

Livrable H: Prototype III et rétroaction des clients

Par

Audrey Da Silva

Abir Hassouni

Nicolas Johnson

Vodi-Benjamin Mfumu

Ines Nassiri

Équipe FB12

Rapport technique présenté à
Monsieur Emmanuel Bouendeu
dans le cadre du cours
GNG 1503 - Génie de la conception

Université d'Ottawa
Faculté de génie
27 mars 2022

Résumé

Ce présent document rassemble toutes les étapes effectuées jusqu'à maintenant dans le cadre de la conception de notre produit. Nous avons pour idée majeure la conception d'un mobilier urbain qui puisse répondre non seulement aux besoins précis de notre client, mais aussi aux exigences de la compétition actuelle. Nous aspirons à ce que notre produit puisse faire face à l'aspect compétitif et volatil du marché du mobilier urbain.

Afin d'atteindre notre objectif, nous suivons une démarche précise et minutieuse, allant de l'identification des besoins à la création de notre deuxième prototype et l'implémentation de quelques essais nous permettant de juger la sécurité et la fiabilité du produit, en passant par l'établissement des plans d'essai de prototypage de nos différents prototypes.

Ce document réunit d'une part les commentaires obtenus des utilisateurs, et d'autre part notre troisième prototype qui sera notre prototype final dont le plan d'essai fut documenté dans le livrable précédent. En sus la documentation du plan d'essai de prototypage, qui comporte des tests spécifiques pour déterminer la fiabilité de la production de notre banc. Les résultats de ces tests sont aussi compris. Une mise à jour des matériaux, des spécifications cibles et du conception détaillée sont également incluses dans ce document.

Afin de concevoir notre prototype final, d'environ 1/5 de la grandeur réelle, notre prototype est fait du béton recyclé qui sera coulé dans les moules qu'on a fabriqué, cela sera plus clair en incluant des images explicatives de nos trois coffres.

Table des matières

Résumé	2
Table des matières	3
Prototype III	4
Coffre de la jardinière	4
Figure 1. Plan du coffrage de la jardinière	4
Figure 2. Coffre de la jardinière	5
Coffre des pieds	5
Figure 3. Plan du coffre des pieds.	5
Figure 4. Coffre des pieds	6
Coffre des sièges	6
Figure 5. Plan du coffre de la feuille	6
Figure 6. Coffre du siège	7
Raisonnement sur le prototype	7
Analyse des modes de défaillance des coffres et de leurs effets	8
Documentation du plan d'essai de prototypage	9
Test sur les encastremets	9
Figure 7. Gobelet de plastique	10
Test sur la solidité des matériaux	11
Contrainte de force appliqué sur les matériaux	11
Figure 8. Calcul de la pression du béton sur le coffre de la jardinière	12
Figure 9. Calcul de la pression du béton sur le coffre des sièges	12
Contrainte de force appliqué sur la méthode de fixation	13
Résultats	13
Résultats des tests sur les encastremets	13
Figure 10. Résultat du test	14
Figure 11. Vérification de l'emboîtement	15
Résultats des tests sur la solidité des matériaux	15
Tableau 1: Résultats des tests sur la solidité des matériaux	15
Journée du béton: confirmation de nos résultats	15
Mise à jour	16
Liste des matériaux	16
Tableau 2: mise à jour des matériaux	16
Spécifications cibles	18
Tableau 3: mise à jour des spécifications de conception technique	18
Conception détaillée	19
Figure 12. Banc de feuilles	19

Prototype III

Notre prototype 3 consiste en notre prototype final. Celui-ci sera un banc en béton d' 1/3 la grandeur réelle. Il aura un volume d'environ 14L, soit une masse d'environ 31kg. Pour le fabriquer, nous avons besoin de faire la conception de coffres qui permettront le coulage du béton. Ces coffres ont été fabriqués lors de la semaine de relâche, soit le 27 février. Cela a pris toute la journée. La finalisation des coffres et leur ajustement s'est faite le 6 mars et a pris environ 3 heures. La création exacte du prototype III sera le 24 mars lors de la journée du béton où nous allons couler les coffres. Ceux-ci prendront entre 24 à 48h à sécher. Par conséquent, le décoffrage ne pourra se faire avant le 26 mars. Toutefois, comme le laboratoire de génie civil est fermé la fin de semaine, le décoffrage pourra se faire seulement le 28 mars, ce qui nous empêche de faire les tests sur le prototype même, puisque ce travail est à remettre le 27 mars.

