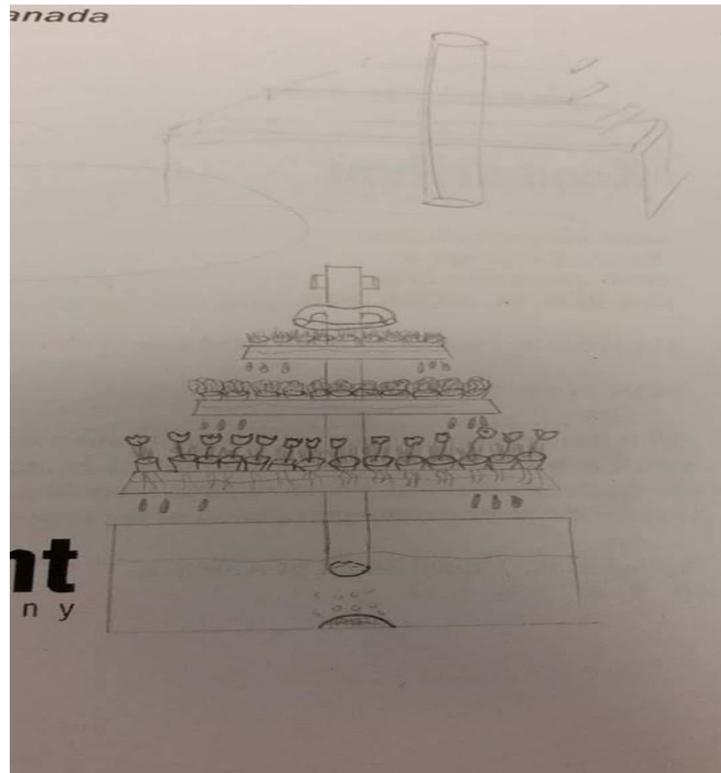
Pour résumer le tout, ce projet consistait à concevoir une serre hydroponique en fonction des besoins de nos clients et utilisateurs, soient les enseignants et élèves de l'élémentaire. Nous avons procédé à la conception en suivant la méthode du design thinking selon les 5 étapes : emphatiser, définir, concevoir, prototypage et essais. Le prototype final s'est avéré un succès, puisqu'il fonctionne à merveille et répond aux besoins des clients. Toutefois, notre équipe se réserve des projets futurs en ce qui attrait à notre conception. Dans un premier temps, il y a toujours place à l'amélioration, c'est pourquoi nous avons prévus remplacer la colle chaude utilisé pour l'étanchéité des étages, par du silicone dans le prochain prototype. Ensuite, il serait nécessaire d'ajouter un système pour vider le réservoir et les étages du système après utilisation. Finalement, nous prévoyons obtenir des subventions pour développer un produit final avec un budget réaliste, qui sera construit avec des matériaux plus solide. Ce produit pourrait alors être commercialisé sur le marché et utiliser dans les salles de classe partout à travers la province.

Tout au long de ce projet, nous avons appris des leçons qui vont nous permettre d'être plus efficace et mieux préparer dans le futur au niveau de la conception de nos projets. Premièrement, il y a la méthode du design thinking que nous avons utilisée tout le long de la session. Elle nous a appris à avoir de la rétroaction le plus souvent possible avec nos clients pour s'assurer que nous avons la même vision du produit finale. Également, elle nous a appris à faire le plus d'analyse possible avant et après la conception des prototypes pour être sûre que nous avons pensé à toutes les composantes voulues de notre prototype et pour améliorer le plus de composantes possibles à la fois. Finalement, nous avons développé des méthodes d'étalonnage qui nous ont fait comprendre l'importance d'analyser les produits de la compétition. Cela favorise la provocation d'idée, nous fait réfléchir à des différents principes et nous aide à concevoir le meilleur produit.

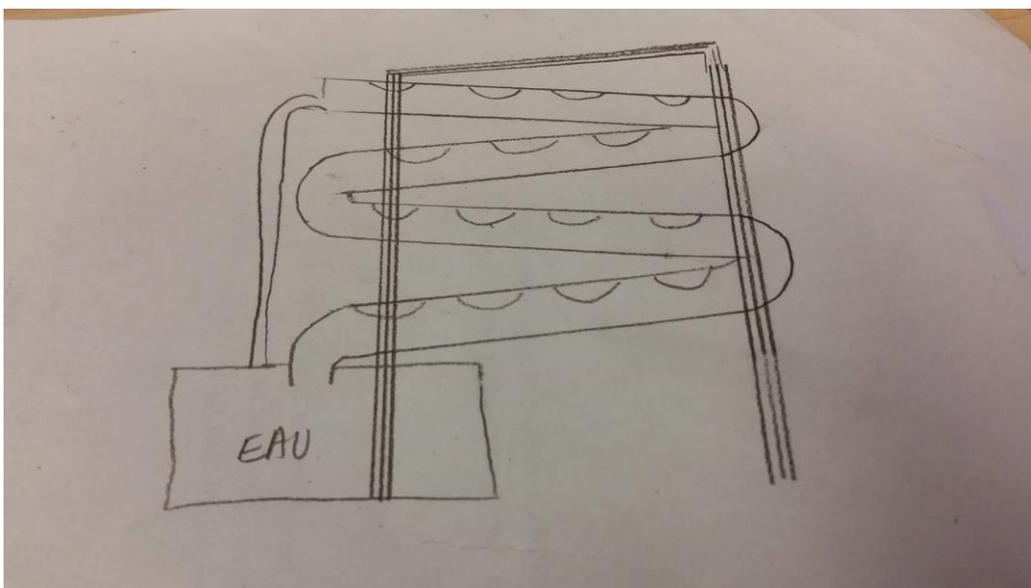
En somme, nous avons profité d'une bonne opportunité d'améliorer l'éducation des jeunes enfants en concevant un prototype de serre hydroponique innovateur qui répond aux besoins du marché, des enseignants et des élèves de l'élémentaire. Notre système a été conçu pour s'intégrer à une salle de classe ainsi que pour enrichir l'épanouissement de ses élèves. Nous sommes persuadés que la concrétisation d'un tel projet aurait un impact bénéfique sur l'apprentissage des enfants. L'expérience vécue en classe leur inculquerait la notion des défis que pose l'agriculture ainsi qu'une bonne idée des bénéfices de l'hydroponie. Après tout, l'avenir de notre planète dépendra de la façon dont nous gérerons nos ressources et puisque l'agriculture hydroponique est la meilleure manière d'optimiser nos approvisionnements alimentaires, il nous semble essentiel que cette notion fasse partie du curriculum d'éducation de nos jeunes enfants.

