

GNG 1503

**Manuel d'utilisation et de produit pour le projet de conception**

**Ponceau en béton recyclé**

Soumis par:

3 J sans H – FB21

Jakob Dubé, 300236043

Jesse Allard, 300262477

Juvens Tignegre, 300260176

10 avril 2022

Université d'Ottawa

# Table des matières

---

Table des matières.....	ii
Liste d'acronymes.....	v
1 Introduction.....	1
2 Aperçu.....	2
3 Pour commencer .....	4
3.1.1 Moules des blocs carrés .....	4
3.1.2 Moules des arcs.....	7
3.1.3 Moules des blocs de base.....	15
3.2 Considérations pour la configuration.....	20
3.3 Considérations pour l'accès des utilisateurs.....	20
3.4 Installation du système.....	20
3.5 Désassemblage du système .....	22
4 Utiliser le système.....	22
4.1 Blocs carrés .....	22
4.2 Modification en longueur.....	23
4.2.1 Module supplémentaire.....	23
4.2.2 Encastresments supplémentaires .....	23
5 Dépannage & assistance .....	23
5.1 Messages ou comportements d'erreur.....	24
5.2 Assistance.....	24
6 Documentation du produit .....	25

6.1	Blocs de carrés .....	25
6.1.1	NDM (Nomenclature des Matériaux) .....	25
6.1.2	Liste d'équipements .....	25
6.2	Blocs de base .....	26
6.2.1	NDM (Nomenclature des Matériaux) .....	26
6.2.2	Liste d'équipements .....	26
6.3	Arcs .....	27
6.3.1	NDM (Nomenclature des Matériaux) .....	27
6.3.2	Liste d'équipements .....	28
6.4	Essais & validation.....	28
7	Conclusions et recommandations pour les travaux futurs .....	33
	APPENDICES .....	34
8	APPENDICE I: Fichiers de conception .....	34

Liste de tableaux

Table 1. Acronymes ..... v

Table 2. Documents référencés ..... 34

.

# Liste d'acronymes

---

**Table 1. Acronymes**

<b>Acronyme</b>	<b>Définition</b>
MDF	Panneau de fibres à densité moyenne
PLA	Acide poly lactique
CAO	Conception assisté par ordinateur

# **1 Introduction**

Northex Environnement nous a assigné de faire un produit de béton provenant de sol contaminé de type F-2. Nous avons choisi de faire la conception d'un ponceau. Un maximum de 15 litres de béton et un budget de 100\$ était offert pour la conception de notre projet. Le ponceau doit être fait 100% en béton et doit être 1/8 de la taille réelle avec 30 cm entre les culées.

Ce document fournit toutes les informations nécessaires pour l'utilisation sécuritaire de notre produit. Il résume l'installation du ponceau, le fonctionnement de chaque sous-système, la création de nos moules ainsi que toutes les considérations importantes par rapport à notre produit.

## 2 Aperçu

De plus en plus, des produits toxiques et chimiques sont enfouis dans la terre, donc ses sols deviennent contaminés. Ils peuvent causer de grands risques à la santé et à l'environnement donc Northex utilise ses sols comme ingrédients pour faire du béton recycler. Ils nous ont demandé de leur parvenir un produit de béton immédiatement commercialisable qui va commercialiser ce béton. Nous avons le choix entre la conception de deux projets, soit un mobilier urbain ou un ponceau. Le projet que nous avons choisi est la création d'un ponceau qui est utile pour permettre à l'utilisateur de traverser un fossé/ravin. Le ponceau est utilisé pour des passages légers ainsi que des petits véhicules.

### Les besoins fondamentaux de l'utilisateur

**Polyvalence** : Le ponceau doit être utile pour tout type de ravin/fossé

**Esthétique** : Le ponceau doit être visiblement attrayant

**Simple** : Le ponceau doit avoir un design simple pour faciliter la reproduction industrielle

**Facile d'installation** : Le ponceau doit être facile à installer, démonter et reconstruire sur place

**Durable** : Le ponceau peut être utilisé à long terme en restant sécuritaire

**Sécuritaire** : Le ponceau sera assez solide et bien conçu pour atténuer les dangers

**Dimensions modifiables** : Le ponceau peut être modifier en dimensions sans avoir besoin de le reconstruire

Plusieurs ponceaux sont disponibles sur le marché. En revanche, aucun produit est aussi facile à utiliser, simple et polyvalent que le nôtre. La plupart des autres ponceaux contiennent des dimensions fixes, donc peut seulement être utilisé pour des ravins/fossés d'une seule taille et est assez difficiles d'installations. Cependant, notre produit a été conçu pour être utilisé pour toute hauteur et enjambé de fossé et ne requière pas beaucoup de préparation ou d'effort à installer. En autre mot, notre ponceau est universel comparativement à la plupart des produits similaires.



Le ponceau est supporté par des piliers qui sont des blocs qui s'assemblent avec des encastements pour modifier la hauteur. Les blocs de base des piliers sont plus larges pour que le ponceau ne s'enfonce pas. La partie supérieure du ponceau est en forme d'arc pour permettre l'eau de s'écouler librement sur sa surface tout en gardant un passage facile sans obstacles (ex. forme triangulaire). La partie supérieure s'assemble aussi avec des encastements et peut être séparé pour rajouter des rallonges dans le milieu pour modifier sa longueur.



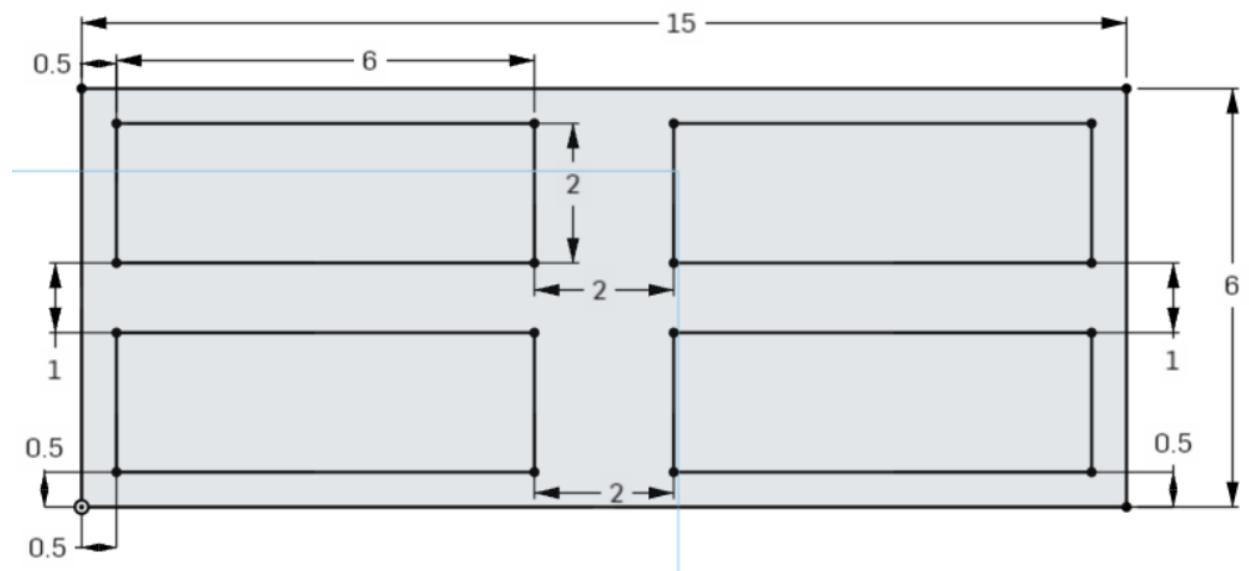
### 3 Pour commencer

Il faut premièrement créer les différents moules. La première étape est de faire la conception des pièces qui devront être imprimés avec un imprimantes 3D. Pour faire ceci, utiliser le logiciel OnShape ou autres logiciels de modelage 3D.

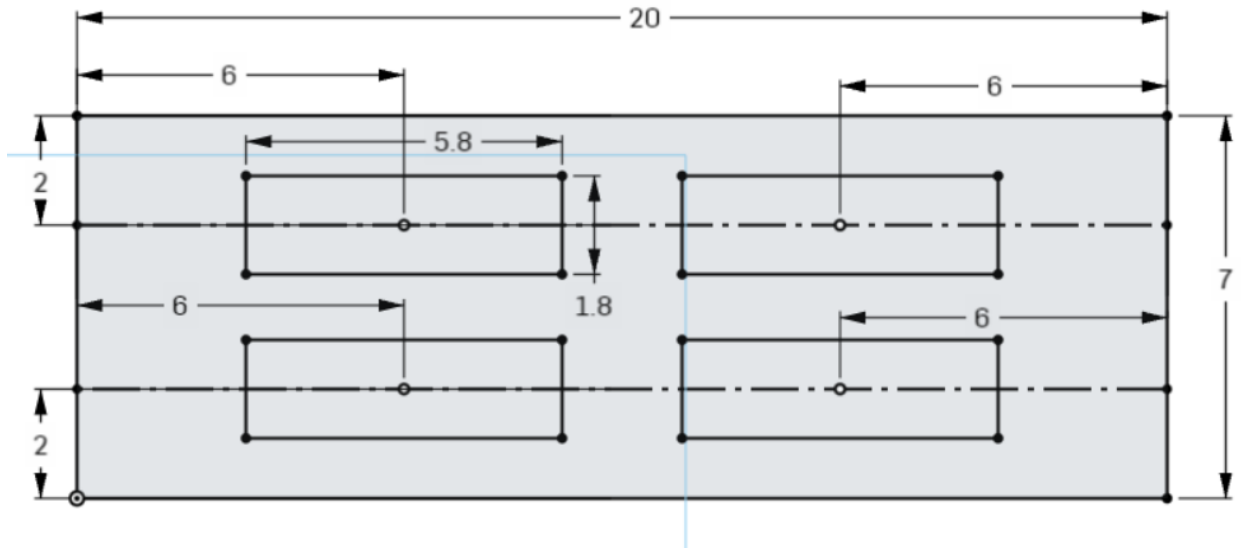
#### 3.1.1 Moules des blocs carrés

##### 3.1.1.1 Modèles 3D

Créez les esquisses suivantes (dimensions en cm et 1/8 de la taille du ponceau réelle) dans le logiciel de CAO.

