GNG 1503: GÉNIE DE LA CONCEPTION

AUTOMNE 2022

Livrable G

Prototype II et rétroaction du client

Soumis par: **L'équipe FA14**

Antoine Flahaut (300224283)

Béatrice Olson (300314339)

Emma O'Reilly (300251980)

Satyavir Gooransing (300280285)

Zachary Davidson (300226534)

Le 13 novembre 2022

Université d'Ottawa

Faculté d'ingénierie

Center for Entrepreneurship and Engineering Design (CEED)

Introduction:

Ce rapport concerne le deuxième prototype dans le processus de prototypage, et permet de souligner les résultats des rétroactions et des tests qui ont été complétés jusqu'à date. Ce rapport met l'accent sur la rétroaction et les changements qui ont été faits. Il accorde également une grande importance aux tests et plans de prototypages qui permettent l'amélioration du produit final. En particulier, les tests dans ce rapport nous permettent de déterminer la faisabilité réelle du produit, en confirmant les tests analytiques du premier prototype, et en élaborant différents tests qui ne pouvaient pas être conçus sur SolidWorks. Des détails spécifiques, comme la facilité d'entretien et la résistance aux effets météorologiques, sont ainsi testés pour s'assurer d'un bon choix des matériaux. Le rapport conclut avec un étalonnage des recherches et rétroaction obtenu des étudiants qui ont testé le prototype physique.

Rétroaction:

Lors de la troisième rencontre avec la cliente, on a pu montrer notre premier prototype, ainsi que le début de notre deuxième prototype. En présentant notre conception, nous avons reçu une rétroaction concernant les détails à améliorer, et les étapes à suivre. En commençant avec les détails que la cliente a aimé; elle nous a indiqué que les dimensions de notre prototype étaient adéquates, et qu'elle apprécie la simplicité des systèmes, et la facilité d'entretien de l'hôtel. Après cette rétroaction initiale, la cliente nous a suggéré de diminuer le nombre de trous; pour éviter la propagation de maladie dans l'hôtel. Précédemment le groupe avait choisi 50 trous, mais après notre premier prototype, on avait plus de 72 trous dans notre modèle, ainsi, suite aux consignes de la cliente, nous avons diminué le nombre de trous à 25. Il est important de noter que le diamètre et la profondeur des trous n'ont pas changé, et reste les mêmes entre le premier et deuxième prototype. La cliente nous a aussi indiqué qu'il fallait trouver un mécanisme pour attacher l'hôtel aux panneaux, sans avoir à percer un trou dans le panneau. Ce nouveau critère provient du fait que la cliente a besoin d'une permission de l'université pour modifier la signalisation de manière permanente. On a ainsi décidé de développer un support avec une fente centrale de la largeur du panneau. Ceci permettra de fixer l'hôtel sans avoir à utiliser des vis. Évidemment, ceci n'est pas une solution très résistante, mais il sera possible d'utiliser de la colle pour aider avec l'étanchéité de la fixation. Finalement, la cliente nous a indiqué que notre concept devrait avoir une méthode pour attirer les pollinisateurs afin de permettre aux pollinisateurs de trouver l'hôtel. Ceci est un détail qu'on avait déjà pris en considération, mais qu'on a mis de côté dû à la contrainte de temps. Notre système ci-mentionné, utilise de l'huile de citronnelle afin d'attirer des pollinisateurs. D'après la première rétroaction de la cliente, il sera possible d'installer des bacs avec des fleurs près des panneaux si aucun jardin se trouve à proximité.

Plan de prototypage pour le deuxième prototype :

Après avoir terminé le premier prototype, on a pu identifier les valeurs spécifiques, quasi-finales, des composants de l'hôtel et du système de fixation. Suivant ce premier prototype, la création d'un modèle physique quasi-complet a été conceptualisée. Le deuxième prototype permet de tester les exigences non-fonctionnelles (esthétique, couleur, force, etc.), et fonctionnelles (facilité

