

GNG 1503: GÉNIE DE LA CONCEPTION

AUTOMNE 2022

Livrable F

Prototype I et rétroaction de clients

Soumis par:

L'équipe FA14

Antoine Flahaut (300224283)

Béatrice Olson (300314339)

Emma O'Reilly (300251980)

Satyavir Gooransing (300280285)

Zachary Davidson (300226534)

Le 6 novembre 2022

Université d'Ottawa

Faculté d'ingénierie

Center for Entrepreneurship and Engineering Design (CEED)

Introduction:

Le rapport de prototypage concernant le premier prototype et la rétroaction du client est un rapport qui a comme cible: d'identifier l'objectif du premier prototype, développer un plan de prototypage, et compléter une analyse du premier prototype. Le rapport met l'accent sur la rétroaction reçue avant le développement du premier prototype, et utilise cette information pour concevoir celui-ci. Ceci nous permettra ainsi d'évaluer les exigences fonctionnelles / non-fonctionnelles, ainsi que les contraintes qui s'y appliquent. En utilisant ces résultats il est possible d'identifier les dimensions et matériaux qui satisferont tous les besoins et critères de conception. En utilisant cette information on pourra ensuite élaborer nos données, et chercher une rétroaction plus spécifique chez la cliente et chez les utilisateurs. Les données recueillies lors du premier prototype, ainsi que la rétroaction obtenue des utilisateurs et de la cliente seront ensuite prises en considération lors du développement du deuxième et troisième prototype.

Rétroaction:

Nous avons eu une rencontre avec la cliente pour vérifier que l'on avait correctement traduit ses besoins en critères de conception, et pour obtenir de la rétroaction sur le concept choisi pour la solution finale.

La cliente a semblé satisfaite de notre solution, notamment parce que l'hôtel était en hauteur, qu'il était facile d'entretien, et fait de matériaux recyclables comme le bois. Toutefois, la cliente a exprimé ses préoccupations quant à notre capacité de terminer le projet à temps, et dans le budget imparti. De plus, l'enseignant assistant nous a également rappelé que notre solution devait s'accommoder à la signalisation du campus, et non l'inverse. Il nous a informés que nous n'aurions pas accès à des panneaux supplémentaires; ce qui ne permet plus à l'utilisation de notre solution initiale. Nous avons donc dû modifier notre concept pour qu'il utilise un seul panneau, et pour qu'il ne soit pas encombrant. Nous avons donc supprimé le double toit, et centré l'hôtel sur un support placé sur un panneau rectangulaire.

Nous avons intégré à notre solution un bac à fleur et un système d'arrosage automatique, mais nous n'étions pas sûr de leur nécessité. La cliente a confirmé qu'un espace pour des plantes peut être intégré au projet pour que les pollinisateurs puissent trouver la ruche. Cependant, nous n'avons pas la responsabilité de sélectionner le type de plantes ou d'installer un système d'arrosage automatique, puisque la cliente peut trouver des bénévoles si nécessaire. Nous avons donc décidé d'utiliser un bac à fleur à la base du panneau latéral, et nous avons enlevé le système d'arrosage automatique de notre projet. Cela aura aussi le bénéfice de réduire les coûts, et de simplifier le concept.

Enfin, même si nous avons un toit pour notre ruche, nous allons imperméabiliser le bois avec de l'huile de lin pour que l'intérieur de la ruche soit le plus sec possible.

Plan de prototypage pour le premier prototype :

Notre premier prototype pour notre dispositif sera un prototype analytique ciblé, modélisé en utilisant SolidWorks. Notre plan était de créer un prototype séparé pour les deux composantes principales: un prototype de l'hôtel pour pollinisateur, constitué de toutes les pièces et composantes de la ruche pour les abeilles, et un autre pour le panneau et ses composantes. Les deux sous-assemblages sont ensuite assemblés pour former notre prototype.

Initialement, le prototype était une construction qui nécessitait deux panneaux et une plaque pour créer un support pour l'hôtel. Cependant, cette idée n'était pas réalisable car un deuxième panneau n'était pas disponible. Nous avons dû altérer notre concept pour qu'il puisse s'attacher au panneau. Avec le même concept de base, nous avons pu modéliser et attacher une base en bois, pour créer une plateforme où se reposera l'hôtel pour pollinisateur; cette base se placera au sommet du panneau.