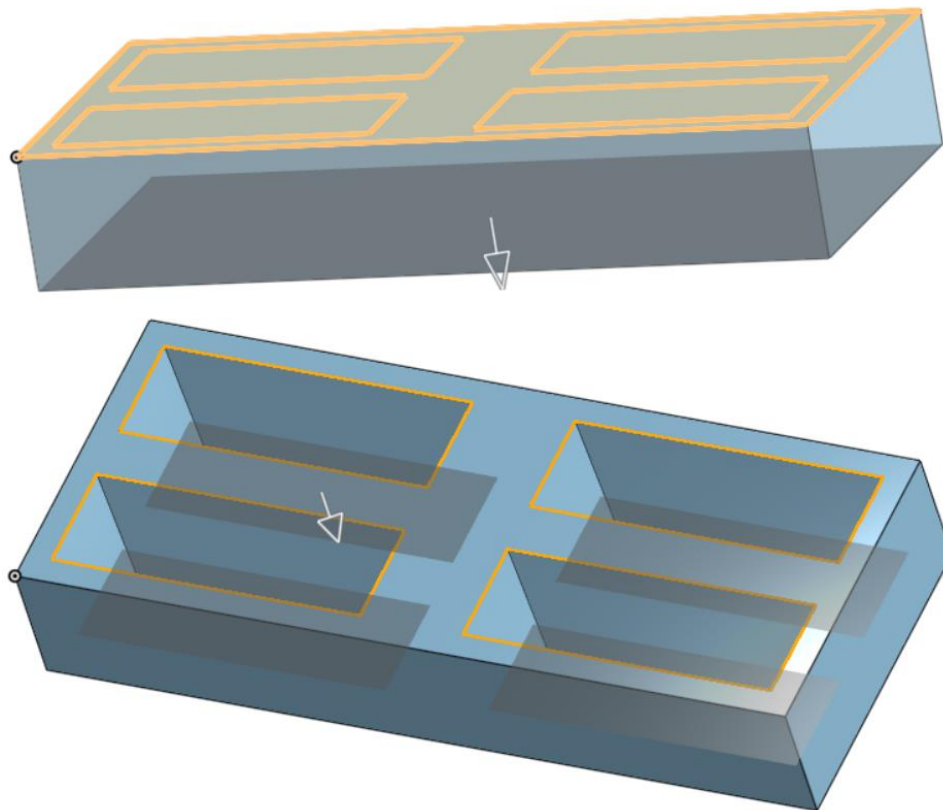


Esquisse 1 – Encastremets des blocs carrés

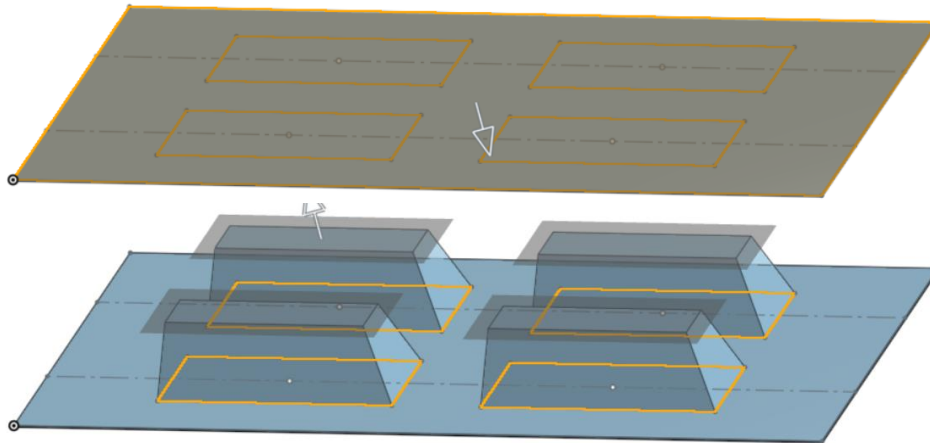


Esquisse 2 – Encastremets des blocs carrés

Par la suite, extrudez la face de l'*Esquisse 1* de 2.5 cm et puis extrudez dans l'autre direction les petits rectangles de 2 cm avec un angle de dépouille de  $\arctan(0.25)$ .



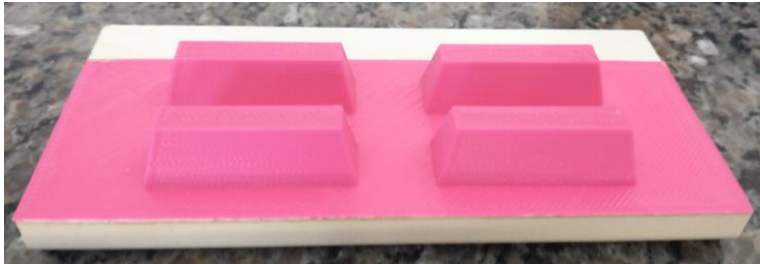
Ensuite, extrudez la face de l'*Esquisse 2* de 0.04 cm et puis extrudez les petits rectangles de 1.8 cm dans l'autre direction avec un angle de dépouille de  $\arctan(0.25)$ .



Imprimez ces deux pièces dans des imprimantes 3D

### 3.1.1.2 Assemblage du moule

Avec du MDF de  $\frac{3}{4}$  de pouce coupez un rectangle de 20 cm x 8.905 cm (7 cm +  $\frac{3}{4}$  in) et collez la deuxième pièce dessus avec de la colle pour bois afin qu'elle soit alignée avec trois des côtés.



Coupez un autre rectangle de 20 cm x 8.905 cm et découpez un rectangle de 15 cm x 6 cm décalé de  $\frac{3}{4}$  in du côté de 20 cm et centré au restant puis insérez la première pièce à l'intérieur du trou avec de la colle.



Coupez deux rectangles de 10.81 cm (7 cm +  $\frac{1}{2}$  in) x 8.905 cm et un rectangle de 20 cm x 7 cm.

Visez les morceaux ensemble pour construire une boîte avec un côté manquant.

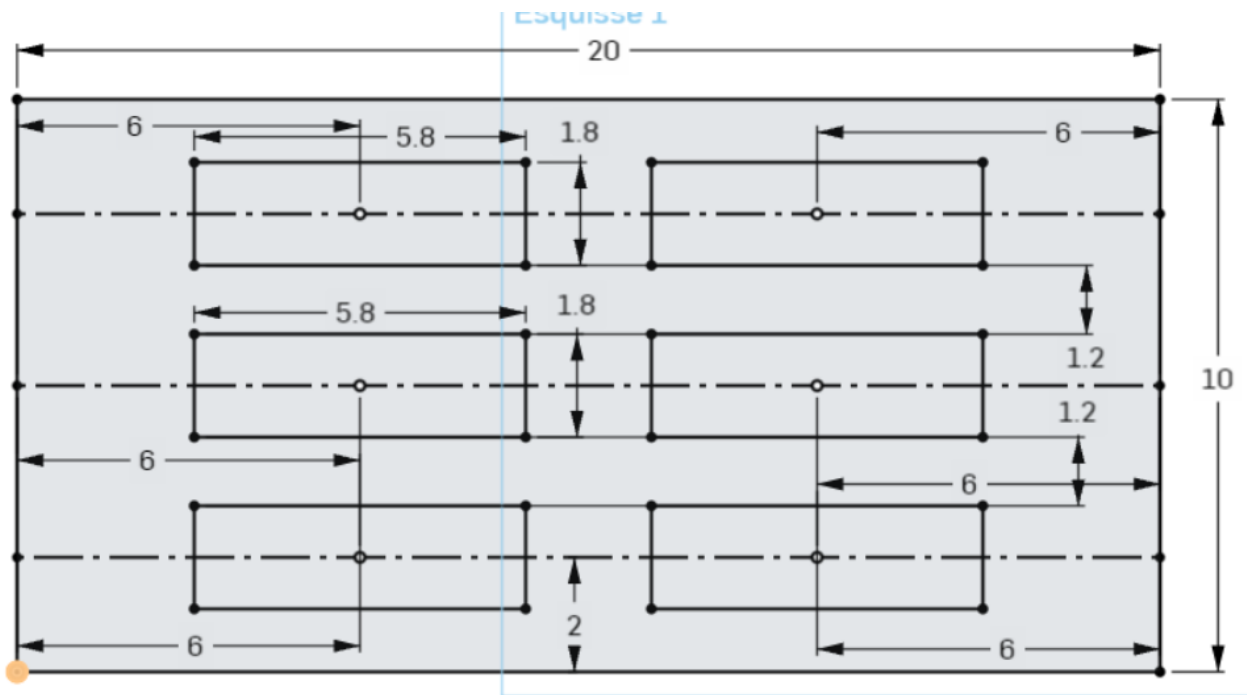


Mettez de l'huile sur les surfaces intérieures du moule avant de couler le béton pour qu'il ne reste pas collé.

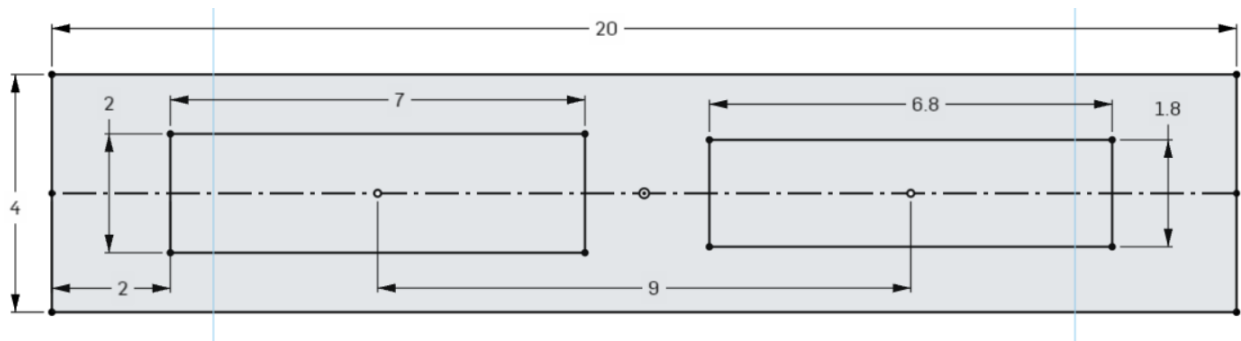
### **3.1.2 Moules des arcs**

#### **3.1.2.1 Modèles 3D**

Créez les esquisses suivantes (dimensions en cm et 1/8 de la taille du ponceau réelle) dans le logiciel de CAO.

