

GNG 1503 - C01

Livrable F

Prototype I et rétroaction du client



uOttawa

Équipe FC11

Justin Brown

Marwa Abdessami

Zeyad Amghar

Pascal Flynn

Sean Essimengane Mboulou

Hervé Rubayiza

Remis à M. Lionel Dylan Sidlawende Tapsoba

Le 6 mars 2022
Université d'Ottawa

Sommaire

Lors du dernier livrable, le plan de prototypage a été établi et les coûts des composantes, estimées. Ainsi, le modèle de conception à adopter pour répondre aux besoins de la cliente a été défini suivant sa rétroaction initiale (lors de la phase d'idéation). Le plan d'essai de prototypage a été élaboré, permettant d'effectuer plusieurs essais sur le premier prototype imprimé en 3D. Lors de ce livrable présent, l'équipe a documenté les résultats des essais afin de les utiliser pour améliorer de progressivement les prototypes, dans le but d'avoir la meilleure solution finale possible. Des rétroactions d'utilisateurs potentiels ont aussi été recueillies pour soulever des modifications potentielles à effectuer au produit. Grâce à ces rétroactions et les résultats des essais sur le premier prototype, le deuxième prototype ciblé a été envisagé. De plus, les spécifications cibles ainsi que la nomenclature des matériaux ont été mises à jour. Cette fois-ci, la nomenclature des matériaux est basée sur un budget de 50\$. Ce livrable a donc/ aussi permis de réfléchir à l'élaboration du deuxième prototype qui sera focalisé sur le système d'ouverture. Un plan d'essai de prototypage pour le deuxième prototype a été élaboré. Ce plan guidera la prochaine série de tests et assurera une bonne documentation des résultats.

Table des matières

Sommaire	1
1. Introduction	3
2. Rétroaction de la cliente	3
3. Prototypage et objectifs	3
4. Analyse et documentation des résultats.....	5
5. Rétroaction d'utilisateurs et de clients potentiels	7
6. Mise à jour et transfert de connaissances	8
6.1 Spécifications cibles :.....	9
6.2 Nomenclature des matériaux :.....	10
7. Plan d'essai de prototypage du 2 ^e prototype.....	11
8. Conclusion.....	13
9. Plan Wrike	13

Table de tableaux

Tableau 1 : Analyse et résultats des tests de prototypage.....	5
Tableau 2 : Mise à jour des spécifications cibles.....	9
Tableau 3 : Mise à jour de la nomenclature des matériaux.....	10
Tableau 4 : Plan d'essai du prototype 2	11

Table de figures

Figures 1 : Les deux demies formant le cache-poubelle.....	3
Figures 2 : Deux vues du cache-poubelle assemblé.....	4
Figure 3 : Porte du cache-poubelle en rotation	4

1. Introduction

Ce livrable concerne le premier prototype ainsi que la phase d'essai. D'abord, la rétroaction initiale de la cliente, lors de la phase d'idéation, a été obtenue et elle est rapportée ci-bas. Grâce à cette planification, le premier prototype a été conçu. Dans le livrable F, l'équipe rappelle d'abord les objectifs associés au premier prototype. Ensuite, elle documente les résultats obtenus lors des tests effectués sur le prototype. En outre, des rétroactions de clients potentiels ont aussi été fournies afin d'améliorer la conception des 2^e et 3^e prototypes. Enfin, l'équipe élabore le plan d'essai pour la testage du 2^e prototype.

2. Rétroaction de la cliente

Lors du 14 février dernier, l'équipe a eu la chance de rencontrer la cliente à nouveau pour lui présenter trois concepts fonctionnels avec une estimation des dimensions, élaborées dans le livrable D. La coordinatrice du service de recyclage fut en mesure de donner des commentaires constructifs basés sur les trois concepts présentés et de faire des suggestions utiles qui pourraient être apportées à l'avenir. Tout d'abord, elle a bien aimé l'idée du dôme pour le toit en raison du fait qu'il empêche l'accumulation de neige, mais elle a également proposé d'intégrer une base en forme de prisme qui occupe moins d'espace. De plus, la cliente a mentionné qu'elle aimait bien l'idée d'une porte coulissante. Grâce à ces commentaires et suggestions, l'équipe a été en mesure de considérer les ajustements nécessaires afin d'incorporer ces propositions dans la conception finale, dans la mesure du possible. En effet, la porte coulissante s'intégrait mal au reste du concept, donc il a fallu laisser tomber cette idée. Cependant, la combinaison du prisme au dôme a bel et bien été conservée, comme il peut être observé dans le prototype I ci-bas.

