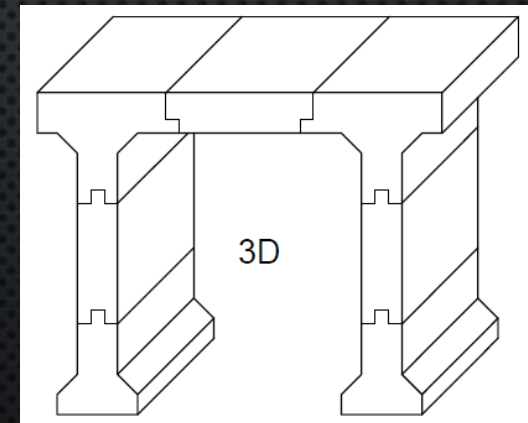


PRODUIT DE BÉTON RECYCLÉ ÉCO-
EFFICACE
- PONCEAU DE BÉTON MODULAIRE -

PRÉPARÉ PAR : FB24

- CIBoRG -

RAYANE OUBARKA
CHARBEL SUCCAR
EL BACHIR TOURÉ
GUIZEM TRABELSI



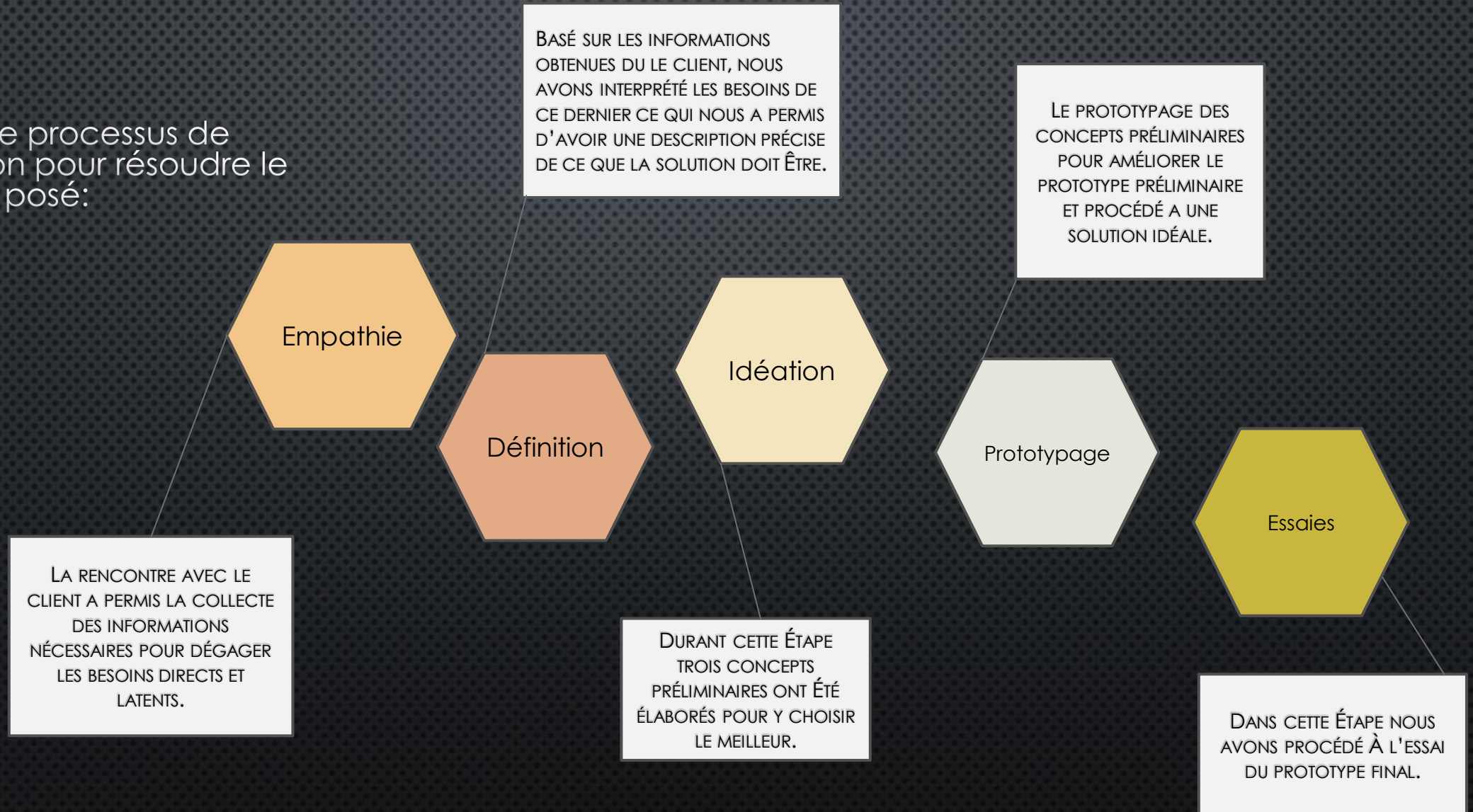
PRESENTATION PONCEAU MODULAIRE - INTRODUCTION

1. Introduction
2. Vue d'ensemble de processus de conception
3. Identification des besoins et énoncé du problème
4. Critères de conception, étalonnage et spécifications cibles
5. Gestion de temps et plan de projet
6. Idéation: concepts préliminaires
7. Prototypages et essais
8. Moules et Prototype final, cout du projet
9. Conclusion et leçons apprises



2. Vue d'ensemble de processus de conception

- On utilise le processus de conception pour résoudre le problème posé:



3. Identification des besoins et énoncé du problème

Suite a notre première rencontre client on a dressé la liste suivante des besoins directs dans le tableau suivant.