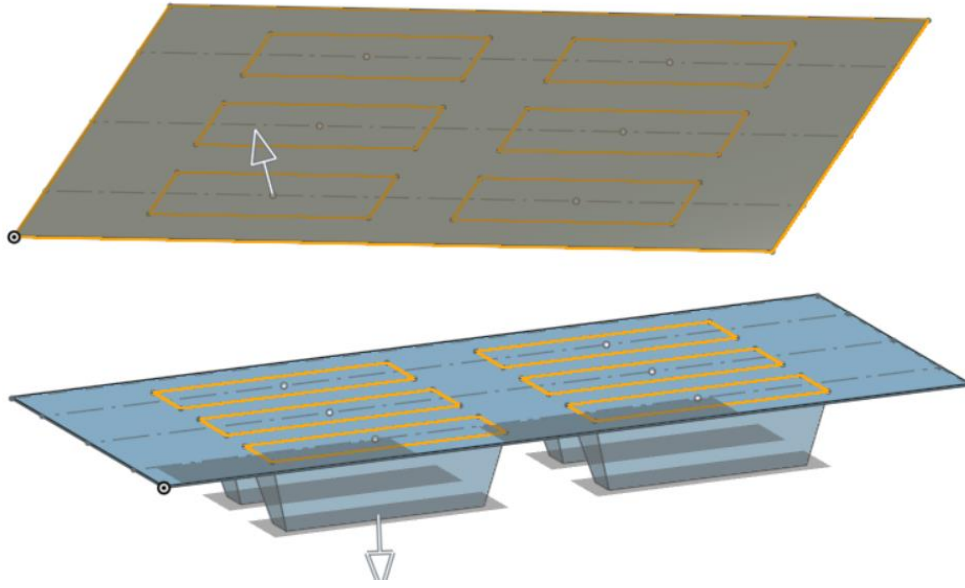


Esquisse 3 -Encastrement des arcs

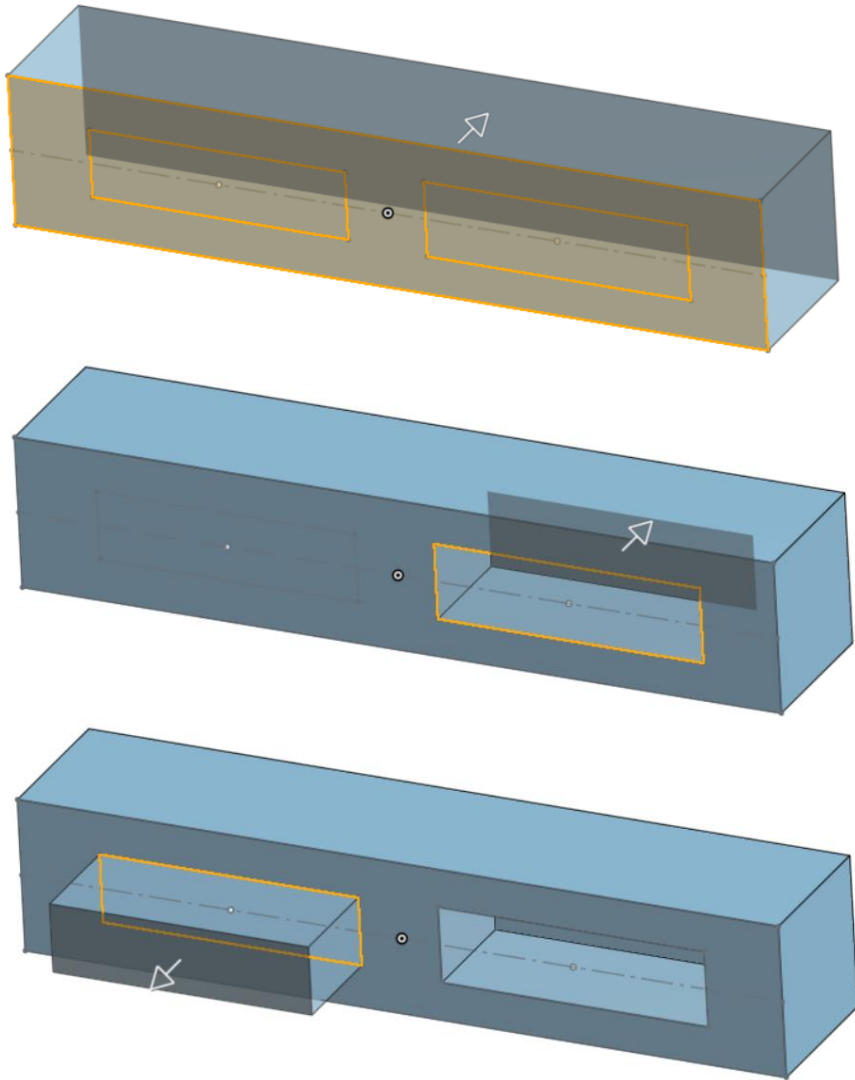


Esquisse 4 – Attaches des arcs

Ensuite, extrudez la face de l'*Esquisse 3* de 0.04 cm et puis extrudez les petits rectangles de 1.8 cm dans l'autre direction avec un angle de dépouille de  $\arctan(0.25)$ .



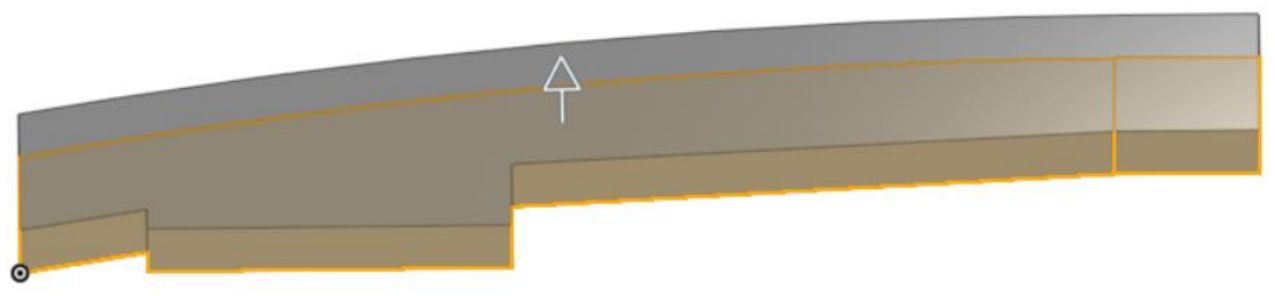
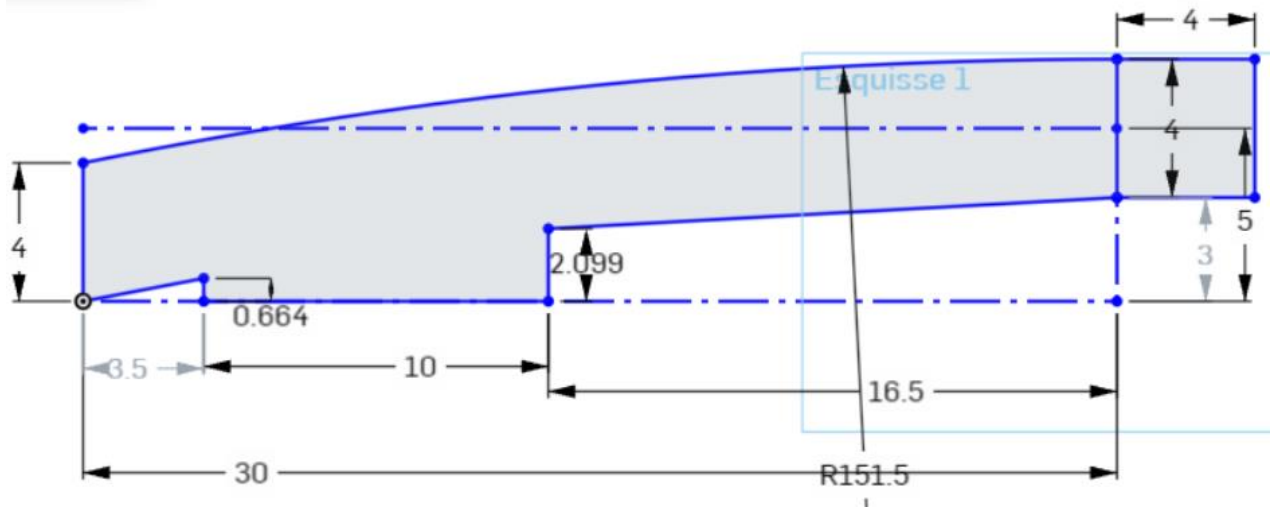
Par la suite, extrudez la face de l'*Esquisse 4* de 4 cm, ensuite extrudez le plus grand rectangle de 3 cm afin de faire un trou. Extrudez le plus petit rectangle de 2.8 cm dans l'autre direction.



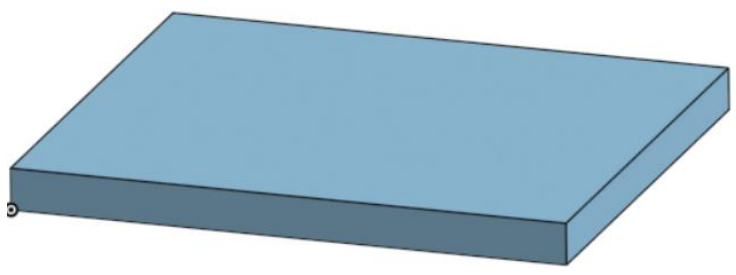
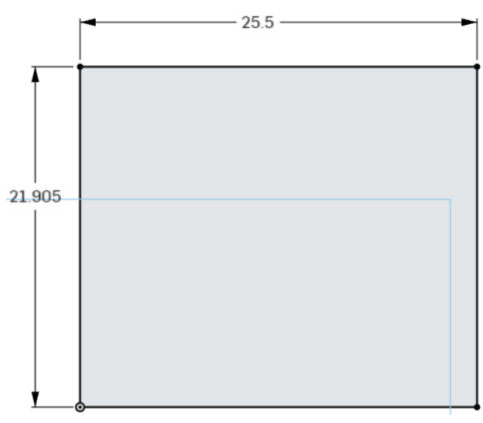
Imprimez ces deux pièces dans des imprimantes 3D.

### 3.1.2.2 Assemblage du moule

Avec du MDF de  $\frac{3}{4}$  de pouce, coupez la forme suivante.

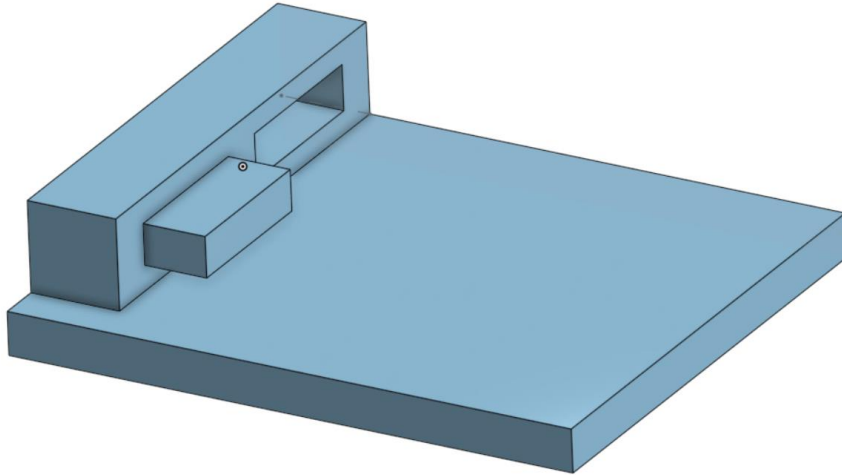


Coupez un rectangle avec les dimensions suivantes.

