

CONSTRUIRE LE COURBE 2014

ACTIVITÉ : Séminaire de l'École des Ponts ParisTech - départements GCC & GMM

ENSEIGNANTS : C. Douthe, L. du Peloux, R. Mesnil

DATES : 22 au 27 septembre 2014



PROJET
ELEPHANT

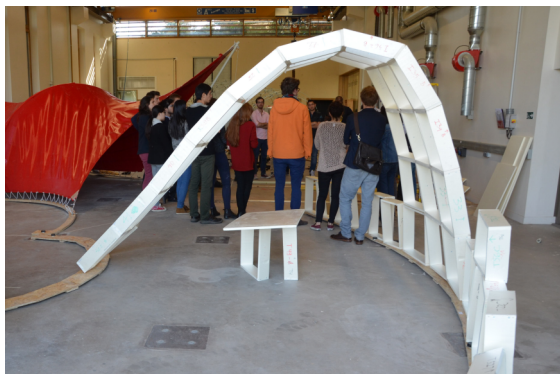
CONCEPTION
SURFACE MOULURE

EQUIPE

Pierre BOURDIER
Charley DAMONT
Nora FEKETE
Marine FRANCESCHI
Shun HUANG
Danyu LUOI
Laurane NERON
Cindy TSA
Giulia ZANON
Yige ZHANG

ELEPHANT

photo



ELEPHANT

notice architecturale

CONCEPT

Notre exploration formelle s'est concentrée sur la recherche d'un espace central convivial permettant d'accueillir quatre personnes autour d'une table. L'image architecturale développée est le résultat d'une réflexion sur la géométrie d'un côté et sur l'intériorité de l'espace de l'autre. Les variations de hauteur et de largeur de l'espace créé sont le résultat d'une recherche sur la courbure de la structure. Cette double courbure est développée à partir de deux surfaces qui s'intersectent de façon tangente. Depuis le départ on a trouvé que l'image d'un éléphant pouvait bien répondre à l'exigence spatiale et à la volonté de répondre à un défi géométriquement complexe. Ceci nous a amené à une forme symétrique, où les deux oreilles de l'éléphant constituent les entrées de la structure.

PROGRAMME

Implantation

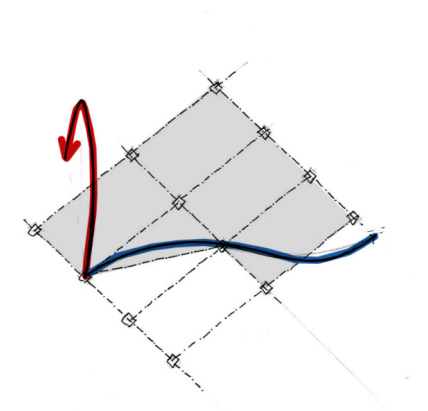
Le projet s'implante du côté de la grande entrée de la halle, donnant sur l'extérieur. Nous avons choisi de créer un volume traversant qui s'ouvre d'un côté sur le paysage extérieur et de l'autre sur l'intérieur du bâtiment. Le projet fait ainsi la liaison entre deux grandes échelles, celles du bâtiment et du paysage, et permet de créer un point de rencontre au travers de cet abri pour 4 personnes.

Volumétrie

Le volume créé est le résultat de la jonction de trois surfaces. Celles-ci sont générées à partir d'une génératrice et d'un rail. Pour toutes les surfaces la génératrice est la même et le rail est un arc de cercle. Le rail des deux surfaces extérieures sort du plan horizontal et se lève créant une inversion de courbure. Le résultat de ce processus est donc une surface à double courbure qui a été enfin coupée par un plan incliné. De cette manière nous sommes parvenus à créer une forme concave qui devient convexe à l'autre base de la structure.

