



**uOttawa**  
**Faculté de génie**

GNG1503 – Génie de conception

Livrable K - Manuel d'Utilisateur et du Produit

Préparé par : Équipe\_FB24 :  
Rayane Oubarka  
Charbel Succar  
El Bachir Touré  
Guizem Trabelsi

Chargé du cours : Emmanuel Bouendeu  
Hiver 2022

## Table des matières

Listes des figures .....	4
Listes des tableaux .....	5
Liste des acronymes .....	6
Glossaire .....	6
1. Introduction .....	7
2. Aperçu.....	7
2.1. Conventions.....	11
2.2. Mises en garde et avertissements .....	11
3. Pour commencer .....	12
3.1. Considérations pour la configuration.....	16
3.2. Considérations pour l'accès des utilisateurs .....	17
3.3. Accéder/installation du système .....	17
3.4. Organisation du système et navigation.....	18
3.5. Quitter le système.....	20
4. Utiliser le système .....	20
4.1. Assemblage du système .....	20
4.2. Entretien du ponceau.....	23
5. Dépannage et assistance.....	23
5.1. Message ou comportements d'erreur .....	24
5.2. Considérations spéciales .....	24
5.3. Entretien.....	25
5.4. Assistance .....	25
6. Documentation du produit .....	25
6.1. Étape1 : Conception du prototype.....	26
6.2. Étape2 : découpe des faces des moules.....	27
6.3. Étape3 : assemblage des moules .....	28
6.4. Étape4 : Moulage du béton et murissement.....	29
6.5. Nomenclature des matériaux .....	29
6.6. Liste d'équipements.....	30
6.7. Instructions .....	30

6.8. Essais et validation .....	33
7. Conclusion et recommandation pour les travaux futurs .....	36
8. Bibliographie .....	37
9. Appendice1 : Fichiers de conception .....	37
10. Appendice2 : dessin techniques .....	37
Annexes : lien pour l'instantanée WRIKE.....	37

## Listes des figures

Figure 1 Dessin d'assemblage du concept final .....	9
Figure 2 -prototype final assemblé.....	10
Figure 3 Diagramme à flèche pour le ponceau .....	11
Figure 4 étape 1 d'assemblage.....	14
Figure 5 étape 2 d'assemblage .....	14
Figure 6 étape 3 d'assemblage.....	15
Figure 7 étape 4 d'assemblage .....	15
Figure 8 Assemblage final .....	16
Figure 9 forme du remblai sur le ponceau.....	17
Figure 10 Pièce PB1 .....	18
Figure 11 Pièce PM1 .....	18
Figure 12 Pièce PH1 .....	19
Figure 13 Pièce PT1 .....	19
Figure 14 modélisation de l'assemblage .....	20
Figure 15 Modélisation de l'assemblage 2 .....	21
Figure 16 Dimension de prototype final .....	26
Figure 17 La modélisation des moules .....	26
Figure 18 la modélisation de la découpe des moules .....	27
Figure 19 la modélisation de la découpe des surfaces planes des moules .....	28
Figure 20 Les surfaces découpés par la découpeuse laser .....	28
Figure 21 Modélisation des pièces du ponceau .....	30
Figure 22 Les surfaces découpés par la découpeuse laser .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 23 Les découpe des surface des moules .....	31
Figure 24 Plaque de MDF découpée .....	31
Figure 25 Moules assemblés ou en cours d'assemblage.....	32
Figure 26 béton coulé en cours d décoffrage .....	32
Figure 27 les moules après décoffrage.....	33
Figure 28 point faible du démoulage .....	33

## Listes des tableaux

Tableau 1 Besoins interprétés et leur classement selon importance .....	8
Tableau 2 les points fort du concept final .....	9
Tableau 3 Éléments du ponceau final .....	12
Tableau 4 Étape d'assemblage.....	21
Tableau 5 Action a faire pour les défauts .....	24
Tableau 6 Nomenclature du prototype final .....	29
Tableau 7 Tests pour le prototype final.....	36

## Liste des acronymes

<b>Acronyme</b>	<b>Définition</b>
MDF	Un panneau de fibres à densité moyenne

## Glossaire

Tous les termes utilisés ont été simplifiés et on ne trouve pas des termes.

<b>Terme</b>	<b>Acronyme</b>	<b>Définition</b>

## 1. Introduction

Dans le cadre du cours de GNG1503, nous avons eu avec mon équipe FB24, une proposition du client Northex Environnement inc. pour conceptualiser un produit avec leur production de béton recyclable.

Notre client est spécialisé dans le traitement des sols contaminés, le plus souvent enfuis sans aucun traitement, ils causent un risque de pollution secondaire, les terrains aménagés pour l'enfouissement sans de plus en plus rare et la vision de Northex est de traiter ces sols et en extraire des matériaux recyclés pour les utilisés en construction.

Nous avons choisi de concevoir un ponceau avec les exigences de Northex qui sont d'avoir un ponceau avec 100% de leur béton recyclé, en concevant un moule et un design modifiable en hauteur et largeur pour traverser des faussés pour un usage léger.

Dans ce contexte, nous avons conçu un ponceau de béton modulaire pouvant être modifié en largeur et hauteur, pour traverser un fossé de largeur variée. Le produit sera destiné à un usage léger, par exemple passage de piétons, voitures de golf ou tracteur agricoles. Avec un budget de 100 dollars.

Ce document a pour but de résumer le processus pour permettre une manutention, l'installation, l'usage et le maintien du produit construit.

Il permet aussi de bien Ce rapport comporte une explication du problème, les besoins de l'utilisateur, une description du prototype conçu, comment utiliser le dispositif, le dépannage et l'assistance, une liste des matériaux utilisés, les instructions, l'essai et validation ainsi que des recommandations de travail future.

## 2. Aperçu

On a réussi dans le cadre de ce projet de répondre aux attentes du client et de proposé une solution viable innovatrice et immédiatement commercialisable avec le béton recyclé.

Cette solution est très importante car elle contribue à utiliser un béton issu des matériaux recyclé des sols contaminés, ce qui réduit considérablement la proportion des sols contaminés enfuit, qui résout le problème de nombre des sites d'enfouissement de plus en plus réduits.

Il faut aussi considérer qu'enfuir des sols contaminés sert essentiellement à déplacer les sols contaminés sans traitement la plupart du temps, ce qui constitue un problème environnemental très conséquent.

Sur une vision commerciale ce produit permettra au client d'empocher des bénéfices considérables puisque Northex transformera elle-même de béton pour y rajouter de la valeur ajoutée, avec une marge de bénéfice conséquente, l'aspect modulaire du ponceau et des moules conçus pour être utilisés plusieurs fois constituant une énorme par de bénéfices puisque plusieurs pièces se répètent pour constituer le ponceau final et les moules aussi. (Plus de détail suivront)

Lors de la première rencontre avec le client on a dégagé les besoins suivants :

Le tableau suivant énumère et classe les besoins interprétés selon leur importance avec :

Critique : 5

Très désirable :4

Bien mais n'est pas nécessaire :3

Pas Important : 2

Indésirable : 1

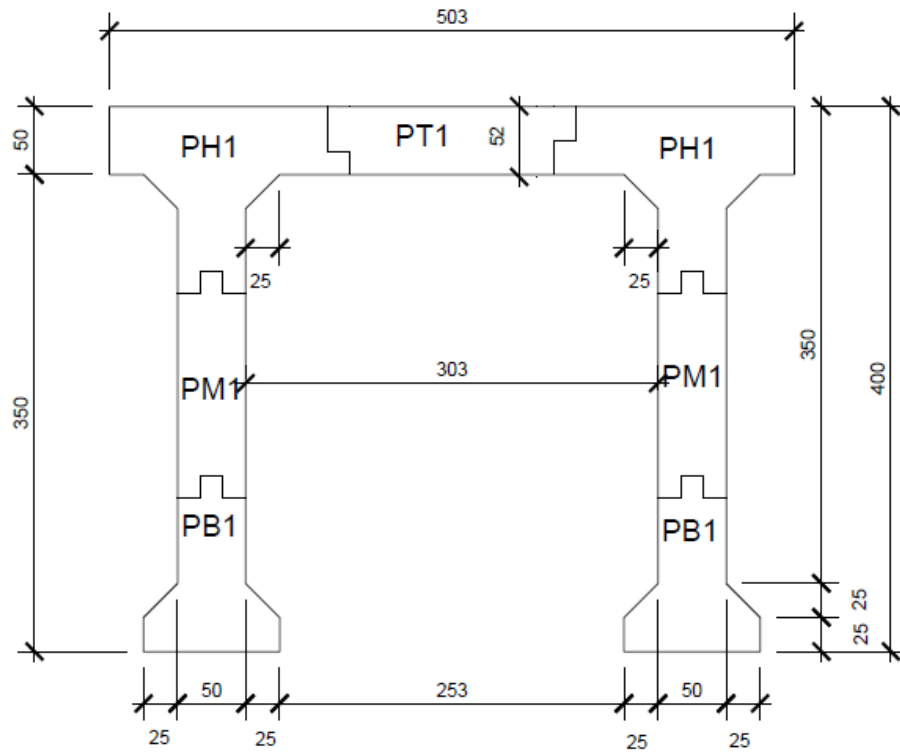
Le classement sur la dernière colonne.