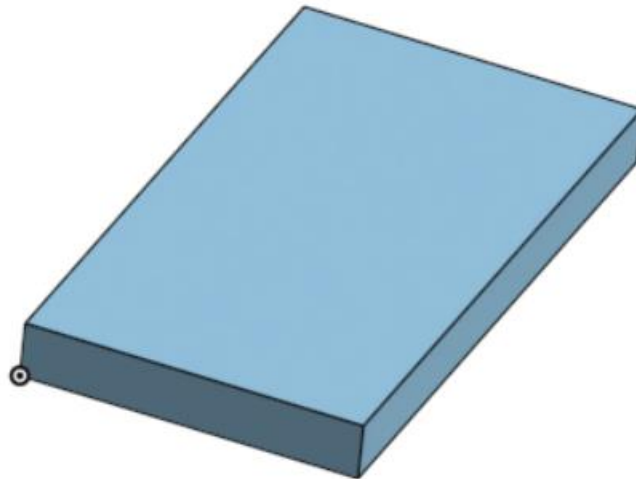
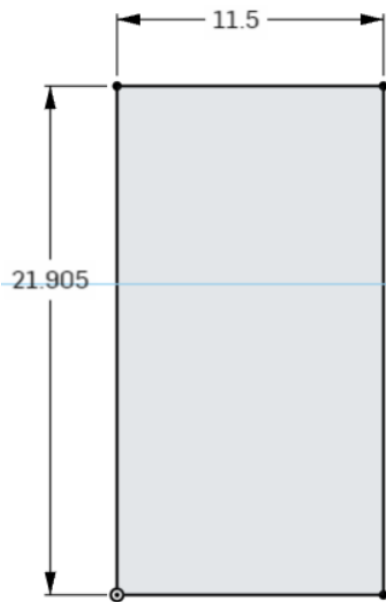


Collez la deuxième pièce imprimée sur la surface de ce rectangle afin que deux des côtés soient alignés et que les encastements sont dans la même direction que les longs côtés du rectangle.

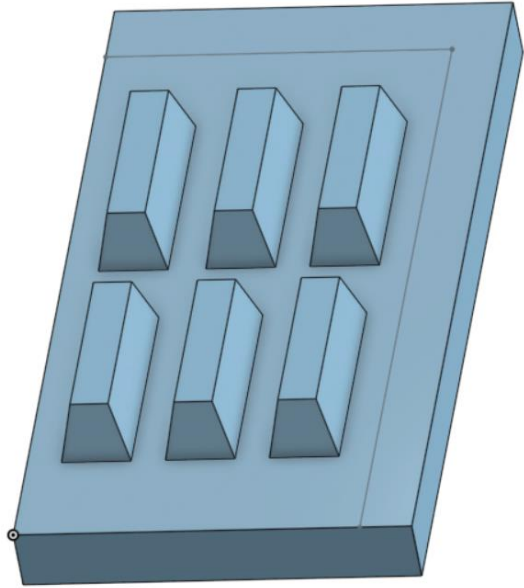




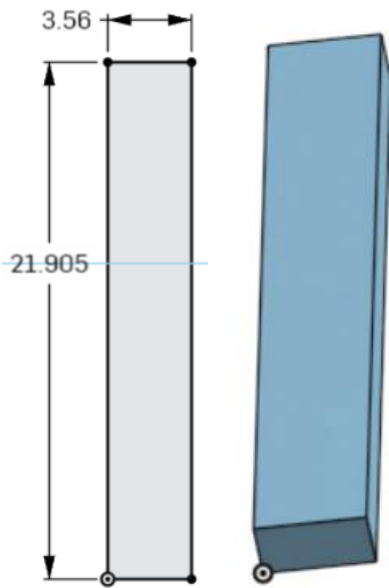
Coupez un deuxième rectangle avec les dimensions suivantes.



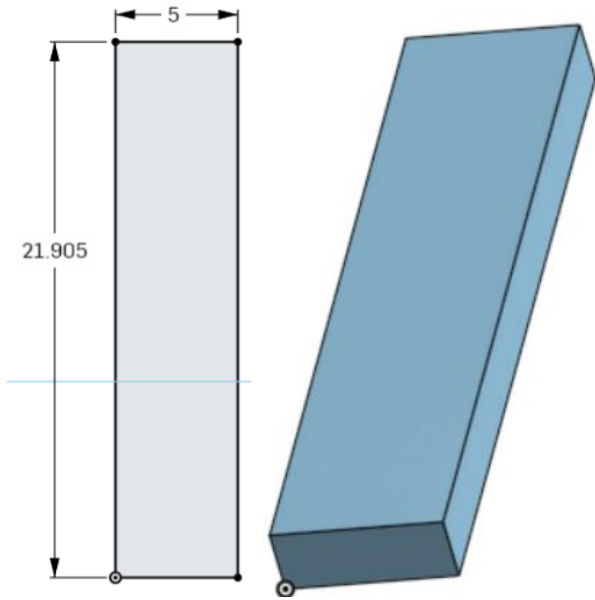
Collez la première pièce imprimée sur la surface de ce rectangle afin que deux des côtés soient alignés.



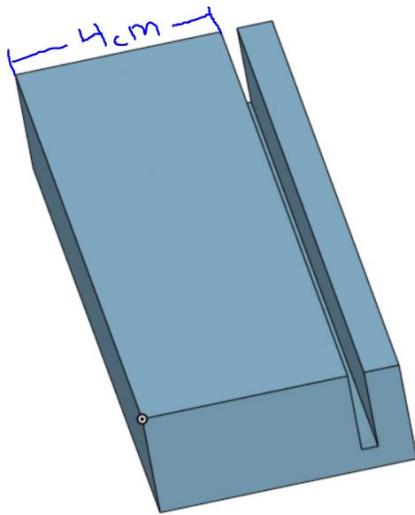
Coupez un troisième rectangle avec les dimensions suivantes.



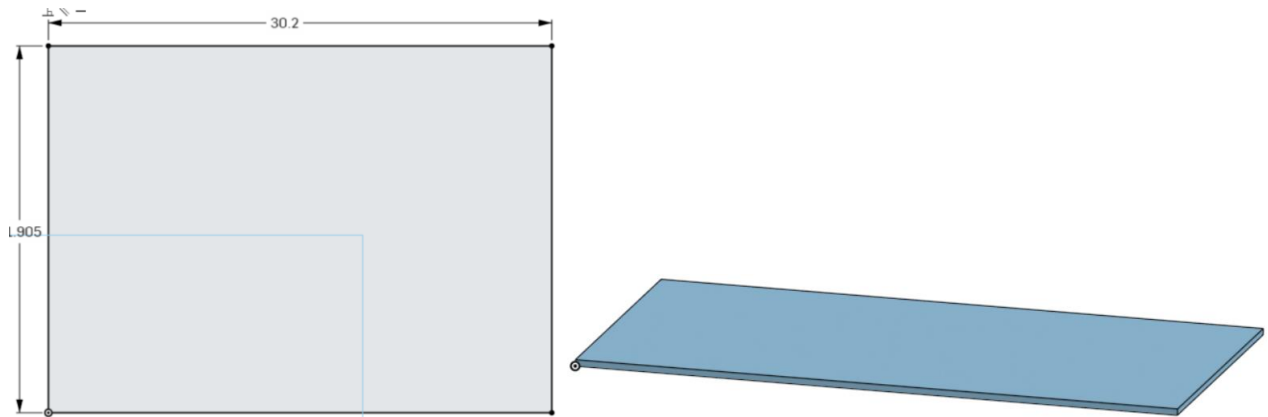
Coupez un quatrième rectangle avec les dimensions suivantes.



Coupez une lisière la largeur de la lame de votre scie décalée de 4 cm d'un des côtés



Avec de la mélamine de 1/8 de pouce coupez un rectangle avec les dimensions suivantes.



Assembler les morceaux ensemble avec des vis pour les connexions bois-bois et de la colle pour les connexions avec du plastique.

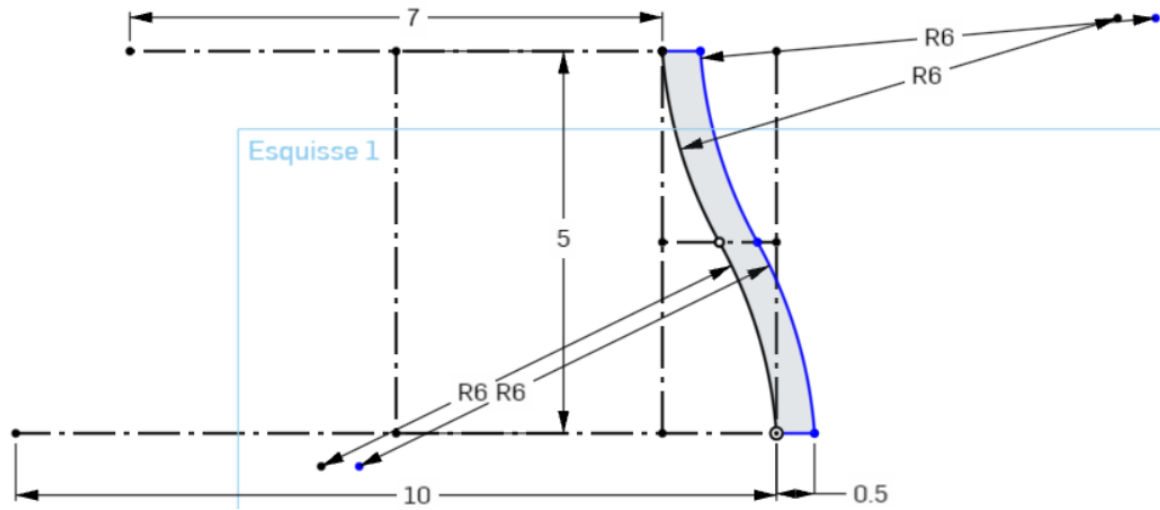


Mettez de l'huile sur les surfaces intérieures du moule avant de couler le béton pour qu'il ne reste pas collé.

### 3.1.3 Moules des blocs de base

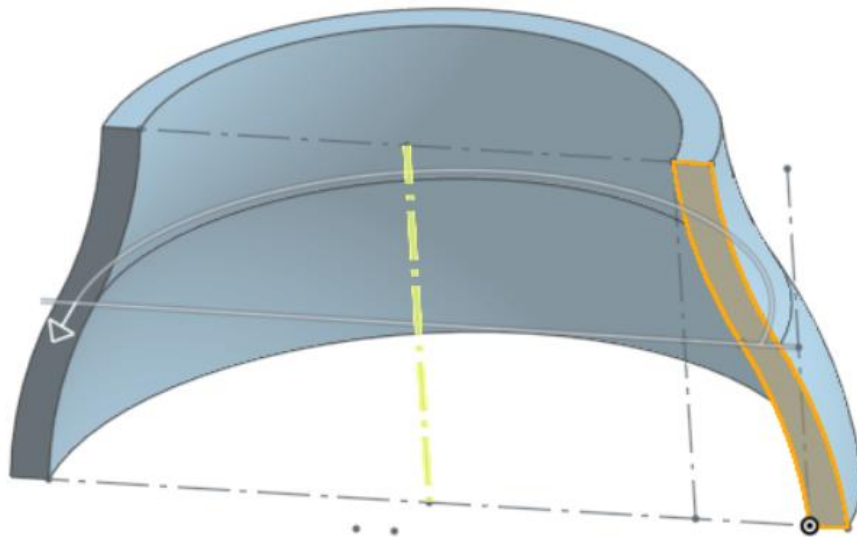
#### 3.1.3.1 Modèles 3D

Créez l'esquisse suivante (dimensions en cm et 1/8 de la taille du ponceau réelle) dans le logiciel de CAO.