Ainsi, nous avons décidé de faire des essais sur les coffres. Par conséquent, un modèle expérimental ciblé sera utilisé pour évaluer l'efficacité de la partie des coffres servant à créer les encastrement entre les pieds et les sièges. De plus, des calculs seront faits afin d'évaluer la solidité des matériaux choisis. Toutes ses informations se trouvent dans la section "Documentation du plan d'essai de prototypage". Finalement, comme nos tests sont liés à la fiabilité de nos coffres, une analyse des modes de défaillance et de leurs effets sera faite dans cette section.

Coffre de la jardinière

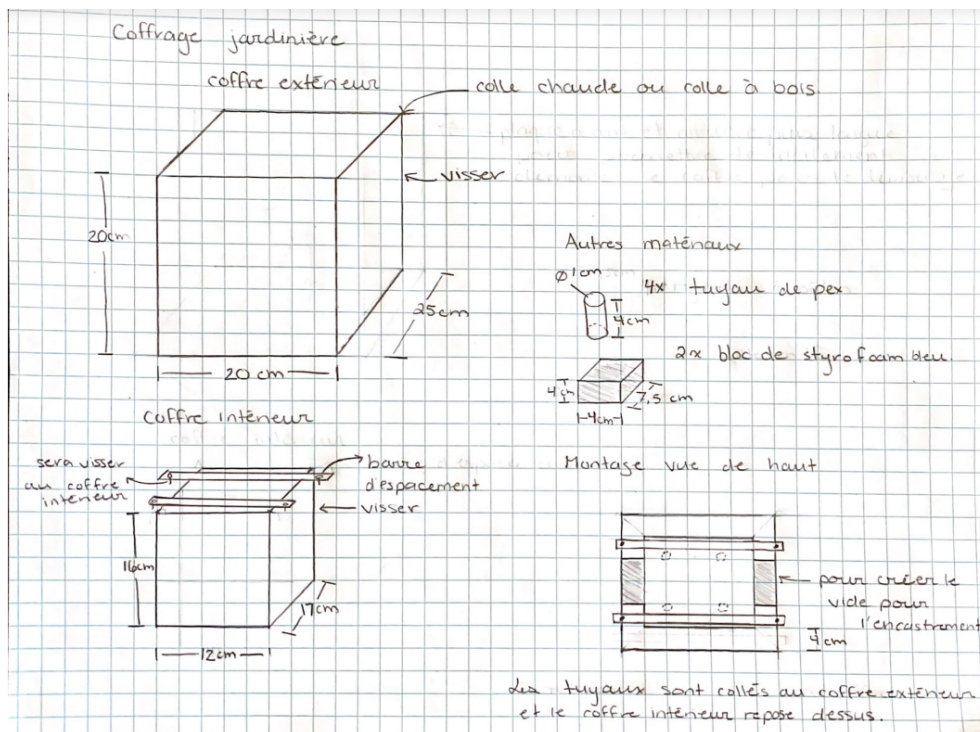


Figure 1. Plan du coffrage de la jardinière



Figure 2. Coffre de la jardinière

Premièrement, ce coffre est composé principalement de deux morceaux: le coffre intérieur et le coffre extérieur. Ceci est nécessaire afin de créer le vide dans la jardinière.

Le coffre extérieur a à sa base 4 tuyaux de pex d' $\frac{1}{2}$ po afin de créer les trous d'évacuation d'eau dans la jardinière. De plus, il a sur deux de ses côtés des blocs de styrofoam qui serviront à créer les espaces d'encastrement. Le coffre intérieur, lui, va être inséré dans le coffre extérieur et il reposera sur les tuyaux. Les barres d'espacements en bois seront vissées au coffre extérieur afin que le coffre intérieur ne remonte pas avec la force du béton.

Le coffre a été fabriqué avec du contreplaqué d' $\frac{1}{2}$ po, ce qui le rend très solide.