Tableau 1 Besoins interprétés et leur classement selon importance

Numéro	Besoin	Importance
1	Le ponceau est immédiatement commercialisable.	4
2	Le design du produit est simple.	4
3	Le ponceau est facile à construire, démonter et reconstruire	4
4	Le ponceau sera destiné à un usage léger (passage de piétons, voiturettes de golf ou tracteur agricole).	5
5	Le prototype est à l'échelle de 1/8 avec un volume de béton de 15 litres (distances entres les coulés 30 cm).	5
6	Le ponceau sera entièrement fabriqué avec du béton recyclé de chez Northex.	5
7	Le ponceau et le moule seront modulaires et multifonctions.	4
8	Le moule sera facile à reproduire et une construction économique.	4
9	Le ponceau est sécuritaire.	5
10	Le design du ponceau est innovant et durable	3
11	Le premier prototype sera finalisé pour revu dans 1.5 mois.	5
12	Le ponceau résiste aux contraintes extérieures (froid, vents, séisme et agression chimiques possibles)	4
13	Les pièces sont emboitables	3
14	Les pièces du ponceau tiennent en compte l'emplacement des encrages (pour la fixation)	2
15	Le design du ponceau prévoit des systèmes de fixation pour manutention.	2
16	Le ponceau intègre un système d'évacuation d'eau et de filtration mécanique des autres déchets	2

Notre ponceau formé par 7 pièces était conçu pour être le meilleur parmi tous les autres présentés pour le même problème, on a mis l'emphase sur la modularité des pièces (trois pièces se répètent deux fois) donc pas besoin de plusieurs postes de fabrication pour bâtir le ponceau. Aussi un des moules est modifiable pour faire une autre pièce, voici notre concept final :





**PLAN D'ASSEMBLAGE**

1:5

VOLUME= 0.0088 m<sup>3</sup> = 8.8 L

POID = 19.5 Kg

Figure 1 Dessin d'assemblage du concept final

Les points fort de notre concept se résument dans le tableau suivant :

Tableau 2 Les points fort du concept final

Exigences- points forts	Réalisation dans le concept final
Modularité	Longueur modifiable Largeur modifiable
Sécuritaire	Stabilité accru – bases larges Largeur et hauteur proportionnelles. Tablier soutenu par les piler en T pour plus de résistance aux contraintes et des charges.

Simplicité	Aucune forme arrondie ou en courbe. Formes faciles à fabriquer et à transporter. Immédiatement commercialisable.
Originalité	Pas de produits semblables sur le marché, souvent des ponceaux entiers en arc pas modulaire. (Encombrant à transporter)
Impact sur l'environnement	100% Béton recyclé  La forme se fond dans le paysage et conçue pour ne pas impacter le flux de l'eau en contrebas.

Notre prototype final :



Figure 2 -prototype final assemblé

Notre ponceau est conçu pour être fonctionnel et modulaire, on l'a pensé pour permettre à l'utilisateur de traverser un petit faussé de façon sécuritaire pour une période de temps assez longue par rapport au concurrents.

Dans la figure précédente on peut voir clairement que notre ponceau est formé entièrement de béton non armé, constitué de sept pièces de forme droite simples assemblés en arc, la superposition horizontale nous permettra de former un ponceau pour traverser un faussé. Les pièces du ponceau s'emboîtent naturellement grâce au rainure présentes par la conception, on peut y rajouter de l'époxy ou des ancrages pour les bien fixés dans la forme complète.

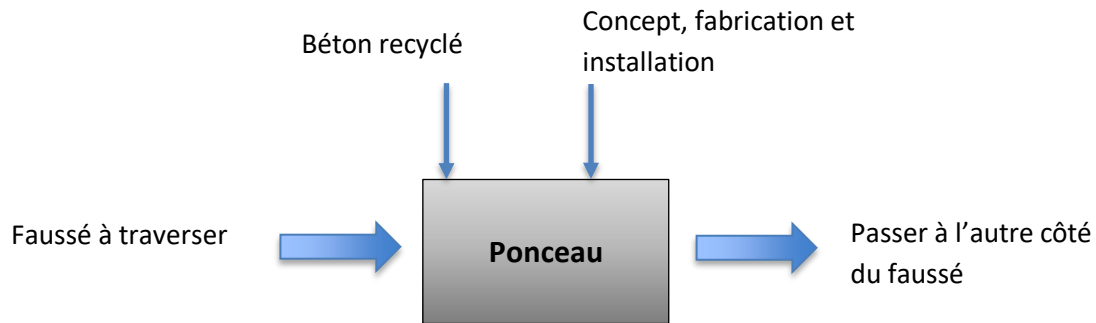


Figure 3 Diagramme à flèche pour le ponceau

## 2.1. Conventions

Ce document est écrit d'une façon que la majorité peut le lire et le comprendre sans avoir des connaissances techniques poussées, et on a posé des conventions pour attirer l'attention sur des points importants.

En commençant la phrase par les termes suivants on met en surbrillance les points suivants :

- « AVERTISSEMENT » : permet d'attirer l'attention sur un avertissement sur la fabrication, installation ou fabrication.
- « CONDITION » : permet d'attirer l'attention sur une condition nécessaire sur la fabrication, installation ou fabrication.
- « ACTION » : permet d'attirer l'attention sur une action nécessaire sur la fabrication, installation ou fabrication.
- « DOCUMENTATION » : permet d'attirer l'attention que dans le point traité il faut consulter la documentation technique nécessaire sur la fabrication, installation ou fabrication.

## 2.2. Mises en garde et avertissements

Avant d'installer le ponceau il faut bien inspecter les différentes pièces et les faire inspecter par un spécialiste.

« AVERTISSEMENT » les dessins techniques accompagnant les différentes pièces doivent être scellés et signés par un ingénieur structure agréé.

Il faut aussi inspecter visuellement en cherchant tout particulièrement les défauts de fabrication, démoulage comme des fissures, des bulles d'air formées lors du moulage du béton, des coins manquants...

« AVERTISSEMENT » il faut inspecter les coins et s'assurer qu'ils sont arrondis de 15mm.

Les pièces du ponceau sont conçues pour s'emboîter parfaitement ensemble, donc si une difficulté d'assemblage se présente, il faut contacter l'entreprise de fabrication (dans notre cas Northex).

Il faut bien inspecter et préparer le sol avant d'installer le ponceau.

« ACTION » il faut préparer le terrain pour l’installation du ponceau, il faut excaver le sol jusqu’au sol non remanié et tassé a l’entour par un rayon de 1.5 m selon les dimensions du ponceau.  
Il faut en tous cas il faut documenter et consulter et avertir Northex pour chaque point si dessus.

### 3. Pour commencer

Après la passation d’une commande chez le client, notre produit sera livré dans une semaine maximum avec le manuelle d’utilisation suivant.

- 1ère étape : les produits livrés seront :

4 tubes d’époxy, pour la fixation les pièces

7 pièces en béton de pour formés le ponceau

1 outil a tassement pour préparation du sol

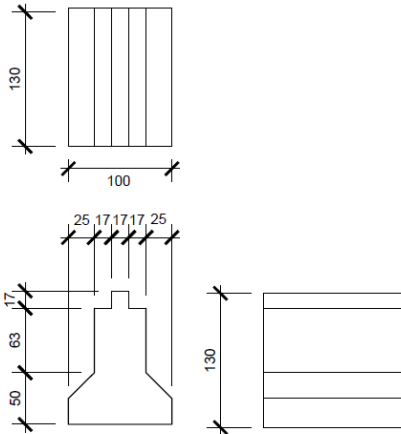
1 outil de mesure et un niveau horizontal

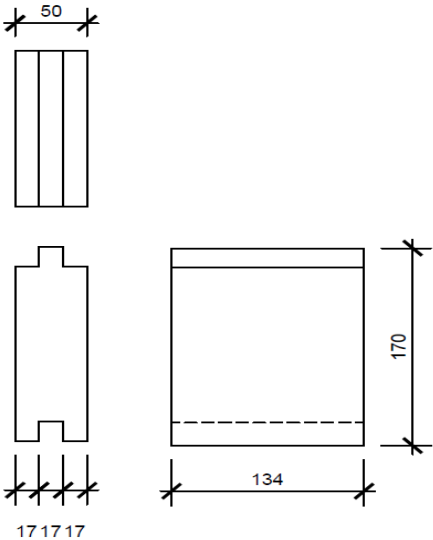
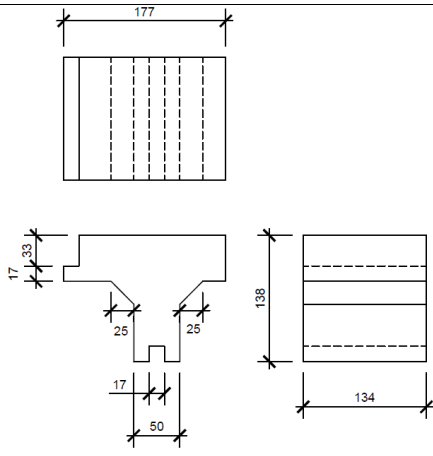
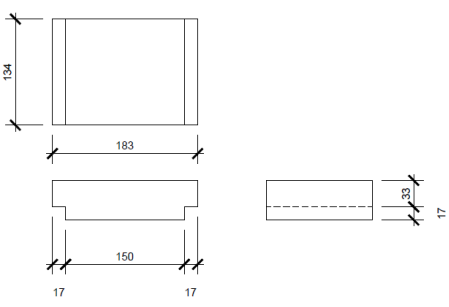
Il faut vérifier lors de la livraison que les éléments de la liste précédentes sont présents.