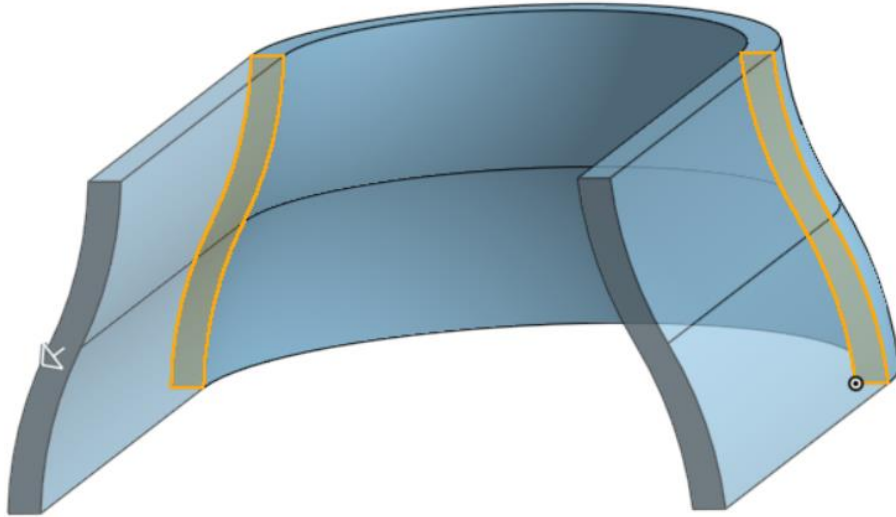


Esquisse 5 – Courbure du bloc de base

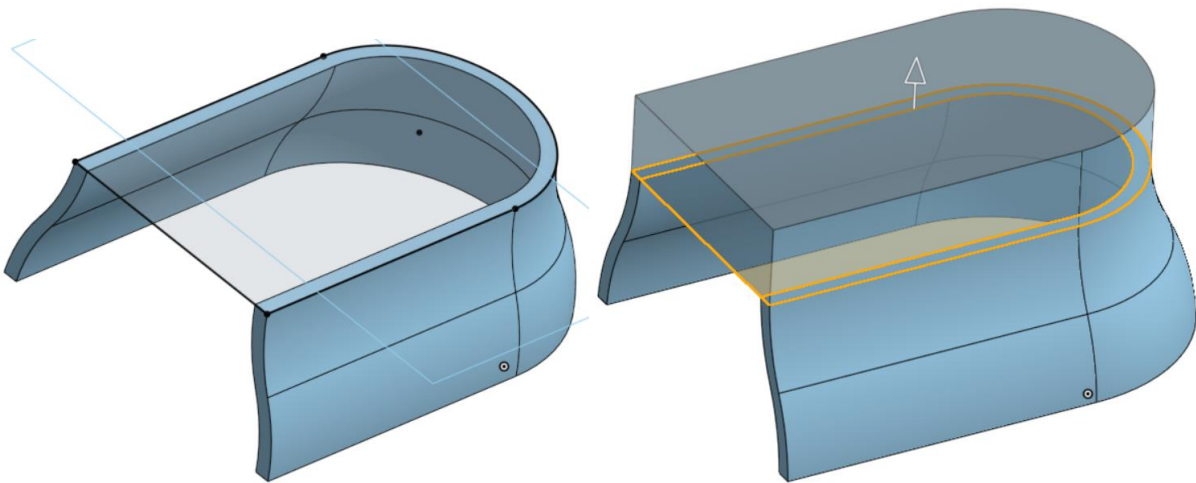
Ensuite, faire pivoter la face de l'Esquisse 5 de 180 degrés autour de l'axe centrale surligné en vert dans la figure suivante.



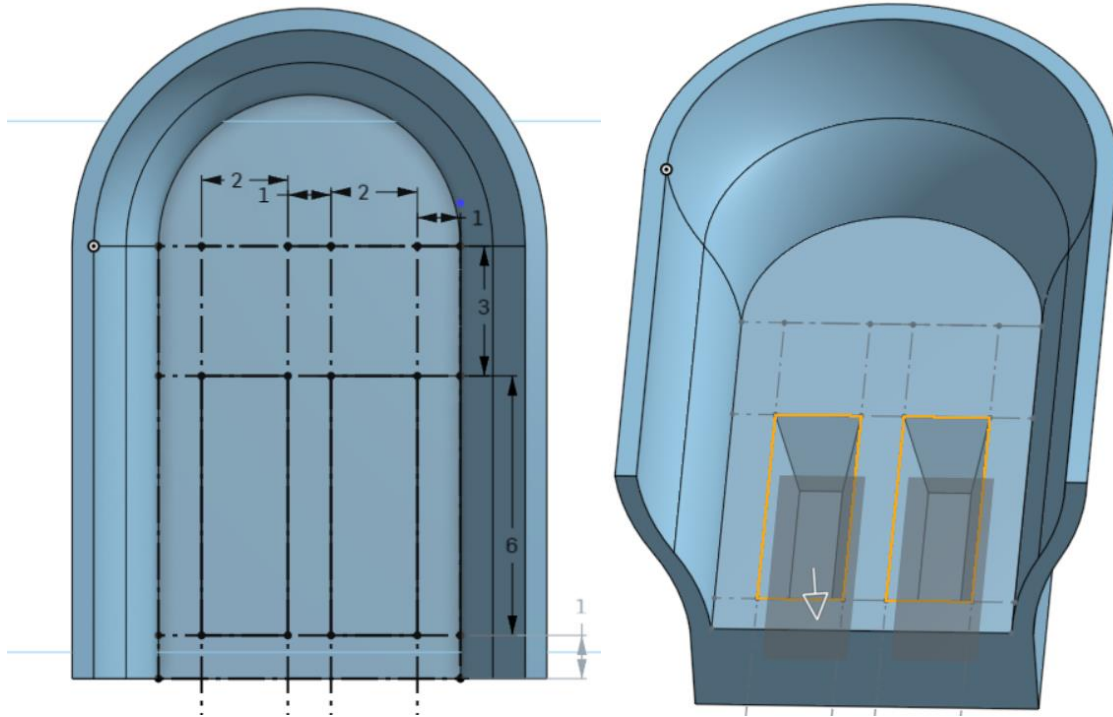
Par la suite, extrudez les deux faces courbées de 10 cm.



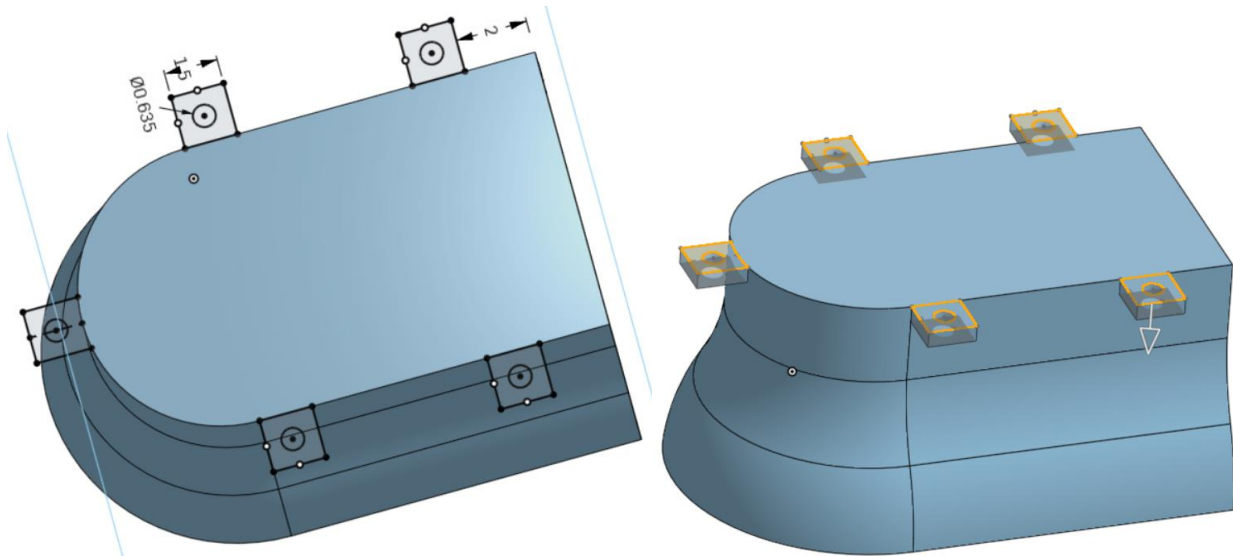
Créez une nouvelle esquisse sur la partie supérieure de la pièce précédente et extrudez sa face de 2.5 cm



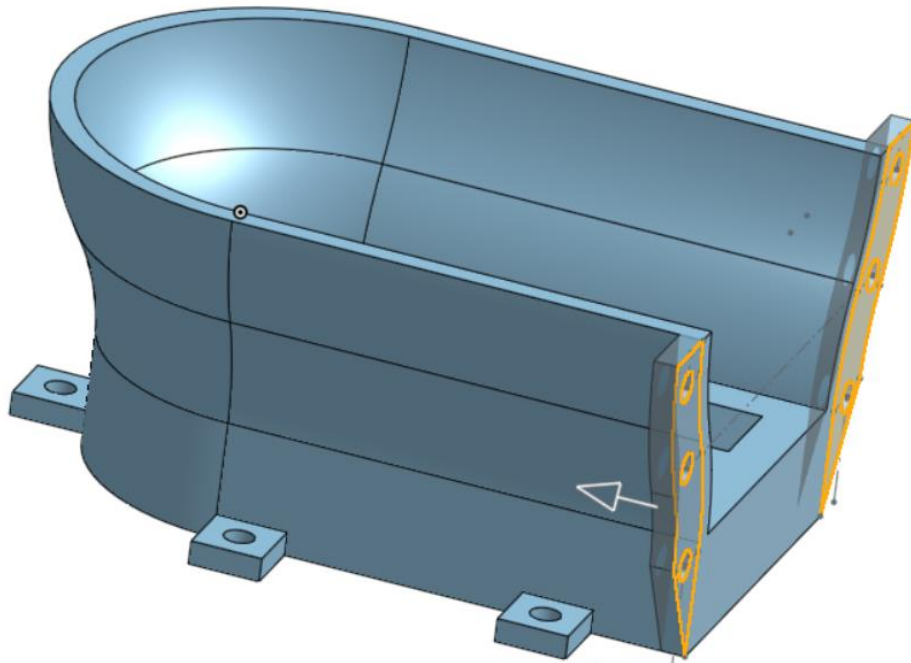
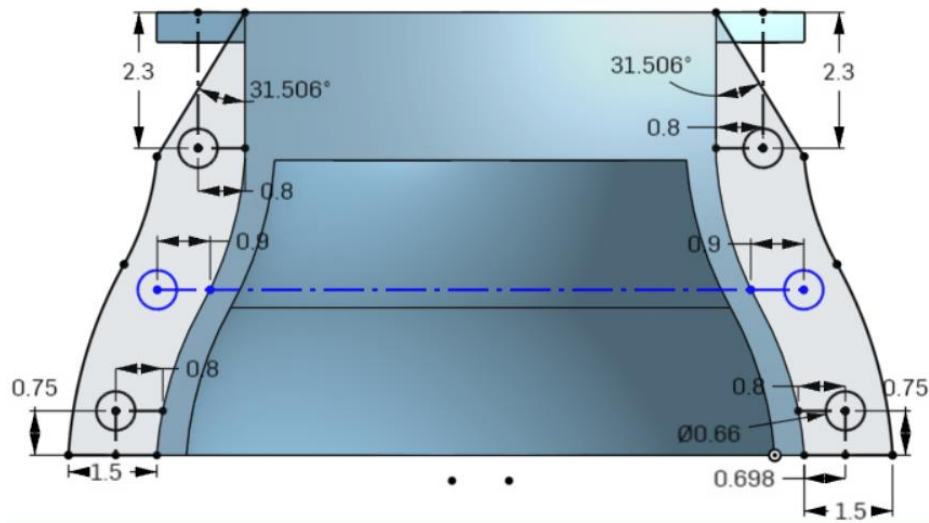
Créez une nouvelle esquisse à l'intérieure de la pièce et extrudez les petits rectangles de 2 cm avec un angle de dépouille de  $\arctan(0.25)$  afin de d'avoir des trous.