Coffre des pieds

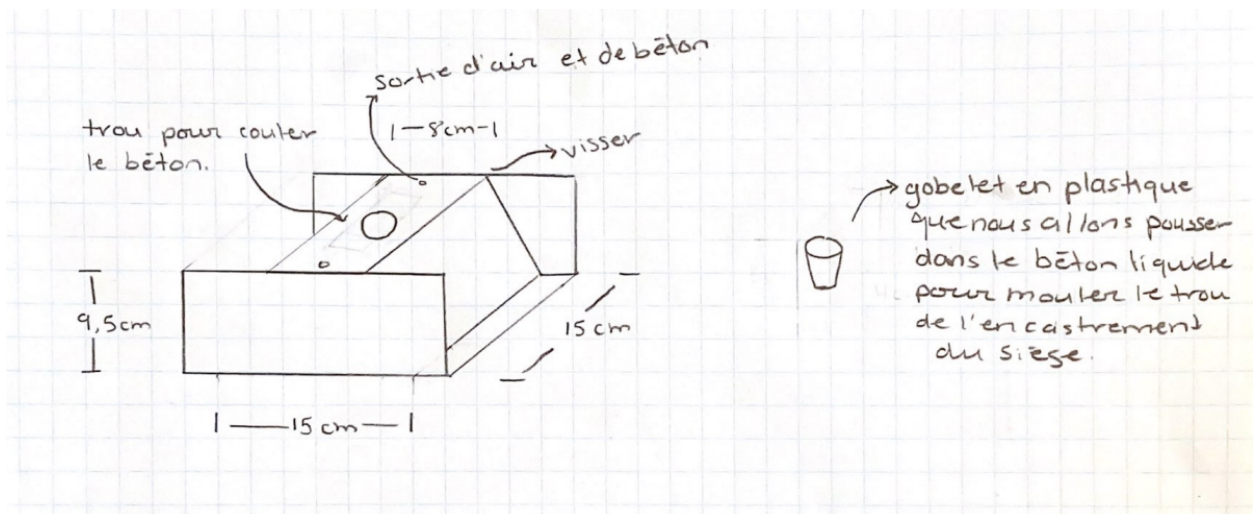


Figure 3. Plan du coffre des pieds.



Figure 4. Coffre des pieds

Ce coffre est principalement composé de contreplaqué de $\frac{1}{2}$ po et de $\frac{5}{8}$ po. Le trou du milieu a été fait avec une scie cloche avec mandarin (ou une scie emporte pièce) et il permet de couler le béton à l'intérieur du coffre. Le gobelet en plastique y sera enfoncé pour créer l'espace d'encastrement lorsque le coffre sera rempli de béton encore liquide. Les deux petits trous sur le dessus serviront, non seulement à laisser l'air circuler, mais aussi à laisser s'échapper le surplus de béton lorsque nous allons insérer le gobelet.