3. Prototypage et objectifs



FIGURES 1 : LES DEUX DEMIES FORMANT LE CACHE-POUBELLE



FIGURES 2 : DEUX VUES DU CACHE-POUBELLE ASSEMBLÉ



FIGURE 3 : PORTE DU CACHE-POUBELLE EN ROTATION

Ce premier prototype est physique et partiellement compréhensif. C'est un prisme surmonté d'un dôme, le tout étant imprimé en 3D. Aussi, l'échelle du prototype est de 1 : 10. Il ne vise pas à être complet, mais sert à valider les aspects les plus critiques du concept choisi. Par conséquent, la fidélité est moyenne. Comme le prototype est préliminaire, les tests associés au prototype 1 sont basiques pour l'instant, mais on prévoit rentrer dans plus de détails lors du prototypage 2. Trois aspects sont étudiés lors des essais afin de démontrer la validité des concepts choisis : l'impression de la structure est effectuée pour étudier la structure du cache-poubelle; le mécanisme d'ouverture est aussi ciblé avec un mécanisme de rotation primitif assemblé avec une tige métallique; le dôme imprimé permet aussi l'étude de l'accumulation de la neige.

- Objectifs et tests liés à l'étude de la structure :
 - Essai de l'intégrité structurale du cache-poubelle
 - Essai de la faisabilité de l'impression 3D
 - Essai de la tolérance au froid

- Objectifs et tests liés à l'étude du mécanisme de rotation :
 - Essai de la fluidité de rotation
 - Essai de l'intégrité du système de charnière
- Objectifs et tests liés à l'étude de l'accumulation de neige :
 - Essai de l'épaisseur de la neige accumulée
 - Essai de la résistance au poids de la neige

4. Analyse et documentation des résultats

*** Pour la description du prototype utilisé (pour tous les tests), svp se référer à la section précédente.

TABLEAU 1 : ANALYSE ET RÉSULTATS DES TESTS DE PROTOTYPAGE

N°	Objectif du test (Pourquoi) et les responsables	Méthode de test de base (Quoi)	Description des Résultats	Durée et date du test (Quand)	Comment des résultats seront utilisés (Comment)
1	Essai de l'intégrité structurale du cache-poubelle (Hervé et Zeyad)	Après l'impression 3D, le prototype a été testé visuellement pour confirmer la structure de notre modèle OnShape.	La structure est résistante à la flexion et la compression, et il ne semble pas avoir de bris ou de fissure dans la structure (autre qu'au mécanisme de rotation, voir section correspondante).	Le 24 février, la durée a été de 15 min.	Il paraît que la forme du cache-poubelle est exacte et présente une résistance appropriée lorsqu'elle subit des contraintes imposées par nos mains. Ces résultats laissent donc présumer qu'un modèle à échelle plus grande devrait présenter des qualités comparables. Le 2 ^e prototype ciblé se concentrera alors sur autre chose.
2	Essai de la faisabilité de l'impression 3D (Hervé et Zeyad)	Le premier prototype a été conçu avec une imprimante 3D dans le MakerSpace à l'université.	L'obtention du premier prototype a nécessité un grand nombre d'impressions. En effet, il y avait plusieurs problèmes techniques qui entravaient à chaque fois les impressions.	Le 24 février, la durée a été de 8h.	L'imprimante 3D pourrait permettre d'imprimer des pièces de petite taille. Ce type d'impression était bon pour le prototype initial (malgré les difficultés d'impression) mais ne sera pas acceptable pour le prototype final dont les dimensions sont assez grandes.

