

Prototype 2 et rétroaction de clients

Haldun Cavusoglu

Jakob Dubé

Jesse Allard

Juvens Tignegre

13 mars 2022

Résumé

Ceci est un rapport technique du livrable G du projet de conception. Ce rapport démontre les étapes suivies pour le développement de notre deuxième prototype selon le plan défini lors du livrable F ainsi que le plan pour le prochain prototype.

Table des matières

1. Introduction	4
2. Rétroaction sur le concept.....	4
3. Analyse.....	4
3.1. Calculs de force des moules.....	4
3.1.1. Blocs carrés	4
3.1.2. Blocs de base.....	5
3.1.3. Arc	5
3.2. Calculs moments et de cisaillements.....	6
4. Rétroaction sur le prototype.....	7
5. Mis à jour	7
5.1. Modules	7
5.2. Moules	8
5.2.1. Carré.....	9
5.2.2. Bas.....	9
5.2.3. Arc	10
6. Plan d'essai de prototypage.....	10
7. Conclusion.....	10
8. Bibliographie	11

1. Introduction

Pour se livrer le G, nous allons décrire la rétroaction reçue du client lors de la rencontre 3, développer notre deuxième prototype, en faire son analyse et déterminer le plan d'essai pour notre troisième prototype afin d'être bien préparé pour les prochaines étapes de notre projet.

2. Rétroaction sur le concept

- Il serait bon de pouvoir modifier la largeur et longueur du ponceau.
- Il serait mieux de faire moins d'encastres plus gros au lieu de huit pour faciliter le coulage du béton.
- Le moule du bloc pourrait être simplifié en lui donnant une forme carrée et avoir un moule séparé pour les encastres.

3. Analyse

3.1. Calculs de force des moules

Pour les calculs de force des moules, nous avons effectué des recherches pour déterminer le module de Young du plastique PLA dont nous allons utiliser pour imprimer nos moules. Selon notre recherche cette valeur est de 4,107 GPa.

3.1.1. Blocs carrés

Les blocs carrés seront de côté lors du coulage de béton.

Handwritten calculations on lined paper:

densité du béton: 2400 kg/m^3

Face de 20 cm

$$P_w = \rho g h = 2400(9,81)(0,07) = 1648,08 \text{ Pa}$$
$$F_m = P_w \times A = 1648,08(0,07 \times 0,2) = 23,07 \text{ N}$$

Face de 7 cm

$$F_7 = P_w \times A = 1648,08(0,07 \times 0,07) = 8,08 \text{ N}$$

Module de Young du PLA est $4,107 \text{ GPa}$

$$F = \sigma / \epsilon \Rightarrow \sigma = E \cdot \epsilon = 4,107 \times 10^9 \cdot 0,01 = 4,107 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$
$$F_7 < \sigma \cdot A = 4,107 \times 10^7 (0,07 \cdot 0,07)$$
$$8,08 \text{ N} < 28749 \text{ N}$$
$$F_{20} < 4,107 \times 10^7 (0,2 \cdot 0,07)$$
$$23,07 \text{ N} < 82140 \text{ N}$$

Puisque la force exercée sur les différents côtés du moule est plus petite que la force que peut subir le PLA d'une épaisseur de 1 cm les moules pour nos blocs carrés vont tenir.

3.1.2. Blocs de base

Les blocs de bases seront à l'envers lors du coulage de béton.

$$P_w = \rho g h = 2400(9,81)(0,05) = 1177,2 \text{ Pa}$$

$$E = \sigma / \epsilon \Rightarrow \sigma = 4,107 \times 10^9 \times 0,01 = 4,107 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Face de 20 cm	Face ronde
$F_{10} = P_w \times A = 1177,2 (0,011 \text{ m}^2)$	$F_r = P_w \times A = 1177,2 (0,007 \text{ m}^2)$
= 12,95 N	= 8,24 N

$F_{10} < 4,107 \times 10^7 (0,2 \times 0,01)$ <u>12,95 N < 82140</u>	$F_r < 4,107 \times (0,11 \times 0,01)$ <u>8,24 N < 44187 N</u>
---	---

Puisque la force exercée sur les différents côtés du moule est plus petite que la force que peut subir le PLA d'une épaisseur de 1 cm les moules pour nos blocs de bases vont tenir.