d'entretien, facilité d'installation, etc.). Pour ce prototype, on met l'emphase sur l'hôtel et ses composants : les murs, la porte glissante, les rainures, la base et les blocs percés. En équipe, on a défini ce prototype comme ayant une haute fidélité, car ce modèle nous permettra de déterminer la faisabilité et l'efficacité du design. En testant ce modèle, il est possible de déterminer les défauts, et effectuer des changements nécessaires pour le prochain prototype. Ce prototype a une haute fidélité puisque les matériaux et processus de fabrication seront identiques au produit final. Il est aussi important d'accentuer le fait que certains composants du deuxième prototype pourront être utilisés lors du produit final. En créant notre prototype physique, on est capable de recevoir une rétroaction plus spécifique et précise, car la cliente et les utilisateurs pourront voir et interagir avec notre solution. Ceci nous permettra de vérifier si on répond à chaque critère, et permet aussi d'obtenir une rétroaction concernant l'utilisation des systèmes et composants. Pour les essais de prototypage, notre objectif est d'évaluer l'expérience de l'utilisateur, la solidité de notre système antivol, et la résistance aux effets météorologiques. Pour atteindre ces objectifs, notre méthode d'essais est de demander à la cliente et aux utilisateurs d'essayer le processus d'entretien des blocs percés. Lors de l'essai les utilisateurs vont ouvrir la porte glissante, lever les blocs en utilisant les rainures, et puis remettre les blocs en suivant les étapes à l'inverse. Pour tester le système antivol, on va appliquer une force de traction, et compression sur les composants les plus susceptibles d'être volés ou brisés; ceci permettra d'évaluer le système anti-vol. Finalement, on arrosera l'hôtel pour vérifier sa perméabilité, et pour s'assurer que chaque trou reste sec. Pour atteindre notre objectif, on utilisera de la cire d'abeille pour améliorer l'imperméabilité du bois. Les métriques qu'on mesure avec ces essais sont la facilité et l'intuitivité de l'utilisation, la fluidité du glissement des blocs, le poids supporté, et le taux d'humidité à l'intérieur de l'hôtel. Nous arrêterons la collecte des rétroactions lorsqu'on aura obtenu la rétroaction d'au moins cinq utilisateurs. Concernant l'essai de traction/compression, on arrêtera les tests quand on aura appliqué une force de 50 N sur les composants, ou lorsqu'il y aura la formation de rupture. Pour l'essai d'arrosage, on arrêtera lorsqu'on aura arrosé l'hôtel pour deux minutes; ensuite, on attendra un autre dix minutes avant de recueillir nos données.

Modèle physique :

Le deuxième prototype est un modèle physique quasi-complet qui a comme objectif de produire l'hôtel pour pollinisateur en bois. Ce prototype comporte toutes les composantes de l'hôtel, incluant la porte arrière coulissante, quelques blocs internes à trous (insert), les murs, la base, et le toit. Ce modèle est quasi-complet, puisqu'il démontre chaque composante, à l'exception d'un système d'attache/fixation qui permettra son installation sur la signalisation autour du campus. Ce prototype est réalisé à cette étape du projet, car il nous permettra de mieux comprendre les limites physiques du concept, et nous permettra de mieux tester les exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles du produit final. Il est finalement important de noter que les planches en bois, construites lors du deuxième prototype, pourront et seront probablement utilisées pour la production du produit final. Cette utilisation permet de conserver du temps et d'éviter des coûts inutiles.

Résultats et tests du prototype :

1. Hypothèses :
    - Puisque le système comporte six planches de bois externe et un design de bloc interne, nous croyons que les utilisateurs seront capables d'assembler la structure externe en moins de trois minutes.
    - Nous croyons que l'eau sera capable de se rendre à l'intérieur de l'hôtel.
    - Nous croyons que le bois sera suffisamment imperméable lors de l'ajout de la cire d'abeille afin de sécher complètement, en moins de dix minutes à l'ombre.
    - L'évaporation sera mesurée à l'ombre pour simuler l'ajout du toit; ainsi il n'y a pas un accès direct au soleil.
    - Avec l'épaisseur du bois, nous croyons que le toit pourra supporter 20 kg, ce qui représenterait une accumulation de neige sur le toit durant l'hiver.
    - Nous sommes conscients que le prototype manque toujours d'un système de verrou pour la porte arrière. Nous croyons donc que les utilisateurs seront capables de retirer les blocs internes facilement.
    - Nous croyons qu'il sera impossible de retirer les blocs sans enlever la porte arrière. Ceci représente une tentative de vols des composantes sans avoir accès à la porte.

2. Tableau de comparaison :

Spécifications	**Spécifications Cible :**	**Spécifications du premier prototype:**	**Spécifications du deuxième prototype:**
Système d'arrosage	Oui	Non	Non
Nombre de trous	50	72	30
Profondeur des trous (cm)	7,62-15,24	15	15
Diamètre des trous (cm)	0,3175-1,27	1,27	1,27
Superficie de la toiture (m^2)	0,084	0,847	0.0710
Inclinaison de la toiture (°)	45	51,81±0,5	0 (générale) 30 (à 1.27 cm du contour)
Élévation du sol (m)	1-1,5	2,4	S.O. Hôtel à une hauteur de 26.67 cm
Superficie du surplomb (m^2)	0,028	0,0423	0,0056 0.0127m*0.2749m (devant) 0.0254m*0.0413m(*2 côtés)
Nombre de composantes à enlever	10	17	12 (10 blocs internes + 1 porte arrière et 1 cadenas)
Volume de l'hôtel (m^3)	0,012	18,68	0.01892706