- 2ème étape : faire appel un une petite grue pour transporter les pièces du ponceau.
- 3ème étape :

S’assurer avant l’assemblage qu’on a tous les éléments suivants avec les dimension adéquates :

Tableau 3 Éléments du ponceau final

Numéro des pièces	Description du changement	Illustration
PB1 – revision02	Pièce qui sera en contact avec le sol, élargie en bas pour assurer plus de surface de contact et stabilité, sera produite en 2 pour les deux culées du ponceau, les dimensions de toute la pièce sont réduites et révisées.	 <p>PB1 - NOMBRE 2</p> <p>1:5</p>
PM1- revision02	Pièce du milieu de la culée qui assure l’adhésion des pattes avec le tablier à l’aide	

	<p>d'une rainure carré, sera fabriquée en double pour les deux culées, la révision est faite dans les dimensions des rainures et la hauteur de la pièce.</p>	 <p><b>PM1 - NOMBRE 2</b> 1:5</p>
<p>PH1 - revision02</p>	<p>Pièce du coin qui assure le maintien de la pièce du milieu du tablier. Sera fabriqué en double aussi pour les coins droits et gauches, on a augmenté la largeur pour produire un contrepoids pour plus de stabilité suivant les recommandations du client.</p>	 <p><b>PH1 - NOMBRE 2</b> 1:5</p>
<p>PT1 - revision02</p>	<p>Pièce centrale du tablier repose sur les deux pièces du coin. Sera fabriqué en pièce unique. La hauteur, la largeur et l'épaisseur sont modifiées pour correspondre aux nouveaux changements.</p>	 <p><b>PT1 - NOMBRE 1</b> 1:5</p>

- 4ème étape : consolider les rives excavés le temps d'installation du ponceau pour éliminer les risques d'écoulement.
- 5ème étape : faire l'assemblage des deux pièces du bas comme suit.

Les deux pièces du bas avant :

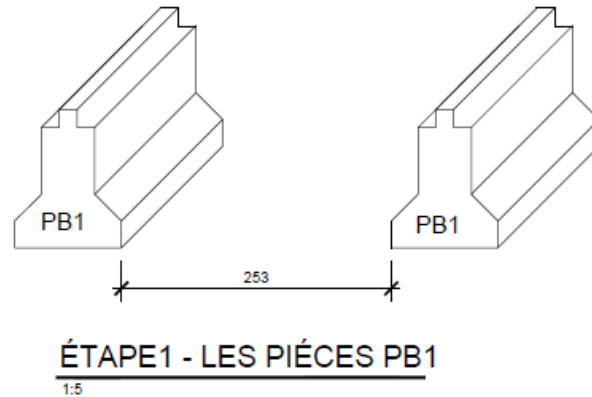


Figure 4 Étape 1 d'assemblage

Superposé ensuite les deux pièces de milieu des piliers PM1 sur les pièces précédentes, ne pas oublier de mettre de l'époxy entre les pièces, comme illustré dans la figure suivante :

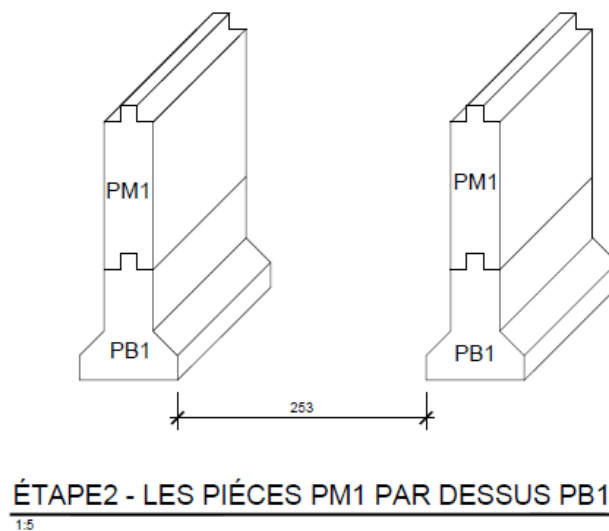


Figure 5 Étape 2 d'assemblage

Superposé ensuite les deux pièces de haut des piliers PH1 sur les pièces précédentes, ne pas oublier de mettre de l'époxy entre les pièces, comme illustré dans la figure suivante :

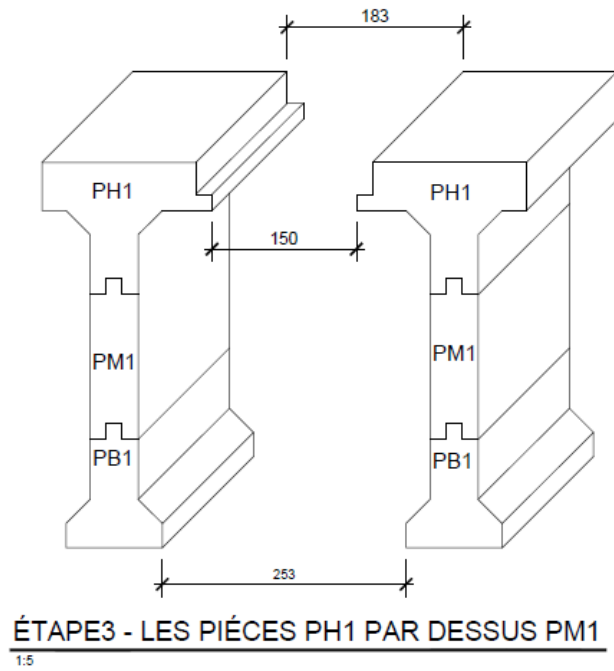


Figure 6 Étape 3 d'assemblage

Superposé ensuite La pièce du milieu des piliers PT1 sur les pièces précédentes, ne pas oublier de mettre de l'époxy entre les pièces, comme illustré dans la figure suivante :

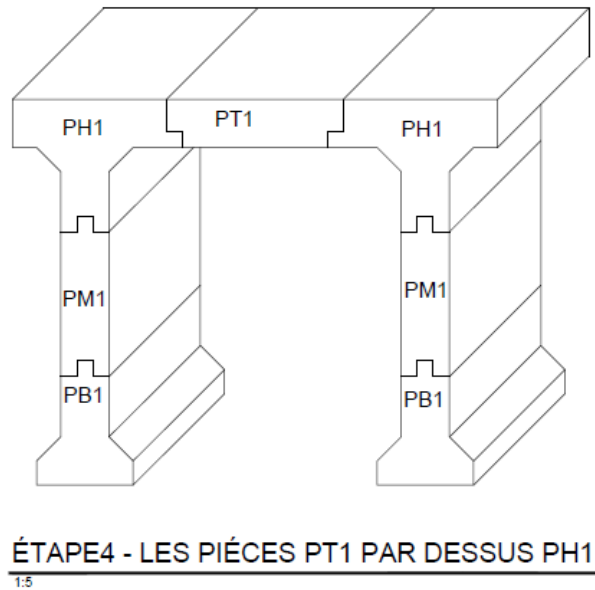


Figure 7 Étape 4 d'assemblage

À la fin on aura le produit final comme suit :

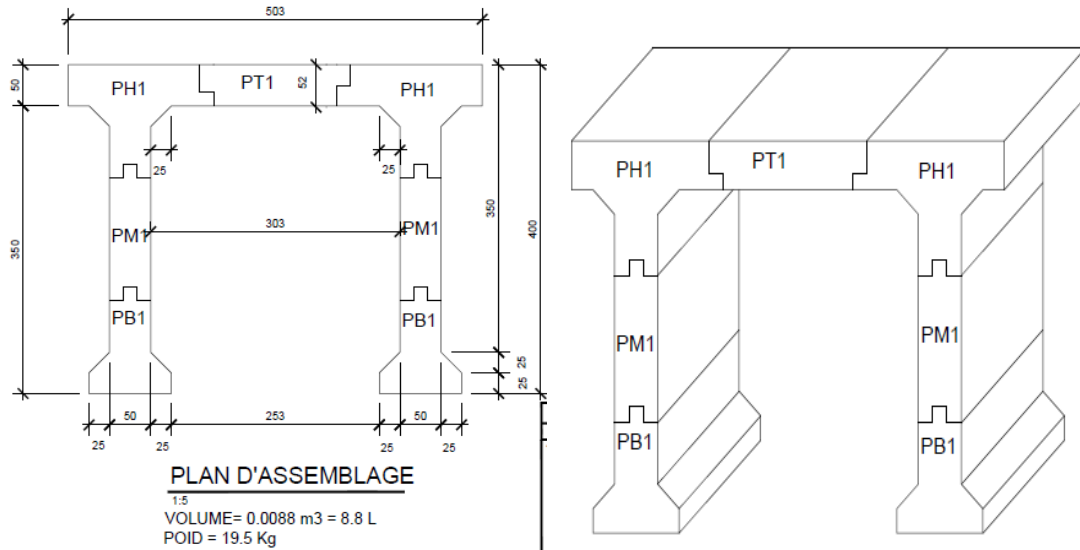


Figure 8 Assemblage final

### 3.1. Considérations pour la configuration

Suite de l'assemblage du ponceau, il faut considérer de ne pas l'utiliser pour au moins deux semaines, c'est le temps pour s'assurer que le l'assemblage est bien fait et que l'affaissement naturel est accompli.

Cette période sert aussi à finaliser le séchage de l'époxy et assurer une fixation optimale.

Il faut aussi réclamer la visite d'un spécialiste, la société Northex engagera un spécialiste pour inspecter et valider que le ponceau est sécuritaire à utiliser et que l'assemblage a été effectué dans les règles de l'art.

Effectuer un remblai suivant les normes de construction en vigueur dans la municipalité concernée, pour plus de détail en avvertir le spécialiste de Northex mandaté pour le projet.

La couche de remblais est d'au moins 300mm comme suit, qui s'étale sur les deux rives avoisinantes du ponceau.



