

GNG 1503
Livrable pour le projet

Livrable G

Participants :

SAAD SBAI
HIBA OUMENNANA
LISSETTE KASONGO KAYUMBA
ADAM SAVADOGO CANIGUERAL
CLORYEL BRITTANY MOUSSAVOU DYNE

Vendredi 4 mars 2022

Université d'Ottawa

Table des matières

1.	<i>Retour client</i>	5
2.	<i>Prototypes</i>	5
2.1.	<i>Prototype 6 : QW-001</i>	5
2.2.	<i>Prototype 7 : RW-001</i>	6
2.3.	<i>Phase d'essais</i>	9
2.3.1.	<i>Rapport d'expérience : PW-004A (Suite)</i>	9
2.3.2.	<i>Rapport d'expérience : PX-001A</i>	10
2.3.3.	<i>Rapport d'expérience : RW-001A</i>	12
3.	<i>Rétroactions des premiers prototypes</i>	13
4.	<i>Réévaluation de l'approche</i>	14
5.	<i>Conclusions</i>	16

1. Retour client

Lors de notre rencontre client no. 3, nous avons décidé de mettre en avant les différents prototypes en notre disposition que nous avons jugé utile de présenter aux représentants de Northex Inc. Nous avons présenté dès lors les restes du moule issus de l'expérience PW-004A, les parties en bétons issues également de cette expérience, ainsi que notre moule le plus à jour à ce moment, PX-001.

Le client a grandement apprécié la présentation de pièces concrètes, modélisant notre conception, et affirmant notre investissement dans le projet. Également, il a mentionné les défauts structurels du prototype employé lors de l'expérience PW-004A, tout en définissant les éléments possiblement problématiques lors du moulage du prototype final. En effet, l'utilisation de granulats de taille inférieure ou égale à 20 mm représente un accro potentiel qui pourrait mettre à mal les détails que comporte notre concept (coupole, rectangle incrusté, etc...). De plus, M. Pothier ainsi que son collègue nous ont fait part de leur regret quant à la possible disparition de la coupole supérieure lors de l'assemblage de ponceau ou du mobilier.

Pour donner suite à ces rétroactions, nous avons révisé notre conception du pilier chose qu'il est possible de constater au niveau du prototype RW-001. Aussi, les résultats des tests réalisés avant, ainsi qu'après le livrable F nous ont permis de revoir notre conception du moule de manière fondamentale.

2. Prototypes

2.1. Prototype 6 : QW-001

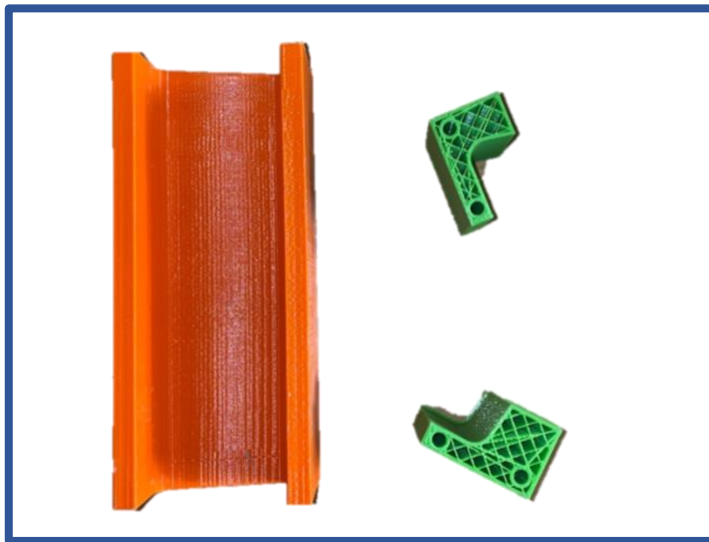
Ce présent prototype a été construit à partir du dessin révisé de notre conception du pilier. Il arbore la forme d'un parallélogramme dont les côtés sont inclinés d'un angle de 80° et 100°. Ce prototype a été partiellement construit mais abandonné par la suite dû à une erreur de conception. (Voir la fiche d'informations).

- **Fiche d'informations :**

N° de prototype	QW-001
Type de concept	B
Date d'impression	10 mars 2022
Lieu d'impression	Makerspace, STIM, 150 Louis Pasteur
Statut	Impression échouée, conception abandonnée
Raison de l'abandon	À la suite de notre expérience PX-001A, nous avons découvert l'une des propriétés très importantes du

béton, qui s'avère être sa faiblesse face aux tensions. Ainsi, un démoulage impliquant un glissement des parties du moule avait forcé notre essai à l'échec. Après révision, nous nous sommes rendu compte que le prototype QW-001 comportait également des parties horizontales mettant en danger les opérations de démoulage.