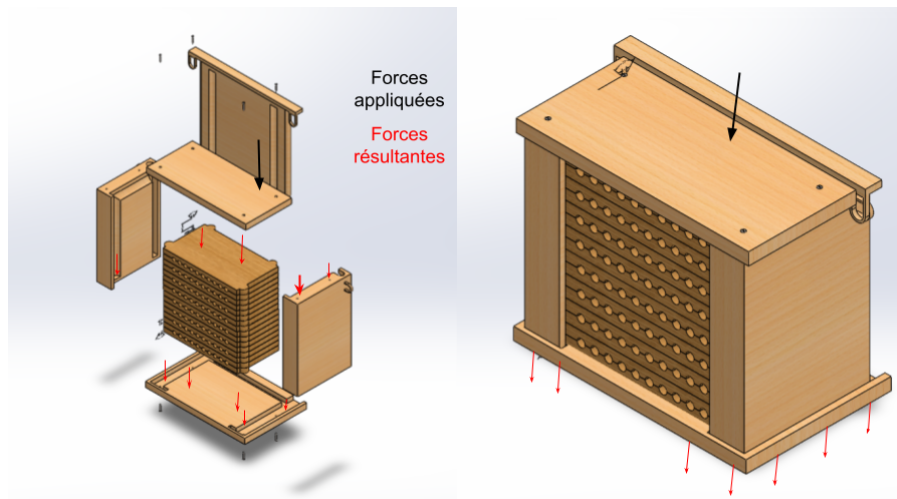
Le premier sous-assemblage est l'hôtel pour pollinisateur: l'objectif principal du prototype est de créer un modèle complet pour ensuite permettre la génération de données analytique. Celui-ci nous donnera aussi l'opportunité de créer un aperçu détaillé du concept, pour ensuite utiliser ce modèle comme référence lors de la construction de l'hôtel (prototype deux). En commençant avec un prototype analytique, nous sommes capables d'observer les interactions entre les composantes, et ensuite tester les différents matériaux. Ceci permet de déterminer les défauts et s'assurer de bien choisir nos matériels avant de les acheter. Concernant l'hôtel, nous cherchons de la rétroaction de la cliente, des étudiants et des visiteurs qui parcourent le campus (utilisateurs). La cliente nous fournira une rétroaction lors de notre troisième rencontre, qui met l'emphasis sur le design et les exigences fonctionnelles, tandis que les utilisateurs nous fourniront une rétroaction qui nous aidera avec les exigences non-fonctionnelles. Quelques exemples d'exigences non-fonctionnelles: couleur, esthétique, confort des utilisateurs, etc.

Pour ces essais de prototypage, les métriques qu'on espère mesurer sont: le poids de l'hôtel, la superficie de la toiture et du surplomb, l'inclinaison de la toiture, la résilience de l'hôtel, le nombre de composantes à enlever pour l'entretien, l'élévation du sol, le nombre de trous nécessaire et les diamètres et profondeur des trous. La méthode d'essai qu'on utilisera pour trouver ces valeurs est une simulation et des analyses des assemblages SolidWorks. L'objectif de ces essais est de vérifier la faisabilité et la robustesse de notre solution pour s'assurer de répondre aux critères de conception identifiés. Les essais se termineront lorsque toutes les données satisferont les conditions nécessaires aux fonctionnements du concept. Ceci inclut mais n'est pas limité aux choix de matériaux, épaisseur des composantes, montant de composants, type de vis, etc. En considérant les objectifs ci-mentionnés, nous définissons une haute fidélité de prototype, car celui-ci est un modèle analytique des charges externes qui peuvent s'appliquer sur un prototype réel. Il est aussi fiable car nos prochains prototypes et le développement du produit final seront basés sur les dimensions et choix de matériel du premier prototype.

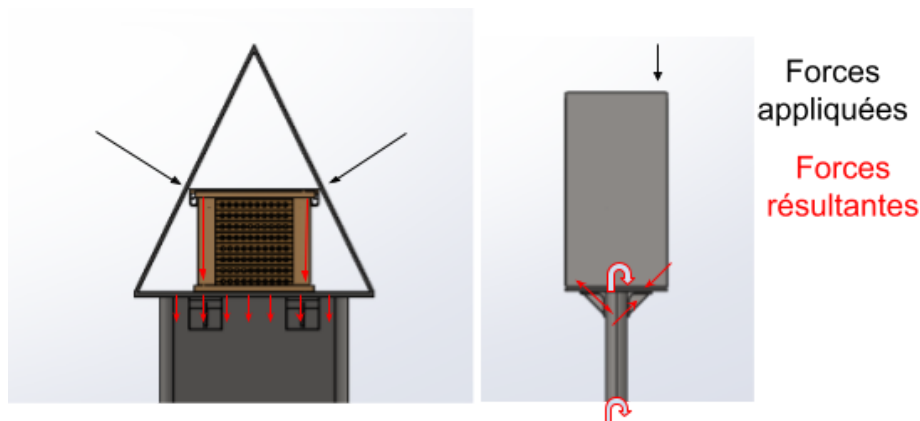
La deuxième partie du prototype est la modélisation analytique ciblée du panneau et ces composantes. Comme pour la modélisation de l'hôtel pour pollinisateur, la modélisation des panneaux est analytique ciblée. L'objectif est semblable, cependant nous sommes plus intéressés par la méthode de fixation qui permettra d'intégrer l'hôtel avec le panneau. Comme pour la rétroaction de l'hôtel nous cherchons également la rétroaction de la cliente et des utilisateurs (public qui navigue le campus). Cette fois-ci, la seule différence est que les utilisateurs sont aussi capables de fournir une rétroaction concernant l'exigence fonctionnelle. D'un niveau esthétique, il est important que l'intégration de l'hôtel avec le panneau n'affecte pas la fonction principale du panneau. Ainsi les utilisateurs nous permettront de mieux comprendre comment assembler ces deux composantes; pour minimiser l'interférence causée par l'ajout d'un hôtel. Lors de