Annexes

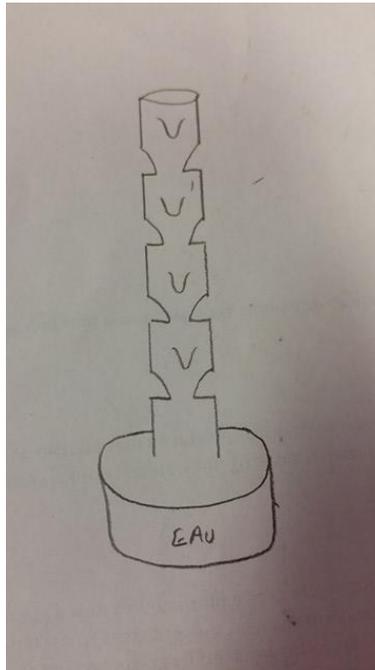
Annexe 1 : Photo de notre croquis de notre concept de fontaine comme serre hydroponique



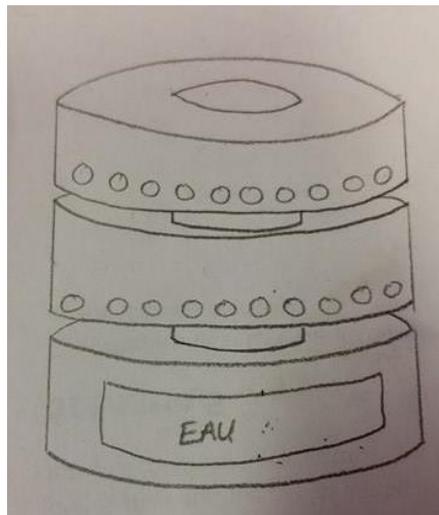
Annexe 2 :



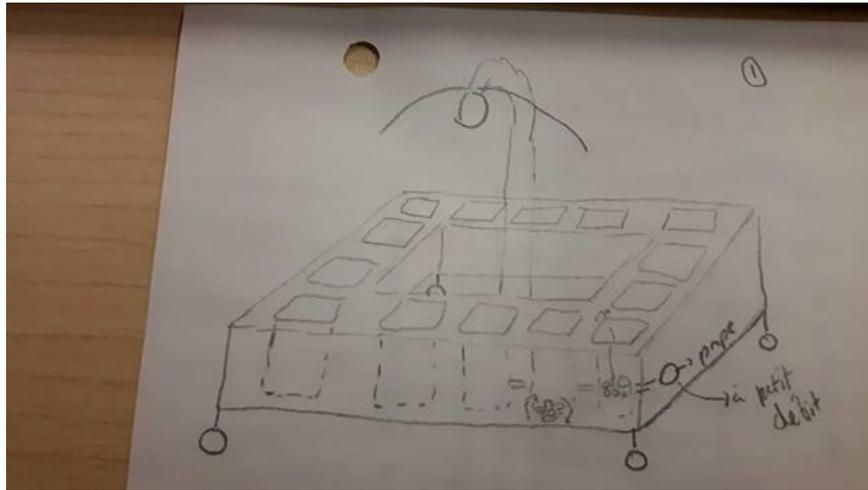
Annexe 3 :



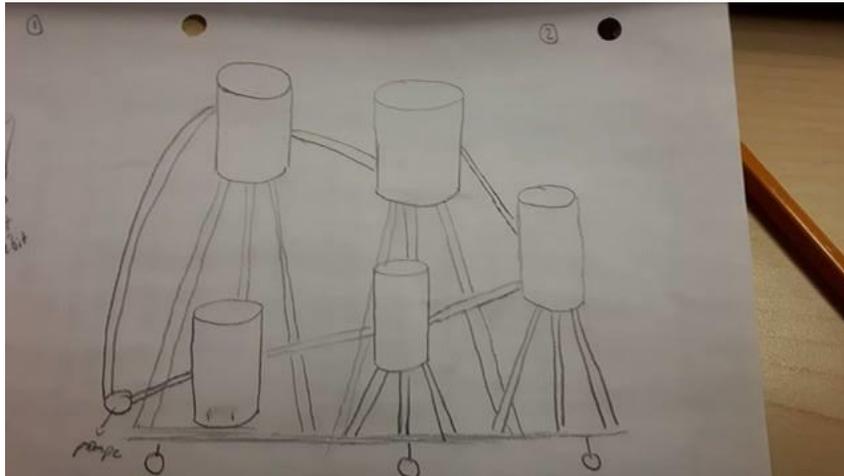
Annexe 4 :



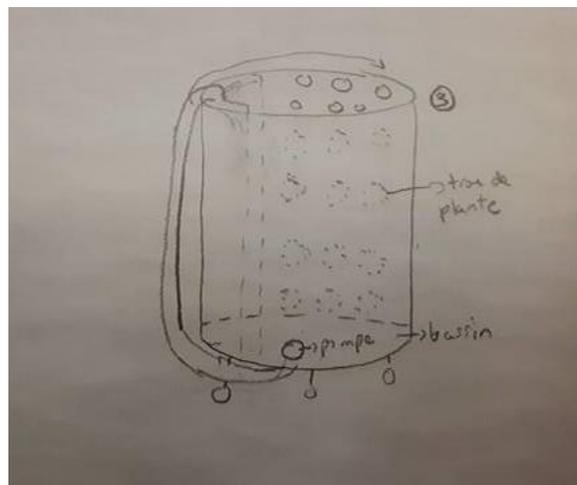
Annexe 5 :



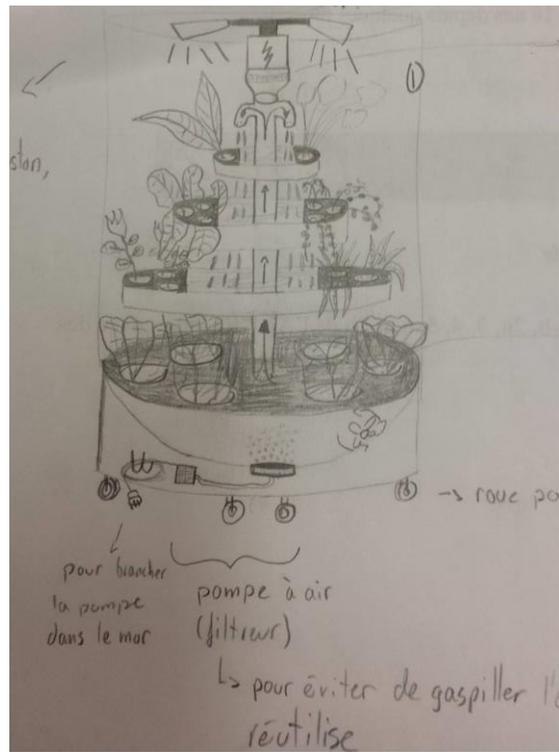
Annexe 6 :



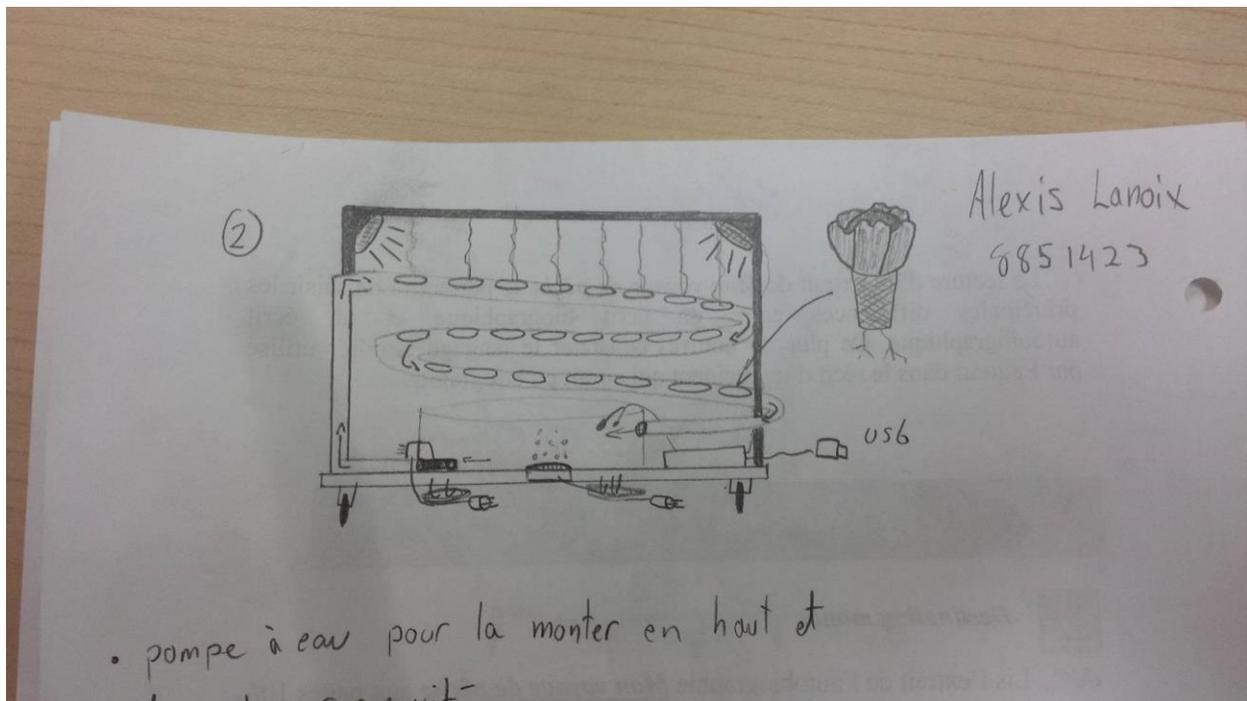
Annexe 7 :