3	Essai de la tolérance au froid (Hervé et Zeyad)	Placer le prototype dehors en hiver pour l'exposer à des températures hivernales (eg. -20°C, -15°C, etc.)	Aucune fissure ou déformation n'a été observée suivant ce test, ce qui constitue un succès.	Le 28 février, la durée a été de quelques heures.	Comme la solution finale devra rester dehors en permanence, il est nécessaire que la structure résiste aux températures extrême. Ces résultats préliminaires avec du plastique PLA sont prometteurs, mais il faudrait tester le HDPE que l'on planifierait utiliser, ainsi que faire des tests plus long terme (eg. 1 mois).
4	Essai de la fluidité de rotation (Sean et Justin)	La porte (mauve) du prototype pivote autour d'une tige de métal, donc une rotation est induite pour vérifier si une résistance est ressentie. Le « jeux » entre la tige et le trou accommodant la tige est aussi mesuré.	Aucune difficulté n'est observée lors de la rotation de la porte. En effet, il y a un espace d'un peu moins de 1 mm chaque côté de la tige.	Le 28 février, la durée a été de 10 min.	Selon nos estimations avec le logiciel OnShape (volume et masse volumique), la masse de la porte est d'environ 100 kg. Même si elle est largement supportée par des roues et le mécanisme de rotation, il est primordial que l'espacement entre la tige et le trou soit idéal pour faciliter la rotation et l'utilisation. 1 mm de chaque côté de la tige (pour la solution finale) semble approprié.
5	Essai de l'intégrité du boîtier mobile mauve (Sean et Justin)	Une inspection visuelle lors de la manipulation de la porte permet de voir si des déformations ou autres difficultés sont observées.	La section mauve en bas présente des déformations de quelques mm lors d'une rotation vigoureuse. Aussi, l'impression 3D semble donner une structure d'intégrité médiocre à cet endroit. 	Le 28 février, la durée a été de 5 min.	Comme mentionné au test 4, le mécanisme de rotation est critique au bon fonctionnement du cache-poubelle. Il semble y avoir quelques difficultés avec le boîtier partiellement ouvert, donc c'est pour cela que les prototypes 2 (ciblés) auront pour but de comparer entre autres un boîtier fermé et ouvert pour que la solution finale utilise le meilleur des deux.

6	Essai de l'épaisseur de la neige accumulée (Marwa et Pascal)	De la neige a été verser sur le prototype afin de simuler une tempête pendant une longue période. L'épaisseur de neige restante est ensuite mesurée.	Il y a accumulation d'environ un pouce de neige sur la surface du prototype. Même à ça, on remarque que lors de l'ouverture de la porte, la neige reste sur le toit et ne tombe pas à l'intérieur. Aussi, la neige entre en contact avec la tige et le boîtier partiellement ouvert.	Le 28 février, la durée a été de 10 min.	La forme et le matériel semblent limiter une accumulation excessive. Comme le prototype est 1 : 10, ce résultat nous aide à estimer la couche de neige qui sera sur la structure taille réelle, soit environ 10 pouces, peut-être 11 ou 12. Comme la neige entre en contact avec le mécanisme d'ouverture, le 2 ^e prototype tentera un boîtier fermé.
7	Essai de la résistance au poids de la neige (Marwa et Pascal)	Suivant le test d'épaisseur de neige, on a observé si le poids avait un effet observable sur la structure du prototype.	Le poids de la neige au-dessus du prototype ne semble pas affecter l'intégrité structurale du dôme (ie. aucune déformation visible ou fissure).	Le 28 février la durée a été de 10min.	Les résultats semblent indiquer que la structure et le matériel sont appropriés pour supporter le poids. Toutefois, il se peut que le mécanisme d'ouverture de la porte soit affecté à taille RÉELLE, car il y aura le poids de la porte (assez lourde) plus celui de la neige.