l'essai, les métriques qu'on espère mesurer sont: l'esthétique, la lisibilité des panneaux, la praticité du design (notées sur 10), le poids supporté et les contraintes maximales. L'essai se terminera lorsque nous aurons recueilli la rétroaction d'au moins cinq utilisateurs, et lorsqu'on aura déterminé toutes les données nécessaires à l'évaluation du modèle. Nous définissons la fidélité du prototype comme étant moyenne, car il est difficile de déterminer l'efficacité de la mise en page sans une représentation physique.

Analyse simple des composantes :



Grâce à cette analyse, nous pouvons voir qu'à l'intérieur de l'hôtel pour pollinisateurs, les forces seront distribuées de façon équivalente sur toute la surface de la base. Nous devons donc prendre des précautions afin d'avoir un support plein pour la base.



Dans le but d'assurer un bon système d'encrage, nous allons augmenter l'épaisseur du dessus des pancartes existantes. Puisque la base de l'hôtel est déjà moins large que celle des panneaux, aucune modification n'est nécessaire à ce niveau. En créant cet ajout, nous devons réduire le risque de pivot de l'avant vers l'arrière. Nous avons remédié à ce problème potentiel

avec l'ajout d'équerre de support. Ceci réduit le moment au centre de la pancarte et augmente la durabilité du concept.

Grâce à cette analyse, nous pouvons confirmer que les forces sont distribuées de façon idéale afin de réduire les risques de vandalisme, de ruptures ou de vol.

Résultats et tests du prototype :