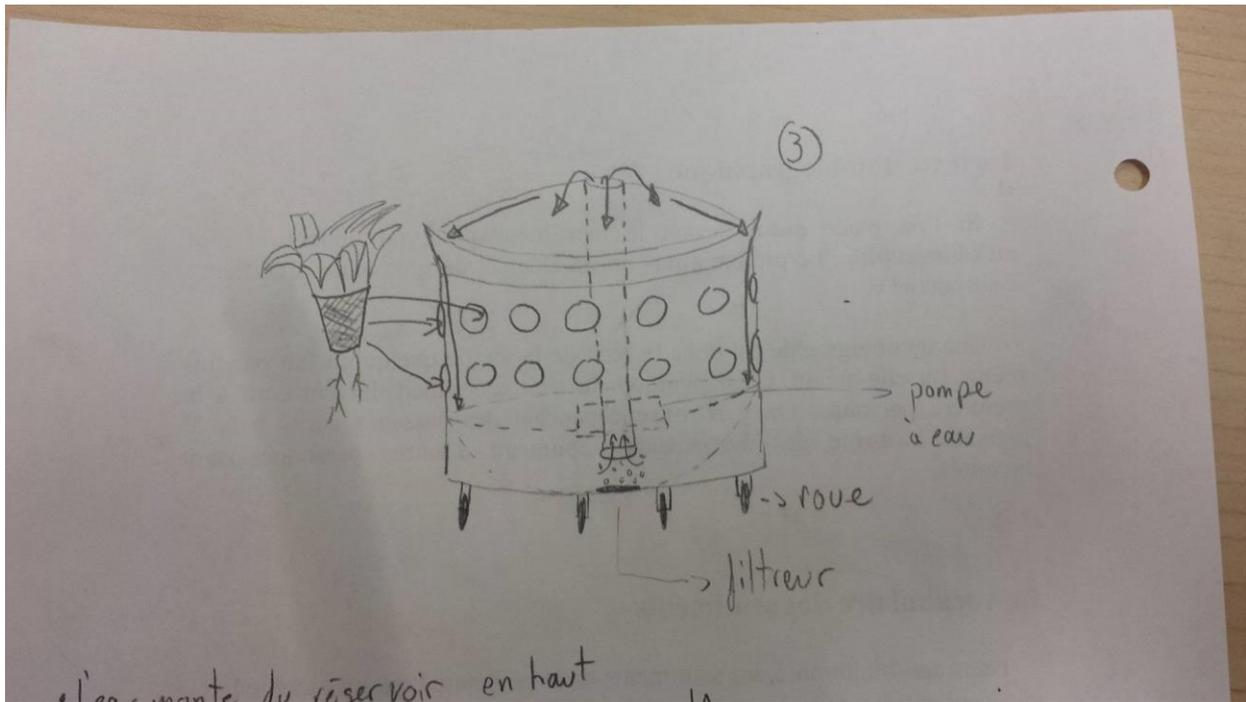
Annexe 8 :



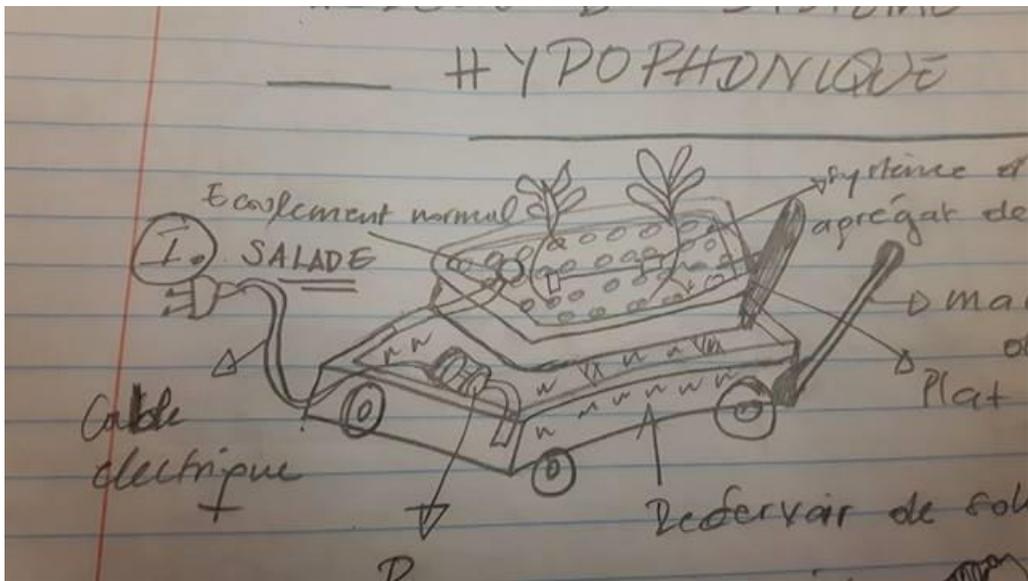
Annexe 9 :



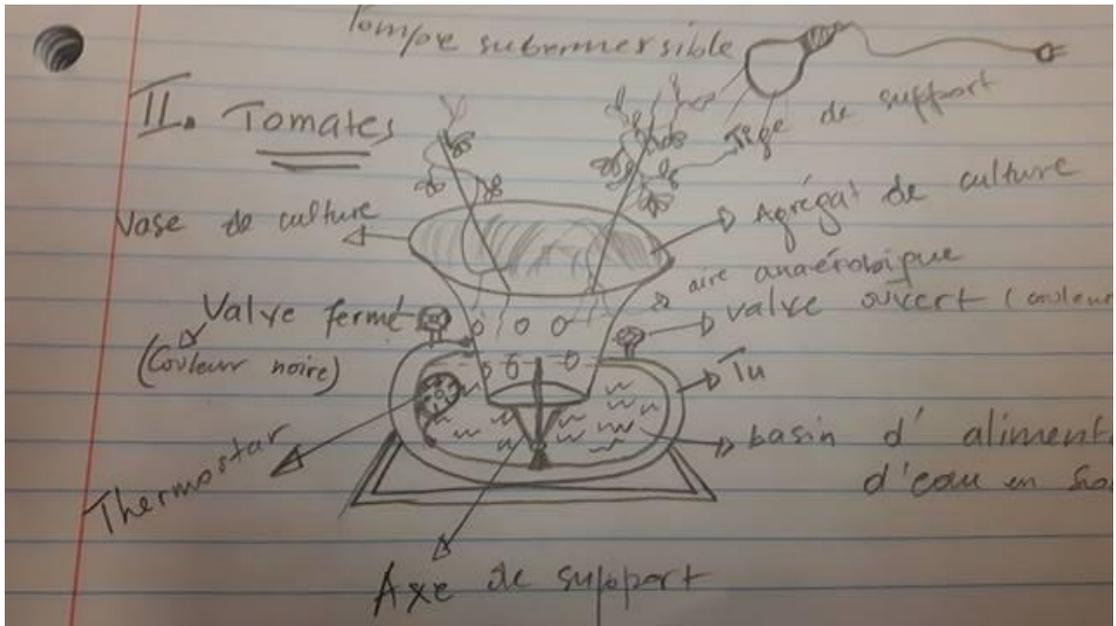
Annexe 10 :