5. Rétroaction d'utilisateurs et de clients potentiels

Laurent David (Étudiant en génie mécanique de 1^{re} année à l'université d'Ottawa) :

- Il soulève que le trou associé à la ventilation est assez large et nuit dans une certaine mesure au facteur esthétique de la solution globale. Il propose d'utiliser quelques fentes fines distribuées autour du corps du cache-poubelle. Cela est une bonne solution, car elle améliorerait assurément l'attrait visuel de la solution, tout en diminuant le risque d'infiltration d'animaux.
- L'autre soucis de l'étudiant était au niveau du mécanisme de rotation : il se demande pendant combien de temps la rotation sera fluide, étant donné le mécanisme et les matériaux choisis. Aussi, en regardant la photo de droite des figures 2, on note qu'une grande partie du poids de la porte reposera sur l'anneau mauve du bas recevant la tige métallique. En outre, une dégradation éventuelle du plastique des anneaux pourrait

introduire un certain jeu entre la tige et les anneaux, ce qui pourrait entraîner un certain accotement de la porte sur la tige, augmentant la friction lors de la rotation. Comme la porte n'a pas un poids négligeable (environ 110 kg), une difficulté dans la rotation pourrait donc avoir un impact notable.

Élyse D'Aoust (étudiante en physique de 1^{re} année à l'université d'Ottawa) :

- “Je trouve que le produit prend un peu trop de place, surtout avec le grand toit rond (dont la forme n'est pas idéale pour optimiser l'espace occupé). En effet, il faudrait un grand espace vide afin d'installer ce produit, et encore plus grand pour permettre d'ouvrir la porte aisément, car celle-ci est aussi très grande. Donc, il pourrait être une bonne idée de modifier le style de la porte, par exemple en réduisant sa taille ou en remplaçant celle-ci par une porte que l'on peut tout simplement glisser pour ouvrir.” Une optimisation a déjà été effectuée, mais il pourrait être une bonne idée voir si l'on peut minimiser davantage.
- “Je pense qu'il serait une bonne idée d'ajouter une serrure (ou une autre manière de garder la porte fermée) au produit, premièrement pour empêcher que des animaux entrent dans ce dernier, et aussi pour empêcher la porte de s'ouvrir avec le vent par exemple.” Cela est déjà prévu, car ça rentre dans les besoins de la cliente.
- “Il pourrait être intéressant d'ajouter une plus petite porte sur le dessus/toit du produit, afin de facilement pouvoir ajouter des déchets dans la poubelle sans devoir complètement ouvrir la porte.” Possible, mais peut nécessaire, car la porte ne devrait pas être excessivement difficile à ouvrir.
- “Il serait peut-être une bonne idée d'ajouter un rebord à l'extrémité de la partie verte du prototype (donc qui irait un peu par-dessus la porte lorsque celle-ci est fermée), car sinon il serait facile pour l'eau d'entrer par la craque entre la structure et la porte lorsqu'il pleut, ou pour une couche de glace de se former dans la craque (ce qui rendrait difficile d'ouvrir la porte, et pourrait endommager le produit).” Bonne idée, une idée similaire avait été proposé par un des membre de l'équipe, mais plutôt au niveau du sol.

6. Mise à jour et transfert de connaissances

Notre conception finale devra représenter 30% à 50% de la taille du produit réel. La plupart des spécifications cibles rédigées lors du livrable C répondent à nos exigences comme il le faut.

- Le camouflage de la poubelle est bien réussi.
- Le temps d'assemblage devrait prendre en moyenne 30 à 40 min. En effet, le toit ne sera pas directement intégré aux plaques de la base, il faudra penser à différentes sortes d'attaches. Les attaches vont déterminer le temps d'assemblage ainsi que le temps de

démontage. Nous pensons utiliser un système d'imbrication qui devrait être plus rapide qu'un système de charnières. Il est aussi possible d'utiliser des boulons.