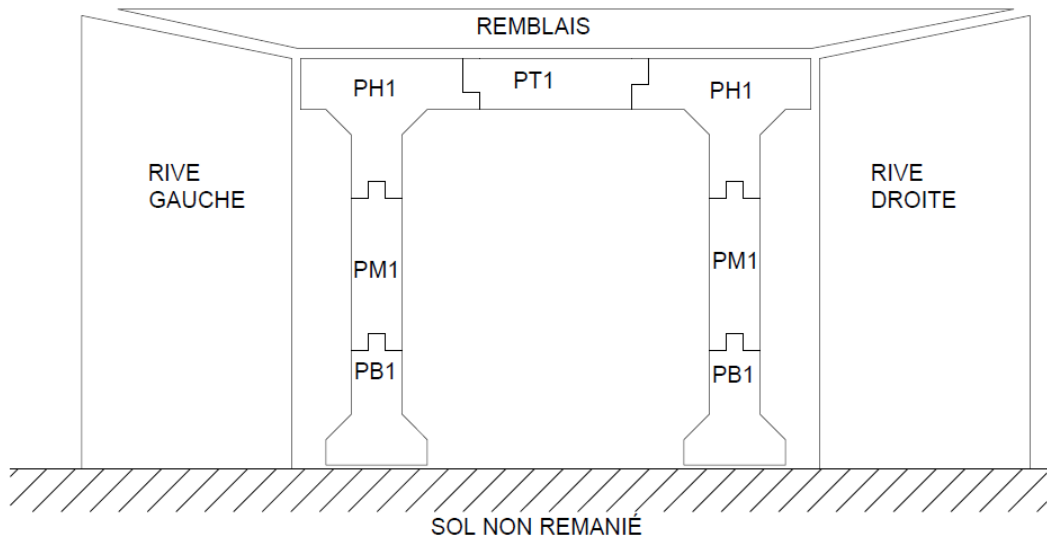


Figure 9 Forme du remblai sur le ponceau

Il faut s'assurer que le niveau de la route à droite et à gauche du ponceau est continue, la continuation de l'élévation sera assurée par un relevé effectué par un technicien en génie civil d'un firme conseil.

### 3.2. Considérations pour l'accès des utilisateurs

« AVERTISSEMENT » Le ponceau est conçu pour un usage léger uniquement.

Il faut impérativement signaler la capacité maximum du ponceau par un panneau de signalisation 10m avant l'entame du ponceau.

Les utilisateurs du ponceau sont des voiturettes de golf, des piétons des cyclistes, aussi des véhicules de déplacement unitaire sans remorque.

Des rampes et une main courante doit être installé par tier si la hauteur utiliser est plus que 1.5m pour protéger les pétants.

### 3.3. Accéder/installation du système

L'accès au ponceau est en général à accès public sans restriction (à par celle du chargement léger), sauf si installer dans une propriété privée.

Il faut suivre rigoureusement l'installation décrit précédemment est assurer l'inspection et la surveillance pour une première période de 6mois.

La durée de vie calculé du ponceau est de 50ans avec un entretien régulier.

### 3.4. Organisation du système et navigation

Les pièces du ponceau sont sept pièces comme suit

- Deux pièces du bas PB1 du pilier avec les dimension suivantes, formé avec du béton recyclé de Northex.

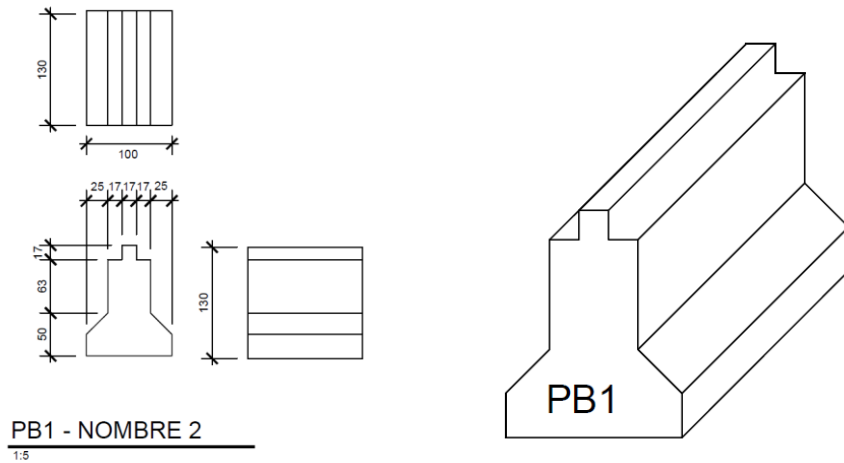


Figure 10 Pièce PB1

- Deux pièces du milieu PM1 du pilier avec les dimension suivantes, formé avec du béton recyclé de Northex.

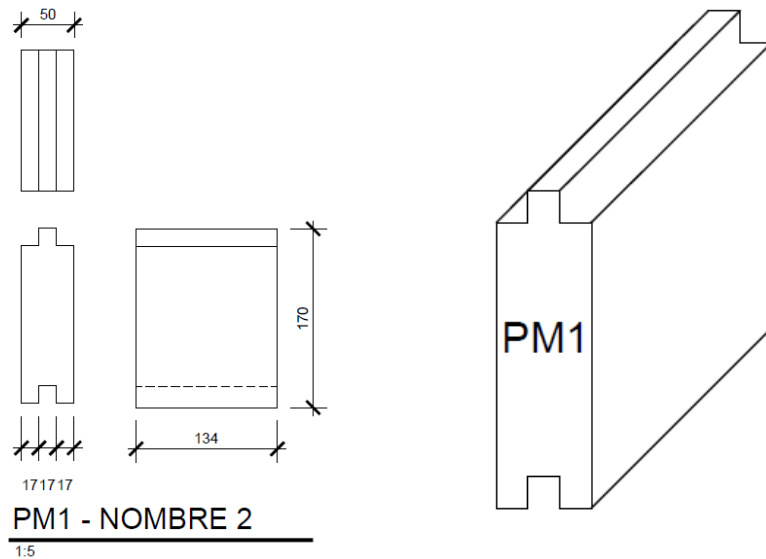


Figure 11 Pièce PM1

- Deux pièces du haut PH1 du pilier avec les dimension suivantes, formé avec du béton recyclé de Northex.

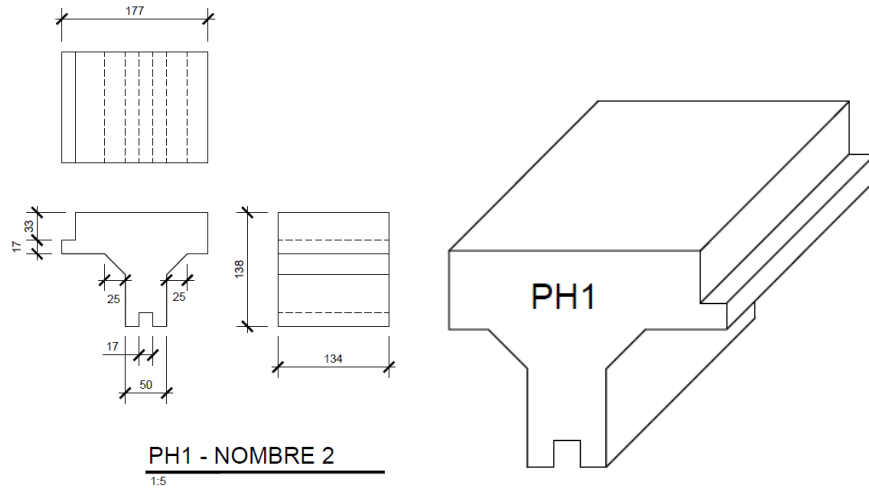


Figure 12 Pièce PH1

- Deux pièces du haut PH1 du pilier avec les dimension suivantes, formé avec du béton recyclé de Northex.

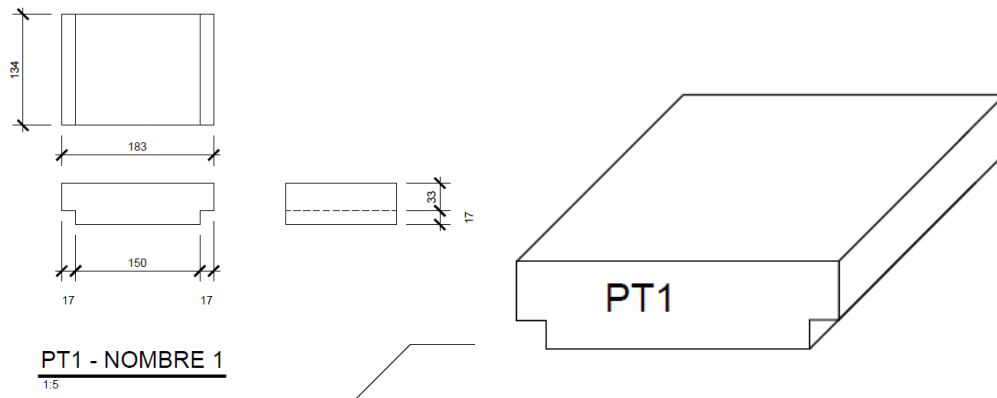


Figure 13 Pièce PT1

Toutes les pièces s'emboîtent parfaitement est ne nécessite pas un autre entretien ou programmation quelconque.

### 3.5. Quitter le système

Après que le temps d'utilisation est terminé il faut se débarrasser du reste du ponceau comme convenu dans les règlements municipaux.

Il est considéré comme déchet de construction et doit être considéré comme tel, doit être recyclé si possible par une firme reconnue ou être traité et enfuit dans les site spécialisé et désigné par les autorités compétentes.

Le transport des restes doit être effectué avec précaution, pour éliminer les risques de danger pour la santé (se munir des équipements de sécurité par exemple), il faut aussi s'assurer de consolider les rives le temps de remplacement du ponceau.

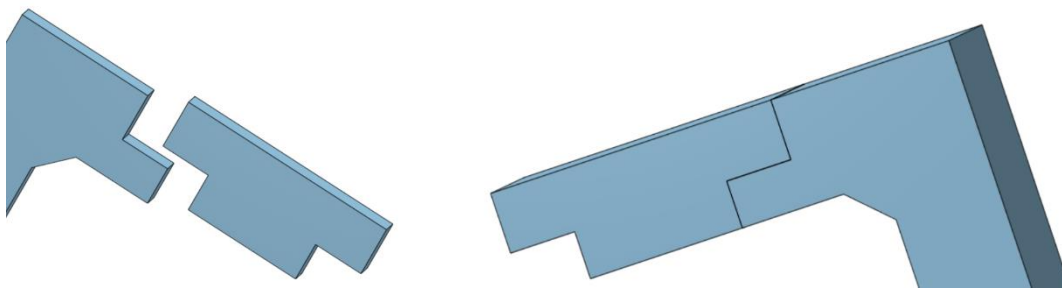
## 4. Utiliser le système

Le ponceau a une interaction limitée avec l'utilisateur, ça se limite à l'installation, et après coup l'entretien.