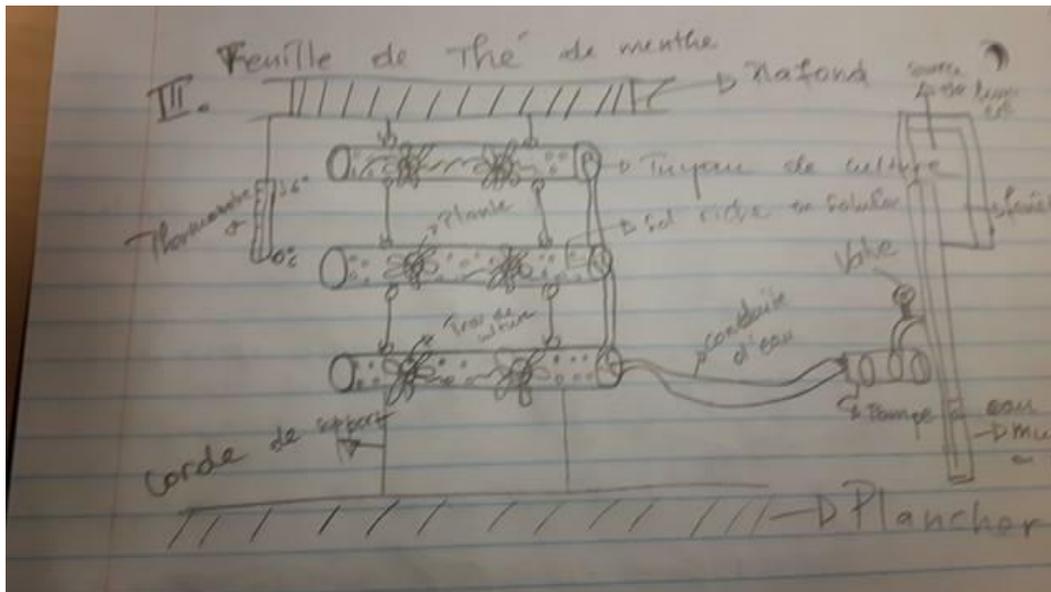
Annexe 11 :



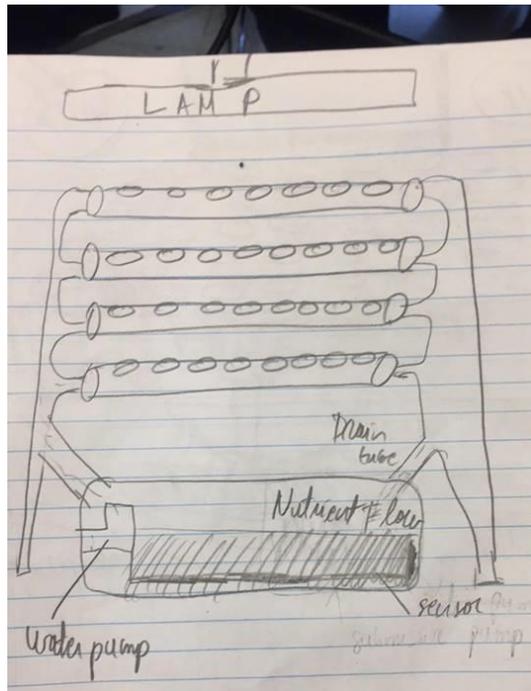
Annexe 12 :



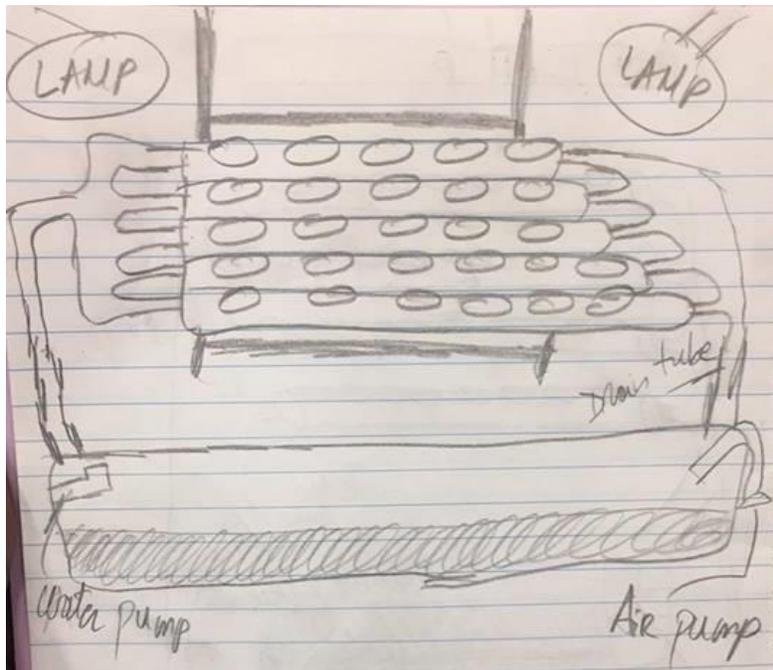
Annexe 13 :



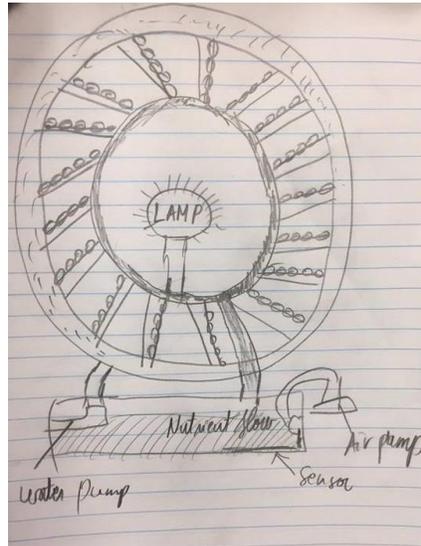
Annexe 14 :



Annexe 15 :



Annexe 16 :



Annexe 17 : Vue de dessus du prototype.



Annexe 18: Vue rapprochée du système dans le réservoir.



Annexe 19: Photo de l'entonnoir et du bout du tuyau



Pourquoi est-ce qu’on fait cet essai?

Ceci est une introduction. Donnez les raisons pour l’essai en donnant assez d’information pour pouvoir justifier les raisons pour lesquels le prototypage est même requis. En général, est-ce que l’objectif est d’apprendre, de communiquer, de diminuer le risque, etc.?

Le but de cet essai est de tester un des plus importants dispositifs de notre conception. Il s’agit de l’avertisseur du niveau de l’eau. Le niveau d’eau dans notre système est très important, car il fait varier le pH ainsi que le niveau d’EC. Ces deux éléments sont des caractéristiques très importantes, car le pH influence le taux d’absorption d’éléments nutritifs et l’EC influence la croissance des plantes. Il faut donc que le système ait un niveau d’eau relativement constant, c’est pourquoi il est primordial qu’il soit muni d’un avertisseur si jamais l’eau descend trop bas dans le réservoir. L’objectif de ce test est de diminuer les risques pour les jeunes de faire mourir leur plantes et de communiquer à ceux si le niveau d’eau dans le réservoir.