Coffre des sièges

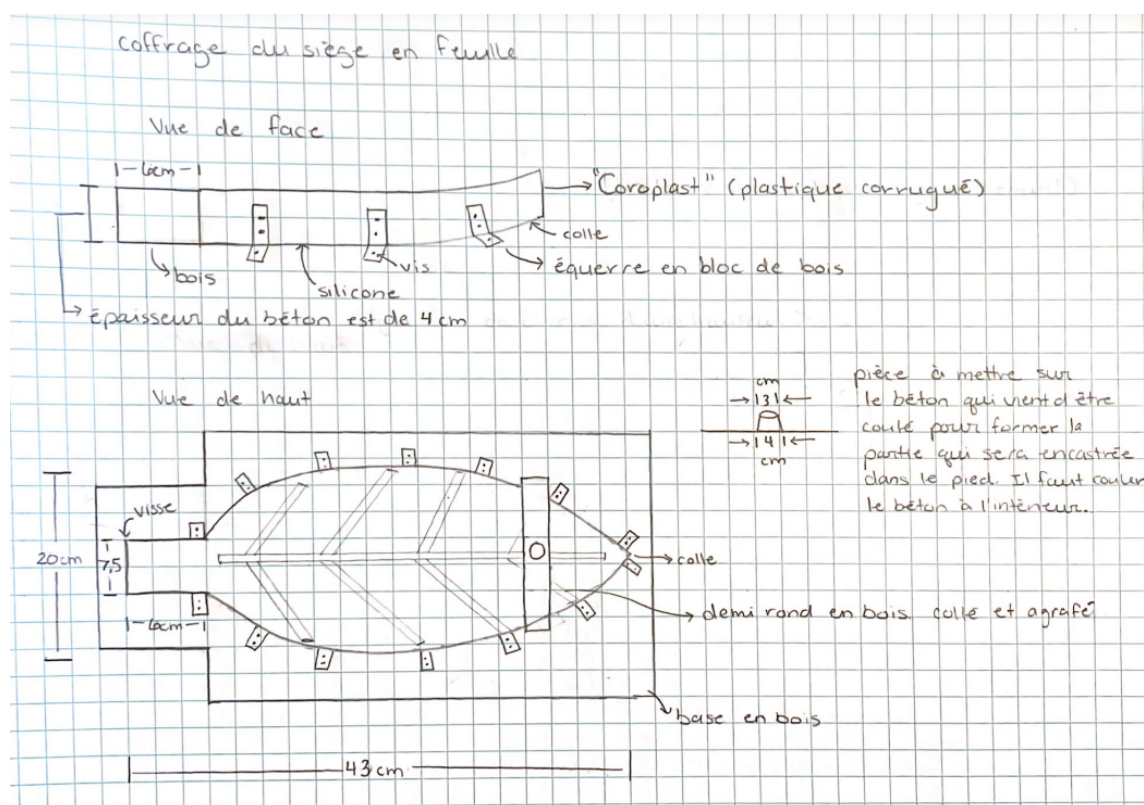


Figure 5. Plan du coffre de la feuille



Figure 6. Coffre du siège

Ce coffre est constitué de plastique corrugué ou du “Coroplast”. Ce plastique est à la fois solide et flexible, ce qui nous permet de faire le coffre en forme de feuille. Le plastique est retenu par des équerres en L faites en bois qui permettent de maintenir la forme de la feuille. Le coroplast est collé à la planche de bois et un joint de silicone est appliqué au contour pour éviter que le béton s’échappe.

Le gobelet rouge en plastique est fixé sur une planche de bois qui sera fixé à la feuille. Le béton sera coulé à l’intérieur du gobelet pour créer la partie d’encastrement.

Raisonnement sur le prototype

Comme ceci est notre troisième prototype et prototype final, nous nous devons de fournir un résumé du développement de celui-ci par rapport à nos derniers prototypes et essais.

Notre premier prototype consistait en une modélisation sur Onshape, ainsi qu’en une reproduction réelle à l’aide de carton.

La modélisation sur Onshape nous a permis de déterminer les dimensions de notre banc afin de respecter la contrainte de 15L. Ainsi, les coffres ont été faits à l’aide de ses mesures.

De plus, le banc en carton nous a permis de voir que les dimensions des différentes parties du banc étaient cohérentes. Aussi, lors de sa fabrication, nous nous sommes aperçus que la forme initiale des pieds était difficile à fabriquer. Nous avons donc changé la forme des pieds pour faciliter la construction des coffres. Le coffre que nous avons construit est le reflet de ce résultat.

Notre deuxième prototype était une modélisation expérimentale de la jardinière. Suite aux commentaires des clients lors de la deuxième rencontre avec ces derniers, nous avons appris que le béton risquait de craquer à cause de la force de l’eau s’il y avait accumulation ou lors du dégel en hiver. De plus, nous faisons une jardinière. Par conséquent, si nous voulons qu’elle soit fonctionnelle, il faut qu’elle puisse créer un bon environnement pour les plantes. Donc, des trous d’évacuation d’eau s’avèrent nécessaires pour préserver les plantes et le béton.

Notre modélisation servait donc à déterminer la dimension et la quantité des trous nécessaires à la jardinière. Nos résultats nous ont permis de construire le coffre en conséquence, en y ajoutant quatre tuyaux de ½ po.

Analyse des modes de défaillance des coffres et de leurs effets

Identifier les modes	Les coffres peuvent: 1. briser 2. déformer 3. laisser s'échapper le béton
Effets	1.1 Les coffres ne pourront pas être utilisés et le prototype ne pourra pas être construit, ou construit complètement. 2.1 Les gobelets peuvent se déformer, ce qui empêcherait la formation adéquate des emboîtements. 2.2 Le coroplast peut se déformer, ce qui empêchera la forme du siège en feuille désirée. 3.1 Le béton pourrait s'échapper des coffres, ce qui nous empêcherait de les remplir complètement.
Sévérité de l'effet	1.1 Très haut: produit est non fonctionnel, perte de la fonction primaire 2.1 Haut: produit fonctionnel, mais à niveau réduit. 2.2 Haut: produit fonctionnel, mais à niveau réduit. 3.1 Très haut: produit est non fonctionnel, perte de la fonction primaire
Causes	1.1 Un choix de matériaux incorrect 1.2 Utilisation incorrect 1.3 Essai inadéquat pendant l'étape de prototypage 2.1 Un choix de matériaux incorrect 2.2 Essai inadéquat pendant l'étape de prototypage 3.1 Mauvaise conception et fabrication 3.2 Un choix de matériaux incorrect
Probabilité de la cause	1.1 Bas: des concepts semblables ont des taux de défaillance bas 1.2 Modéré: manque d'expérience de la part de ceux qui exécutent la tâche 1.3 Bas: des concepts semblables ont des taux de défaillance bas 2.1 Bas 2.2 Bas 3.1 Aucune: pas raisonnable de s'attendre à des défaillances 3.2 Aucune
Type de contrôle	1. Contrôle de type 1: prévient que le mode de défaillance se produit. Des tests et des calculs seront effectués pour mesurer la solidité des matériaux. La détection est haute. 2. Contrôle de type 3: détecte un mode de défaillance avant que le produit ne soit utilisé. Des tests et analyses seront effectués pour détecter des défaillances et appliquer des corrections s'il y a lieu. La détection est haute. 3. Contrôle de type 1: prévient que le mode de défaillance se produit. Les coffres ont été conçus en conséquence en y ajoutant un joint de silicone par exemple.