- Là, nous possédons les dimensions exactes du cache poubelle commercial.
- Le temps d'accès aux poubelles devrait être le même puisque le concept de la porte rotative fonctionne bien d'après nos essais sur le premier prototype. Nous allons garder le même système de porte rotative.
- La fréquence d'entretien devrait rester pareil puisque les matériaux à utiliser n'ont pas vraiment changé. Néanmoins, le type d'attache entre le toit et les plaques de la base pourrait changer cette fréquence.
- Le système d'ouverture adopté est sûr, en effet il ne met pas les utilisateurs en danger contrairement à des portes qui se rabattent à partir du haut.
- Le style adopté est très original puisque nous n'avons pas vu un modèle pareil sur le marché. La cliente a apprécié la forme du toit.
- La durée de vie ne devrait pas changer puisque les matériaux que nous allons utiliser sont durables. En outre, l'estimation ci-dessus a été faite selon le type du matériel et la fréquence d'utilisation.
- Notre système de verrouillage sera sous forme d'un cadenas. C'est le moyen de verrouillage le plus simple. Il est tout de même possible d'intégrer un système de verrouillage avec une serrure à clé.
- Le cout du prototype final est 50\$. La solution commerciale va coûter bien plus cher puisque les matériaux à utiliser seront de bien meilleure qualité, la taille du produit sera plus élevée. L'estimation du cout de la solution commerciale sera inférieure à 900\$.
- Les conditions d'opération sont déterminées en partie par les essais en extérieur, mais aussi par l'analyse. En effet, les matériaux qu'on utilise résistent tous à la gamme de températures mentionnée dans le tableau. En plus de cela, la neige s'accumule sur le haut du cache poubelle sans s'infiltrer et dès que la couche du bas commence à fondre un peu, toute la neige glisse le long de la toiture. Il est tout de même possible d'ajuster l'inclinaison de la toiture mais d'après nos observations, cela ne devrait rien changer par rapport à l'accumulation de la neige puisque le froid extrême favorise l'accroche.

6.1 Spécifications cibles :

TABLEAU 2 : MISE À JOUR DES SPÉCIFICATIONS CIBLES

	Critères de conception	Relation (= ;< ;>)	Valeur	Unités	Méthode de vérification
Exigences fonctionnelles					
1	Camoufle les poubelles	=	Oui	S.O	Essai
2	Temps d'assemblage	<	40	min	Essai
3	Temps de démontage	<	40	min	Essai
4	Temps d'accès aux poubelles	<	1	min	Essai

5	Fixation au sol	=	Non	S.O	Analyse
Exigences non fonctionnelles					
1	Style neutre (Esthétique)	=	Oui	S.O	Essai
2	Durée de vie	>	15	Années	Analyse, Essai
3	Matériaux durables et recyclables	=	Oui	S.O	Essai
4	Fréquence d'entretien (périodicité)	<	2	Entretien/An	Essai
5	Sureté	=	Oui	S.O	Essai
6	Système de verrouillage	=	Oui	S.O	Essai
Contraintes					
1	Dimensions (L×l×h)	=	8×8.4×7.75	pi	Analyse
2	Coût	<	900 (50 pour le prototype final)	\$	Estimation, vérification finale
3	Conditions d'opération: température	=	-40 à 35	°C	Essai
4	Conditions d'opération: neige, glace et neige fondante	=	Oui	S.O	Essai

6.2 Nomenclature des matériaux :

TABLEAU 3 : MISE À JOUR DE LA NOMENCLATURE DES MATÉRIAUX

Nom de l'item	Utilisé pour le prototype	Description	Unité de mesure	Quantité	Coût unitaire (\$)	Coût étendu (\$)	Lien
Acier (cylindre)	1, 2, 3	3/4 diamètre	Pouce	21	0.05	5.92	https://makerstore.ca/shop/ols/products/round-bar-steel-per-inch/v/BF012-D3-4
Vis	3	M2 x 4mm	Millimètre	10	0.1	1	https://edu-makerlab2021.odoo.com/fr_CA/shop/product/vis-a-tete-hexagonale-metrique-70#attr=373,369
Serrure	3	Pour verrouiller la porte du cache poubelle	Unité	1	11	11	https://www.cddiscount.com/bri-colage/r-serrure+poubelle.html#_his

Roues	3	5 x 5 x 3.5	Pouce	2	9	18	https://www.usdglobal.com/boutique/pièces/roues/roue-5-plastique/details
Épingle à cheveux	2,3	Servira comme goupille	Unité	1	0	0	Chez moi (Justin)
Petit cadenas en métal	2,3	Pour sécuriser la goupille	Unité	1	0	0	Chez moi (Zeyad)
Colle	1,2,3	Fixer la tige	Unité	1	0	0	Chez moi (Justin)
Bois	2,3	Construire la structure	N/A	N/A	0	0	Chez moi (Justin)
Farine	3	Papier maché	N/A	N/A	0	0	Chez moi (Justin)
Coût total du produit (sans taxes) en \$						35.92	
Coût total du produit (avec taxes) en \$						40.59	