3.1.3. Arc

Les arcs seront de côté lors du coulage de béton.

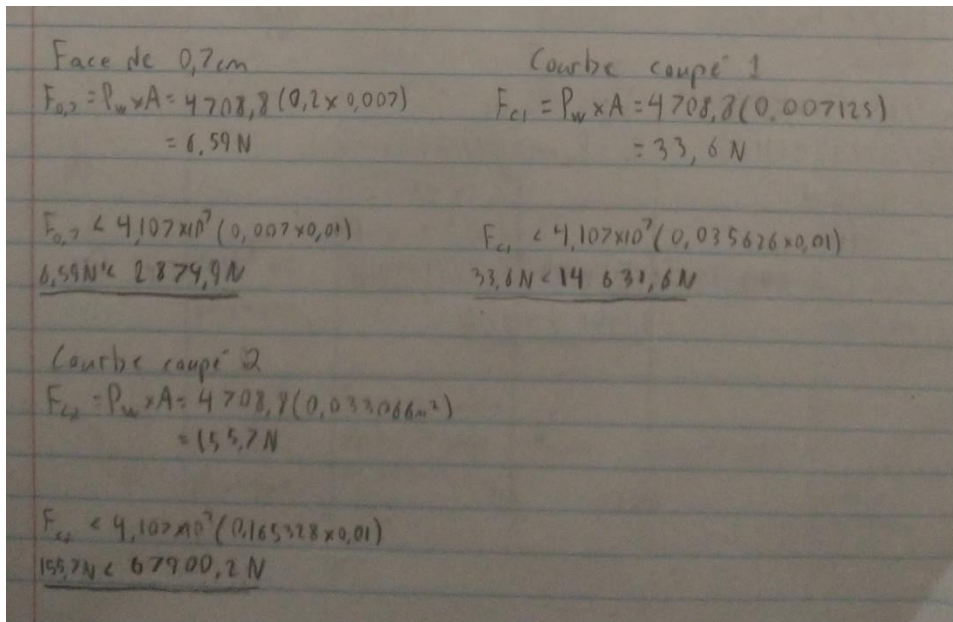
$$P_w = \rho g h = 2400(9,81)(0,2) = 4708,8 \text{ Pa}$$

Courbe complète	Face de 4 cm
$F_{cp} = P_w \times A = 4708,8 (0,060399 \text{ m}^2)$	$F_4 = P_w \times A = 4708,8 (0,2 \times 0,07)$
= 284,4 N	= 32,97 N

$F_{cp} < 4,107 \times 10^7 (0,301996 \times 0,01)$ <u>284,4 N < 124029,8 N</u>	$F_4 < 4,107 \times 10^7 (0,04 \times 0,01)$ <u>32,97 N < 16428 N</u>
---	---

Face de 10 cm	Face de 2,1 cm
$F_{10} = P_w \times A = 4708,8 (0,2 \times 0,1)$	$F_{2,1} = P_w \times A = 4708,8 (0,2 \times 0,021)$
= 94,2 N	= 19,8 N

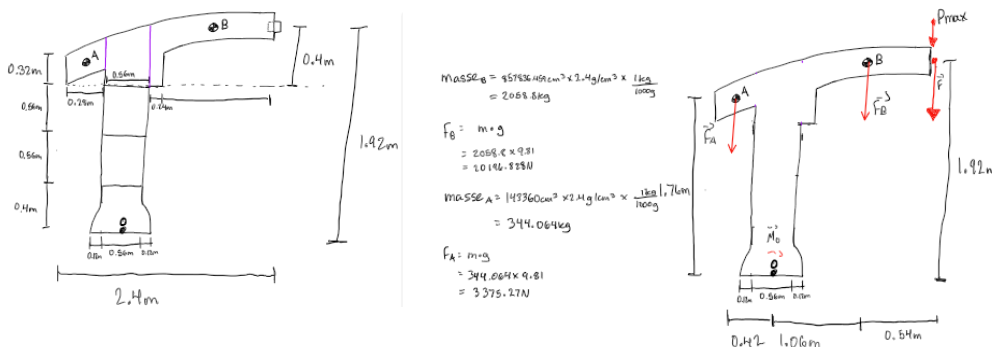
$F_{10} < 4,107 \times 10^7 (0,1 \times 0,01)$ <u>94,2 N < 41070 N</u>	$F_{2,1} < 4,107 \times 10^7 (0,021 \times 0,01)$ <u>19,8 N < 86247 N</u>
--	---



Puisque la force exercée sur les différents côtés du moule est plus petite que la force que peut subir le PLA d'une épaisseur de 1 cm les moules pour nos arcs vont tenir.