STRUCTURE

La structure, en gridshell rigide, à la fois contraignante et stimulante, nous a poussé à concevoir notre structure en fonction d'une courbe directrice et d'une courbe génératrice. La courbe génératrice est perpendiculaire à la courbe directrice de façon à créer des nœuds du maillage qui voient converger que des éléments perpendiculaires entre eux. Ceci permet d'ailleurs d'avoir une surface extérieure divisée en surfaces quadrangulaires planes. La problématique de ce type de structure est celle de gérer une grande quantité de données puisque chaque arête du voussoir a une longueur et deux angles qui régissent sa forme en trapèze. D'autre part le gridshell rigide permet la création d'un grand nombre de formes très intéressantes d'un point de vue architectural et réalisables d'un point de vue technique. Pour cela ce moyen de construction représente un outil très stimulant pour la recherche de formes courbes en architecture.

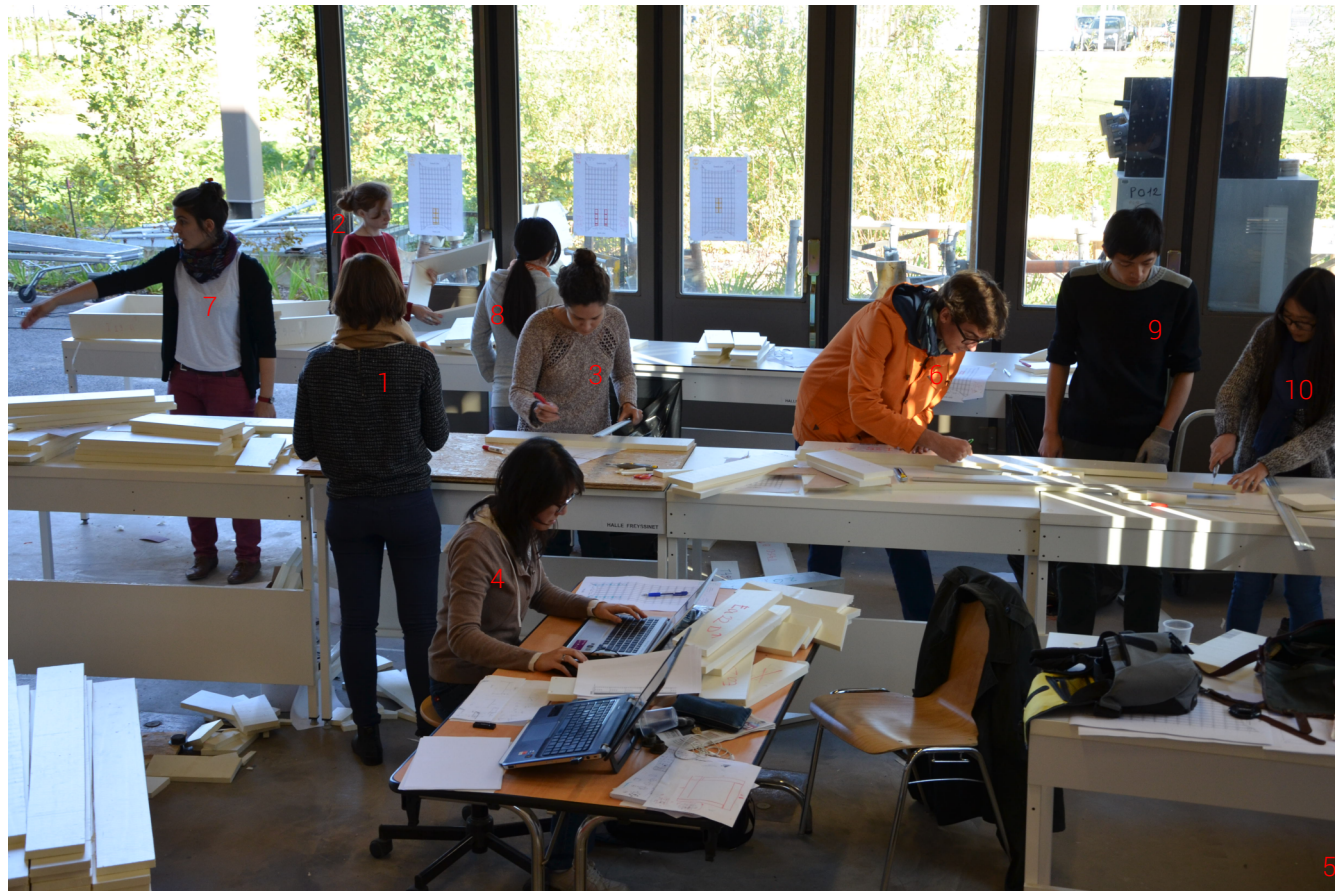


BUREAU D'ETUDES

- 1 Laurane NERON - directeur technique
- 2 Marine FRANCESCHI - responsable mise en plan
- 3 Nora FEKETE - responsable calculs
- 4 Cindy TSAI - responsable géométrie
- 5 Pierre BOURDIER - responsable conception des détails