### 4.1. Assemblage du système

Notre produit est un ponceau en béton qui peut traverser des fosses mais aussi a pour utilité la traversé de piétons, voitures de golf : en gros destiné à un usage léger. La principale fonctionnalité de ce produit est l'assemblage

L'assemblage permet de relier les différentes parties du ponceau afin de former un seul produit. Le ponceau est constitué de module qui peuvent être modifié en longueur et en largeur permettant à l'utilisateur d'ajuster les dimensions selon ses besoins. L'assemblage se fait grâce aux pièces emboîtables illustrés comme suit :



*Figure 14 Modélisation de l'assemblage*

Chaque pièce est construite de façon qu'elle puisse s'emboîter avec une autre pièce facilement ce qui permet un assemblage facile du ponceau

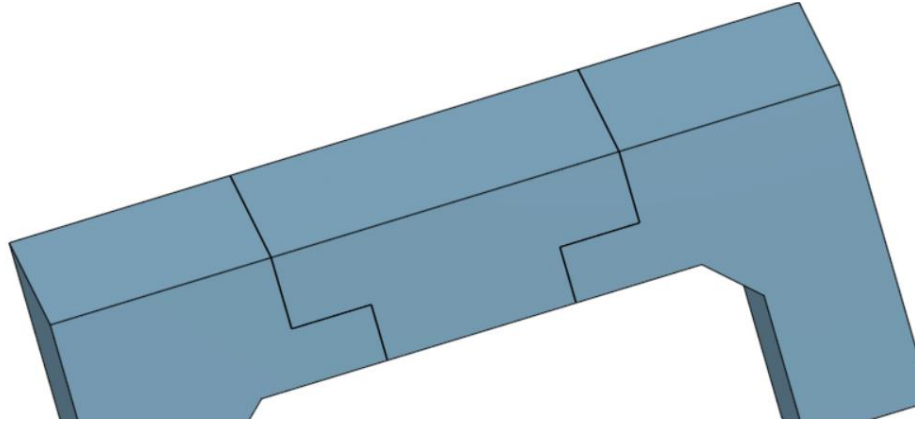


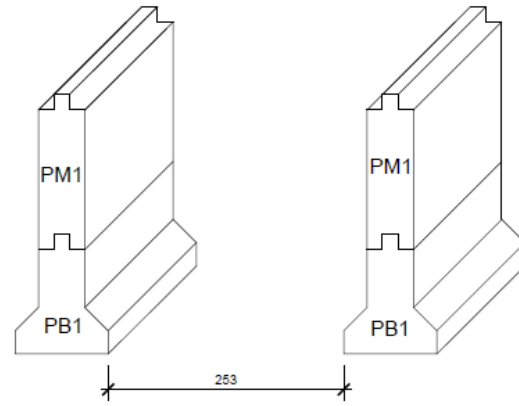
Figure 15 Modélisation de l'assemblage 2

L'assemblage des pièces était détaillé dans le rapport au paravent, on dresse le tableau suivant pour un résumé du procédé :

Tableau 4 Étape d'assemblage

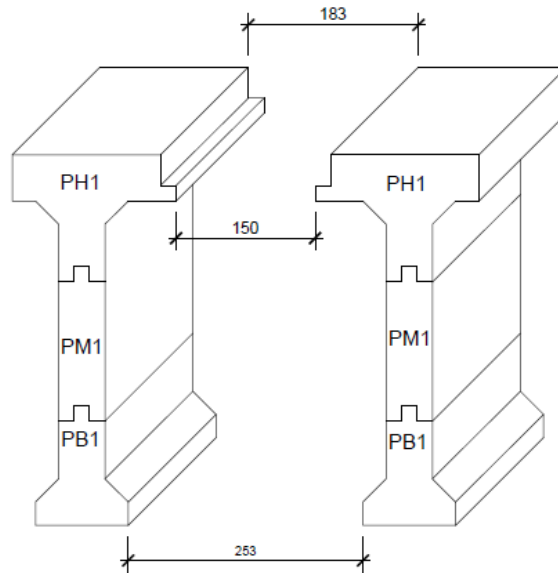
Numéro d'étape d'assemblage	Dessin explicatif
1 <sup>ière</sup> étape	<p style="text-align: center;"><b>ÉTAPE1 - LES PIÈCES PB1</b> 1:5</p>

2ième étape

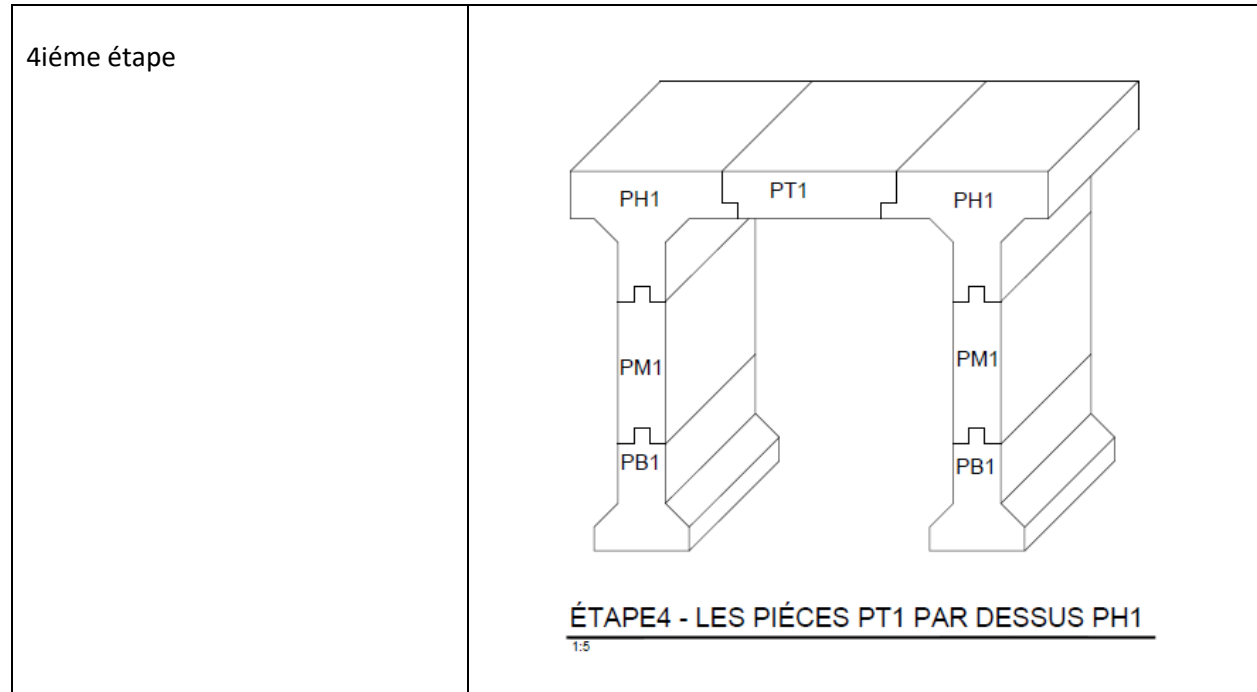


ÉTAPE2 - LES PIÈCES PM1 PAR DESSUS PB1  
1:5

3ième étape



ÉTAPE3 - LES PIÈCES PH1 PAR DESSUS PM1  
1:5



#### 4.2. Entretien du ponceau

Il est conseillé de faire des inspections régulières tous les ans pour s'assurer du bon fonctionnement du ponceau et que l'environnement n'exerce pas une action destructive au cours du temps. Faire des tests avec des ondes ultrasonique pour détecter des fissures intérieures, ou des trous intérieurs.

Documentation du ponceau doit être complète est à jour, comme le manuelle d'entretien. Le ponceau doit être en bonne état générale et une inspection visuelle régulière est suggérer. Les rives de deux côtés du ponceau sont aussi à surveiller pour ne pas être aussi affecter par les éléments environnementaux, comme écoulement de la terre par exemple

À la suite des évènements climatique (comme inondation, séisme ...) il faut aussi vérifier la structure du ponceau.

Si on remarque une détérioration du ponceau par rapport à son état initial il faut prévoir une rénovation ou une action corrective superviser par des professionnelles. (Voir la section prochaine)

#### 5. Dépannage et assistance

Les pièces ont été construit pour s'emboîter facilement avec des mesures très précises pour chaque pièce. Ainsi toute déformation des parties qui permettent d'assembler les pièces peuvent empêcher l'assemblage des parties. Dans ce cas, l'utilisation d'époxy serait une très bonne solution permettant de corriger les parties affectées.

### 5.1. Message ou comportements d’erreur

En cas de présence d’une anomalie il faut contacter le service d’assistance pour l’entretien au plus vite.

Tableau 5 Action à faire pour les défauts

Défaut	Action à faire
Apparition des fissures inférieure a 30mm Apparition des trous de diamètre inférieur à 20mm de profondeur inférieure à 10mm.	Surveiller plus souvent (une fois par mois) les fissures/trous si une augmentation survient il faut passer à la ligne suivante.
Apparition des fissures de plus de 30mm de longueur et avance une profondeur de 10mm ou plus.	Il faut contacter le service d’entretien de Northex (ou autre firme de conseil spécialisé) dans les brefs délais.
Apparition d’une fissure qui parcourt toute la largeur /longueur.	Immédiatement contacter le service d’assistance et d’entretien.
Inclinaison du ponceau par rapport à sa position initial, inclinaison plus grande que 5deg	Immédiatement contacter le service d’assistance et d’entretien.
Inflexion au niveau de du milieu du ponceau de plus de 30mm	Immédiatement contacter le service d’assistance et d’entretien.
La charge sur le ponceau augmente à cause des rivée de deux côtes du ponceau.	Immédiatement contacter le service d’assistance et d’entretien.