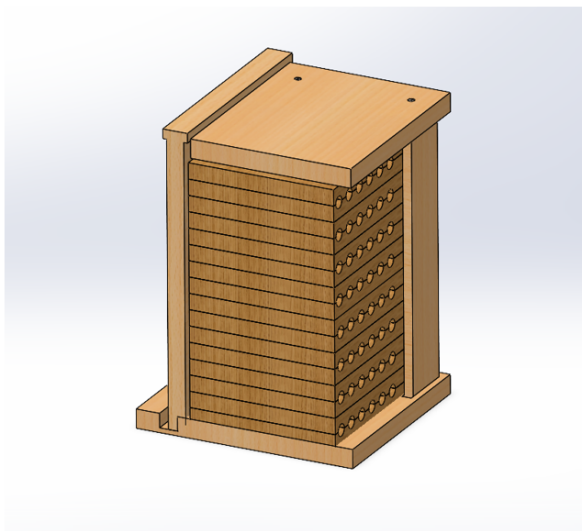
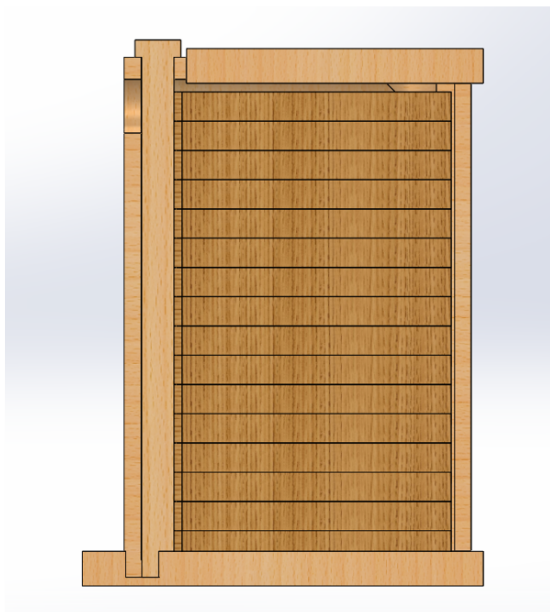
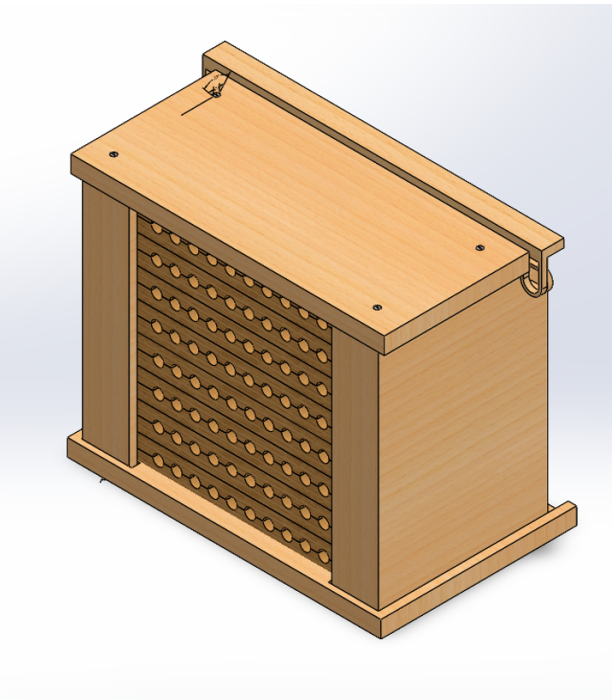
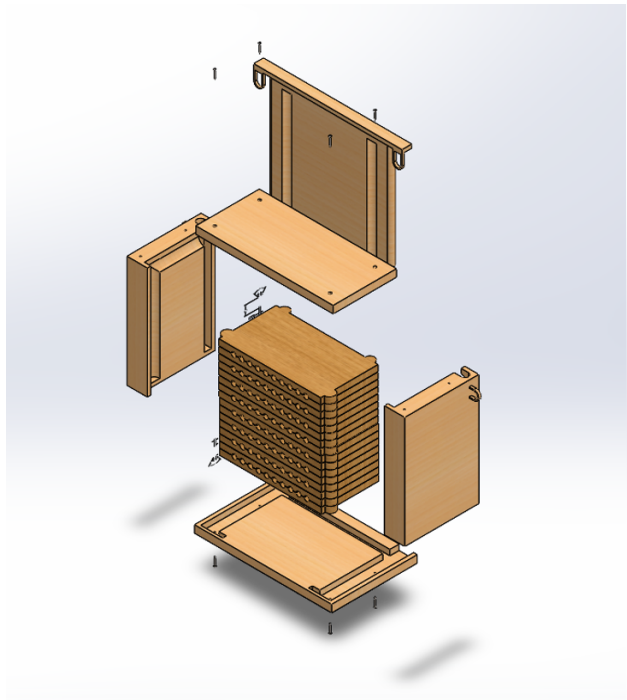
Hypothèses :