Description des objectifs de l’essai

Quels sont les objectifs spécifiques de l’essai?

Le premier objectif est de favoriser la réussite de notre design de conception. Notre design favorise l’apprentissage de la croissance des plantes. Ainsi, pour que ce but fonctionne, il faut avoir un réservoir d’eau sur lequel nous pouvons nous fier. Si les plantes ne poussent pas, ils ne pourront pas étudier les stages de croissance des plantes. Le deuxième objectif est de minimiser les chances que les plantes meurent quand ce sera les élèves qui s’en occuperont. Le niveau de l’eau a un impact direct avec la croissance des plantes. Le dernier objectif de ce prototype est de tester le mécanisme d’alerte si jamais l’eau descend trop bas du point normal. Ce mécanisme se doit d’être efficace sans toutefois déranger la classe ou être trop proéminent.

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

Avec ce prototype, nous allons apprendre si le système qui indique aux usagers que le réservoir est trop bas est un système qui est fiable. Il faut que le système ait un taux de réussite de 100%, sans quoi le but ultime du projet peut en souffrir. De plus, le prototype va nous permettre de savoir si le mécanisme d’alerte fonctionne en pratique. Nous savons que plusieurs idées peuvent sembler bonnes sur papier, mais qui il vient le temps de les construire elles s’avèrent peu concluantes. Ce test nous permettra aussi de calibrer le mécanisme afin qu’il laisse une marge d’erreur suffisante pour ne pas que les élèves soient alertés régulièrement. Ceci est primordial afin de ne pas déranger la classe trop souvent.

Quels sont les types de résultats possibles?

Le premier résultat possible est que le système que nous avons conçu, bien qu’optimal sur papier, ne fonctionne pas en pratique de la façon dont on l’avait prévu. Comme mentionné plus haut, ceci est une possibilité réelle. Le deuxième résultat possible est que notre système ne soit pas fiable à 100%, c’est-à-dire qu’il ne se déclenche pas quand il le faut et/ou qu’il le fait quand il ne le faut pas. Le troisième résultat possible est que le système se déclenche trop souvent. Ceci est en lien avec l’aspect de la calibration.

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

Ces résultats vont nous être très utiles pour la continuation du projet. Le réservoir est le cœur du système. Sans un réservoir ayant un niveau d’eau constant, le système n’est plus optimal. Si

jamais le système ne fonctionne pas de la façon dont on l'avait prévu, il nous faudra refaire un autre prototype et ainsi écourter notre horaire pour faire rentrer une autre construction de prototype. Si jamais le système n'est pas fiable à 100%, il nous faudra trouver la cause du problème. Si la cause est facile à réparer alors les décisions seront faciles, mais sinon le choix des concepts vont être à revoir. Pour le troisième résultat possible, il faudra évaluer si le système avertit les élèves trop souvent. Si c'est le cas, il faudra penser à rééquilibrer le système ou encore à laisser une plus grande marge d'erreur par exemple. Pour ce test il faudra prendre une décision et trouver un compromis entre déranger (peut-être) la classe et la survie des plantes.

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

Les critères de succès recherchés par rapport au fonctionnement du système dans cette essai, sont que lorsque le niveau d'eau du bassin descend sous la hauteur souhaiter, le poids de la bouée fasse pivoter le manche de manière à ce que l'autre côté du manche permette de fermer le circuit électrique et d'allumer la lumière d'alerte. Donc le circuit doit se fermer et la lumière doit s'ouvrir. Dans le cas contraire, si la lumière ne s'allume pas, l'essai est automatiquement un échec. Aussi, si la lumière s'allume sans que le niveau d'eau soit sous la hauteur désirée, c'est aussi un échec. En ce qui attrait à l'apprentissage des jeunes, pour que ce soit un succès, l'essai devra prouver qu'il est facile de comprendre le principe du circuit ouvert et du circuit fermé ainsi que le principe de levier qui l'actionne en fonction du niveau de l'eau et de la bouée. Pour se faire, le système doit être accessible, manipulable, le plus simple possible et esthétique. Dans la cas où les principes du système ne seraient pas clairement mis en évidence et que la compréhension des principes ne serait pas favorisé, l'essai se verrait un échec.

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.

C'est un prototype ciblé, car nous mettons en évidence un sous-système du produit pour pouvoir expliquer avec précision les principes physiques et électriques de cet attribut particulier du produit. Il est plus axé sur l'aspect physique qu'analytique, car nous voulons tester les principes en réalité. Nous avons choisi ce type de prototype car c'est un sous-système idéal pour démontrer des principes importants du produit final au client et parce qu'il est difficile à concevoir. Donc, en faisant un prototype de ce sous-système, nous nous assureront de sa faisabilité et nous développeront un attribut du produits impressionnant pour la clientèle et les futurs utilisateurs.

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

Le prototype consiste à utiliser une bouée flottante à la surface de l'eau du bassin, pour noter la variation du niveau de l'eau. Comme dans le système d'une toilette, un manche est relié à cette bouée à une de ses extrémités pour lier la bouée à un mécanisme. Ce manche est fixé à son milieu au bord du bassin, de manière à pouvoir rotationner selon un seul axe. Soit il pivote d'un côté lorsque le niveau de l'eau descend, soit il pivote de l'autre côté lorsque l'on rajoute de l'eau, car il rotation en fonction de la variation de hauteur de la bouée. Alors, lorsque le niveau d'eau est trop bas, l'autre extrémité du manche pivote vers le haut et accote sur le circuit électrique d'une lumière. Habituellement, le circuit de la lumière est ouvert, donc la lumière est éteinte, mais lorsque le niveau de l'eau est trop bas et que le manche accote sur le circuit, cela ferme le circuit de la lumière alimenté par une pile, et la lumière s'ouvre. Cela alerte donc les utilisateurs

du produit qu'il faut rajouter de l'eau. En ce qui attrait au circuit, un fil passant par la batterie et la lumière est attaché à la partie du manche opposée à la bouée. Lorsque cette partie du manche accote sur la lumière, les deux extrémités du circuit électrique entre en contact et le circuit est alors fermé.

L'essai consiste à créer ce prototype et à le mettre en marche pour comprendre les limites et difficultés à surmonter pour mettre en fonction les principes physiques et électriques en jeux. Le but étant que la lumière s'ouvre lorsque le niveau d'eau souhaité est atteint. D'un autre côté, l'essai consiste à démontrer avec simplicité et de manière esthétique le fonctionnement du système et ses principes, car un des buts du projet final est d'intégrer l'apprentissage de jeunes enfants au système hydroponique.

Quelle information sera mesurée?

Le niveau de l'eau sera mesuré (en centimètre), le poids de la bouée devra être mesuré (kilogramme), la longueur du manche (en centimètre) optimale devra être mesuré, la durée de vie de la batterie devra être mesurée(en mois), la longueur de fil électrique nécessaire pour faire fonctionner le circuit devra être mesurée (centimètre),l'intensité et le voltage du circuit devront être mesurés (ampères, volts) ,la pression nécessaire pour que le contact fonctionne pour fermer le circuit en fonction du poids de la bouée devra être mesuré(en Newton).

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

Le fonctionnement électrique et mécanique du système sera photographié, filmer et mis sous forme de schémas pour enregistrer les observations, en plus du prototype physique lui-même. De plus, nous observerons la simplicité d'utilisation et la facilité de compréhension du système, dans le but de saisir les meilleures notions d'apprentissage intégrable au système pour de jeunes enfants. Pour les enregistré nous prendrons notes des principes qui se mêlerait bien aux curriculum d'apprentissage des jeunes utilisateurs éventuelles.