3. Comparaison avec le prototype 1 :

   Grâce au premier prototype, nous avons concrétisé le projet, ce qui signifie que nous pouvons maintenant effectuer des tests sur les composantes physiques du projet. Lors de notre fabrication, nous avons dû changer certaines dimensions en raison du matériel disponible. Notre système comporte maintenant moins de trous, et nous avons pris de l'érable laminé en tant que bois pour la construction.

4. Analyse des tests/essais:
   - **Test #1**

     Pour le premier test du prototype, on demandera aux utilisateurs d'essayer le mécanisme de rainures et de porte glissante, pour tester la facilité d'entretien de l'hôtel. Le test débutera lorsque les utilisateurs toucheront la porte glissante, et terminera lorsqu'ils auront désassemblé et réassemblé l'hôtel et toutes ses composantes internes (blocs insert avec les trous percés). En utilisant ce test, on peut mesurer le temps nécessaire pour désassembler le prototype, et puis on peut ensuite améliorer les composants qui ont causé une difficulté aux utilisateurs.
   - **Test #2**

     Pour le deuxième test du prototype, on arrosera une planche couverte de cire d'abeille pour tester la propriété hydrophobe de la planche. Ensuite, on arrosera aussi l'hôtel aux complets, pour déterminer si l'intérieur de l'hôtel est capable de rester sec lorsqu'il pleut. On arrosera l'hôtel pendant deux minutes et puis on attendra dix minutes avant d'obtenir les résultats. En utilisant les résultats de ce test, on est capable de déterminer si la cire d'abeille est adéquate en diminuant le taux d'eau accumulé à l'intérieur de l'hôtel.
   - **Test #3**

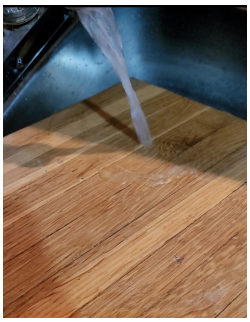
     Pour le troisième test, on placera un poids de 24 kg au-dessus de l'hôtel pour simuler de la neige qui s'est accumulée sur le toit de celui-ci. Ce test permettra de confirmer les données recueillies lors des tests analytiques SolidWorks.
   - **Test #4**

     Pour le dernier test, on demandera aux utilisateurs du premier test, d'essayer d'enlever les blocs percés à l'intérieur sans soulever la porte glissante. Ceci est un petit test qui permet de mesurer notre système antivol, et ainsi déterminer si des modifications sont nécessaires.

5. Rétroaction et analyse du prototype :

   Test #1: En moyenne, les utilisateurs ont eu besoin d'environ une minute (65 secondes) pour assembler les composantes externes de l'hôtel sans avoir accès aux instructions. Ils ont mentionné qu'il était parfois difficile de placer les côtes à 90^{O} lorsqu'ils étaient seuls. Nous allons donc devoir placer un guide pour conserver l'angle lors de l'assemblage. Les composantes internes (blocs à trous) glissaient bien, mais elles étaient difficiles à soulever lorsqu'elles reposaient sur la planche en dessous. Nous allons donc ajouter des petites poignées à l'arrière des blocs pour faciliter cette étape.

Test #2: Nous avons arrosé l'hôtel ainsi qu'une planche faite du même matériel, soit de l'érable. Lors des essais, les deux éléments ont réussi le test. Après dix minutes, le bois était encore un peu humide au toucher, mais l'essuie-tout ne pouvait plus absorber d'eau. Le bois était complètement sec au touché après vingt-cinq minutes. Nous sommes confiants dans notre choix de matériel puisque la planche utilisée, démontrée ci-dessous, est utilisée à l'extérieur chez un membre de notre équipe depuis dix-sept ans, et la planche est toujours en bonne condition. Notre hôtel devrait donc résister pour plusieurs années. Cet hôtel est en effet très durable et résiste bien à l'eau lors du test.



Test #3: Lors de ce test, nous avons graduellement augmenté la charge. Nous avons commencé avec 6,8 kg. Nous avons remarqué que la structure était suffisamment solide. Nous avons donc passé à 24 kg. Suite à ces essais réussis, nous avons testé le maximum possible. Un membre de notre équipe est monté sur l'hôtel avec un poids de 6,8 kg dans ses mains pour un total de 85 kg sur la structure sans bris ou déformation. Il est à noter que la structure n'avait pas de vis ou de colle lors de ces essais, et que l'hôtel n'avait aucun bloc interne pour aider à supporter le poids et distribuer la charge. Nous pouvons donc confirmer que l'hôtel pour pollinisateur peut soutenir au moins 85 kg sur le toit.