### 5.2. Considérations spéciales

En utilisation normale de ponceau, il tiendra plus que la durée de vie prévue, si un évènement exceptionnel comme une charge plus que 1.5 fois plus grande que la charge initiale prévu (300kg x 1.5) il faut, même s'il n'y a pas de dégât parant, amorcer une inspection faite par des professionnelles. Les évènements nécessitant des inspections (liste non exhaustive) :

- Charge exceptionnelle de plus que 1.5 \*300kg
- Séisme de plus que 5 degrés sur l’échelle de Richter.
- Une tornade ou vents localisés de plus que 250km/h.
- Pluie de forte de durée longue exceptionnellement.
- Tout autre évènement susceptible de changer la forme la structure les éléments constituant le ponceau.

Pour allonger la durée de vie du ponceau on suggère de :

- Éviter des chocs plus que la charge conseillée.
- Afficher des consignes claires interdisant les chargements supérieurs que conseillé.
- Éviter l’utilisation le ponceau autre que pour son but spécifique



### 5.3. Entretien

Le produit doit faire l'objet d'entretien régulière afin d'éviter toute défaillance. Parmi les techniques d'entretien comme :

- Des visites régulières d'inspection chaque année.
- Entretien des rives des deux côtés, il faut défricher les sols et surveiller l'état des culées.
- Des inspections visuelles chaque 6 mois pour détecter les fissures, failles trous ou inclinaison détectable à l'œil nu.

Les visites d'entretien préventif doivent être faites par des professionnels et documentées dans le manuel d'entretien.

### 5.4. Assistance

Si un dysfonctionnement ou un défaut est détecté comme cité ci-dessus, nous offrons une assistance immédiate pour mieux cerner le problème et choisir les professionnels à contacter.

Pour toutes questions vous pouvez envoyer votre requête aux adresses courrielles suivantes :

- gtrab012@uottawa.ca
- rouba081@uottawa.ca
- csucc027@uottawa.ca
- etour101@uottawa.ca

## 6. Documentation du produit

Après un long processus de réflexion et de prototypage et de tests on a choisi de construire le prototype final avec une conception sécuritaire et innovatrice.

Notre prototype final est notre ponceau d'environ 1/8 de la taille réelle. Pour concevoir ce ponceau en béton, le plus important est de savoir comment construire ces moules. Pour ce faire, nous avons d'abord conçu les pièces du ponceau sur Onshape peut être remplacé par n'importe quel logiciel CAD).

Pour commencer à modéliser les moules sur un logiciel CAD (on a choisi le logiciel libre accès ONSHAPE) comme illustré sur les photos suivantes, on s'est assuré d'avoir le matériau approprié et les dimensions souhaitées :

La dimension totale = dimension de la pièce totale + épaisseur du MDF \*

\*-le MDF est un panneau de fibres à densité moyenne (MDF), ce matériau peut être remplacé par de l'acier ou du MDF1/4 pour des dimensions plus grandes.

### 6.1. Étape1 : Conception du prototype

Pour les dimensions du prototypes 3

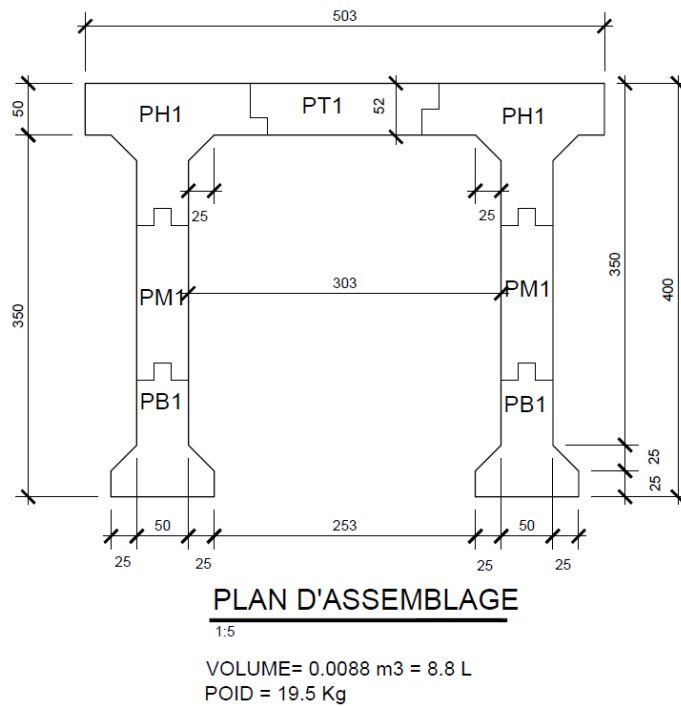


Figure 16 Dimension de prototype final

Les moules modéliser sont :

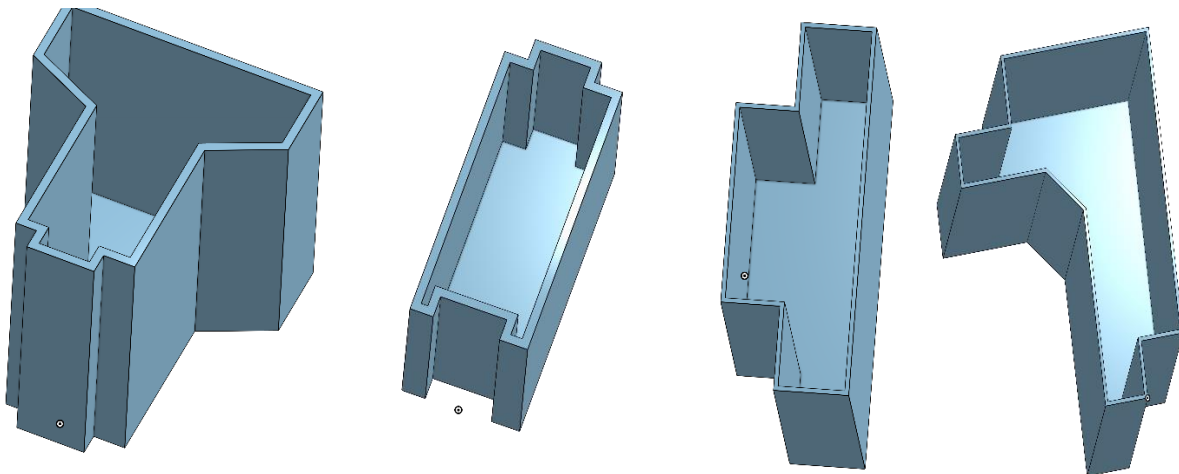


Figure 17 La modélisation des moules

## 6.2. Étape2 : découpe des faces des moules

Après la création des moules on utilise à un module de laser joint, pour faire des coupes et des rainures pour les couper à la découpe laser.

Les moules doivent être découpés en surface planes avec des rainures aux côtés pour que les surfaces s'emboîtent ensemble pour former les moules au complet avec Inskape (peut être remplacer par autre logiciel de même utilité)

On aura la modélisation suivante :

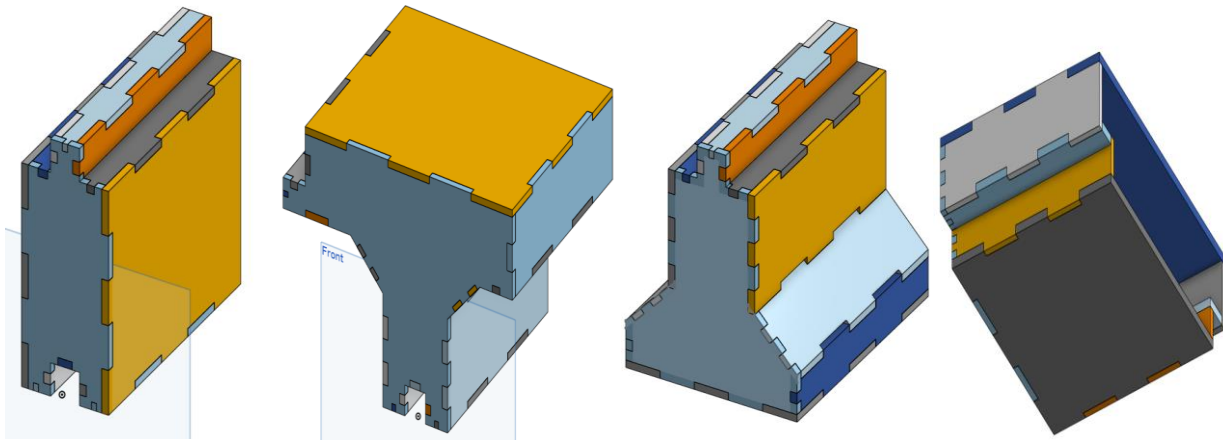
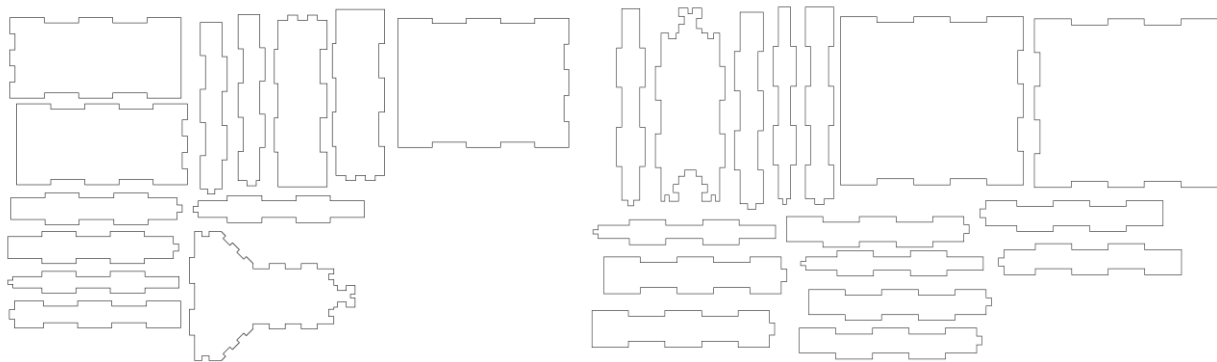


Figure 18 La modélisation de la découpe des moules

On réunit toutes les pièces des moules dans des fichiers à la même dimension que les panneaux de MDF, on aura les figures suivantes.