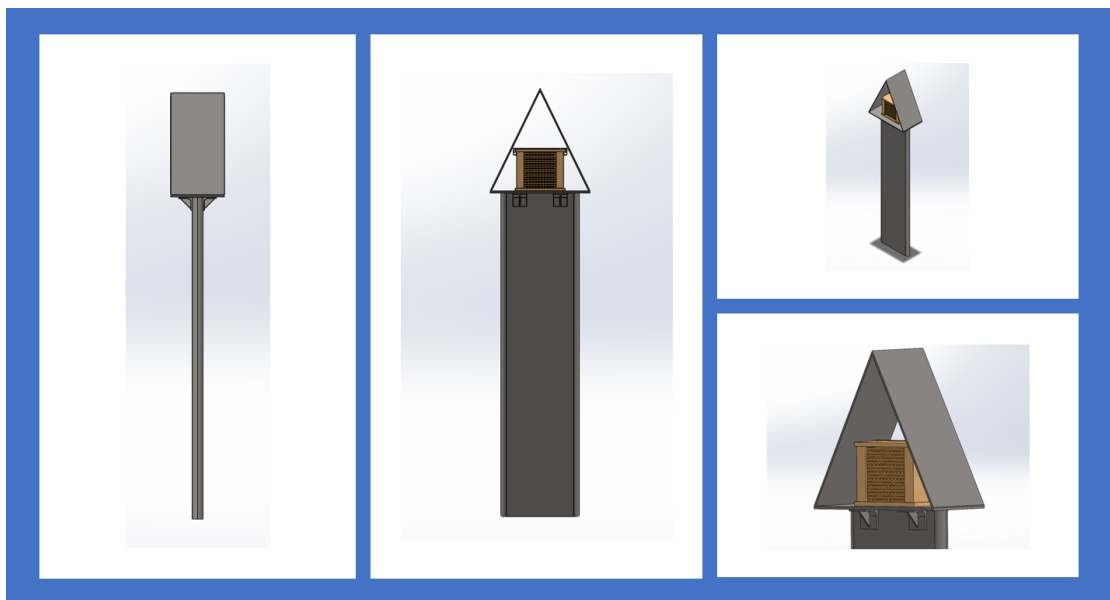
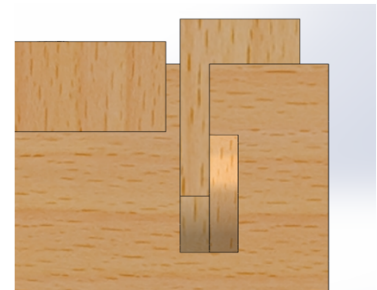
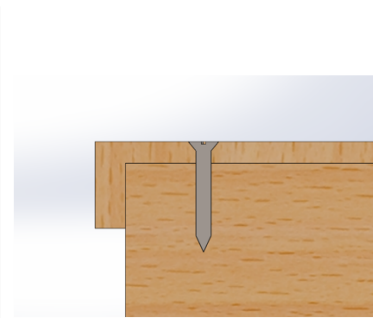
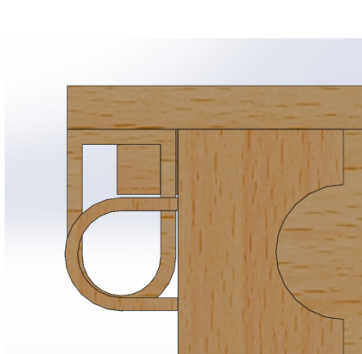
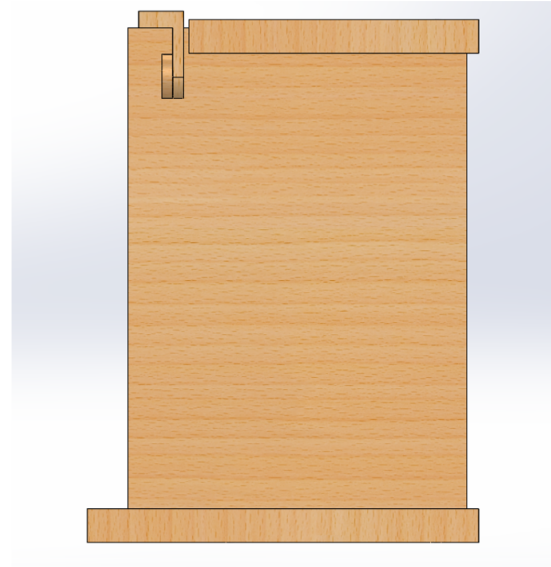
- On suppose qu'une collision avec l'assemblage produira un maximum de 2400 N: ceci permettra de créer un contrôle pour le restant des tests.
- On suppose que les températures sont négligeables et n'affectent pas le facteur de sécurité.
- On suppose qu'un facteur de sécurité de 2 est suffisant pour un tel assemblage. Un facteur de sécurité de moins de 1 signifie que la composante subit une fracture ou déformation plastique.
- On suppose que les supports forment une connexion rigide avec sa surface quelconque.
- On suppose que les vis ont un "preload" de 0 N*m, avec un pas de vis de 0.5 filetages/mm.
- On suppose que le bois utilisé est du pin à 12% humidité, et que le métal utilisé est de l'acier Aisi 304.

Tableau de comparaison :

Spécifications	Spécifications Cible :	Spécifications Finales :	Différences
Système d'arrosage	Oui	Non	s.o
Nombre de trous	50	72	22
Profondeur des trous (cm)	7,62-15,24	15	0,24-7,38
Diamètre des trous	0,3175-1,27	1,27	0-0,9525
Poids supporter (kg) (Panneau)	≥ 105		
Superficie de la toiture (m ²)	0,084	0,847	0,763
Inclinaison de la toiture (°)	45	51,81 \pm 0,5	6,81 \pm 0,5
Élévation du sol (m)	1-1,5	2,4	0,9-1,4
Superficie du surplomb (m ²)	0,028	0,0423	0,0143
Nombre de composantes à enlever	10	17	7
Volume de l'hôtel (m ³)	0,012	18,68	18,66