Test #4: Lors de ce test, nous avons inséré la planche arrière de l'hôtel. Cette planche sert de porte afin de sortir les blocs internes du système. Lors des essais, la planche arrière n'était pas tenue en place par un verrou. Ce manque de verrou a permis aux utilisateurs d'enlever les blocs internes facilement.

Si les utilisateurs n'étaient pas autorisés à enlever la porte glissante, 12,5% des utilisateurs ont pu retirer un bloc. Il s'est servi de l'espace libre pour pencher la planche et sortir les chevilles des rainures pour retirer le bloc. Nous allons donc devoir réduire l'espace libre au-dessus, et en avant des blocs afin d'empêcher le vol des blocs internes.

En conservant toujours la porte arrière, aucun utilisateur n'a réussi à retirer les blocs en cassant la porte arrière. La porte s'insère dans une rainure (démontré dans l'image plus bas) de chaque côté, ce qui réduit la possibilité de déplacer la porte sans la soulever. Les rainures ont une profondeur de 0.635 cm. Nous devons alors nous assurer que le système qui verrouille la porte, ne permet pas un déplacement vertical supérieur à 0.5 cm afin de prendre avantage de la force offerte par ces rainures.

Mise à jour des spécifications cibles et de la NDM:

Les seuls changements effectués entre le premier prototype et celui-ci, est que l'on a enlevé l'huile de lin, et les équerres de support. Au lieu, on utilisera des 2 par 4 en bois pour créer le support, et puis on utilisera de la cire d'abeille pour imperméabiliser le bois.

Numérotation	Composante	Options de Matériel	Dimensions	Quantité pour le meilleur choix	Prix unitaire	Prix calculé pour le meilleur choix	Lien pour l'achat	Disponibilité
1	(La boite exterieure, les blocs, la boite des plantes)	Bois d'érable laminé	2x6x10ft	1	$0	$0	Chez nous	Déjà obtenu
2	Toit de la ruche	Matériau composite	79x34.5 pouces	1	$23.75	$23,75	Home Depot	En magasin au Home Depot Gloucester
3	Le code QR	Peinture	s.o	Très peu	$0	$0,00	Chez nous	Déjà obtenu
4	Loquet	Loquet en acier inoxidable	137x96.4x29.8mm	1	$0.098/g	$11,21	Chez nous / Amazon	5-7 jours
5	Bois (imperméabiliser)	cire d'abeille	s.o.	1	$0	$0	Chez nous	Déjà obtenu
6	Visses	Visses en acier	95 visses de 3.5 pouces	1 paquet de 40 visses	$0,294/vis	$11,76	Home depot	En magasin au Home Depot South Keys / Gloucester
7	Colle à bois	Colle	18cm x 7 pouces	1	$0,0296/mL	$6,99	Canadian Tire	En magasin au Canadian Tire Ottawa East
8	Support pour la base	Bois	(2"x4"x8')	2	$4.98	9,96	Rona	En magasin à RONA Gatineau
					Prix Total:	**$63,67**		

Matériaux + Budget - Google Sheets

Prochaine étape:

Lors de la prochaine étape, nous allons créer un système de fixation et combiner celui-ci avec l'hôtel pour avoir un prototype complet physique. Ce prototype permettra de montrer à la cliente un aperçu complet du projet, et ainsi d'effectuer divers tests dont un pour déterminer la solidité du système d'ancrage.

Mise à jour du plan Wrike:

https://www.wrike.com/frontend/ganttchart/index.html?snapshotId=g2wFtSFh7KYVLy224Jm0hMMrcunN2Wuv%7CIE2DSNZVHA2DELSTGIYA

Conclusion :

Lors des essais, nous avons analysé le deuxième prototype, et déterminé la fiabilité du modèle en utilisant un modèle physique quasi-complet, et la rétroaction des utilisateurs. Ceci nous a permis d'évaluer et de comparer les analyses trouvées lors du premier et deuxième prototype. Nous avons également déterminé les points à améliorer dans le design. Tel que mentionné lors du premier test, nous allons ajouter un guide permettant de conserver les murs à un angle de 90º. De plus, nous allons ajouter une poignée à l'arrière des blocs interne afin de faciliter la séparation de ceux-ci. D'après le quatrième test, nous allons également devoir ajouter un système de verrou avec un déplacement vertical maximal de 0,5 cm afin d'améliorer le système antivol.