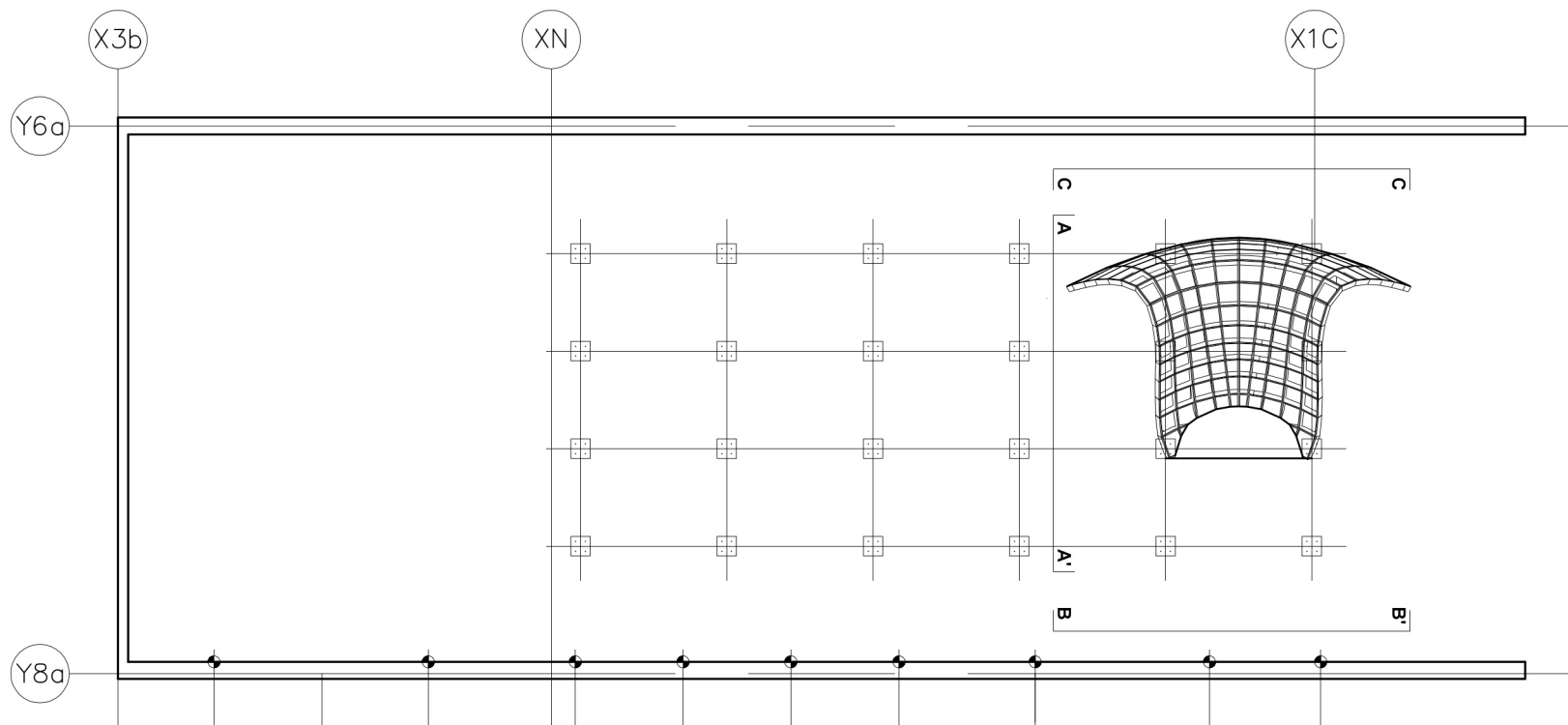
CHANTIER

- 6 Charley DAMONT - chef de chantier
- 7 Giulia ZANON - responsable coordination BE
- 8 Yige ZHANG - responsable logistique
- 9 Danyu LUO - compagnon
- 10 Shun HUANG - compagnon