3.2. Calculs moments et de cisaillements

Le but est de tester quel sera le moment et quel est la force maximale qui va agir aux encastremets DE l'arc pour vérifier si pour la taille réelle, les encastremets peuvent supporter la charge du ponceau et la charge des utilisateurs. Nous allons séparer notre ponceau en deux pour les calculs car l'arc est en 2 modules et nous allons traiter la moitié du ponceau comme une structure. Pour calculer la force qui agit aux encastremets de l'arc, il faut déterminer quelle force agit de chaque côté de la patte du ponceau pour ensuite calculer le moment au bas de la patte et finalement calculer la force équivalente aux encastremets. Pour estimer les forces de chaque côté de la patte, nous avons séparé l'arc pour déterminer quelle partie créer un moment + et -. Les forces sont calculer selon la masse de chaque côté de la patte et la distance de leur centre de gravité (moitié de la distance entre les lignes mauve et les extrémités du ponceau)



$$M_0 = F_A \cdot d_A - F_B \cdot d_B$$

$$= 3375.27 \cdot 0.42 - 20196.825 \cdot 1.06 \text{ m}$$

$$= -19991 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$F = \frac{M_0}{d_F}$$

$$= \frac{19991 \text{ N}\cdot\text{m}}{1.6 \text{ m}}$$

$$= 12494.4 \text{ N} \approx 12.5 \text{ kN}$$

Selon nos estimations, la masse maximale qu'on estime que le ponceau aura besoin de soutenir est d'environ 2500kg donc nous allons calculer la contrainte maximale que les encastrement aurons à faire face et nous allons les comparer à la contrainte maximale de cisaillement du béton pour vérifier si nos encastrement sont acceptable. Selon nos recherches, la résistance au cisaillement du béton est environ 5% de la résistance à la compression qui est d'environ 20 Mpa donc la résistance au cisaillement du béton est de 1 MPa

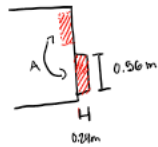
$$P_{\text{max}} = 2500 \text{ kg} \cdot 9.81$$

$$= 24525 \text{ N}$$

$$F_{\text{max}} = P_{\text{max}} + F$$

$$= 24525 + 12494.4$$

$$= 37019.4 \text{ N}$$



$$A = 2(0.56 \cdot 0.24)$$

$$= 0.2688 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\text{max}}}{A}$$

$$= \frac{37019.4 \text{ N}}{0.2688 \text{ m}^2}$$

$$= 137720.982 \text{ Pa}$$

$$= 0.138 \text{ MPa}$$

Selon nos calcul, les encastrement subissent une force de 0.138MPa qui est beaucoup plus petite que 1MPa donc nos encastrement passe le test de cisaillement.

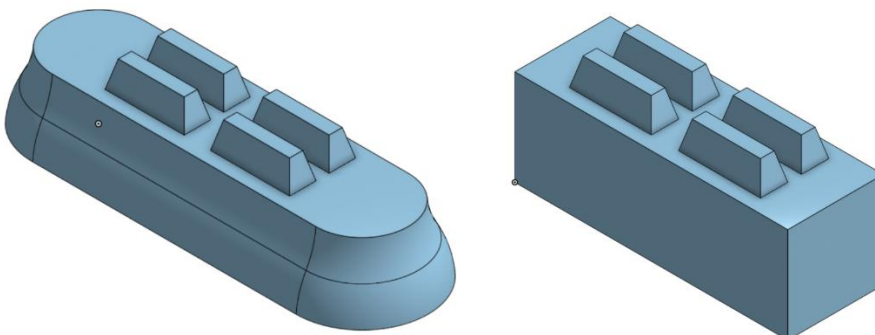
4. Rétroaction sur le prototype

- Il serait bon de pouvoir modifier la largeur du ponceau.
- Assurez-vous d'être capable de facilement enlever le béton du moule sans avoir besoin de le briser.
- La possibilité d'ajouter une section additionnelle entre les arcs est une bonne idée.