- Énoncé du problème:
- Northex a besoin d'un concept d'un ponceau modulaire, sécuritaire et durable, fabriqué avec leur production de béton recyclé pour diminuer la part des sols contaminés enfuis.

Tableau des besoins et les critères de conceptions correspondants

Numéro	Besoins	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, voitures 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 entre 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

4. Critères de conception, étalonnage et spécifications cibles

- Pour définir la liste des critères de conception prioritaires, on doit tout d'abord considérer la liste des besoins interprétés ensuite les convertir en critères de conception.

#	Besoin	Critères de conception	Nature
1	Le ponceau est immédiatement commercialisable.	Simplicité (dessin)	N.F.
2	Le design du produit est simple.	Forme du ponceau (mm x mm)	C.
3	Le ponceau est facile à construire, démonter et construire	Temps d'installation (h)	C.
4	Le ponceau sera destiné à un usage léger (passage de piétons, voiturettes de golf ou tracteur agricole).	Poids supporté (N)	F.
5	Le prototype est à l'échelle de 1/8 avec un volume de béton de 15 litres (distances entre les coulés 30 cm).	Volume (L)	N.F.
6	Le ponceau sera entièrement fabriqué avec du béton recyclé de chez Northex.	Utilisation d'un béton recyclé	F.
7	Le ponceau et le moule seront modulaires et multifonctions.	Forme du ponceau (mm x mm)	C.
8	Le moule sera facile à reproduire et une construction économique.	Coût (CAD)	C.
9	Le ponceau est sécuritaire.	Stabilité (forme)	F.
10	Le design du ponceau est innovant et durable.	Originalité du design Durabilité	N.F. N.F.
11	Le premier prototype sera finalisé pour revu dans 1,5 mois.	Durée du projet (mois)	C.
12	Le ponceau résiste aux contraintes extérieures (cycle gel/dégel, vents, séisme et agression chimiques possibles).	Sûreté Résistance (norme de construction béton) Stabilité (forme)	F. F. F.
13	Les pièces sont emboîtables.	Dimensions (mm x mm)	C.
14	Les pièces du ponceau tiennent en compte l'emplacement des ancrages. (pour la fixation)	Stabilité	F.
15	Le design du ponceau prévoit des systèmes de fixation pour la manutention.	Longueur max du ponceau (mm) Largeur max du ponceau (mm)	C. C.
16	Le ponceau intègre un système d'évacuation d'eau et de filtration mécanique des autres déchets.	Forme (mm x mm)	C.

Tableau des critères de conception

4. Critères de conception, étalonnage et spécifications cibles

- Pour pouvoir quantifier les critères de conceptions on doit voir les produits similaires présents sur le marché et comparer les spécificités.
- On utilisera donc l'étalonnage des solutions compétitives basé sur le rendement technique suivant.

Tableau d'étalonnage et matrice décisionnelle

	Importance (poids)	Ponceau rectangulaire sans gousset (PR1400)	Ponceau circulaire en béton armé	Ponceaux en béton armé
Compagnie		Béton Provincial	PCS Béton	Lécuyer Béton
Complexité	4	Moyenne-élevée	Moyenne	Simple-moyenne
Dimensions (mm x mm)	4	2150*1400	2440*1050	2400*1200
Assemblage	3	Simple et rapide	Simple	Simple (13mm de déflexion max)
Utilisation(s)	5	Conduit hydraulique ou passage souterrain	Conduit hydraulique	Conduit hydraulique
Sûreté	5	L'étanchéité assurée par des garnitures de caoutchouc installées	Appuis uniformes à l'installation	Appuis uniformes à l'installation
Poids (kg)	4	2515	2940	1910
Matériau	2	Béton	Béton	Béton armé
Détail de l'emboîtement	4	Mâle/femelle réalisé à l'aide d'un coffrage usiné	Simple retrait	Emboîtement mâle
Total		74	48	68