Ensuite, ajoutez une nouvelle esquisse au bas de la pièce et extrudez les faces de 0.5 cm afin d'avoir des trous circulaires.



Finalement, créez l'esquisse suivante et extruder sa face de 0.5 cm.



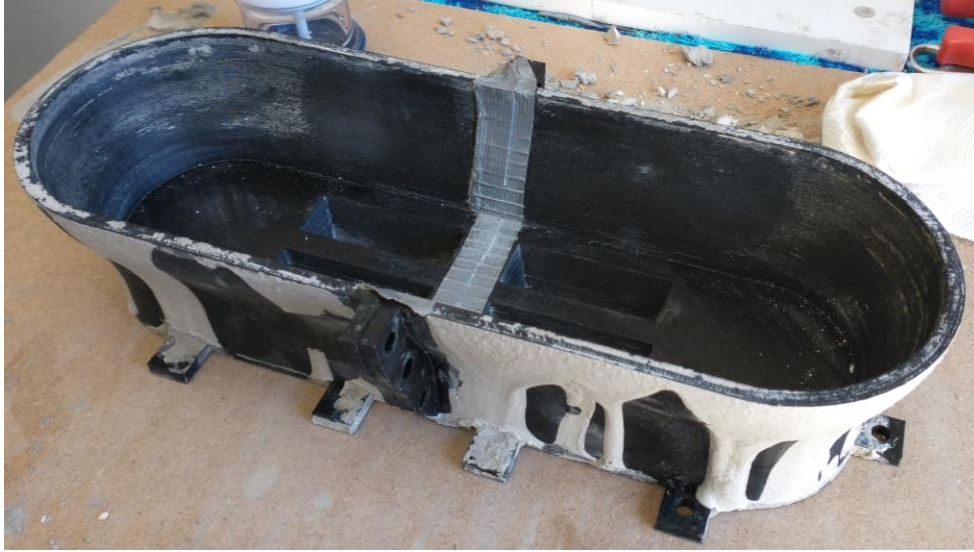
Imprimez cette pièce deux fois dans des imprimantes 3D.

### 3.1.3.2 Assemblage du moule

Attachez les deux pièces imprimées précédemment avec des boulons dans les trous intérieurs.

Visez le module à une planche de MDF avec les trous du bas et mettez un morceau de ruban adhésif pour celer la craque entre les pièces.





Mettez de l'huile sur les surfaces intérieures du moule avant de couler le béton pour qu'il ne reste pas collé.

### **3.2 Considérations pour la configuration**

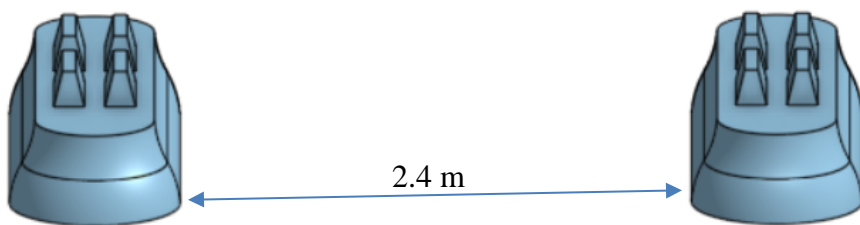
En assemblant le système, il est important de prendre en considération la taille des modules puisqu'il est possible que vous devriez modifier l'environnement où vous allez installer votre ponceau s'il ne fit pas parfaitement dans le ravin/fossé. Afin de vérifier ceci, calculez la distance que couvrira votre ponceau soit la longueur de deux arcs (4.8 m) et la longueur des modules supplémentaires (2.4 m par module) si applicable. Comparer cette distance avec la distance que couvre votre ravin/fossé.

### **3.3 Considérations pour l'accès des utilisateurs**

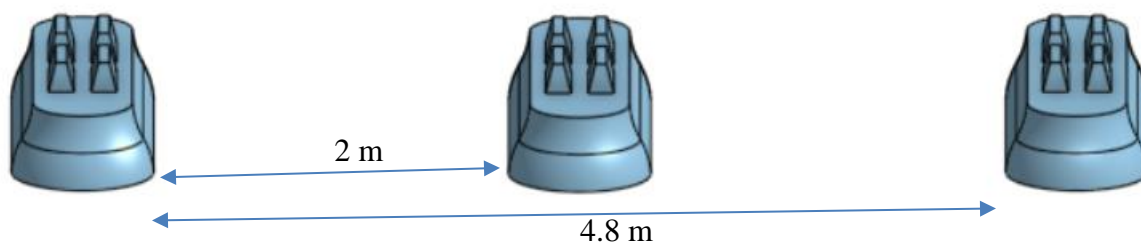
Les différents utilisateurs de notre ponceau sont tous clients qui cherche à avoir un ponceau pour traverser un ravin/fossé et tout utilisateur de se ponceau lorsqu'il est installé.

### **3.4 Installation du système**

Pour installer le ponceau il faut premièrement placer les blocs de base avec le bon espacement soit 2.4 m pour aucun module supplémentaire et un ajout de 2.4 m pour chaque module supplémentaire.



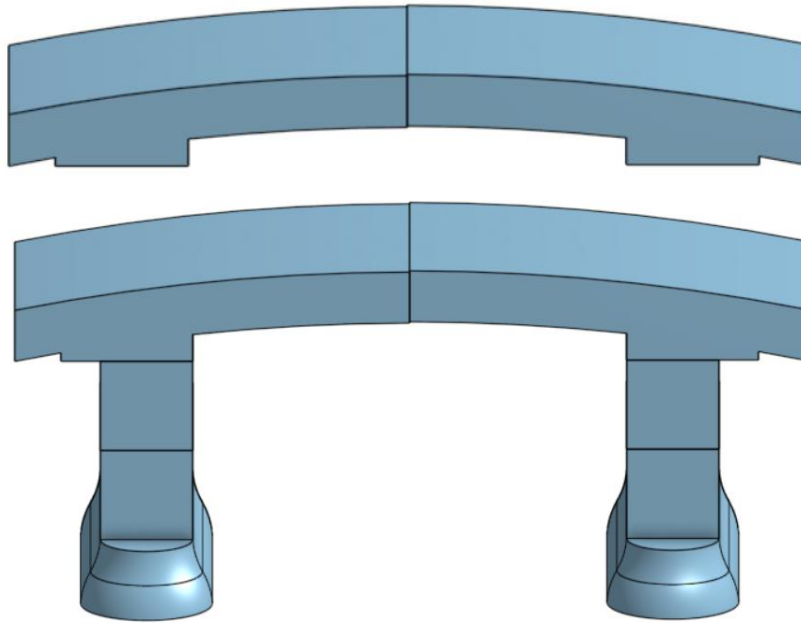
Si vous avez un module supplémentaire placez votre troisième bloc de base avec un espacement de 2 m du bloc externe.



Empilez les blocs carrés sur les blocs de base pour atteindre la hauteur voulue.



Connectez les deux arcs ensemble et ensuite placez-les sur les blocs.



### **3.5 Désassemblage du système**

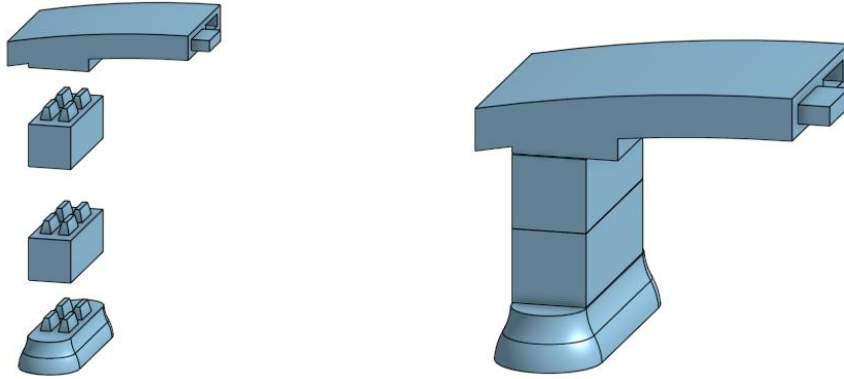
Le désassemblage du ponton est aussi simple que l'assemblage. Il nécessite seulement de séparer les modules les uns des autres dans l'ordre opposé de l'assemblage.

## **4 Utiliser le système**

Les sous-sections suivantes fournissent des instructions détaillées, étape par étape, sur la façon d'utiliser les diverses fonctions ou caractéristiques du ponton en béton recyclé.

### **4.1 Blocs carrés**

Les blocs carrés uniformes peuvent être empilés les uns sur les autres grâce aux encastresments pour modifier la hauteur du ponton.

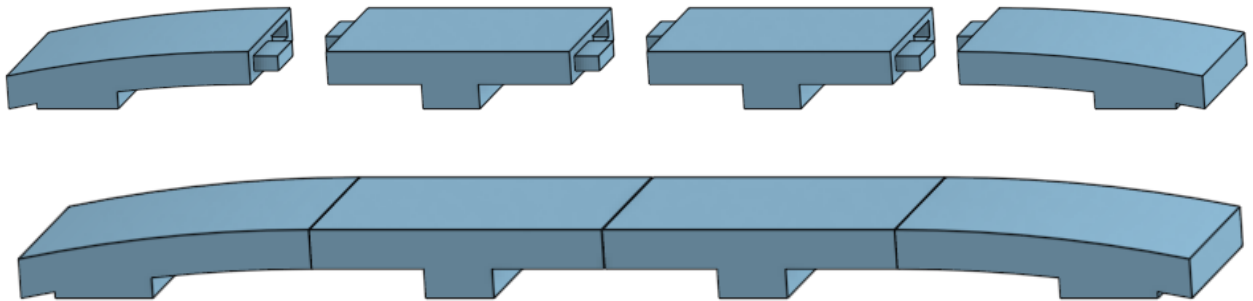


## 4.2 Modification en longueur

Le ponceau peut être modifié en longueur selon les deux sous-systèmes suivants.