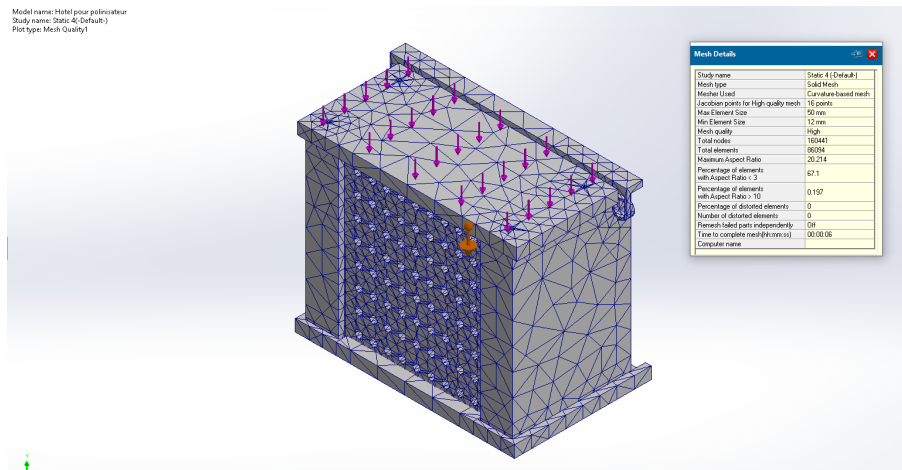
Modèle en 3D:





Informations concernant les mailles utilisé lors des simulations:

Les mailles (“mesh”) utilisées sont des mailles “curvature blended mesh” avec 16 “Jacobian points” une taille maximum d’élément de 50 mm, et une taille minimum d’élément de 12 mm. Cette technique de maillage permet de facilement générer des modèles et permet à l’analyse des éléments lors des simulations. On a choisi un modèle avec une densité fine, car l’ordinateur utilisé pour les simulations est très puissant et peut compléter les calculs en quelques minutes. Voici ci-dessous les propriétés de la maille qui a été utilisée.



Analyse des tests/essais:

Comme mentionné ci-dessus les tests et essais consistaient à des simulations statiques Solidworks; deux simulations principales sont élaborées dans ce rapport. Pour la première simulation on met l’emphase sur l’hôtel seule sans attache. Pour la deuxième simulation, on met l’emphase sur l’assemblage complet et l’interaction entre l’attache, l’hôtel, et le panneau. Ceci permet de déterminer les contraintes, déformations, et le facteur de sécurité.

Propriétés des matériaux:

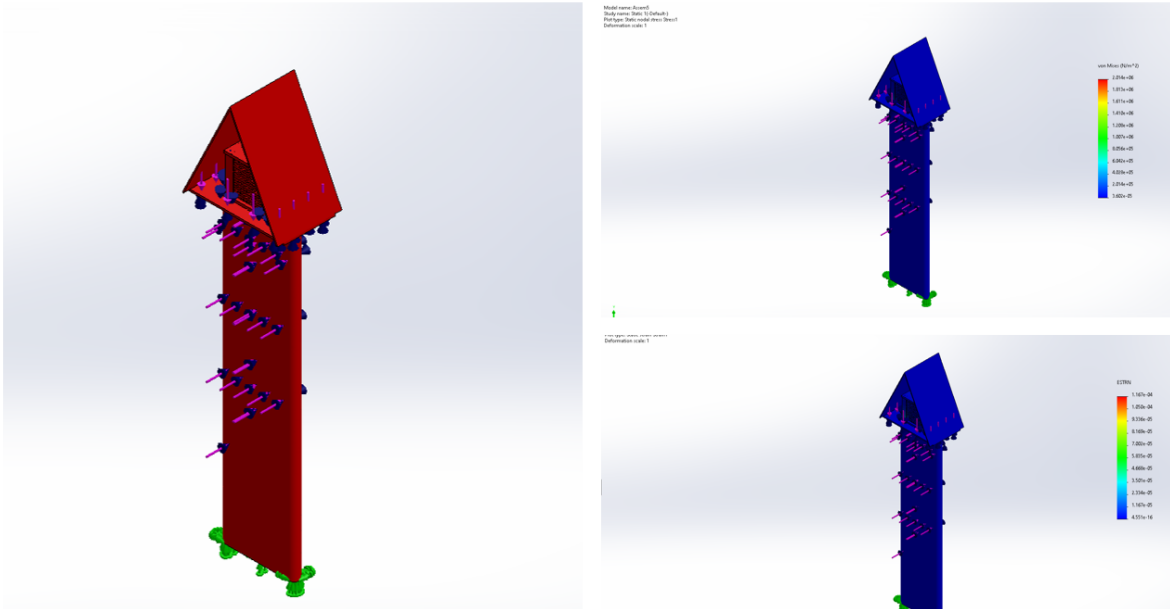
Pin à 12% d’humidité:

Property	Value	Units
Elastic Modulus	8830000000	N/m ²
Poisson's Ratio	0.394	N/A
Shear Modulus	350000000	N/m ²
Mass Density	600	kg/m ³
Tensile Strength	2100000	N/m ²
Compressive Strength	36680000	N/m ²
Yield Strength	41400000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	5	/K
Thermal Conductivity	0.1213	W/(m·K)
Specific Heat	2300	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Acier Aisi 304:

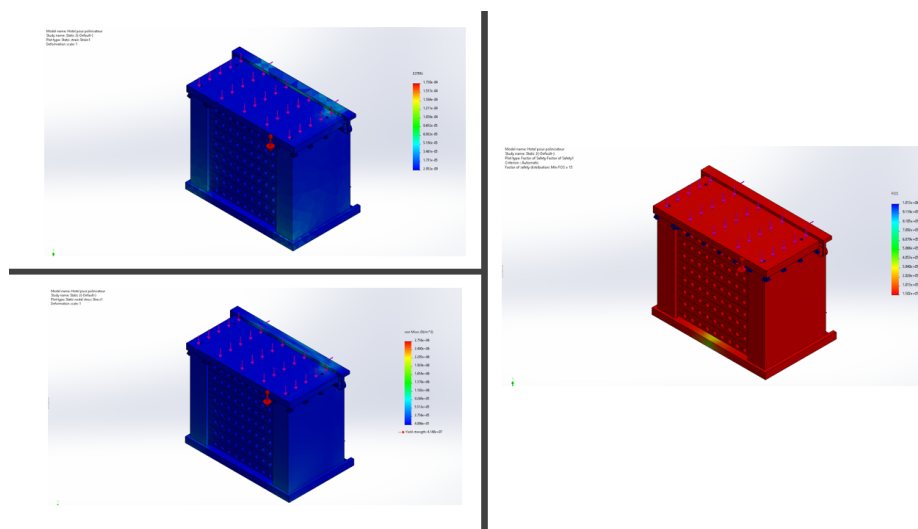
Property	Value	Units
Elastic Modulus	1.9e+11	N/m ²
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus	7.5e+10	N/m ²
Mass Density	8000	kg/m ³
Tensile Strength	517017000	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength	206807000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	1.8e-05	/K
Thermal Conductivity	16	W/(m·K)
Specific Heat	500	J/(kg·K)
Material Damping Ratio		N/A

Test #1:



Le premier test utilise une interaction globale avec 10 “countersink screw connectors” et 4 “rigid connectors”, la base sert comme fixtures rigid qui ne permet pas aux déplacement ou à l’application de moment/couple. On suppose que 3 forces sont appliquées sur le modèle et que les forces ont des magnitudes de 1000N, 1500N, et 2400N. Les forces sont appliquées comme démontrée dans les images; ainsi on applique la force sur la surface en avant, sur le dos de l’hôtel, et entre le toit et la base qui supporte l’hôtel. Pour le modèle ci-dessus le facteur de sécurité est de 21, et présente une bonne marge pour prévenir des défauts, et éviter une déformation plastique.

Test #2:



Le deuxième essai est un test spécifique qui permet de mieux comprendre comment l'hôtel lui-même réagit lorsqu'il est soumis à différentes charges. Cette simulation est encore statique et possède des interactions globales avec 8 "countersink screw" et 1 "rigid connector". On soumet ce modèle à 2 forces de 1000 N comme illustré dans les images ci-dessus; ces forces sont appliquées sur le toit du modèle et la porte du derrière. Pour le modèle ci-dessus la simulation à retrouver un facteur de sécurité de 15, et démontre aucune déformation ou déplacement qui pourrait rompre ou déformer plastiquement le modèle. Finalement, il est important de noter que pour cette simulation une fixation rigide est utilisée sur la base du modèle pour créer l'effet d'une connexion entre l'hôtel et le restant de l'assemblage panneau-hôtel.

Rétroaction concernant le prototype :

Pour obtenir une rétroaction concernant le prototype, nous avons créé un sondage pour demander des questions aux étudiants du campus (utilisateurs). Nous espérons recevoir une rétroaction concernant l'esthétique du design, et les opinions d'une intégration d'un hôtel pour pollinisateur. Ceci nous servira comme guide pour modifier le design de notre intégration, et peut-être nous permettra d'améliorer le concept lui-même. Malheureusement, dû à la contrainte de temps, il n'a pas été possible de faire circuler le sondage aux élèves du campus. Au lieu, à la recommandation du professeur, nous avons interviewé quelques élèves pour leur demander leurs opinions concernant notre prototype. En général, les personnes ont aimé l'esthétique du design (forme), et trouvent que le design était convenable pour les critères de conception que nous avons élaborés. En termes d'amélioration, la plupart des élèves ont indiqué qu'ils n'aimaient pas l'idée d'une « ruche » d'abeilles si près des panneaux dans le campus. Après avoir indiqué la différence entre les abeilles solitaires et ceux qui vivent en colonie, les élèves étaient beaucoup plus à l'aise avec l'idée. En général, les élèves ont recommandé d'ajouter une composante aux panneaux qui indique la différence entre les deux types d'abeilles. Finalement, du niveau esthétique, les étudiants ont indiqué que cela serait une bonne idée d'ajouter des couleurs, et une image (peinturé) de fleurs et plantes. Ceci permettra d'embellir la signalisation et faire ressortir le côté écologique de l'université