3 = Vert = fort
 2=Jaune = moyen
 1=Rouge=faible

Béton Provincial



PCS Béton



Lécuyer Béton

4. Critères de conception, étalonnage et spécifications cibles

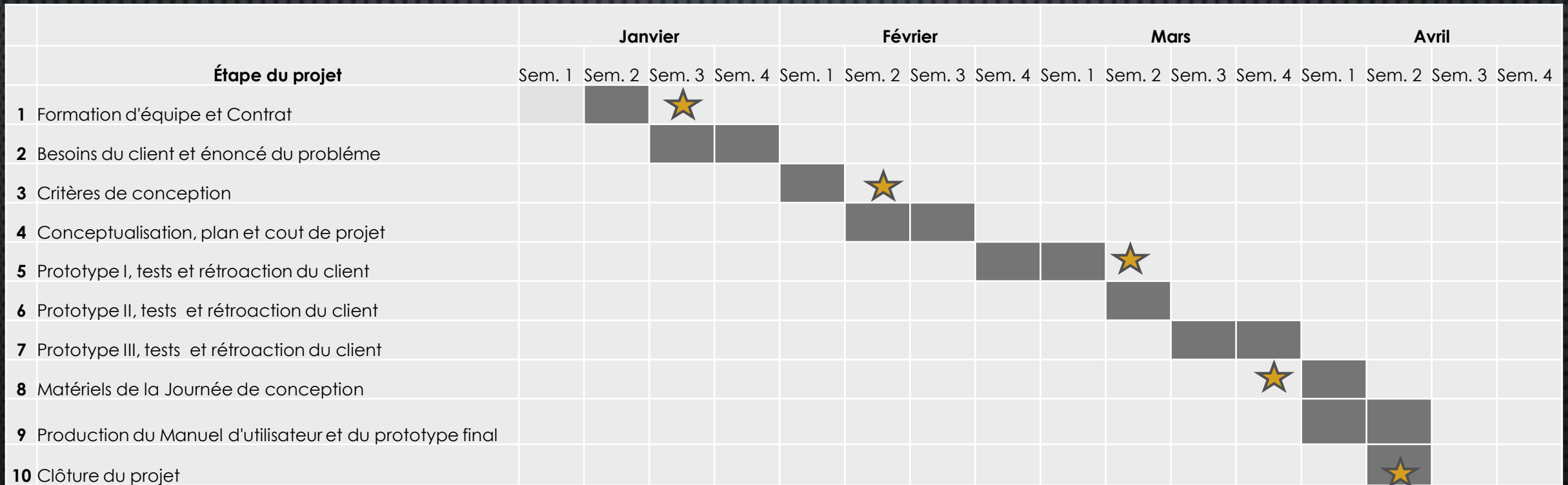
Tableau de Spécifications de Conception Technique

- Les spécifications cibles sont les spécifications ou propriétés que le produit final doit satisfaire avec des valeurs quantitatives/qualitatives bien déterminées.
- On a organisé les spécifications dans un tableau de Spécification de Conception Technique (SCT) diviser en trois parties selon leur nature.

#	Critères de conception	Relation (<, >, =)	Valeur	Unités	Méthode de vérification
SCT : Exigences Fonctionnelles					
1	Matériaux de construction	=	Béton	s.o.	Analyse
2	Sûreté	=	Oui	s.o.	Essai
3	Charge supporté/utilisation	<	Charge supportée	N	Essai
4	Stabilité	=	Oui	s.o.	Essai
SCT : Contraintes					
1	Formes (prototype)	<	Largeur = $300+2 \cdot E$ Épaisseur culée = E Volume = 15 Volume = 33	mm mm L kg	Analyse
2	Simplicité design	=	Oui	s.o.	Essai
3	Pièces emboitable/modulaire	=	Oui	s.o.	Essai
4	Duré conception	<		2.5 mois	Essai
5	Moule facile à reproduire	=	Oui	s.o.	Essai
SCT : Exigences non fonctionnelles					
1	Concept innovant	=	Oui	s.o.	Essai
2	Prototype	=		08-Jan	Essai
3	Temps d'installation	<		8 h	Analyse
4	Simplicité/commercialisation immédiate	=	Oui	s.o.	Essai
5	Assemblage	=	Oui	s.o.	Essai

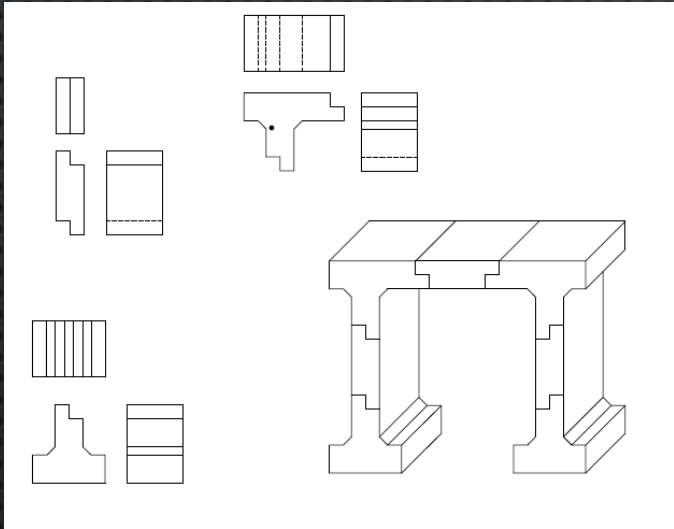
5. Gestion de temps et plan de projet

- La gestion du temps est primordiale pour atteindre les objectifs, a l'aide de WRIKE et notions du cours de conception on a dressé le plan de projet suivant.