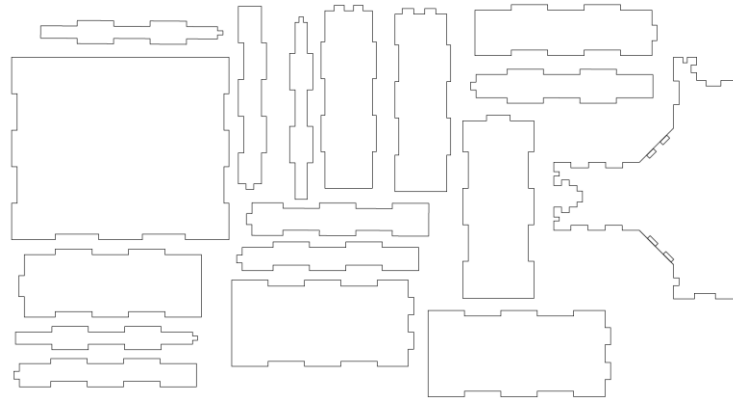


Figure 19 La modélisation de la découpe des surfaces planes des moules

Ces fichiers servent à diriger la machine de la découpe laser, et on obtient des pièces planes a la dimension désirée qui forment un énorme puzzle a assemblé comme suit :

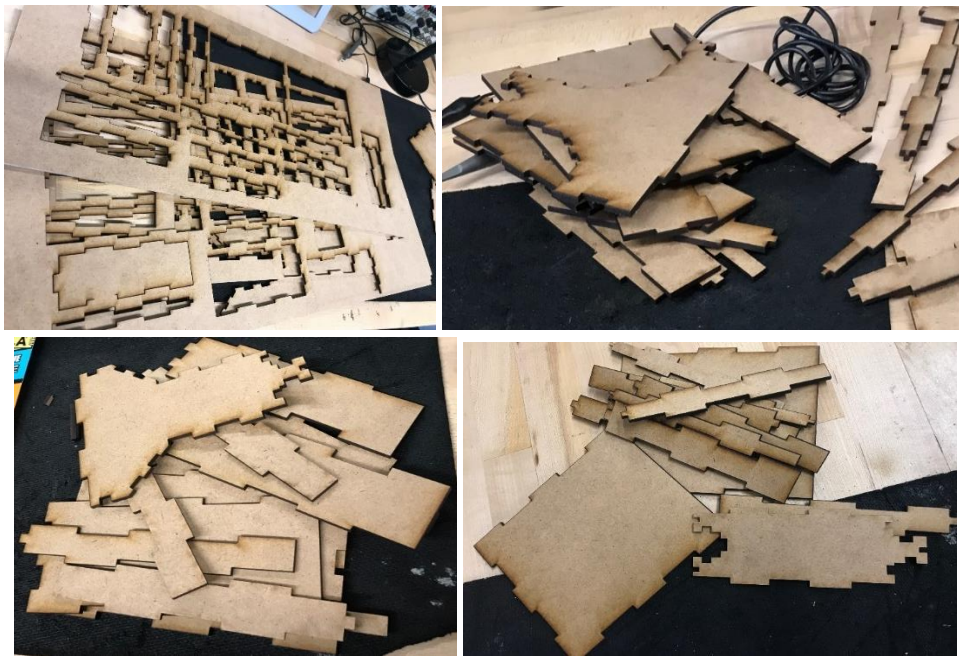


Figure 20 Les surfaces découpées par la découpeuse laser

### 6.3. Étape3 : assemblage des moules

On assemble les pièces avec de la super colle transparente et on renforce les coins avec la colle blanche durcissant pour bois on a eu après les pièces assemblées suivantes.

La colle de construction peut être remplacée par d'autres fixations comme des vises et des soudures suivant le type de matériau x pour les moules choisis.

#### 6.4. Étape4 : Moulage du béton et murissement

Donc on a construit les moules pour les coulages du béton, pour aussi effectuer les tests prévus dans le rapport précédent.

On a renforcé les moules avec du ruban collant, aussi on a rajouté de la colle blanche solidifiant pour bois pour le coulage du béton

- On après huiler les moules avec de l'huile pour empêcher le béton de coller sur les parois intérieures et faciliter le démoulage.
- On a bien huilé avec des pinceaux et une huile spéciale l'intérieur des moules, les parois intérieures ont bien absorbés l'huile donc on a rajouté une deuxième couche d'huile.
- On a après bien répartie de béton recyclé dans les moules en faisant attention de bien remplir les rainures et les coins intérieurs.
- On a mis les moules remplis de béton sur la table vibrante pour que les vibrations de la table étalent le béton à l'intérieur du moule dans les moindres coins des moules, cette étape et la plus stressante car elle démontre la solidité des moules, tout s'est bien passé pour notre équipe et tous nos moules ont tenu le coup sans une fissure ou craquage.

#### 6.5. Nomenclature des matériaux

La liste matériaux pour prototype final contient les composantes pour le prototype et les moules, ils seront plus fidèles au modèle final et les matériaux de conception plus proche du prototype final comme illustré dans le tableau suivant :

*Tableau 6 Nomenclature du prototype final*

N°	Description du composant	Quantité	Prix unitaire	Prix calculé
1	Béton de Northex recyclé	10L	0	0
2	Adhésif/super glue de construction	3	6.50\$	19.50\$
Lien	<a href="https://www.prestonhardware.com/searchresults.asp?Search=gorilla+glue&amp;Submit=">https://www.prestonhardware.com/searchresults.asp?Search=gorilla+glue&amp;Submit=</a>			
3	Instruments de mesure	1	0\$	0\$

4	Ruban adhésif	3	2.80\$	8.40\$
Lien	<a href="https://www.prestonhardware.com/searchresults.asp?Search=tape&amp;Submit=">https://www.prestonhardware.com/searchresults.asp?Search=tape&amp;Submit=</a>			
5	MDF 1/8"	5	2.50\$	12.50\$
Lien	<a href="https://makerstore.ca/shop/ols/products/mdf/v/M003-1-8-12-NCH">https://makerstore.ca/shop/ols/products/mdf/v/M003-1-8-12-NCH</a>			
6	Onshape	1	0\$	0\$
Lien	<a href="https://cad.onshape.com/">https://cad.onshape.com/</a>			
		Total	40.40\$	

Cette liste est pour un prototype d'échelle 1/24 est prendre en considération le choix de matériaux disponible et les dimensions du produit final.

#### 6.6. Liste d'équipements

La liste des instrument machine nécessaire pour la construction du produit sont :

- Machine a découpe Laser
- Machine de plaque vibrante pour des coffre à béton
- Outil de tassement a béton
- Les équipements de sécurité pour le moulage et le décoffrage du béton

#### 6.7. Instructions

On présente les étapes pour construire le système comme suit :

Étapes 1 : Produire la forme des pièces du ponceau avec Onshape

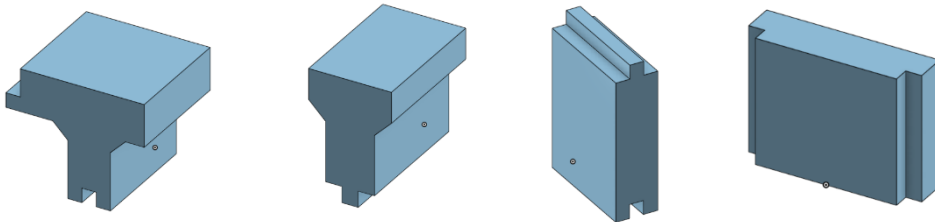


Figure 21 Modélisation des pièces du ponceau

Étape 2: Utiliser l'outil « Laser Joint » pour produire des pièces emboitables ensemble.

Étape 3 : Utiliser la fenêtre « Create Drawing... » pour produire un fichier svg pour la découpe laser avec les faces des pièces de l'étape 2

Étape 4 : Changer l'épaisseur des lignes pour 0.001 in avec Inkscape et exporter au format PDF (Utiliser 600 DPI de résolution)

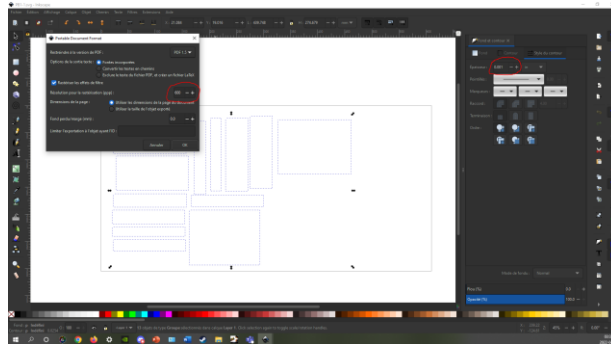


Figure 22 Les découpe des surfaces des moules

Étape 5 : Utiliser la découpe laser pour découper les pièces



Figure 23 Plaque de MDF découpée

Étape 6 : Coller les pièces ensemble avec de la colle extra forte



*Figure 24 Moules assemblés ou en cours d'assemblage*

Étape 7 : Appliquer de l'huile à moteur sur les moules pour les préparer au coulage de béton

Étape 8 : Couler le béton dans les moules en utilisant des piques pour bien compresser le béton et faire sortir les bulles d'air



*Figure 25 Béton coulé en cours d décoffrage*

Étape 9 : Mettre les moules sur la table vibrante comme dernière étape pour s'assurer de la bonne application du béton

Étape 10 : Laisser le béton sécher pendant au moins 24h, mais préférablement plus de 48h

Étape 11 : Démouler les pièces de béton des moules





Figure 26 Les moules après décoffrage

### 6.8. Essais et validation

Aucun essai n'a été effectué sur le prototype. La conception finale n'est pas viable. En effet, le prototype final n'est pas assemblable puisque les extrémités de chaque pièce qui servent de connexion les unes entre les autres ne sont pas fonctionnelles. Cela est dû au fait que la taille des moules était trop petite empêchant le béton de bien le remplir dans les régions encerclées ci-dessous.