Documentation du plan d'essai de prototypage

Test sur les encastremements

Notre objectif principal est de tester notre prototype final, c'est-à-dire notre banc en béton à 1/5 de l'échelle réelle. Cependant, comme la journée de remplissage des moules est le 24 mars 2022, que le béton prend environ 48 heures à sécher et que nous devons remettre les résultats de nos tests le 27 mars à minuit. Nous avons décidé d'opter pour le plan 2 documenté dans notre livrable précédant. En effet, le temps nous manquerait si nous décidions d'adopter le plan de prototype que nous nous étions fixé initialement.

L'objectif que nous avons pour but d'atteindre en effectuant cet essai, est de tester la rigidité de nos moules et leur fonctionnement afin de s'assurer de leur fiabilité lorsqu'il faudra faire couler le béton.

Nous avons déterminé un aspect de nos moules qui pourrait potentiellement nous porter préjudice lors de la journée de coulage de béton et nous avons choisi de nous attarder sur ce dernier : Les encastremements des composantes de notre produit.

Il s'agit d'un aspect d'une importance majeure dans notre conception, notamment du fait que notre client a apporté un point d'honneur à la sécurité de nos encastremements pour l'utilisation publique.

Ce qui nous amène aux tests qu'on a effectués. L'implémentation de ces derniers a commencé le Mardi 15 Mars lors de notre séance de labo dédiée au travail sur le projet et s'est clôturée le Dimanche 20 Mars.

Pour effectuer nos tests, on s'est procuré de la pâte à modeler. Notre choix s'est retourné vers cette matière car sa consistance se rapproche de celle du béton et ne nécessite que quelques jours pour sécher. Également, nous avons utilisé le même type de gobelets utilisés dans la fabrication de nos moules.

Nous avons rassemblé toutes ces conditions afin de ressembler celles de la journée de coulage de béton.

- Tout d'abord, nous avons rempli un gobelet de pâte à modeler, dans lequel on a emboîté un plus petit gobelet.



Figure 7. Gobelet de plastique

- Ayant constaté une légère déformation du gobelet intérieur lors de son emboîtement dans la pâte à modeler, nous avons décidé de remplir ce dernier de pâte à modeler afin qu'il soit plus résistant.





- Ensuite, il serait question de créer le complément de cet encastrement. Pour faire cela, on a rempli un autre petit gobelet de pâte à modeler.



Les résultats des tests effectués sont documentés plus loin dans le document. Dans la section < Résultats >.

Test sur la solidité des matériaux

Ce test consistera en des calculs.

Contrainte de force appliqué sur les matériaux

Dans l'objectif de s'assurer que les moules sont assez résistantes pour recevoir le béton sans se briser en vue de la journée de béton le 24 mars, nous avons calculé la force appliquée sur le côté d'un mur submergé et comparé celle-ci aux contraintes de référence des matériaux choisis et des méthodes de fixations.

Ainsi, voici ci-bas nos calculs.

I POUR LE COFFRAGE DE LA JARDINIÈRE

<u>Données</u>	<u>Inconnues</u>
$\rho_{\text{béton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$	On recherche:
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	(a) $P_{ur} = ?$
$h = 20 \text{ cm} = 0,2 \text{ m}$	(pression latérale maximale sur les parois du coffrage)
(profondeur du coulage de béton)	(b) $F = ?$
	(force de poussée que subit le coffrage)

Calculs

(a) $P_{ur} = \rho g h \Rightarrow P_{ur} = 2400 \times 9,81 \times 0,2$
 $\Rightarrow P_{ur} = 4708,8 \text{ Pa}$

(b) $F = P_{ur} A$

Pour la paroi d'aire $A_1 = 400 \text{ cm}^2 = 0,04 \text{ m}^2$ *

 $F_1 = 4708,8 \times 0,04 = 188,352 \text{ N}$

Pour la paroi d'aire $A_2 = 476 \text{ cm}^2 = 0,0476 \text{ m}^2$ *

 $F_2 = 4708,8 \times 0,0476 = 224,139 \text{ N}$

(* données précises déterminées via Onshape)

Figure 8. Calcul de la pression du béton sur le coffre de la jardinière

II POUR LE COFFRAGE DES SIÈGES

<u>Données</u>	<u>Inconnues</u>
$\rho_{\text{béton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$	On recherche:
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	(a) $P_{ur} = ?$
$R = 4 \text{ cm} = 0,04 \text{ m}$	(b) $F = ?$
(profondeur du coulage de béton)	