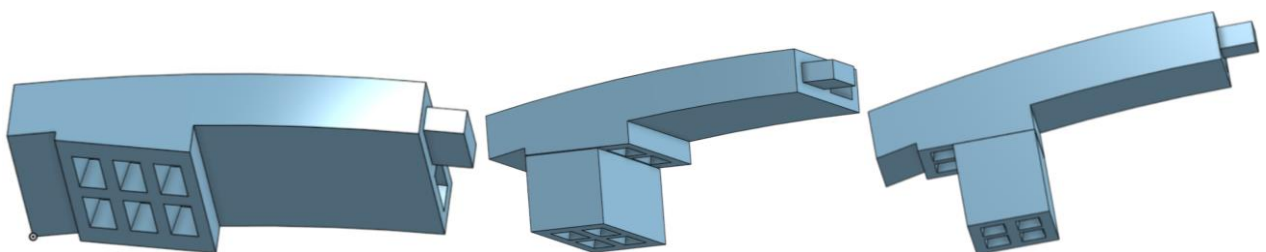
### 4.2.1 Module supplémentaire

Des modules supplémentaires peuvent être additionnés entre les deux arcs pour modifier la longueur totale du ponceau.



### 4.2.2 Encastements supplémentaires

Les arcs ont un rang d'encastrement supplémentaire en dessous qui permet de modifier la distance entre les culés selon l'emplacement des blocs.



## 5 Dépannage & assistance

Ici ce trouve, le protocole de dépannage en cas de problème qui pourrait se présenter avec l'utilisation du ponceau :

(I) Le ponceau se casse où se fissurent :

- En cas de fissures; il faut d'abord arrêter toutes les activités de déplacement sur le ponceau.

-Alertez tous les passants de cette zone du danger grâce a des panneaux.

-Alertez les autorités compétentes pour qu'ils viennent baliser la zone.

-En cas de brisure, il faut évacuer le ponceau et de faire une vérification avant de pouvoir le réutiliser.

-Soit même évacuez la zone après avoir contactez les urgences.

## **5.1 Messages ou comportements d'erreur**

Comme toutes conceptions humaines et comme notre condition humaine, nous ne sommes pas parfaits et notre ponceau de même. De ce fait; ils se pourraient que le/les encastresments du milieu de notre ponceau puissent se brise, se fissure ou s'enfoncer sous l'effet de forces trop importantes avec le temps.

## **5.2 Assistance**

En cas de soucis d'utilisation ou un mauvais fonctionnement du ponceau; Veuillez contactez Jesse Allard (Chef de projet) par courriel : [jalla082@uottawa.ca](mailto:jalla082@uottawa.ca).

La ligne d'assistance est disponible 5 jours par semaines et de 8 :00 AM a 8 :00 PM.

## 6 Documentation du produit

### 6.1 Blocs de carrés

Les blocs carrés sont formés entièrement en béton cependant leurs moules sont construit à partir de différents matériaux tels que du plastique PLA et du MDF de  $\frac{3}{4}$  de pouce. Les composantes en plastique ont été fabriqué avec le logiciel OnShape mais autres logiciels de CAO pourraient être utilisé à sa place. Le plastique et le MDF pourraient aussi être remplacé toutefois aucun essai a été fait pour d'autre matériaux. De l'huile de moteur a été utiliser sur les surfaces des moules pour que le béton ne colle pas mais autre lubrifiant pourrait être utilisé.

#### 6.1.1 NDM (Nomenclature des Matériaux)

COMPOSANTES	QUANTITES	PRIX	LIEN
Encastements	-	N/A	Filament d'imprimante 3D
Vis	10	9.87\$ pour 100	<a href="https://www.homedepot.ca/product/paulin-6x1-black-pan-head-construction-screws-100pcs/1001587337">https://www.homedepot.ca/product/paulin-6x1-black-pan-head-construction-screws-100pcs/1001587337</a>
MDF $\frac{3}{4}$ -in	110 in <sup>2</sup>	28.58\$ pour 1152 in <sup>2</sup>	<a href="https://www.homedepot.ca/product/alexandria-moulding-3-4-inch-x-24-inch-x-48-inch-mdf-handy-panel/1000165106">https://www.homedepot.ca/product/alexandria-moulding-3-4-inch-x-24-inch-x-48-inch-mdf-handy-panel/1000165106</a>
Huile de moteur		5.99\$ pour 946 ml	<a href="https://www.canadiantire.ca/en/pdp/motomaster-5w30-conventional-engine-oil-946-ml-0288901p.html">https://www.canadiantire.ca/en/pdp/motomaster-5w30-conventional-engine-oil-946-ml-0288901p.html</a>
OnShape	-	N/A	<a href="https://www.onshape.com/fr/">https://www.onshape.com/fr/</a>
Colle à bois	-	26.47\$ pour 800 ml	<a href="https://www.homedepot.ca/product/lepage-outdoor-wood-glue-800-ml/1001538549">https://www.homedepot.ca/product/lepage-outdoor-wood-glue-800-ml/1001538549</a>

#### 6.1.2 Liste d'équipements

- Imprimante 3D

- Bancs de scie
- Tourne vis
- Drill

## 6.2 Blocs de base

Les blocs de base sont formés entièrement en béton cependant leurs moules sont construits à partir de du plastique PLA dont les concepts ont été fabriqué avec le logiciel OnShape mais autres logiciels de CAO pourraient être utilisé à sa place. Ils sont retenus ensemble avec des boulons et écrous de ¼ de pouce. Le moule peut aussi être visé à une planche de MDF ou autre matériau toutefois ceci n'est pas nécessaire. Un morceau de ruban adhésif peut être mis sur la craque entre les deux pièces pour faciliter l'enlèvement du béton du moule mais ceci n'est pas nécessaire. De l'huile de moteur a été utiliser sur les surfaces des moules pour que le béton ne colle pas mais autre lubrifiant pourrait être utilisé.

### 6.2.1 NDM (Nomenclature des Matériaux)

COMPOSANTES	QUANTITES	PRIX	LIEN
Pièces de moule	2	N/A	Filament d'imprimante 3D
Écrou	4	2.68\$ pour 5	<a href="https://www.homedepot.ca/product/paulin-1-4-inch-x-1-5-inch-pro-pack-black-hex-lagbolt-5-sets-/1001486336">https://www.homedepot.ca/product/paulin-1-4-inch-x-1-5-inch-pro-pack-black-hex-lagbolt-5-sets-/1001486336</a>
Boulon	4	0.59\$ chaque	<a href="https://www.homedepot.ca/product/hillman-1-2-13-black-coated-exterior-hex-nut/1001584711">https://www.homedepot.ca/product/hillman-1-2-13-black-coated-exterior-hex-nut/1001584711</a>
MDF ¾-in	270 in <sup>2</sup>	28.58\$ pour 1152 in <sup>2</sup>	<a href="https://www.homedepot.ca/product/alexandria-moulding-3-4-inch-x-24-inch-x-48-inch-mdf-handy-panel/1000165106">https://www.homedepot.ca/product/alexandria-moulding-3-4-inch-x-24-inch-x-48-inch-mdf-handy-panel/1000165106</a>
Huile de moteur	-	5.99\$ pour 946 ml	<a href="https://www.canadiantire.ca/en/pdp/motomaster-5w30-conventional-engine-oil-946-ml-0288901p.html">https://www.canadiantire.ca/en/pdp/motomaster-5w30-conventional-engine-oil-946-ml-0288901p.html</a>
OnShape	-	N/A	<a href="https://www.onshape.com/fr/">https://www.onshape.com/fr/</a>

### 6.2.2 Liste d'équipements

- Imprimante 3D

- Tourne vis
- Drill
- Clé à douille

## 6.3 Arcs

Les arcs sont formés entièrement en béton cependant leurs moules sont construit à partir de différents matériaux tels que du plastique PLA et du MDF de  $\frac{3}{4}$  de pouce et de la mélamine. Les composantes en plastique ont été fabriqué avec le logiciel OnShape mais autres logiciels de CAO pourraient être utilisé à sa place. Le plastique et le MDF pourraient aussi être remplacé toutefois aucun essai a été fait pour d'autre matériaux. Il est suggéré d'utiliser un autre matériau pour remplacer la mélamine ou de renforcer cette section. De l'huile de moteur a été utiliser sur les surfaces des moules pour que le béton ne colle pas mais autre lubrifiant pourrait être utilisé.

### 6.3.1 NDM (Nomenclature des Matériaux)

COMPOSANTES	QUANTITES	PRIX	LIEN
Encastements	-	N/A	Filament d'imprimante 3D
Vis	10	9.87\$ pour 100	<a href="https://www.homedepot.ca/product/paulin-6x1-black-pan-head-construction-screws-100pcs/1001587337">https://www.homedepot.ca/product/paulin-6x1-black-pan-head-construction-screws-100pcs/1001587337</a>
MDF $\frac{3}{4}$ -in	180 in <sup>2</sup>	28.58\$ pour 1152 in <sup>2</sup>	<a href="https://www.homedepot.ca/product/alexandria-moulding-3-4-inch-x-24-inch-x-48-inch-mdf-handy-panel/1000165106">https://www.homedepot.ca/product/alexandria-moulding-3-4-inch-x-24-inch-x-48-inch-mdf-handy-panel/1000165106</a>
Huile de moteur	-	5.99\$ pour 946 ml	<a href="https://www.canadiantire.ca/en/pdp/motomaster-5w30-conventional-engine-oil-946-ml-0288901p.html">https://www.canadiantire.ca/en/pdp/motomaster-5w30-conventional-engine-oil-946-ml-0288901p.html</a>
Mélamine	110 in <sup>2</sup>	39.64\$ pour 7 in <sup>2</sup>	<a href="https://www.homedepot.ca/product/columbia-forest-products-1-8-in-x-1-ft-x-1-ft-7-in-white-paper-mdf-15-pack-/1001635626">https://www.homedepot.ca/product/columbia-forest-products-1-8-in-x-1-ft-x-1-ft-7-in-white-paper-mdf-15-pack-/1001635626</a>
OnShape	-	N/A	<a href="https://www.onshape.com/fr/">https://www.onshape.com/fr/</a>
Colle à bois	-	26.47\$ pour 800 ml	<a href="https://www.homedepot.ca/product/lepage-outdoor-wood-glue-800-ml/1001538549">https://www.homedepot.ca/product/lepage-outdoor-wood-glue-800-ml/1001538549</a>



### 6.3.2 Liste d'équipements

- Imprimante 3D
- Bancs de scie
- Tourne vis
- Drill

## 6.4 Essais & validation

### Tests de compression des blocs

Un test analytique a été analysé pour vérifier si nos blocs pouvaient soutenir le poids du ponceau ainsi que les utilisateurs. En observant le ponceau, on peut conclure que les deux blocs de base subissent la plus grande pression. Selon nos recherches, le béton a une résistance minimale à la compression de 20 MPa. L'objectif de notre test est de vérifier que la compression exercée sur les blocs de base est assez petite pour ne pas causer de risques de fissure ou de bris.