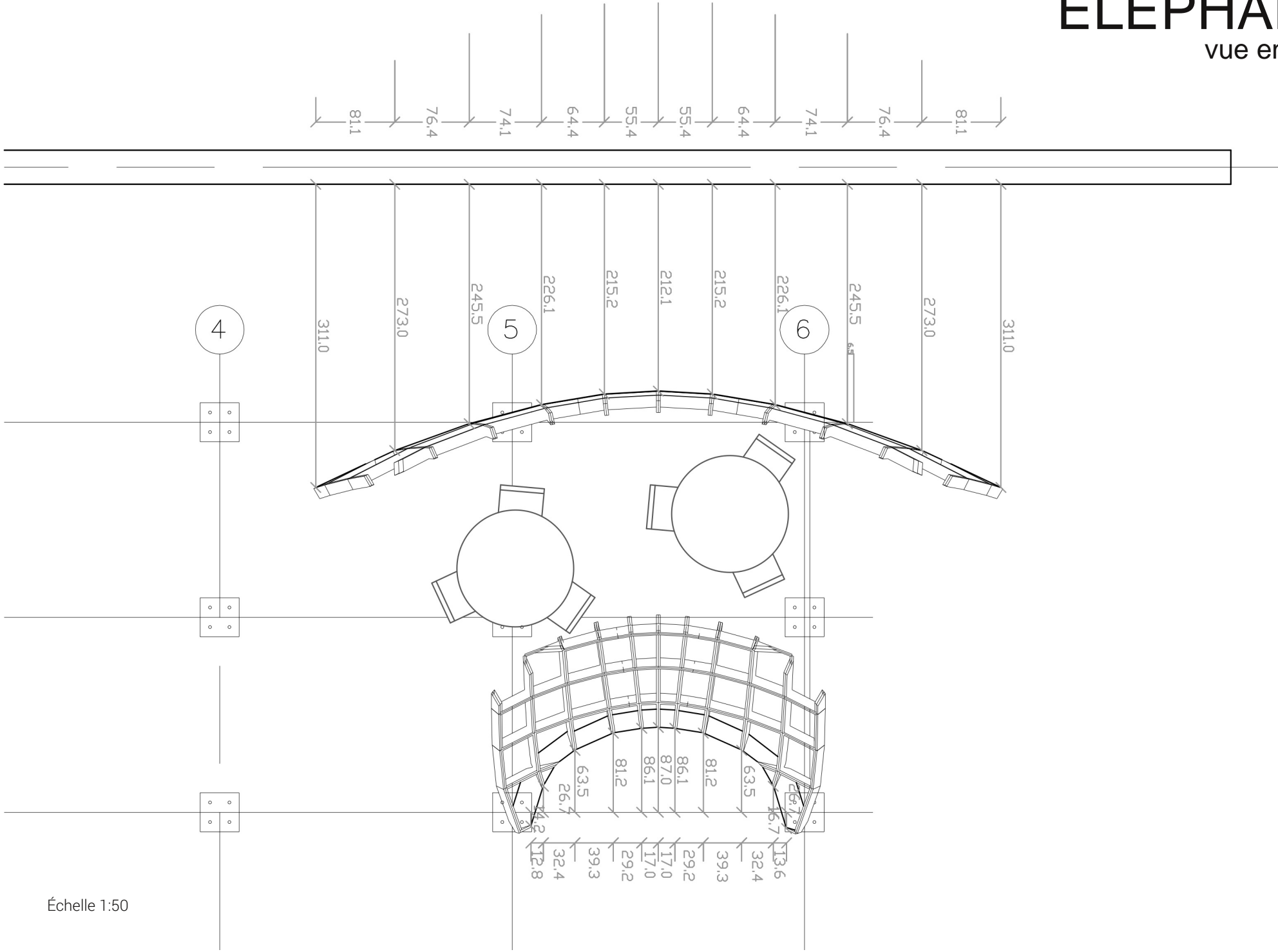
ELEPHANT

plan masse