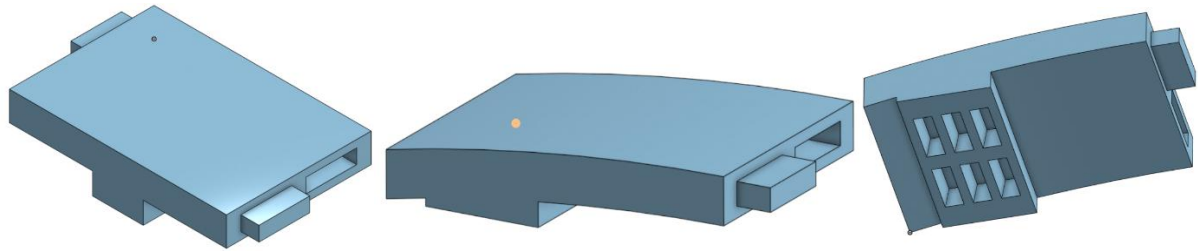
5. Mis à jour

5.1. Modules

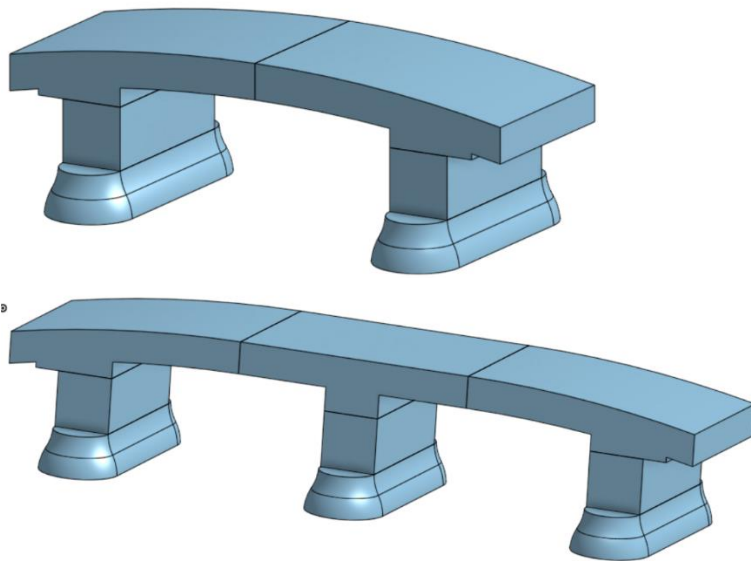
Nous avons modifié le nombre d'encastrement pour tous nos pièces de huit à quatre.



Nous avons aussi séparé notre arc en deux pièces pour qu'un module additionnel puisse être ajouté pour modifier la longueur du ponceau. Une troisième rangée d'encastrement sous l'arc a aussi été ajoutée pour que la distance entre les culées soit modifiable.



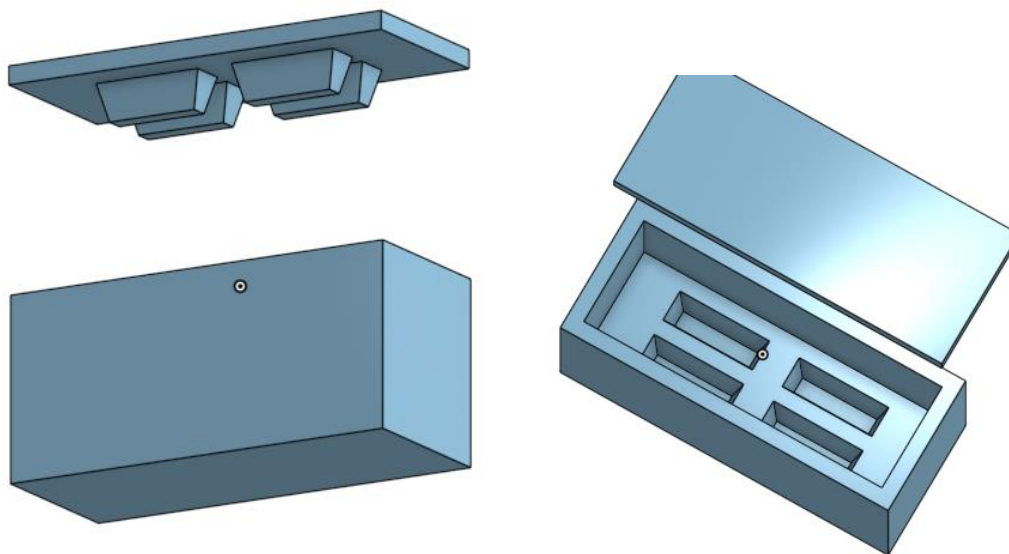
Notre produit final ressemble maintenant à ceci :