- **Documentation**



Prototype QW-001

2.2. Prototype 7 : RW-001

Ce prototype a été obtenu à partir du dessin révisé de notre conception du pilier. Il arbore une forme, réduisant drastiquement les efforts de tension sur les parois du moulage. Ce prototype a été construit et fait désormais l'objet de l'expérience RW-001A (Voir la fiche d'informations et le rapport d'expérience RW-001A).

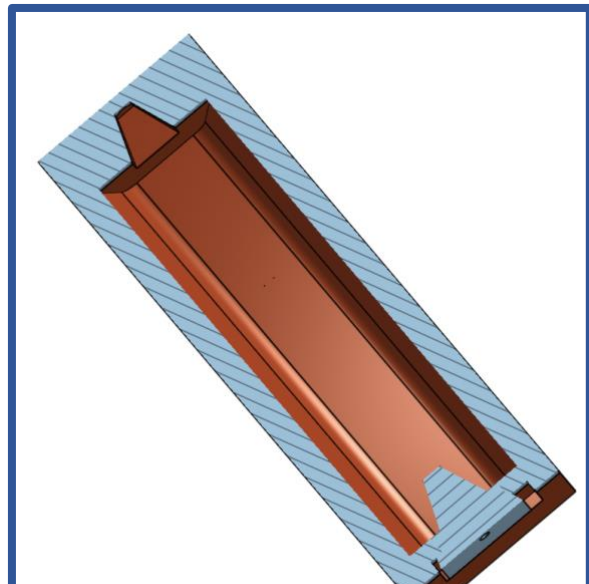
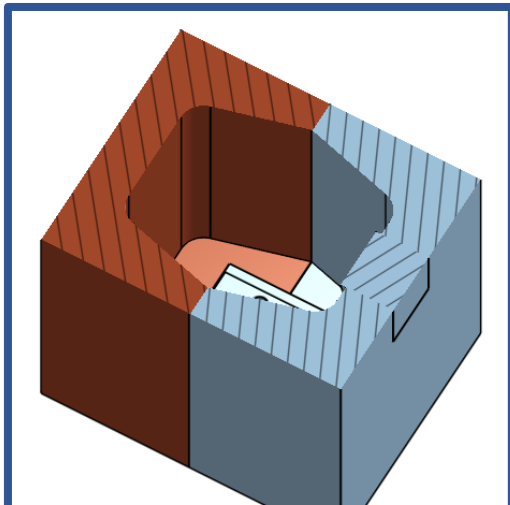
- **Fiche d'informations :**

N° de prototype	RW-001
Type de concept	C
Date d'impression	11 mars 2022
Lieu d'impression	Makerspace, STIM, 150 Louis Pasteur
Statut	Actif, en phase d'essais
Essais programmés	<ul style="list-style-type: none"> • Moulage et démoulage (en cours) • Essai de compatibilité des piliers (programmé)

- Documentation :



Prototype RW-001



Prototype RW-001 : Vue CAO

2.3. Phase d'essais

Tout au long de notre prototypage, les essais ont représenté une étape clé de notre processus, nous permettant de développer des correctifs pour les versions de prototypes suivantes. Vous trouverez ci-après les rapports d'expériences relatifs à tous les essais effectués.

2.3.1. Rapport d'expérience : PW-004A (Suite)

Numéro de prototype	PW-004
Matière de prototype	PLA
Méthode de fabrication	Impression 3D
Type d'expérience	Moulage de pièce
Coût de l'expérience	0\$
Résultat d'expérience	Échec - #

Détails de l'expérience :

L'expérience avait pour but de mouler la pièce centrale du projet (pilier compilable) à l'aide d'un moule préfabriqué au moyen d'une imprimante 3D. La matière utilisée pour remplir le moule est du ciment.

Le mélange de béton fut réalisé en quantité suffisante pour le moulage. Il a été toutefois remarqué que les différentes pièces du moule une fois assemblées laissaient paraître quelques entrouvertures. L'exécutant d'expérience a alors appliqué une pression sur l'assemblage afin de le recouvrir de ruban adhésif. Quelques instants plus tard, d'importantes fractures furent observées à la surface du fuselage de l'assemblage. Bien que ce dernier soit encore en mesure de supporter la pression, l'exécutant décida de mettre fin à l'expérience pour procéder à des vérifications. Malheureusement, la RPU ne comptait pas assez de pièce de rechange pour recommencer l'essai. Il a été toutefois décidé de continuer l'expérience avec les deux pièces latérales non-endommagées. Les résultats de cet essai sont attendus lundi matin après écoulement de la période de durcissement du béton.

Lors du démoulage des parties auxiliaires du moule, l'une des pièces a pu être extraite sans qu'elle ne puisse pour autant rester en un seul morceau. La seconde partie du moule n'a, quant à elle, pas pu être démoulée.