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

Les matériaux requis pour ce prototype sont en premier un bac en plastique avec un bouchon au bas pour simulée une baisse du niveau d'eau, un flotteur à pêche, un boulon, un écrou, un morceau de tôle, 2morceaux de métal en forme de L, une lumière, des fils électriques et un morceaux d'un métaux conducteurs, donc une connexion pour les deux fils. Le prix total ne devrait pas être élevé, puisque nous avons déjà en notre possession la majorité des pièces sauf le connecteur. Le prix devrait varier entre 10et 20 dollars, car le connecteur qu'on a besoin est très petit et ne dépassera pas les 20 dollars.

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

On doit concevoir le système au complet en tant que telle, donc on doit faire le circuit électrique, le système de balancier et faire en sorte que tous les systèmes fonctionnent ensembles.

Premièrement, il faudra faire une petite recherche pour voir le fonctionnement d'un circuit très simple pour faire allumer une ampoule, voir si on a pas besoin de résistance ou autres pièces.

Deuxièmement, on va devoir faire les mesures et les calculs pour faire en sorte que le morceau d'aluminium arrive exactement à la parfaite place sur le connecteur pour avoir une connexion entre l'ampoule et la source de courant. De plus, faire un essai en laissant couler l'eau

graduellement du bac pour voir si le système fonctionne et faire des modifications à chaque fois jusqu'à arriver au résultat voulu.

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)?

Les essais vont durer environ une semaine en commençant le 24 février et on doit avoir fini d'ici le 4 mars pour avoir une journée pour le montrer à des clients en personne. La première étape sera de faire le circuit électrique et le placer sur le bac et plastique avec l'ampoule. Ensuite, on devra faire les mesures préliminaires pour savoir les longueurs voulues pour la pièce d'aluminium. Puis on va faire le système de balancier sur le bac de plastique. Par la suite, il restera seulement à faire des essais et des améliorations sur notre premier prototype.

Un diagramme de Gantt séparé peut être préparé pour s'assurer que l'essai correspond bien avec le calendrier global du projet ou peut être défini comme faisant parti intégral de ce calendrier (p. ex comme une sous-tâche). Cette tâche est une sous-tâche du livrable F et prototype 1 de notre diagramme de Gantt, donc selon nous il n'est pas nécessaire de faire un autre diagramme de Gantt pour ce prototype. Nous pensons cela, car le travail se fait sur une courte lapse de temps et devrait selon nous avant la semaine d'étude. Donc, faire un diagramme de Gantt ferait seulement nous ralentir pour la conception de ce prototype.

Par quand est-ce que les résultats sont requis (c.-à-d. qu'est-ce qui dépend sur les résultats de cet essai dans le plan du projet)?

Le produit en tant que telle dépend des résultats de ce prototype, puisque ce mécanisme est une partie intégrante du système hydroponique que nous concevront. Alors, le prototype 3 que nous allons faire est la prochaine étape de notre processus qui dépend des résultats que nous allons avoir avec le prototype numéro 1.

Plan d'essai deuxième prototype :

Pourquoi est-ce qu'on fait cet essai?

Ceci est une introduction. Donnez les raisons pour l'essai en donnant assez d'information pour pouvoir justifier les raisons pour lesquels le prototypage est même requis. En général, est-ce que l'objectif est d'apprendre, de communiquer, de diminuer le risque, etc.?

Nous avons la nécessité de concevoir ce prototype, car il est le sous-système le plus important du produit final. En effet, la circulation de l'eau est l'élément le plus important d'une serre hydroponique, puisque la fonction du produit est de faire pousser des plantes, ce qui ne peut arriver sans le système de circulation d'eau idéal. L'objectif de la conception de ce prototype est de communiquer les principes et le fonctionnement principal du sous-système de circulation

d'eau, qui sera intégré au produit final. Aussi, nous avons profité des essais réalisés pour choisir la force idéal de pompage de l'eau.

Description des objectifs de l'essai

Quels sont les objectifs spécifiques de l'essai?

Les objectifs spécifiques des essais étaient de vérifier le débit d'eau idéale, de montrer la circulation continue de l'eau sans perte, et d'avoir une bonne idée des dimensions du produit final.

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

L'objectif principale est de communiquer / apprendre aux clients les principes de base derrière le fonctionnement du produit final ultérieur. Dans un premier temps, l'aspect physique de pression est démontré avec le pompage de l'eau et la circulation contre la gravité de l'eau. Dans un deuxième temps, la mécanique des fluides est illustrée par ce prototype à travers le système de plomberie qui permet la circulation de l'eau.

Quels sont les types de résultats possibles?

Les types de résultats possibles sont :

- 1) le statu quo : rien ne se passe puisqu'une composante ne fonctionne pas.
- 2) l'eau sort avec un débit trop puissant du tuyau.
- 3) des pertes d'eau due aux éclaboussements ou à l'éjection trop puissante de l'eau hors du système, brise le cycle de circulation continue de l'eau.
- 4) le débit est trop faible; l'eau n'atteint pas le haut du tuyau.
- 5) le débit est bien ajusté et le cycle de circulation de l'eau est continue; le système fonctionne bien.

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

Les résultats des essais permettront de choisir le débit d'eau idéale pour le bon fonctionnement de notre serre hydroponique. Aussi, les dimensions du prototype donnerons une bonne idée des dimension à changer ou à garder pour le produit finale.

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

Les critères pour le succès de l'essai sont principalement :

- 1) L'eau est pompée avec la bonne force du réservoir en haut du tuyau, sans débordement.
- 2) Le cycle de circulation de l'eau est continu et n'occasionne pas de perte ou de déséquilibre dans le réservoir.
- 3) L'eau circule lentement, pour ne pas éclabousser, et pour que les plantes puissent absorber ses nutriments ultérieurement.
- 4) Le fonctionnement du système est coordonné avec l'apprentissage des élèves sur des principes de physique des fluides, de pression / succion et gravité.

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.

Notre prototype est un prototype physique de type ciblé. Nous avons choisi ce type de prototype pour mettre l'accent sur la compréhension d'un sous-système (le cycle de circulation de l'eau), dans le but de répondre à nos questions sur les concepts et principes ainsi que la faisabilité.

Aussi, le fait d'avoir un prototype physique permet à notre client de mieux comprendre l'avancement et les principes de notre projet; sa rétroaction est alors plus fondée.

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

Le prototype vise à rendre concret le cycle de circulation de l'eau à travers notre serre hydroponique. Pour ce faire, nous avons isolé les mécanismes liés à la circulation de l'eau et ce prototype sera intégré au produit final, selon les mêmes principes et concepts.

Tout d'abord, l'eau repose en grande partie dans un réservoir à la base du système. Puisque notre serre est conçue en hauteur, il nous faut un moyen de monter l'eau jusqu'en haut. Pour ce faire, une pompe à immersion est placée dans le réservoir, sous l'eau, et pompe l'eau avec un débit de 1/6 hp dans un tuyau en caoutchouc (semblable à un boyau d'arrosage). Ce tuyau est tenu en position horizontal par un tuyau PVC de 6 pieds de haut avec un diamètre de 6 pouces. Une fois l'eau pompée jusqu'en haut, une demie-sphère vide (comme un bol à l'envers) fait couler l'eau doucement et de manière uniforme et circulaire en fonction de la gravité vers le bas pour qu'elle retombe dans le réservoir. De cette manière, la même eau circule indéfiniment selon le même circuit.

Quelle information sera mesurée ?