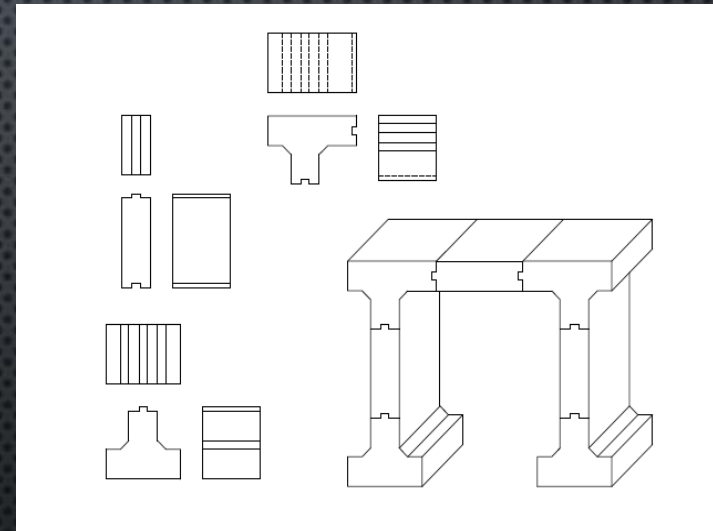
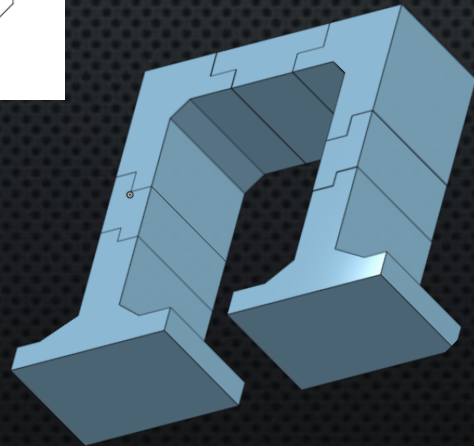


6. Idéation: concepts préliminaires

- Idées proposées pour satisfaire les critères de conceptions.
- D'après les étalonnages techniques des produits existants et le processus de conceptualisation :



Concept préliminaire 1



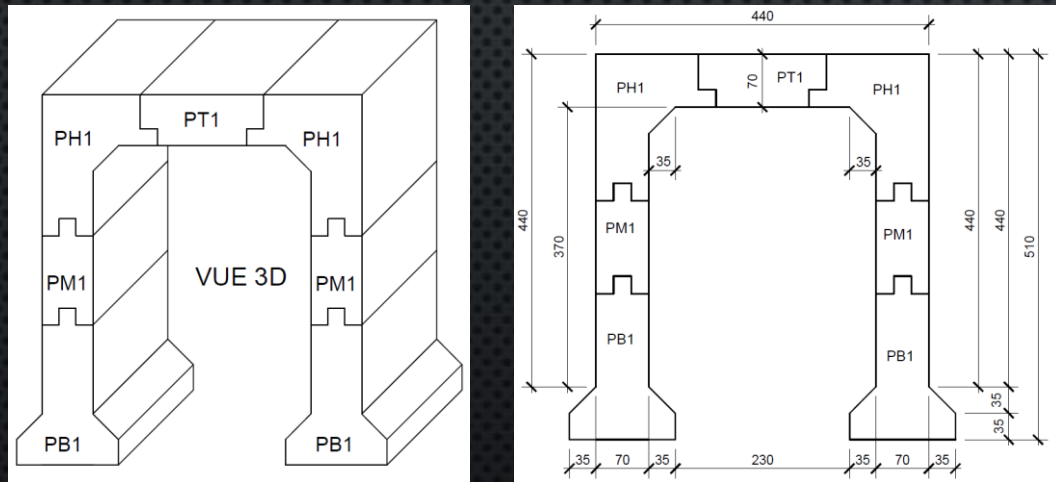
Concept préliminaire 2



5. Rétroaction client et choix du concept final

- Après les rétroactions du client et les tests de stabilité : le choix s'est porté sur le un concept qui combine les deux concepts préliminaires.
- Le concept après la rencontre 2:

- Le concept amélioré après rencontre client 3 et test de stabilité:



Concept Final

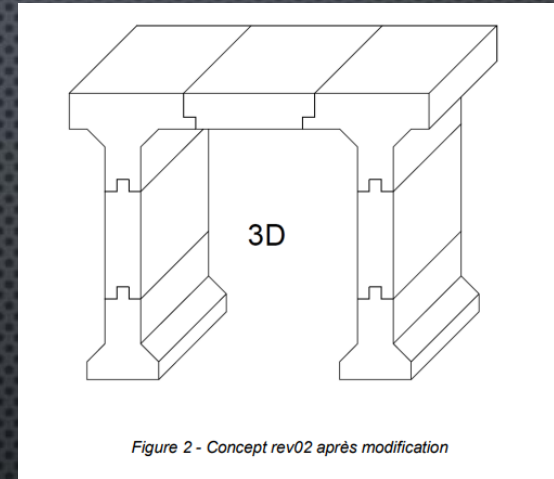
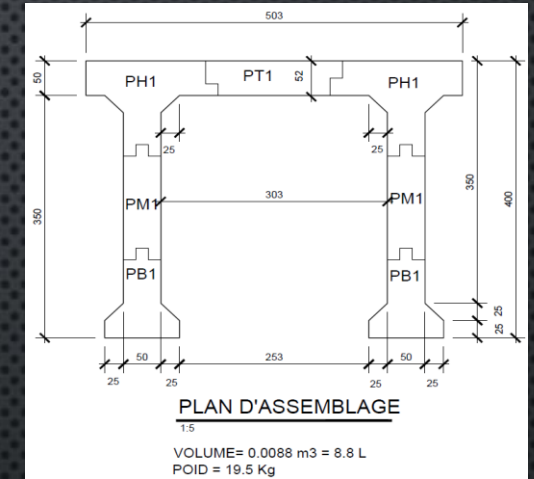
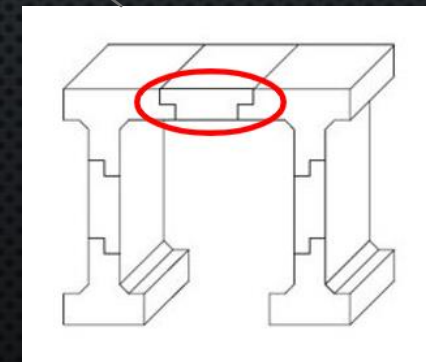
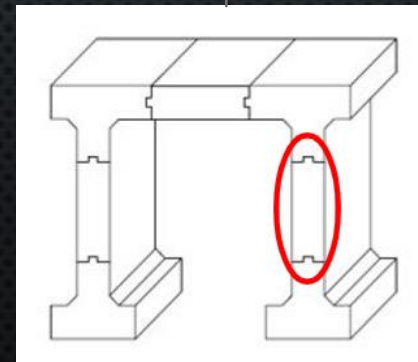


Figure 2 - Concept rev02 après modification

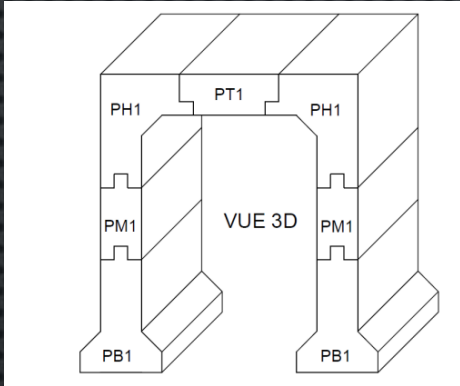


Concept Final amélioré

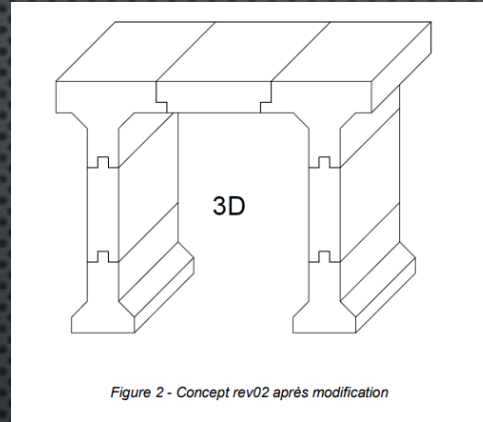


7. Prototypages et essais

- Les deux premiers prototypes fabriqués en argile utiliser lors du prototypage.