Calculs

(a) $P_{ur} = \rho g R \Rightarrow P_{ur} = 2400 \times 9,81 \times 0,04$
 $\Rightarrow P_{ur} = 941,76 \text{ Pa}$

(b) $F = P_{ur} A$

 $A = 166,353 \text{ cm}^2 = 166,353 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

(donnée précise évaluée via Onshape)

 $Ainsi, F = 941,76 \times 166,353 \cdot 10^{-4} = 15,7 \text{ N}$

Figure 9. Calcul de la pression du béton sur le coffre des sièges

Comme le coffrage de la jardinière et du pied sont faits du même matériau, nous avons fait nos calculs en fonction du coffre qui aurait la plus grande pression exercée sur lui, soit la jardinière.

Pour le coffrage de la jardinière, commençons par rappeler que notre moule est fait de bois contreplaqué. Ainsi, comparativement aux contraintes de référence du matériau cité plus haut, notamment la pression maximale admise, nous avançons très confiantes pour la solidité de nos moules.

En effet, les différentes pressions admissibles (donc maximales) pour du bois contreplaqué se situent dans l'intervalle de 580 à 1650 lb/in² selon les différents cas. (Pour plus de détails : <https://bayanbox.ir/view/8146409085094173720/0071639179-a.pdf>).

En effectuant une conversion vers le système anglo-saxon :

$P = 4708.8 \text{ Pa} = 0.682954 \text{ lb/in}^2$. Autrement dit, la pression qu'exerce le béton coulé dans le coffrage fait de bois contreplaqué est minime et ne pourra pas briser celui-ci.

En conclusion, le coffrage est fiable et assez solide.

Pour le coffrage des sièges, les moules sont faits de coroplast. Malheureusement, nous ne détenons pas de sources fiables pouvant certifier les contraintes de référence pour ce matériau. Tout ce que nous savons est que ce matériau a une masse volumique de 0,96g/ml, soit 960 kg/m³ ([Coroplast-standard-sheets-SDS-06-07-19.pdf](#)).

Cependant, nous restons confiants quant à la solidité de ce dernier. En effet, la force que subira la matériau est évaluée à seulement 15.7 N, soit 15.7 kg m/s².

Contrainte de force appliqué sur la méthode de fixation

Notre méthode est de visser les pièces en bois.

Le bois a une gravité spécifique d'environ 0.50.

Donc, $F = 2850 \text{ SG}2D$ F est la force appliquée supportée par les vis (lb/in²)
SG est la gravité spécifique du bois utilisé
D est le diamètre de la vis (in)

Si nous avons des vis de 20M (20mm = 0,787 in)

$$F = 2850 \times 0,502 \times 0,787 = 560,73 \text{ lb/in}^2 = 3\,866\,093 \text{ Pa}$$

Par conséquent, les vis peuvent très bien supporter la force appliquée par le béton sans qu'il n'y ait de déformation.

(source: [Wood Screws - Withdrawal Force \(engineeringtoolbox.com\)](#))

Résultats

Résultats des tests sur les encastremets

À travers les manipulations effectuées, nous sommes capables d'établir certaines conclusions qu'on a tirées des résultats des tests après que la pâte à modeler ait séché.

- Le gobelet qui a pour but de créer l'emboîtement et donc le négatif dans notre conception est facilement détachable. Par conséquent, le béton ne risque pas d'y être collé.

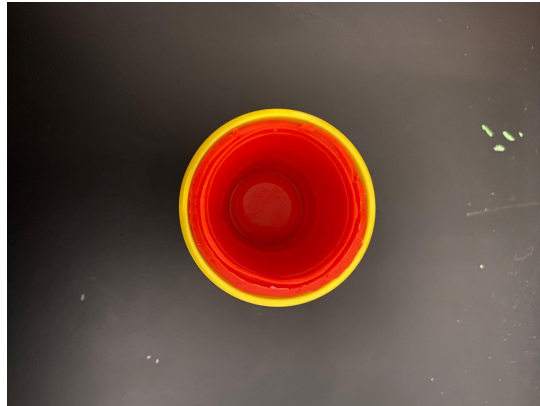


Figure 10. Résultat du test

- L'emboîtement de ces deux composantes se fait facilement, sans aucune contrainte extérieure.