Le débit de l'eau sera mesuré (force de pompage optimale en Hp pour la pompe et en seconde requise pour parcourir l'ensemble du circuit.) pour avoir une idée du débit optimal pour la croissance des plantes. Aussi, les dimensions (diamètre, hauteurs, poids, volume) du tuyau, du PVC, de la pompe et du réservoir seront mesurés, pour s'assurer que le poids total du système n'empêche pas de le déplacer aisément, et que les dimensions respectent celles d'un cadre de porte.

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

Nos principales observations viseront le cycle de circulation de l'eau, donc le débit, la force de pompage, s'il y a des pertes d'eaux. Pour enregistrer ces observations, l'expérience sera filmée, et des photos seront prises régulièrement pour immortaliser certaines étapes comme la sortie d'eau au bout du tuyau, la pompe en action, et l'ensemble du système.

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

Les matériaux que nous avons besoin pour ce prototype sont tous en notre possession. Les matériaux sont des tuyaux en PVC, une pompe, un bac de plastique transparent et des vis, boulons et écrous. Puisque nous avons déjà tous les pièces et les matériaux, il n'y aura aucun coût pour ce prototype. Nous n'avons rien à acheter, parce que nous avons gardé les pièces supplémentaires du dernier prototype et nous avons trouvé la pompe chez un de chez nous.

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

Nous allons faire un travail de construction qui consiste à le système de transmission de l'eau du bassin au sommet de l'hydroponique. Nous n'allons pas faire de modélisation ou de logiciel d'essai pour ce prototype. La construction de ce prototype consiste en un bac remplis d'eau avec une pompe qui pousse de l'eau le long des tuyaux de PVC pour amener de l'eau aux plantes les plus élevées du système hydroponique. Cependant, pour ce prototype on cherche seulement à savoir si le système fonctionne pour amener de l'eau en haut, donc il n'y aura pas d'espace pour les plantes.

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)?

Pour ce prototype les étapes cruciales avant de faire la construction même sont de trouver une pompe assez puissante, mais en même temps pas trop puissante. Nous ne voulons pas que le débit et la pression de l'eau sortant des tuyaux de PVC. Pour cela nous avons fait des tests avec quelques pompes pour trouver la meilleure pour notre utilité. Après avoir trouvé tous les matériaux nécessaires, nous ferons le montage et d'autres tests pour vérifier que notre pompe est toujours efficace dans le système.

Un diagramme de Gantt séparé peut être préparé pour s'assurer que l'essai correspond bien avec le calendrier global du projet ou peut être défini comme faisant parti intégral de ce calendrier (p. ex. comme une sous-tâche).

Cette tâche est une sous-tâche du livrable G et prototype 2 de notre diagramme de Gantt, donc selon nous il n'est pas nécessaire de faire un autre diagramme de Gantt pour ce prototype. Nous pensons cela, car le travail se fait sur une courte lapse de temps. Alors, faire un diagramme de Gantt ferait seulement nous ralentir pour la conception de ce prototype.

Par quand est-ce que les résultats sont requis (c.-à-d. qu'est-ce qui dépend sur les résultats de cet essai dans le plan du projet)?

Le produit en tant que tel dépend des résultats de ce prototype, puisque ce mécanisme est une partie intégrante du système hydroponique que nous sommes en train de concevoir. Alors, le prototype 3 que nous allons faire et les présentations (devant la classe, devant client et à la foire) sont les prochaines étapes de notre processus qui dépendent des résultats que nous allons avoir avec le prototype numéro 2.

PROTOTYPE FINAL

Pourquoi est-ce qu'on fait cet essai?

*Ceci est une introduction. Donnez les raisons pour l'essai en donnant assez d'information pour pouvoir justifier les raisons pour lesquels le prototypage **est même requis**. En général, est-ce que l'**objectif** est d'apprendre, de communiquer, de diminuer le risque, etc.?*

Ce prototype est l'aboutissement de tous nos calculs et de tous nos essais. Ce prototype contient l'amélioration de nos prototypes antérieurs ainsi que ce à quoi le produit fini pourrait ressembler. Il offre donc un dernier regard sur les tests et s'assure que tout fonctionne correctement. C'est le dernier prototype sur lequel nous allons pouvoir corriger des défaillances si jamais il y en a. Il est donc primordial qu'il soit construit correctement et avec exactitude pour nous permettre d'avoir la meilleure vue d'ensemble de notre projet. L'objectif principal est donc d'apprendre sur le comportement du prototype une fois construit.

Description des objectifs de l'essai

*Quels sont les objectifs **spécifiques** de l'essai?*

Comme mentionné plus haut, l'objectif principal est d'apprendre et de vérifier que tous les systèmes fonctionnent de manière que nous l'avons prévu. Deuxièmement, ce prototype va nous permettre de

diminuer les risques de défaillance lors de la présentation durant la journée de conception. Il va aussi permettre de vérifier l'étanchéité du système, car pour la première fois toutes les composantes vont être présentes et vont fonctionner en même temps. Finalement, le prototype va nous permettre de présenter au client un concept qui est très prêt de la réalité en matière de ressemblance et de fonctionnement.

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

Plusieurs éléments peuvent être appris à l'aide de ce prototype. Premièrement, nous allons évaluer l'étanchéité du système. Ceci est une composante essentielle du système. Si l'étanchéité du système n'est pas à point, cela pourrait compromettre les calculs de débit et déstabiliser la tour. Deuxièmement, nous allons pouvoir analyser si les deux précédents prototypes s'harmonisent bien ensemble et si des ajustements sont nécessaires. Troisièmement, nous allons pouvoir juger si le prototype est esthétique tel que nous l'avons conçu. Ainsi, En faisant l'analyse de toutes ces composantes, nous serons en mesure de communiquer de l'information véridique aux clients lors de la rencontre pour la rétroaction.

Quels sont les types de résultats possibles?

Le résultat le plus possible est que le système va avoir une fuite d'eau. Ceci est presque inévitable, mais est facile à corriger. Il est très difficile de rendre le système étanche dès la première tentative. Deuxièmement, il se peut que le système de tuyau ne soit pas à point et qu'il y ait de l'eau qui s'emmagasiné dans des étages. Troisièmement, il se peut que l'évacuation de l'eau ne soit pas adéquate ou le soit trop. En d'autres termes, il se peut que l'eau ne s'évacue pas assez vite comparativement au débit entrant, ou bien que l'eau s'évacue trop vite. La deuxième situation a très peu d'influence sur le fonctionnement du système. Quatrièmement, il se peut que les étages soient trop lourds pour être supportés par le tube de PVC. Des problèmes de ballant vont être observés dans ce cas.

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

Ces résultats vont avoir une grande influence sur la marche à suivre pour les prochaines étapes. Si une fuite d'eau est observée, il va falloir la colmater à tout prix. La réparation doit être sûre et durer longtemps. Les fuites d'eau sont le problème qu'il faut régler en premier, car toutes les autres composantes dépendent de l'étanchéité du système. Deuxièmement, si l'eau s'emmagasiné dans le système, il va falloir corriger ce problème en modifiant l'apport en eau dans les étages. Troisièmement, si l'évacuation de l'eau n'est pas suffisante il va falloir percer d'autre trou afin d'évacuer l'eau plus vite. Enfin, si jamais les étages sont trop lourds, il va falloir ajouter des supports pour solidifier la structure et permettre au tube de Pvc de supporter le volume d'eau dont nous avons besoins.

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

Les critères de succès pour l'essai du prototype final sont :

- 1) Le prototype doit avoir un cycle de circulation d'eau infaillible, c'est-à-dire que chaque étage de plante est à l'équilibre entre l'eau qui arrive, l'eau absorbée, l'eau évaporée, et l'eau qui s'écoule.
 - 2) Le prototype représente les dimensions réelles.
 - 3) La lumière du réservoir s'allume lorsque le réservoir arrive à un niveau d'eau trop bas.
 - 4) Le prototype est esthétique.
 - 5) Le prototype respecte les besoins du client et des utilisateurs.
-

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.