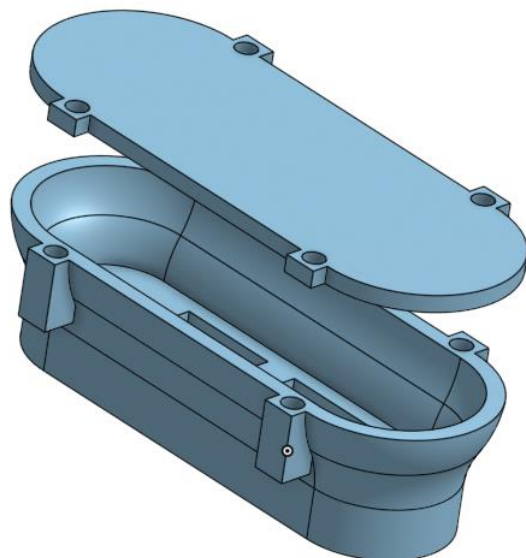
5.2. Moules

Nous avons simplifié le moule pour le bloc carré et nous avons fait la conception des moules pour l'arc et pour les blocs du bas.

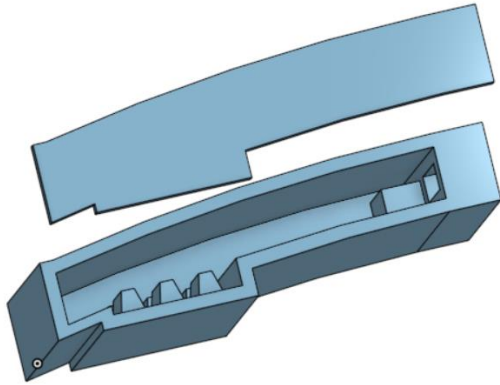
5.2.1. Carré



5.2.2. Bas



5.2.3. Arc



6. Plan d'essai de prototypage

Notre prochain essai de prototype portera sur les moules de notre ponceau. Nous pourrions après évaluer les risques et les performances de nos pattes inférieures.

Les objectifs de cet essai seraient de :

- Déterminer l'efficacité de nos moules
- Déterminer la facilité d'assemblage des moules
- Déterminer les différentes méthodes d'attache pour les différentes sections des moules
- Amener des changements sur les moules si jamais on découvre d'éventuelle défaillance ou une complexité de conception du moule

Le résultat possible serait d'obtenir des moules qui ont une épaisseur suffisante qui résiste aux charges de béton puis obtenir des moules qui puissent avoir des attaches judicieuses et enfin des moules avec un matériel qui répond à toutes nos exigences ci-dessus

Nous partons d'un prototype compréhensif et plus physique pour nos moules. Nous devons tester et représenter l'impact que les forces internes appliqueront sur les sections de moules afin qu'ils ne brisent pas.

Nous allons imprimer nos différents moules avec une imprimante 3D et nous ferons des essais de coulage de béton. Nous allons vérifier que nos moules vont pouvoir être utilisés plusieurs fois et que l'assemblage et désassemblage des moules se fait facilement et rapidement. Nous allons assembler nos différents modules de ponceau pour déterminer s'il fonctionne.

7. Conclusion

En somme, après avoir analysé les résultats de nos essais pour notre deuxième prototype ainsi qu'avoir fait le plan pour notre prochain prototype, nous avons fait des modifications aux modules et à l'arc de notre ponceau afin que les dimensions de notre ponceau soient modifiables. Nous sommes maintenant prêts à commencer notre troisième prototype pour Northex.

8. Bibliographie

- [1] V. Pinto, «Procedia Engineering,» Elsevier, 19 Aout 2015. [En ligne]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815016434>. [Accès le 12 Mars 2022].