L'assemblage est désormais partiellement hors d'usage, une seule pièce subsiste. Elle est stockée dans la RPU.

2.3.2. Rapport d'expérience : PX-001A

Numéro de prototype	PX-001
Matière de prototype	PLA
Méthode de fabrication	Impression 3D
Type d'expérience	Moulage de pièce
Coût de l'expérience	0\$
Résultat d'expérience	Échec - #

Détails de l'expérience :

L'expérience avait pour but de mouler la pièce centrale du projet (pilier compilable) à l'aide d'un moule préfabriqué au moyen d'une imprimante 3D. La matière utilisée pour remplir le moule est du ciment.

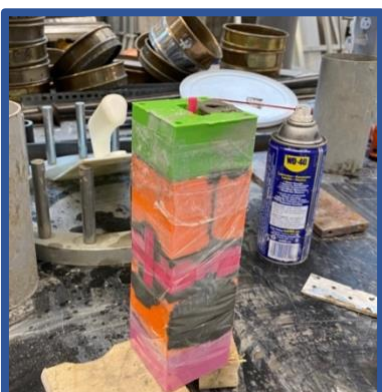
Le mélange de béton fut réalisé en quantité suffisante pour le moulage. Il a été toutefois remarqué que les différentes pièces du moule une fois assemblées laissaient paraître quelques entrouvertures. L'exécutant d'expérience a alors appliqué plusieurs couches de ruban adhésif afin de remédier à ce problème. Le coulage de béton a pu se poursuivre sans autre problèmes majeurs.

Lors du démoulage, et à cause de la conception du moule obligeant l'application d'une tension latérale sur les parois du moulage, la pièce centrale a cédé au niveau des 4 tronçons où cette dernière fut appliquée.

Aussi, le négatif placé au centre de la pièce s'est brisé en plusieurs fragments au niveau des 4 tronçons cette fois encore.

L'assemblage est désormais entièrement hors d'usage. Le moulage n'est par conséquent pas exploitable non plus.

- Documentation :



Prototype PX-001 : Au début de l'expérience



Prototype PX-001 : À la fin de l'expérience

Conclusions :

- La surface de contact du moule avec le moulage est très importante, et doit se faire avec le moins de friction possible.
- La conception actuelle du moule ne permet un bon coulage de béton sans fuite ou déversement.
- La conception actuelle du pilier ne semble pas adéquate avec le matériau utilisé (béton).

2.3.3. Rapport d'expérience : RW-001A

Numéro de prototype	RW-001
Matière de prototype	PLA
Méthode de fabrication	Impression 3D
Type d'expérience	Moulage de pièce
Coût de l'expérience	0\$
Résultat d'expérience	En cours

Détails de l'expérience :

L'expérience a pour but de mouler la pièce centrale du projet (pilier compilable) à l'aide d'un moule préfabriqué au moyen d'une imprimante 3D. La matière utilisée pour remplir le moule est du ciment.

Le mélange de béton fut réalisé en quantité suffisante pour le moulage. Il a été remarqué cette fois une nette amélioration du moule. En effet, une fois assemblées, les pièces ne laissaient paraître aucune entrouverture. Le nombre de pièces a également été optimisé pour ne comporter que 3 parties.

Le coulage s'est déroulé dans les meilleures conditions, et cette fois avec des granulats de grande taille afin de vérifier la compatibilité de notre concept avec la composition du ciment.

Le moulage est désormais en cours de durcissement. Les résultats de l'expérience sont attendu lundi matin.

- Documentation :



Prototype PX-001A : Au début de l'expérience

Conclusion :

- L'utilisation d'une paille comme remplacement du négatif vertical s'avère être une bonne solution.

3. Rétroactions des prototypes

Rétroaction d'un étudiant qui inscrit au cours GNG1503 :

« Vous avez bien fait de complètement changer la forme du pilier. Le moule du premier (concept- NDLR) nécessitait beaucoup de pièces, chose qui entravait le démoulage. Vous aviez bien appris de vos erreurs lors de la conception du dernier moule. Ce moule a également l'air d'être beaucoup plus tendu. Le seul problème auquel vous risquez de faire face serait le volume maximal qu'on nous a accordé. »

Rétroaction d'un ancien étudiant du cours de GNG5103 :

« Je crois que le premier moule cylindrique est meilleur, vu qu'il plus simple. La base circulaire aurait plus de poids pour tenir en équilibre je pense. »

Rétroaction d'une étudiante en année préparatoire à l'UdeM :

« Vous aviez profité de l'échec des premiers démoulages pour non seulement faire en sorte de résoudre ce premier mais en plus ajouter de nouvelles fonctionnalités, très intelligent de votre part. Ce moule est en plus de ça plus joli. J'aime bien. »

Rétroaction d'étudiants en 4^{ème} année du programme de biologie :

“ Je ne comprends pas grand-chose mais je dirais que le dernier concept a l'air de mieux tenir en équilibre. Il est clair que vous aviez fait beaucoup trop de tests pour arriver à ce résultat. Croisant les doigts pour que vous réussissiez ce dernier démoulage et que vous entamiez le moule de l'autre partie du ponceau.”