Figure 11. Vérification de l'emboîtement

Il est à noter que les tests qu'on a effectué ont pour but de nous donner une visualisation claire sur ce à quoi l'on devrait s'attendre durant la journée de coulage de béton à petite échelle. Il est vrai que la consistance de la matière qu'on a utilisée se rapproche de celle du béton, mais parmi les points de différence qu'on a noté, on retrouve notamment la densité des deux matières. Le béton n'est ni trop liquide, ni trop solide. Des tests effectués et réussis avec de la pâte à modeler qui est plutôt solide témoignent de la fiabilité du fonctionnement qu'on a envisagé pour nos emboîtements. De plus, la pâte à modeler a tendance à rétrécir lorsqu'elle sèche, ce qui explique l'espace vide qu'on retrouve entre les deux parties emboîtées.

Ainsi, nous pouvons considérer que les encastresments de notre conception sont convenables et fiables.

Résultats des tests sur la solidité des matériaux

Tableau 1: Résultats des tests sur la solidité des matériaux

Matériaux	Pressions acceptables	Pression maximale appliqué
contreplaqué	580 à 1650 lb/in ²	0.682954 lb/in ²
vis	560,73 lb/ in ²	0.682954 lb/in ²
	Masse volumique	Pression appliqué
Plastique corruguée	960 kg/m ³	15.7 kg m/s ²

Donc, nos coffres sont assez résistants.

Journée du béton: confirmation de nos résultats

Cette journée a présenté quelques obstacles, mais en somme elle nous a permis de déterminer que nos coffres étaient effectivement assez résistants et bien conçus. En effet, lors du transport, les coffres des sièges ont reçu un choc qui a fait décoller les gobelets rouges. Toutefois, les gobelets furent vite recoller avec de la colle chaude et nous n'avons eu aucun problème avec ceux-ci par la suite. De plus, le plastique corrugué a parfaitement tenu la pression du béton et le joint de silicone qui y était appliqué a fonctionné parfaitement à garder le béton à l'intérieur du

coffre. Nous n'avons vécu aucun problème avec la jardinière. Son remplissage fût simple et les matériaux ne furent absolument pas perturbés. Nous avons rencontré un problème avec un des coffres des pieds. Afin de bien le remplir de béton, nous le tapions sur le sol. Cela était une mauvaise idée, car le choc à fait sortir un des clous. Le problème fut vite réglé en ajoutant une pince pour maintenir le coffre en place et le solidifier. Nous avons été plus prudents avec le deuxième coffre des pieds et aucun problème n'est survenu. Cela démontre que la défaillance ne venait pas d'un mauvais choix de matériaux ou d'une mauvaise conception, mais d'une utilisation incorrecte par manque d'expérience avec le coulage de béton.

Rétroaction des utilisateurs

Comme nous avons déjà eu beaucoup de rétroaction sur notre concept de banc de feuille, nous avons décidé de questionner les gens sur nos coffres pour avoir leur rétroaction et afin de voir si notre conception était bien selon les connaissances des personnes interrogées.

Hamza, Notre A.E.

Nous avons demandé à Hamza Jidi une courte rétroaction sur la conception de nos moules pour le prototype III. Voici ses commentaires qui ont été résumés et reformulés, car il nous l'a dicté à l'oral.

Les formes générales des moules sont bien conçus, avec beaucoup d'attention sur les détails. Les joints en particulier ont certainement reçu beaucoup d'attention ce qui va prévenir les défaillances. Les moules semblent très solides, tout est bien assemblé. C'est clair que l'espace négatif va bien se créer lorsqu'on va couler les moules. Les dimensions demandées par le client sont également respectées.

De plus, lors de la journée du béton, nous avons pu avoir quelques rétroactions de la part de notre client et du personnel du laboratoire de génie civil. Ces derniers trouvaient que nos coffres avaient l'air assez solides et que le processus devrait bien fonctionner. Notre client, quant à lui, trouvait notre coffre pour le siège particulièrement intéressant et il nous a même mentionner que c'est de cette façon que ce genre de coffre est fait en industrie.

Mise à jour

Liste des matériaux

Tableau 2: mise à jour des matériaux

Produits	Description	Liens / NDM	Coût (\$)
Plastique corrugué (Coroplast)	8 pi (L) x 4 pi (L). 4mm d'épaisseur (nous avons ce produit en main)	Coroplast-standard-sheets-SDS-06-07-19.pdf	0