Prototype 1



Prototype 2

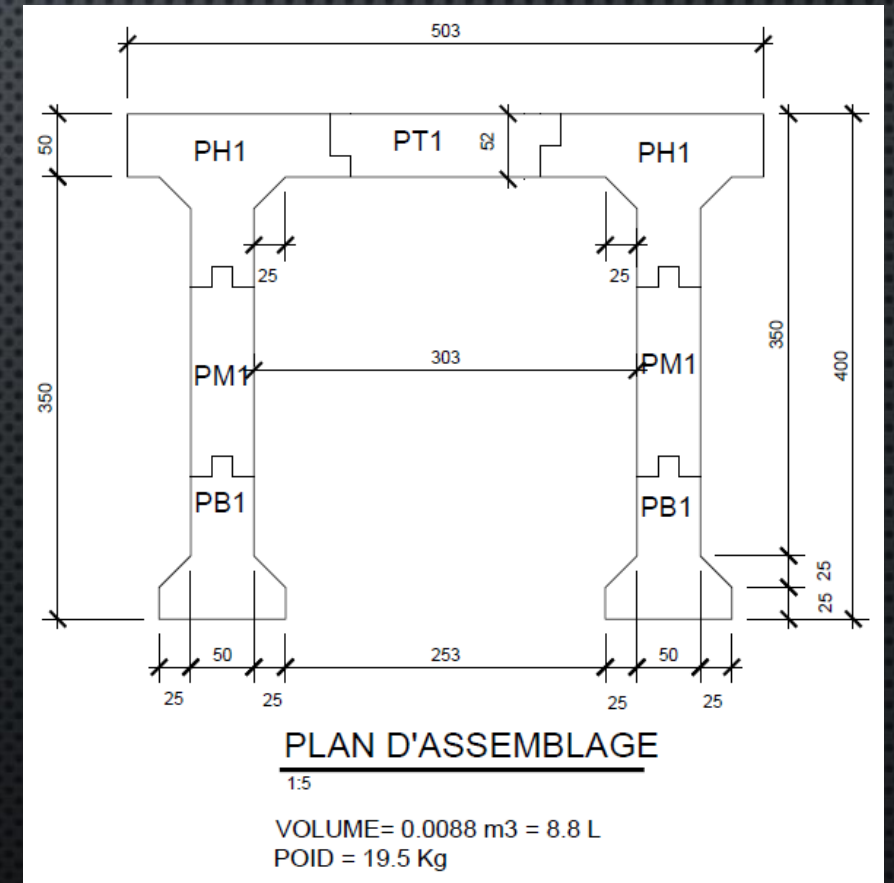


- Résumé du concept final:
- Notre ponceau est constitué de 7 parties assemblées en arc, le ponceau a un axe de symétrie ce qui permet d'avoir 3 trois pièces PB1, PM1 et PH1 qui se répètent, la pièce du tablier centrale PT1 aussi se fabrique à partir du moule de la pièce PM1.

7. Prototypages et essais

- Quelques points à souligner pour le choix de concept final:

Exigences	Réalisation dans le concept final
Modularité	Longueur modifiable Largeur modifiable
Sécurité	Stabilité accrue – 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.



7. Prototypages et essais

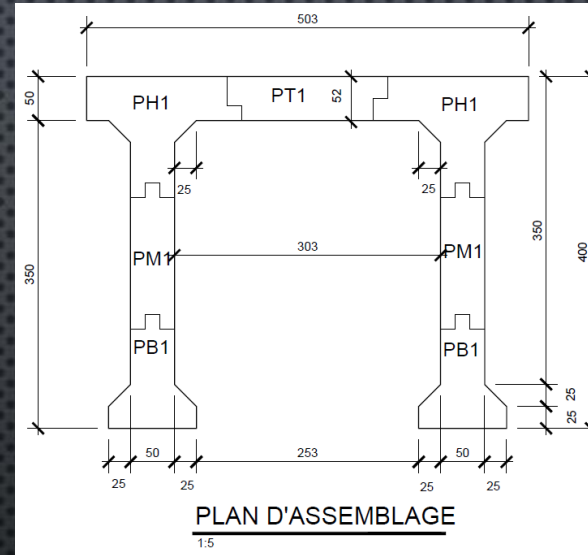
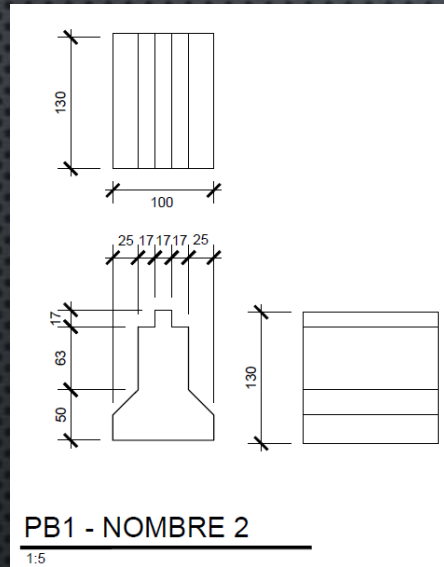
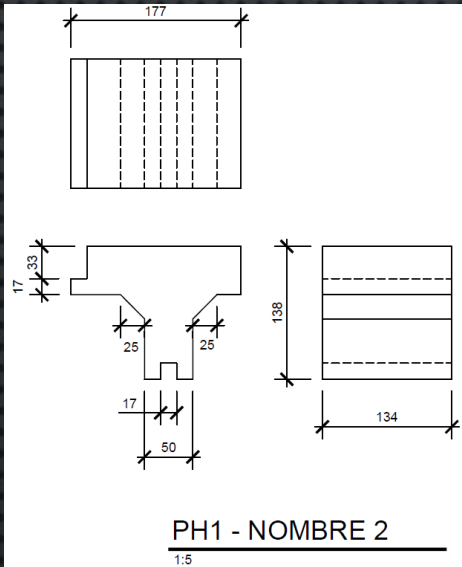
- Les prototypes servent à détecter les dysfonctionnements conceptuels ou les défauts de fabrication avant la phase de commercialisation pas juste pour mieux visualiser les dessins techniques.
- On vous présente quelques tests fait sur le prototype 1

Tests	Conclusions
-Essai de la capacité de la structure à résister à la flexion d'une force latérale	-Après 5min d'application de la force latérale (sur le milieu des piliers) on ne remarque pas une grande flexion .
-Essai de la résistance de la structure au tremblement	-Pour une durée de 5 min en secouant le prototype à vide on ne remarque pas de déformation pendant cette période du temps.
Essai de la capacité à rester en équilibre sur un plan incliné	-Arrêt du test après l'amplitude satisfaisante d'inclinaison sans brèche dans la structure du prototype

Une amélioration est rajouter pour avoir le prototype 2 et plus de stabilité.