#### Contrainte (ou stress)

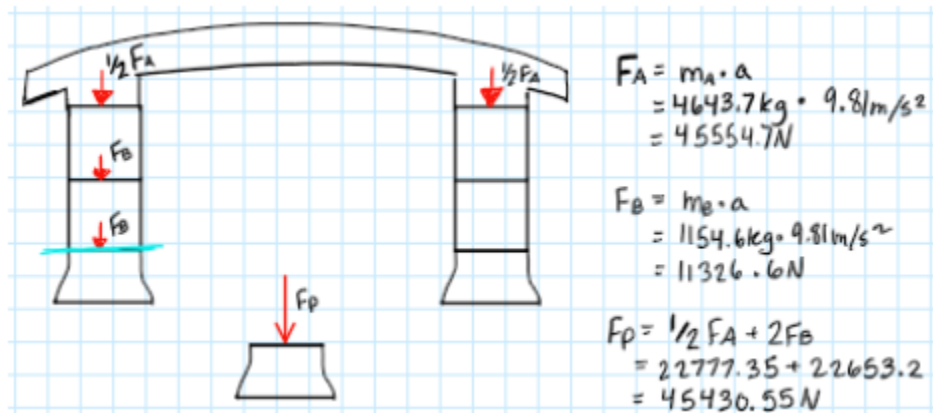
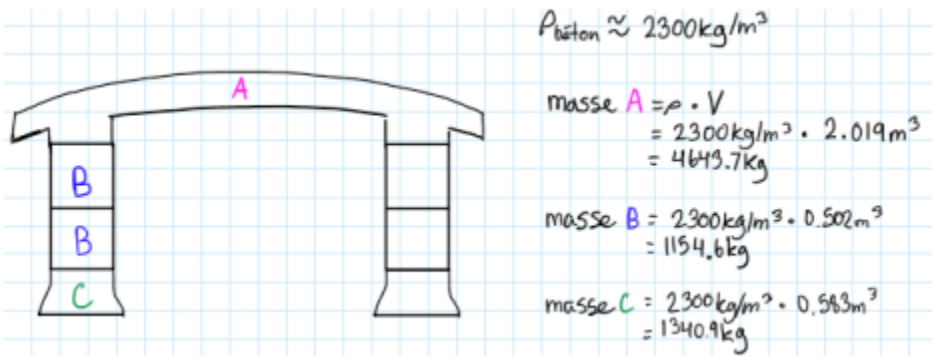
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Premièrement nous avons calculé la force maximale que le bloc peut soutenir avant d'avoir une possibilité de briser.

$\sigma_{\max} = 10\,000\,000\text{Pa}$  ou  $10\text{MPa}$   
 $A = 0.56 \times 1.2 = 0.672\text{m}^2$   
 $\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \rightarrow F_{\max} = \sigma_{\max} \cdot A$   
 $= 10\,000\,000 \times 0.672$   
 $= 6\,720\,000\text{N}$

\*La section rouge la section du bloc de base qui subit la charge

Ensuite, nous avons trouvé la force maximale qui pourrait être appliquée sur chacun de nos blocs



Enfin, nous pouvons conclure qu'il n'a aucun risque que les blocs brisent même si on ajouterait beaucoup de charge sur la partie supérieure

### Test d'enfoncement

Nous avons effectué un test pour vérifier si notre ponceau allait s'enfoncer dans le sol. Selon nos recherches, l'argile, un sol faible, peut supporter  $2000 \text{ lb/ft}^2$ . Avec cette donnée nous avons déterminé que notre ponceau n'allait pas s'enfoncer.

Aire sous le bloc au bas

$$= 0.8 \cdot 1.6 + \pi \cdot 0.4^2$$

$$= 1.78 \text{ m}^2$$

masse moitié du ponceau  
= 6230 kg

$M_{\text{max}} \approx 2000 \text{ kg}$

selon nos recherches (sol argile)  
↳ pression max avant enfoncement  
= 9765 kg/m<sup>2</sup>

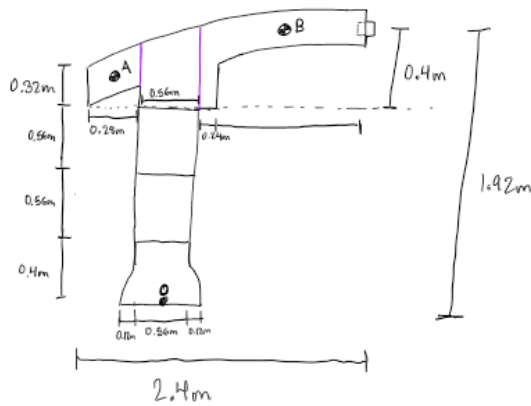
∴  $m + M_{\text{max}} = 8230 \text{ kg}$

↳  $p = \frac{8230 \text{ kg}}{1.78 \text{ m}^2} \approx 4623.6 \text{ kg/m}^2$

∴ 9765 kg/m<sup>2</sup> >> 4623.6 kg/m<sup>2</sup> donc nos poutres ne devraient pas s'enfoncer même dans un sol de faible support

## Test des encastresments de l'arc

Un test sur les encastresments de l'arc a été effectué pour déterminer si nos encastresments vont briser selon les forces exercées dessus. Nous avons estimé que notre ponceau devra soutenir un poids d'environ 2500 kg (2452.5 N). Selon nos recherches la résistance au cisaillement du béton est d'environ 5% de la résistance de compression qui est de 20 MPa (donc 1 MPa). Avec ces données nous avons déterminé que nos encastresments ne vont pas briser.



$$\text{Masse}_B = 95736.459 \text{ cm}^3 \times 2.4 \text{ g/cm}^3 \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$= 2058.8 \text{ kg}$$

$$F_B = m \cdot g$$

$$= 2058.8 \times 9.81$$

$$= 20196.828 \text{ N}$$

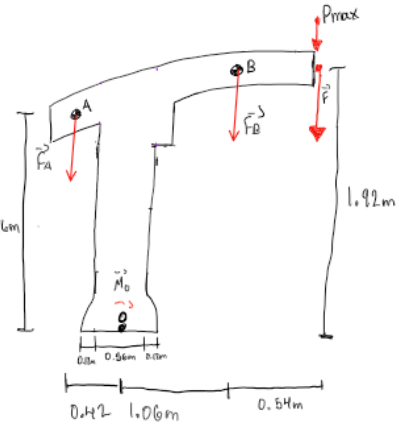
$$\text{Masse}_A = 143360 \text{ cm}^3 \times 2.4 \text{ g/cm}^3 \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$= 344.064 \text{ kg}$$

$$F_A = m \cdot g$$

$$= 344.064 \times 9.81$$

$$= 3375.27 \text{ N}$$



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

$$= 3375.27 \cdot 0.42 - 20196.828 \cdot 1.06 \text{ m}$$

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

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

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

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

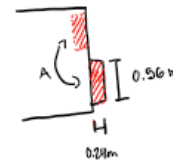
$$P_{\text{max}} = 2500 \text{ kg} \cdot 9.81$$

$$= 24525 \text{ N}$$

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

$$= 24525 + 12494.4$$

$$= 37019.4 \text{ N}$$



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

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

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

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

$$= 137720.982 \text{ Pa}$$

$$= 0.138 \text{ MPa}$$

On peut conclure que la compression maximale des encastremets est beaucoup plus petite que la compression maximale donc nos encastremets des arcs sont assez solides.

## Tests des moules

Des tests de résistance des moules ont été effectués en comparant la force que peut résister du plastique PLA ayant une épaisseur de 0.5 cm. Selon nos recherches le module de Young du plastique PLA est de 4.107 GPa. Avec ces données nous avons déterminé que nos moules ne devraient pas briser lors du coulage de béton. Ceci est le calcul du moule de l'arc seulement car les autres moules subissent moins de force en faisant le même calcul.

densité du béton  $\rightarrow 2400 \text{ kg/m}^3$

$P_u \rightarrow$  force latérale maximale

$A_1 \rightarrow$  aire surface moule

$F \rightarrow$  force de poussée maximale

$$P_u = \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 0.2 \text{ m}$$

$$= 4708.8 \text{ Pa}$$

La grande face du moule

$$F = P_u \cdot A$$

$$= 4708.8 \cdot 0.06039 \text{ m}^2$$

$$= 284.4 \text{ N}$$

module de Young du plastique PLA

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = 4.107 \times 10^9 \quad \epsilon = 0.01$$

$$\therefore \sigma = 4.107 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

estimation de l'épaisseur du moule = 0.5 cm

$$F_{\text{max}} = \sigma \cdot A_2$$

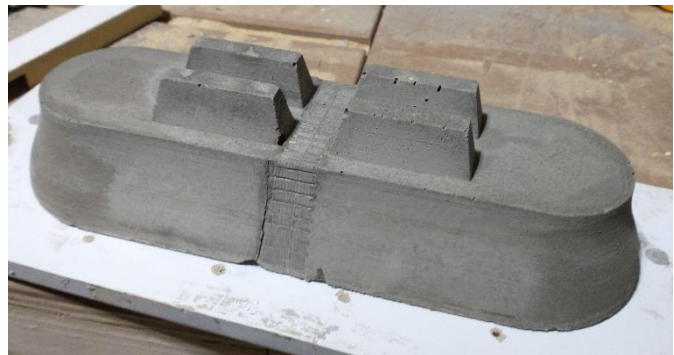
$$= 4.107 \times 10^7 \cdot 0.005 \cdot 0.00194 \text{ m}^2$$

$$= 124.029 \text{ N}$$

$\therefore F \ll F_{\text{max}}$  donc le moule sera assez solide

## Essai de coulage

Nous avons effectué un test de coulage de béton sur les moules du bloc de base en utilisant du béton à prise rapide. Nos moules ont fonctionné comme prévu cependant le ruban adhésif que nous avons utilisé pour celer la craque entre les deux pièces a laissé une marque dans le béton.



## Encastremets des blocs

Nous avons estimé que la grandeur de nos encastremets ainsi que l'angle qu'on leur a donné sera suffisante pour bloquer tout mouvement latéral qu'il pourrait y avoir causé par des forces naturelles externe.

## **7 Conclusions et recommandations pour les travaux futurs**

Ce projet a été un moyen pour approfondir nos connaissances en conception et comme tous les jours, apprendre. Durant ces 3 mois passés ; nous avons appris bien de choses et tirées des leçons de nos erreurs :

- Premièrement; lors de l'impression de nos moules pour le bloc de base, nous avons eu un souci d'impression et manque de temps pour l'impression d'un autre moule pour cette partie.

- Deuxièmement; lors de la journée de coulage de béton, un de nos moles de l'arc s'est brisé sous les vibrations de la machine qui permet d'éliminer les bulles d'air coincées entre les moules et le béton.

Afin de corriger les erreurs que nous avons omises; Nous suggérons :

- Prévoir plus de temps pour l'impression des moules afin de réduire la marge d'erreur et de pouvoir être facilement ajustable.
  - Concevoir nos moules pour l'arc des moules plus solide qui pourront supporter les vibrations.
  - Prendre plus de temps pour faire une conception écologique.

# APPENDICES

## 8 APPENDICE I: Fichiers de conception

Chaque étape de la création de notre produit a été documenté fournissant plus d'information sur notre produit. Ces documents peuvent être trouver sur notre site de MakerRepo.

Table 2. Documents référencés

Nom du document	Emplacement du document et/ou URL	Date d'émission
MakerRepo	<a href="#">FB21   MakerRepo (makerepo.com)</a>	10 avril 2022