Contreplaqué	5/8x4x8 Contreplaqué en épinette standard Contreplaqué en pin ACX, 1/4 po x 4 pi x 8 pi (nous avons ces produits en main)	5/8x4x8 Contreplaqué en épinette standard CP58ES RONA Contreplaqué en pin ACX, 1/4 po x 4 pi x 8 pi PINE14 RONA	0
styrofoam bleu	Panneau isolant en mousse de polystyrène. 2 po d'épaisseur. (nous avons ce produit en main)	Panneau isolant rigide SM, R10, 2" x 2' x 8' Réno-Dépôt (renodepot.com)	0
Rond	¼ x 48 po , 6,35 x 1219,2 mm	Goujon lisse en bois franc naturel, rond, sablé, 48 po L. x 1/4 po dia JMWRD0005-08 Réno-Dépôt (renodepot.com)	3,78
Vis	Vis à bois #4 x 1/2 pouce à tête plate à tête carrée - plaqué zinc - 33 pcs (nous avons ce produit en main)	Paulin Vis à bois #4 x 1/2 pouce à tête plate à tête carrée - plaqué zinc - 33pcs Home Depot Canada	0
Clous	Clous communs à tête plate Duchesne, no 18 x 3/4 po L (nous avons ce produit en main)	Clous communs à tête plate Duchesne, no 18 x 3/4 po L., acier brillant, boîte de 150 23600379 RONA	0
Tuyau PEX	Tuyau PEX - 1/2 po x 10 pi (nous avons ce produit en main)	Tuyau PEX - 1/2 po x 10 pi Patrick Morin	0
Colle	Colle Gorilla tout usage, extra forte, 59 mL	GORILLA GLUE Colle Gorilla tout usage, extra forte, 59 mL 5100201 Réno-Dépôt	6,90

		renodepot.com	
Silicone	Silicone haute température Utilisation sur le métal, le verre, le bois et le plastique Mastic silicone flexible et étanche (nous avons se produit en main)	KEL KEM Silicone haute température KK0203 Réno-Dépôt renodepot.com	0
Huile	Lubrifiant en aérosol Prolab PL-100, tout usage, élimine l'humidité, 170 g (nous n'avons pas eu besoin d'acheter ce produit, car il était fourni par le laboratoire)	Lubrifiant en aérosol Prolab PL-100, tout usage, élimine l'humidité, 170 g 598170 Réno-Dépôt renodepot.com	0
Pâte à modeler	Pâte à modeler. 3 pots de 112g.		5,14
Coût total (\$)			15,82

Spécifications cibles

Tableau 3: mise à jour des spécifications de conception technique

	Critères	Relation	Valeur Cible	Unités	Méthode de vérification
	Exigences fonctionnelles				
1	Capacité	<=	4	personnes	Analyse, Essai

2	Confort	=	oui	s.o.	Essai
3	Facilité de montage	=	oui	s.o.	Analyse, Essai
	Contraintes				
3	Volume	=	14,22	L	Analyse
4	Poids	=	31,28	kg	Analyse
5	Coût de production	=	15,82	\$	Analyse
6	Conditions d'opération: Neige, glace, pluie	=	oui	s.o.	Essai, Analyse
7	Matériel principal	=	béton	s.o.	s.o.
8	Matériel secondaire	=	0	%	Analyse
	Exigences non fonctionnelles				
9	Esthétique	=	oui	s.o.	Observation
10	Originalité	=	oui	s.o.	Observation

Conception détaillée

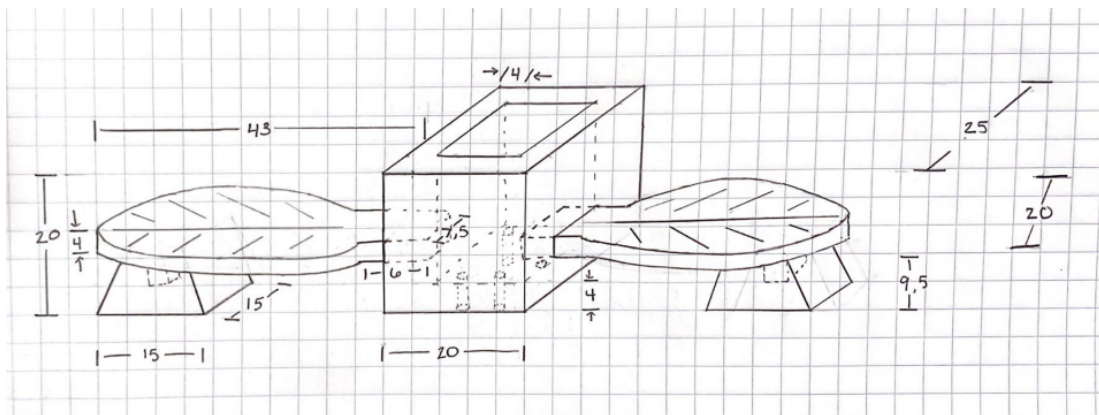


Figure 12. Banc de feuilles

<https://www.wrike.com/frontend/ganttchart/index.html?snapshotId=SFHyJMqraqILbh3tzvdcBaxO6GFbeE6W%7CIE2DSNZVHA2DELSTGIYA>