7. Prototypages et essais

- Les modifications apportés sur le prototype 1 suite au résultats:



Rétroaction des cliens utilisateur potentiel nous a permis aussi d'avoir une idée du ratio des dimensions pour une meilleure stabilité.

Hauteur / largeur du ponceau



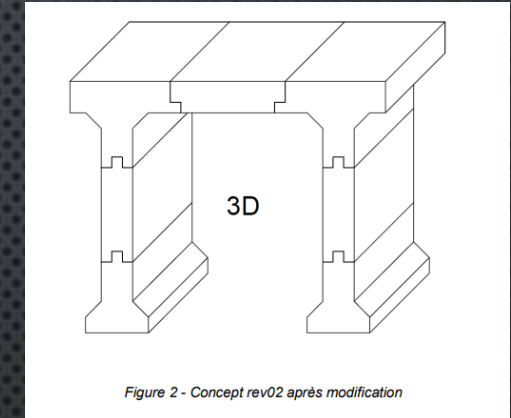
- La forme de la pièce PH1 modifiée pour apporter plus de stabilité de même logique les dimensions de la pièce PB1 sont modifiés

7. Prototypages et essais

- Les tests effectués sur le prototype 2.

Tests	Conclusions
Essai de la capacité de la structure à résister à la flexion d'une force latérale. (Prototype 2)	Après 5min d'application de la force latérale (sur le milieu des piliers) on ne remarque pas une grande flexion .
Essai de la capacité à rester en équilibre sur un plan incliné. (Prototype 2)	Pas de déformation notable
Essai de la solidité du moule (prototype 2)	Moule solide

Les résultats des tests concluants nous permettent de passer à l'étape suivante celle de fabrication et les tests sur les moules

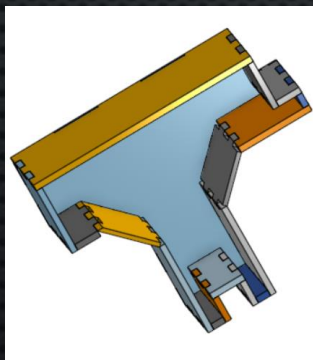
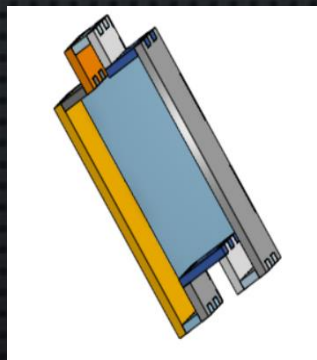
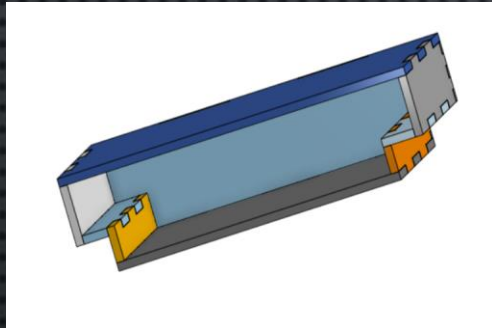
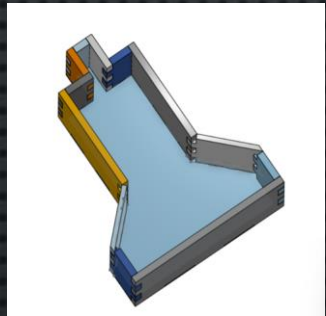


Prototype 2



8. Moules et Prototype final

- L'aspect de modularité se concentre sur les moules en premier lieu.
- Un ponceau de 7 pièces conçu à partir de 3 moules seulement.
- Les moules fabriquer en MDF, dimensionner et découper avec une découpe laser.



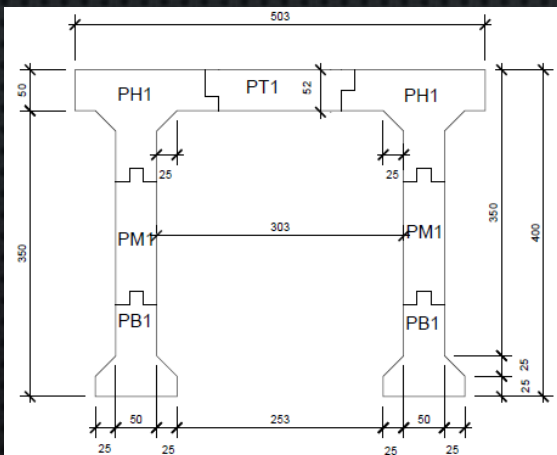
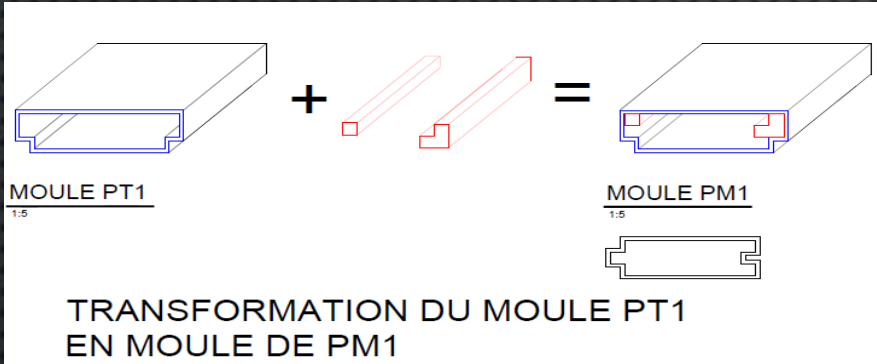
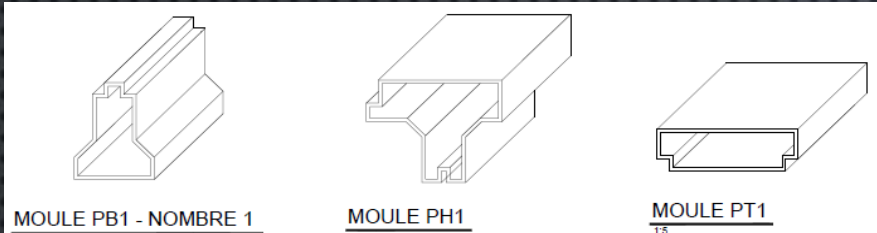
- Processus de fabrication des Moules