7. Plan d'essai de prototypage du 2^e prototype

Comme souligné dans les conclusions du testage et les rétroactions, il est clair que le mécanisme d'ouverture est celui qui mérite l'attention du 2^e prototype. En fait, comme plusieurs tests différents seront effectués, l'équipe envisage de produire 4 petits prototypes ciblés, soit un pour chacun des tests énumérés ci-dessous.

TABLEAU 4 4: PLAN D'ESSAI DU PROTOTYPE 2

N°	Objectif du Test	Description du Prototype Utilisé et de la Méthode de Test de Base	Description des Résultats à Documenter et Comment ces Résultats seront Utilisés	Durée Estimée du Test et Date Prévue du Début du Test
1	Tester la réaction de la structure auxquelles sont fixées les roulettes. Ce test est cible.	Assemblage des roues à la partie mobile du prototype. Des poids seront progressivement ajoutés. On mesurera les	Des mesures de déformation devraient être associées aux poids ajoutés. Ce test va permettre de savoir si la possibilité de mettre des roues	30 min-1h Le lundi 7 mars

		déformations du plastique s'il y a lieu.	pour stabiliser et effectuer la rotation sont crédibles	
2	Tester le comportement des roues chargées. (surfaces différentes, neige, etc).	Des poids seront ajoutés sur la partie du auxquelles sont fixées les roues. La rotation sera entreprise sur différentes surfaces.	Ceci nous permettra de déterminer la réaction des roues chargées ainsi que leur fluidité sur différentes surfaces.	30 min-1h Le lundi 7 mars
3	Tester un boîtier fermé qui cache la tige en entier dans la partie mauve. Ce test est cible, mais aussi comparatif.	<p>Cette section sera reconstruite en HDPE et une tige horizontale permettra d'ajouter du poids pour générer un moment autour d'un axe horizontal :</p>  <p>Plusieurs différentes forces introduiront un moment afin de voir s'il y a déformation. Un dynamomètre sera utilisé.</p>	<p>Nous devrions avoir des mesures de déformations selon la force introduite. Nous serons capables de déterminer si le boîtier fermé est suffisant pour soutenir le système.</p>	30 min-1h Le lundi 7 mars
4	Tester un boîtier partiellement ouvert afin de comparer avec le boîtier entièrement fermé. Ce test est cible, mais aussi comparatif.	<p>Cette section sera reconstruite en HDPE et une tige horizontale permettra d'ajouter du poids pour générer un moment autour d'un axe horizontal :</p>  <p>Plusieurs différentes forces introduiront un moment afin de voir s'il y a déformation. Un dynamomètre sera utilisé.</p>	<p>Ce test nous permettra de comparer les résultats avec le 3e test afin de déterminer quelle enveloppe de tige est plus judicieuse.</p>	30 min-1h Le lundi 7 mars

8. Conclusion

Dans le cadre de ce livrable F, l'équipe FC11 avait la tâche de concevoir son premier prototype et de planifier le suivant. À cet effet, la rétroaction du client a préalablement été relevée avant de passer à l'étape de prototypage pour le prototype 1 dont les résultats ont été analysés. Cet effort a permis de mettre à jour les spécifications cibles et la nomenclature des matériaux du groupe avant de pouvoir envisager de concevoir le plan d'essai pour le prototype 2. Ce livrable est donc critique, car il permet d'en apprendre sur le prototype grâce aux résultats, pouvant ainsi permettre d'améliorer les prochains prototypes. Tous ces préalables étant réunis, l'équipe FC11 peut entamer le travail relatif au livrable G et au prototype 2.

9. Plan Wrike

Lien :

<https://www.wrike.com/frontend/ganttchart/index.html?snapshotId=uaQXsjyN0zBmzJ8lpez3TGaPZVWnpq8X%7CIE2DSNZVHA2DELSTGIYA>