Le prototype choisit sera physique compréhensif, puisque c'est le prototype final qui inclut tous les sous-systèmes réunis pour la première fois. Nous avons choisi ce troisième prototype, puisque les deux premiers prototypes étaient de type physique ciblé, et que nous voulions les intégrer avec les autres composants dans un dernier prototype final fidèle au produit final.

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

Le prototype inclut toutes les composantes du produit final, soient le cycle de circulation de l'eau, la lumière d'avertissement et les étages de plantes. Premièrement, l'eau repose en grande partie dans un réservoir à la base du système. Puisque notre serre est conçue en hauteur, il nous faut un moyen de monter l'eau jusqu'en haut. Pour se faire, une pompe à immersion est placée dans le réservoir, sous l'eau, et la pompe dans 3 différents tuyaux en caoutchouc (semblable à un boyau d'arrosage) avec un débit de 1/9 HP. Ces tuyaux sont tenus en position horizontal par un tuyau PVC de 5 pieds de haut avec un diamètre de 3 pouces et acheminent l'eau au trois différents étages de plantes. Pour maintenir l'équilibre d'eau à chaque étage, des trous d'échappement sont placés à la hauteur maximale d'eau voulue par étage sur le PVC de soutènement, pour permettre à l'eau de s'écouler dans le réservoir. De cette manière, la même eau circule indéfiniment selon le même circuit et l'équilibre d'eau est maintenu.

Deuxièmement, le système de la lumière d'avertissement consiste à utiliser une bouée flottante à la surface de l'eau du bassin, pour noter la variation du niveau de l'eau. Comme dans le système d'une toilette, un manche est relié à cette bouée à une de ses extrémités pour lier la bouée à un mécanisme. Ce manche est fixé à son milieu au bord du bassin, de manière à pouvoir pivoter selon un seul axe. Soit il pivote d'un côté lorsque le niveau de l'eau descend, soit il pivote de l'autre côté lorsque l'on rajoute de l'eau, car il pivote en fonction de la variation de hauteur de la bouée. Alors, lorsque le niveau d'eau est trop bas, l'autre extrémité du manche pivote vers le haut et accote sur le circuit électrique d'une lumière. Habituellement, le circuit de la lumière est ouvert, donc la lumière est éteinte, mais lorsque le niveau de l'eau est trop bas et que le manche accote sur le circuit, cela ferme le circuit de la lumière alimenté par une

pile, et la lumière s'ouvre. Cela alerte donc les utilisateurs du produit qu'il faut rajouter de l'eau. En ce qui attrait au circuit, un fil passant par la batterie et la lumière est attaché à la partie du manche opposée à la bouée. Lorsque cette partie du manche accote sur la lumière, les deux extrémités du circuit électrique entre en contact et le circuit est alors fermé.

Enfin, les étages de plantes sont de petits réservoirs d'eau où trempent les racines des plantes pour puiser dans les nutriments de l'eau. Le prototype en compte trois, qui varie de taille, le plus bas étant celui avec la plus grande surface, et le plus haut celui avec la plus petite aire, telle une pyramide, dans l'optique d'augmenter la disposition des plantes à la lumière. Chaque étage est soutenu par le PVC de soutènement, dans lequel ils sont vissés par l'entremise d'équerre en métal. Chaque étage doit avoir une circulation d'eau continue et niveau d'eau entre 0,5 et 1 pouce pour alimenter les plantes de manière optimale et pour respecter le poids total que le système peut supporter. Les plantes seront supportées par des surfaces de plastique plates reposant sur chaque étage. Ces surfaces seront trouées par des cercles de 2,5 pouces de diamètre dans lesquelles seront insérés les verres de plastique qui porteront les plantes.

Quelle information sera **mesurée**?

Le débit de l'eau sera mesuré (force de pompage optimale en Hp pour la pompe et en seconde requise pour parcourir l'ensemble du circuit) pour avoir une idée du débit optimal pour la croissance des plantes. Aussi, les dimensions (diamètre, hauteurs, poids, volume) du tuyau, du PVC, de la pompe et du réservoir seront mesurés, pour s'assurer que le poids total du système n'empêche pas de le déplacer aisément et de s'assurer que le système supporte le poids de l'eau, et que les dimensions respectent celles d'un cadre de porte.

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

Nos principales observations viseront le cycle de circulation de l'eau, (donc le débit, la force de pompage, s'il y a des pertes d'eaux), le fonctionnement du système d'avertissement, et la stabilité des étages de plantes. Pour enregistré ces observations, l'expérience sera filmé, et des photos seront prises régulièrement pour immortaliser certaines étapes comme la sortie d'eau au bout du tuyau, la pompe en action, et l'ensemble du système.

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

Les matériaux que nous avons besoin pour ce prototype sont en majorité en notre possession. Les matériaux sont des tuyaux en PVC, une pompe, un bac de plastique transparent et des vis, boulons et écrous, des fils électriques, une batterie 9V, une lampe de lecture. Puisque nous avons déjà la majorité des pièces et les matériaux, il n'y aura seulement une chose à acheter, soit les bacs. Nous avons vérifier en ligen pour voir le prix des bacs de plastique de rangement et cuisine de grandeurs voulus et nous croyons que les prix des 4 bacs devraient être entre 35 et 45 dollars. Nous avons utiliser des pièces de nos prototypes précédent pour diminuer nos coûts.

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

Nous allons faire un travail de construction qui consiste à notre système hydroponique au complet donc il va inclure le système de transmission de l'eau du bassin au sommet de l'hydroponique et le système d'avertissement du niveau d'eau. Nous n'allons pas faire de modélisation ou de logiciel d'essai pour ce prototype. La construction de ce prototype consiste en un bac remplis d'eau avec une pompe qui pousse de l'eau le long des tuyaux de PVC pour amener de l'eau aux plantes aux différentes étages du système hydroponique. De plus, le système avertira les utilisateurs si le niveau de l'eau est trop bas.

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)?

Pour ce prototype les étapes cruciales avant de faire la construction même sont de trouver et d'acheter les pièces qui nous manquent et de construire le prototype pour faire les tests, puisque vu la grandeur de ce prototype il prendra sûrement beaucoup de temps à concevoir. Pour s'assurer que le système fonctionne nous allons mettre de l'eau dans le réservoir faire fonctionner le système pour voir si le mouvement d'eau se fait de la bonne façon.

Un diagramme de Gantt séparé peut être préparé pour s'assurer que l'essai correspond bien avec le calendrier global du projet ou peut être défini comme faisant parti intégral de ce calendrier (p. ex. comme une sous-tâche).

Cette tâche est une sous-tâche du livrable H et prototype 3 de notre diagramme de Gantt, donc selon nous il n'est pas nécessaire de faire un autre diagramme de Gantt pour ce prototype. Nous pensons cela, car jusqu'à présent ça a toujours bien fonctionné et le prototype va prendre beaucoup de temps à concevoir. Alors, faire un diagramme de Gantt ferait seulement nous ralentir pour la conception de ce prototype.

Par quand est-ce que les résultats sont requis (c.-à-d. qu'est-ce qui dépend des résultats de cet essai dans le plan du projet)?

Le produit en tant que tel dépend des résultats de ce prototype, puisque ce prototype est version à 100 dollars de notre produit final. Alors, les présentations (devant la classe et à la foire) sont les prochaines étapes de notre processus qui dépendent des résultats que nous allons avoir avec le prototype numéro 3, qui sera le point angulaire de ces présentations.