4. Réévaluation de l'approche

À la suite de cette seconde vague d'essais, nous avons décidé d'adopter une nouvelle méthode de conception des moules, gardant à l'esprit la nécessité d'un concept simple et pratique à l'utilisation. En effet, le concept précédant présentait certaines questions critiques relatives à la solidité de notre moulage, ainsi que les matériaux utilisés lors des essais.

5. Plan d'essai de prototypage

N°	Objectif du test POURQUOI ?	Description du prototype utilisé et de la méthode de test de base QUOI ?	Description des résultats à documenter et comment ces résultats seront utilisés COMMENT ?	Durée estimée du test et date prévue du début du test QUAND ?
1	Déterminer la faisabilité du processus de coulée de béton, ainsi que le démoulage.	Fabriquer un ensemble complet du moule et essayer la coulée de béton et le démoulage.	À l'aide des données d'observation, nous serons capables de modifier les matériaux employés et/ou la conception du moule.	La durée peut varier de 1 à 2 semaines afin de pouvoir essayer plusieurs itérations du processus. Le test devrait avoir lieu durant les heures d'ouverture du Makerspace, ainsi que du laboratoire de génie civil.
2	Déterminer le degré de compatibilité des piliers entre eux	Fabriquer trois ou quatre échantillons de piliers et essayer de les empiler l'un avec l'autre	En utilisant les données de l'observation effectuée, nous serons en mesure de réévaluer notre conception si nécessaire (modification des mesures)	La durée est estimée à une semaine, afin de pouvoir produire les différents échantillons. L'essai en soit ne prendrait que quelques minutes.

2	Déterminer le poids maximal que peut supporter le pilier	Fabriquer trois échantillons qui seront soumis au test de compression sur la machine d'essai de compression	A l'aide des valeurs fournies par la machine déterminer quel charge maximal le pilier peut supporter (la charge du ponceau)	La période d'essai est la même que celle du test de la résistance du ponceau
3	Déterminer le poids que peut supporter la plaque	Fabriquer trois échantillons qui seront soumis au test de compression sur la machine d'essai de compression.	Définir la charge maximale que peut supporter la plaque.	La durée est la même que les précédentes.
4	Déterminer si les lumières peuvent tenir dans les piliers	Arduino va permettre de programmer automatiquement l'allumage et l'extinction des lumières.	Vérifier si les lumières sont bien positionnées dans les piliers, indiquer la distance minimale et maximale avec laquelle les lumières seront séparées.	Vers la fin de la réalisation du prototype, on va passer au test pour se rassurer que toutes les lumières fonctionnent correctement.
5	Déterminer la résistance à l'eau	Fabriquer des prototypes en béton puis introduire dans de l'eau pour évaluer la résistance.	Les résultats auront un impact sur la révision du concept et des matériaux employés.	Une fois les échantillons produits, le test ne devrait prendre que quelques heures.
6	Déterminer si la plaque et le pilier choisis peuvent correctement s'emboîter	Fabriquer des prototypes (3D) et ensuite les emboîter.	On peut vérifier si le prototype peut s'emboîter en utilisant les échantillons en béton.	Une fois les échantillons produits, le test ne devrait prendre que quelques minutes.

6. Conclusions

Enfin, nous pouvons conclure que la phase des essais et du prototypage facilite énormément le bon choix d'approche adoptée pour la résolution d'un problème en génie. Ainsi, il nous reste à ce jour de réaliser un moulage en ciment dans le moule nouvellement conçu dans l'espérance d'être à la hauteur des attentes du client.

Le but principal de ce produit reste toujours de dévier les terres d'un centre d'enfouissement à un centre de traitement et de commercialiser ce produit facilement par la suite en étant utile à la communauté.

7. Remerciements

Nous souhaitons par la même occasion présenter nos plus profonds remerciements aux différents intervenants ayant contribué quel que soit le degré, ou l'importance de leur participation à notre projet.

Plus spécifiquement, nous remercions :

Pr Emmanuel Bouendeu
Pr Gamal Elnabelsya
Pr Muslim Majeed

M. Amadou Coulibaly
M. Sidiki Habib Talib Cisse

Nous les remercions pour le temps, les éclaircissements, les idées et les innombrables petites attentions qu'ils ont porté à notre projet.

Gestion de Projet

Tout au long du projet, nous nous sommes aidés du site Internet Wrike pour l'organisation des tâches.

[Lien vers l'instantané](#) 