Prochaine étape: Prototype physique



Lors de la création du prototype physique, nous avons alterné la direction du grain du bois dans le but de réduire le risque de propagation des fractures lors de l'assemblage. Lors de la prochaine étape, nous allons effectuer des analyses basées sur ces prototypes physiques. Nous allons vérifier le choix de la direction du grain pour les blocs internes de l'hôtel, parmi plusieurs autres tests, tels qu'expliqués dans le plan de test.

Mise à jour des spécifications cibles et de la NDM :

Nous avons supprimé les panneaux usagés de l'université et la baguette de soudure, puisque nous allons placer l'hôtel sur le panneau. Nous avons rajouté des équerres de support pour soutenir l'hôtel.

Numérotation	Composante	Options de Matériel	Dimensions	Quantité pour le meilleur choix	Prix unitaire	Prix calculé pour le meilleur choix	Lien pour l'achat	Disponibilité	Autres option de matériaux	Justification de pourquoi on l'a pas choisi
1	(La boîte extérieure, les blocs, la boîte des plantes)	Planche épiéca	2x6x10ft	1	\$13.49	\$13.49	Rona	En magasin à RONA Gatineau	cédre	dissuadent certaines abeilles
2	Toit de la ruche	Matériau composite	79x34.5 pouces	1	\$23.75	\$23.75	Home Depot	En magasin au Home Depot Gloucester	acier galvanisé	pas bon dehors
3	Le code QR	Peinture	s.o	Très peu	\$0	\$0.00	Chez nous	Déjà obtenu		
4	Loquet	Loquet en acier inoxydable	137x96.4x29.8mm	1	\$18.60	\$18.60	Home Depot	5-7 jours		
5	Bois (imperméabiliser)	Huile de lin	s.o.		\$8.59	\$8.59	Rona	En ligne	cire d'abeille	moins résistant
6	Vissés	Vissés en acier	95 vissés de 3.5 pouces	1 paquet de 40 vissés	\$0.294/vis	\$11.76	Home depot	En magasin au Home Depot South Keys / Gloucester	moins de vissés si on dépasse le budget	
7	Colle à bois	Colle	18cm x 7 pouces	1	\$0.0296/mL	\$6.99	Canadian Tire	En magasin au Canadian Tire Ottawa East	plus petite bouteille si on dépasse le budget	
8	Équerre de support	Équerre de support en acier	3 po. x 3/4 po.	6	\$1.29	\$7.74	Rona	En magasin à RONA Gatineau		
					Prix Total:	\$90.92				

[Matériaux + Budget - Google Sheets](#)

Mise à jour du plan wrike:

<https://www.wrike.com/frontend/ganttchart/index.html?snapshotId=NB6gigj8pR333HhxQyqcNpMupNwBJuoZ%7CIE2DSNZVHA2DELSTGIYA>

Conclusion :

Lors du laboratoire, nous avons analysé le premier prototype et déterminé la fiabilité de ce modèle en utilisant les modélisations numériques (SolidWorks) et la rétroaction des utilisateurs. Ceci nous a permis de déterminer les spécifications finales, et ensuite les comparer avec les spécifications cibles choisies lors de l'étape de définition de la pensée conceptuelle. En comparant les données retrouvées en utilisant le modèle numérique, nous avons déterminé qu'il y avait plusieurs spécifications qui ont beaucoup changé, tandis que d'autres on restées quasi identiques. Par exemple, le diamètre et la profondeur des trous non pas changé entre les spécifications cibles et les spécifications finales, mais le nombre de trous a changé de 50 à 72. En travaillant à la prochaine étape, (prototype 2 et 3) ce prototype SolidWorks nous donnera la base nécessaire pour créer un design qui satisfasse les critères et besoins interprétés. Celui-ci évitera le gaspillage de temps et d'argent en travaillant un prototype qui ne fonctionne pas, car le prototype nous sert comme référence qui nous aidera tout au long du processus itératifs (prototypages et essais).