Figure 27 Point faible du démoulage

En conséquence, lors du démoulage, suffisamment de béton dans les connexions a été perdu rendant le prototype inutilisable. Cependant, les tests qu'on aurait voulu faire et qu'on ferait si on recommençait le dernier prototype seraient :



N° de Test	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	Essai de la capacité à rester en équilibre sur un plan incliné (prototype ciblé de faible fidélité)	Le prototype sera placé sur un plan incliné et sera testé avec différent angle pour vérifier s'il tiendra.	L'angle maximale du plan incliné trouvé avant que la structure commence à être instable sera utile pour déterminer s'il y a des failles dans la stabilité de notre modèle.	Indéterminé
2	Essai de la capacité de la structure à résister à la flexion d'une force latéral (prototype ciblé de moyenne fidélité)	On va appliquer une force sur différents points sur les faces latérales de la structure pour vérifier que celle-ci ne cède pas sous la pression.	La manière que notre prototype va réagir à ce test nous permettra de déterminer si on a bien conçu la structure de notre concept.	Indéterminé
3	Essai de la capacité a supporté des charges (prototype complet de moyenne fidélité)	On va tester la capacité de notre prototype à soutenir différentes charges les en déposer sur son dessus.	La réaction qu'aura notre prototype à ce test sera important pour déterminer la solidité de notre prototype.	Indéterminé
4	Essai de la résistance de la structure au tremblement	Le prototype sera placé sur une table qu'on va secouer vigoureusement pour	La réaction qu'aura notre prototype a ce test sera important pour détecter s'il y a	Indéterminé

	(Prototype complet de faible fidélité)	simuler un tremblement de terre ou autre secousse.	des défaillances dans notre modèle.	
--	--	--	-------------------------------------	--

Tableau 7 Tests pour le prototype final

## 7. Conclusion et recommandation pour les travaux futurs

Les leçons apprises sont que réalistiquement, même si les prototypes ne sont que des prototypes, on aurait dû les faire plus gros pour pouvoir évaluer concrètement la viabilité qu'aurait le produit final après son assemblage. À mentionner aussi que cette leçon est aussi valable pour les prototypes de moules finales qui sont venues eux aussi avec leur lot de problèmes. En effet, puisque nous avons décidé de concevoir des moules relativement petits, lors de la journée du coulage, les morceaux dans le mélange du béton étaient trop gros pour remplir les parties des pièces qui seront imbriquées les unes dans l'autre.

Deuxième leçon apprise, aucune quantité d'huile à moteur ne sera assez pour lubrifier les surfaces des moules pour produire un démoulage efficace et agréable si le béton est en contact direct avec le MDF. Au lieu, on aurait dû appliquer une pellicule d'adhésif sur les moules qui aurait servi d'une bien meilleure surface de contact avec le béton pour obtenir un démoulage facile après avoir été huilé. Troisième leçon apprise, utiliser du MDF avec une épaisseur de 1/8 de pouce n'est pas suffisant. En effet, lors du coulage de béton, nous avons tout de suite ressenti que les moules ne seraient pas assez résistants pour contenir le béton et les avons renforcés avec beaucoup de ruban adhésif. Pour conclure, les leçons apprises tournent autour du même problème, soit : nous avons grandement sous-estimé la force requise que devaient avoir les moules. Si on avait quelques mois de plus pour travailler sur le projet, la première chose qu'on ferait serait définitivement de concevoir des moules plus gros, plus épais et plus fort. Finalement, une piste d'amélioration future sur lequel il faudrait jeter un coup d'œil serait de trouver un moyen de produire de meilleures pièces imbriquées pour la découpe laser qui seront plus facilement assemblable. En effet, à ce stade-ci de la conception, nos pièces de MDF découpées au laser pour les moules produisent des trous entre les rainures lorsqu'on les assemble, surtout pour les moules à forme irrégulière. Pour ce faire, il faudrait trouver un moyen analytique de pouvoir tester l'assemblage des pièces pour voir le résultat obtenu avant de les découper.

## 8. Bibliographie

## 9. Appendice1 : Fichiers de conception

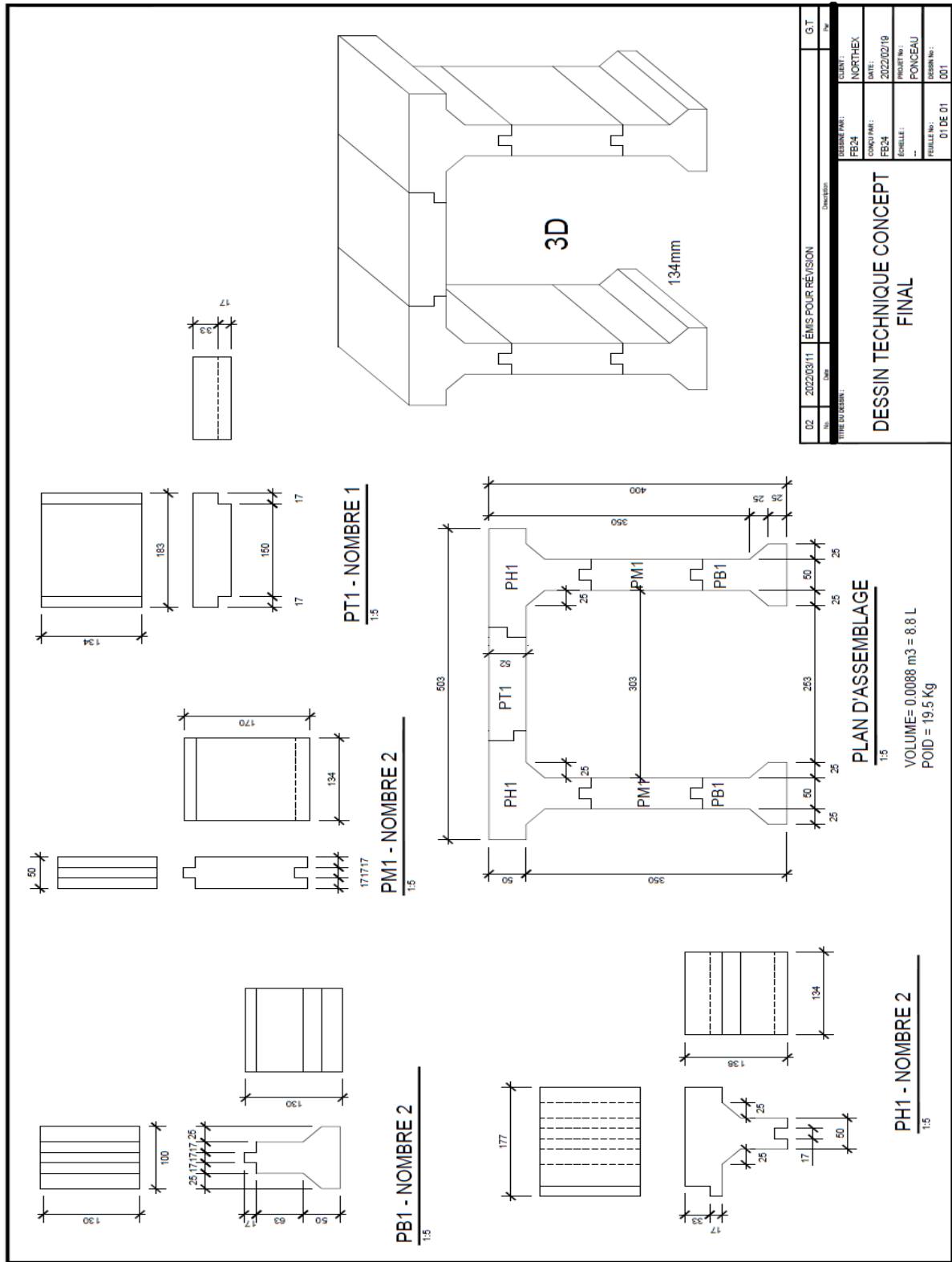
On résume les documents émis dans le tableau suivant :

Nom du document	Emplacement du document et/ou URL	Date d'émission
Identification des besoins	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	
Livrable C - Critères de conception	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	30 janvier 2022
Livrable D - Conceptualisation	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	6 février 2022
Livrable E - Plan et cout du projet	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	13 février 2022
Livrable F - Prototype I et rétroaction du client	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	6 mars 2022
Livrable G - Prototype II et rétroaction du client	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	13 mars 2022
Livrable H - Prototype III et rétroaction du client	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	27 mars 2022
Livrable I - Matériels de Présentation de la Journée de Design	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	30 mars 2022
Livrable J - Présentation Finale	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	28 mars 2022
Livrable K - Manuel d'Utilisateur et du Produit	<a href="https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-">https://makerepo.com/Bachir/1124.ponceau-modulaire-en-bton-fb24-ciborg-</a>	10 avril 2022

## 10. Appendice2 : dessins techniques

Annexes : lien pour l'instantanée WRIKE

Cette capture écran et juste **à titre informatif** le lien de l'instantanée sera dans la boîte de soumission.



Dessin technique du ponceau REVISION01 :