- Conception des moules avec Onshape



8. Moules et Prototype final, cout du projet

- Fabriquer 4 moules par contrainte de moulage, (béton disponible pour une journée)



3 moules = 7 pièces
 7 pièces dont 3 pièces en double = Facilité de fabrication et réduction des coûts \$\$\$

N°	Description du composant Prototype 3	Quantité	Prix unitaire \$	Prix calculé \$
1	Béton de Northex recyclé	9 à 10 L	0	0
2	Adhésif/super glue de construction	3	6.5	19.5
Liens	https://www.prestonhardware.com/searchresults.asp?Search=gorilla+glue&Submit=			
3	Instruments de mesure	1	0	0
4	Ruban collant	3	2.8	8.4
Liens	https://www.prestonhardware.com/searchresults.asp?Search=tape&Submit=			
5	MDF 1/8''	3	3.25	9.75
Liens	https://edu-makerlab2021.odoo.com/fr_CA/shop/product/vis-de-bois-a-tete-plate-75?search=vis#attr=380,390			
	Total		37.65	

8. Moules et Prototype final

- Quelques tests effectués sur les moules.

Tests	Conclusions								
Essai de la perméabilité du moule (prototype moule)	<table border="1"><thead><tr><th>Liquide du test</th><th>Résultat après 5 min</th></tr></thead><tbody><tr><td>Eau</td><td>Fuite de 85 %</td></tr><tr><td>Huile</td><td>Fuite de 37%</td></tr><tr><td>Gel</td><td>Pas de fuite</td></tr></tbody></table>	Liquide du test	Résultat après 5 min	Eau	Fuite de 85 %	Huile	Fuite de 37%	Gel	Pas de fuite
Liquide du test	Résultat après 5 min								
Eau	Fuite de 85 %								
Huile	Fuite de 37%								
Gel	Pas de fuite								
Essai de la fabrication et de l'assemblage du moule (prototype moule)	La découpe laser nous a semblé la plus efficace puisque l'imprimante 3D utilise du plastique (ou variantes) , la découpe laser on a le choix de plus de matériau plus robuste. Le test sur un moule en impression 3d ont échoué. Le choix de MDF 1/4 a été tester mais la fabrication est impossible à cause des dimensions très grandes des épaisseurs en comparaison avec les dimensions des pièces.								
Essai de la capacité à réutiliser les moules plusieurs fois (prototype moule)	Ce test a été fait pour un moule, il a été couvert d'huile pour les parois en contact avec le ciment a prise rapide et ça été concluant, le temps de prise est de (4jours)								



- Moules assemblés et tests

8. Moules et Prototype final

- Suite aux tests concluants sur les moules et les prototype 1 et 2 on construit le prototype final .
- On a coulé le béton dans les moules et on démoule après 3 jours.
- Démoulage facile
- Réutilisation des moules possible à l'échelle initiale.
- La forme des moules simples et maintenue après démoulage.
- Facilité de la prise du béton.
- Temps de démoulage assez court



8. Moules et Prototype final

- Prototype final
 - Si on a eu plus qu'une journée de coulage et plus de capacité de béton notre prototype sera plus imposant et donc meilleur.
 - On aurait dû faire des assises de 35mm, donc le poids final sera de 43 kg fabriquer avec 20 Litre de béton, à l'échelle de 1/6.
- = pas compatible avec les exigence des prototypes selon le client.



9. Conclusion et leçons apprises

- Si on aurait dû changer une étape, elle sera de faire un prototype plus grand, pour avoir des rainures plus larges et permettre un démoulage des pièces parfait.
- Ce projet nous a permis d'améliorer nos acquis et apprendre plus sur le processus de conception et sur l'amélioration continue de produit.
- Travail en équipe avec le corp professoral a souligné.
- Merci a vos questions.