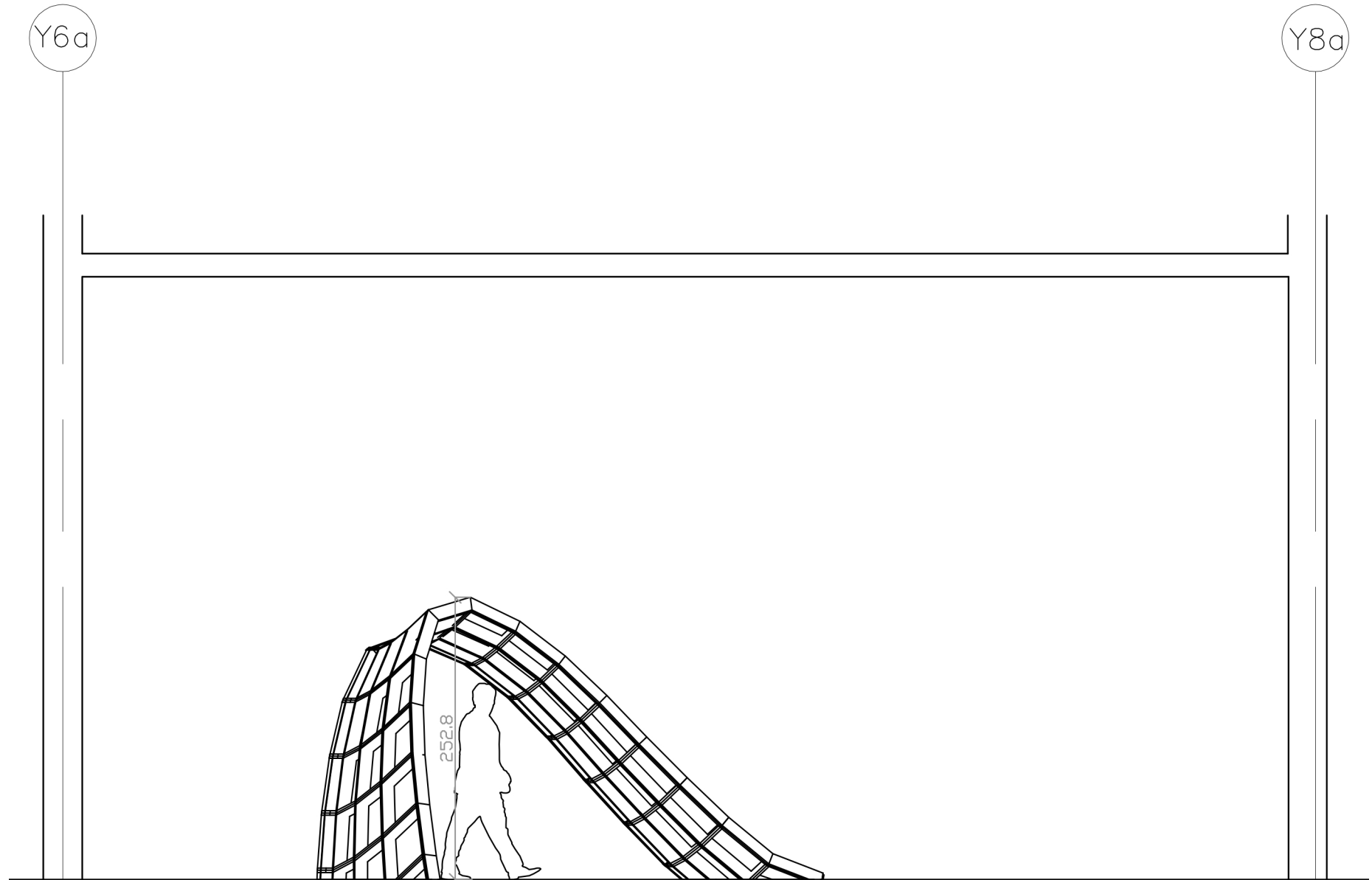
ELEPHANT

vue en plan



ELEPHANT

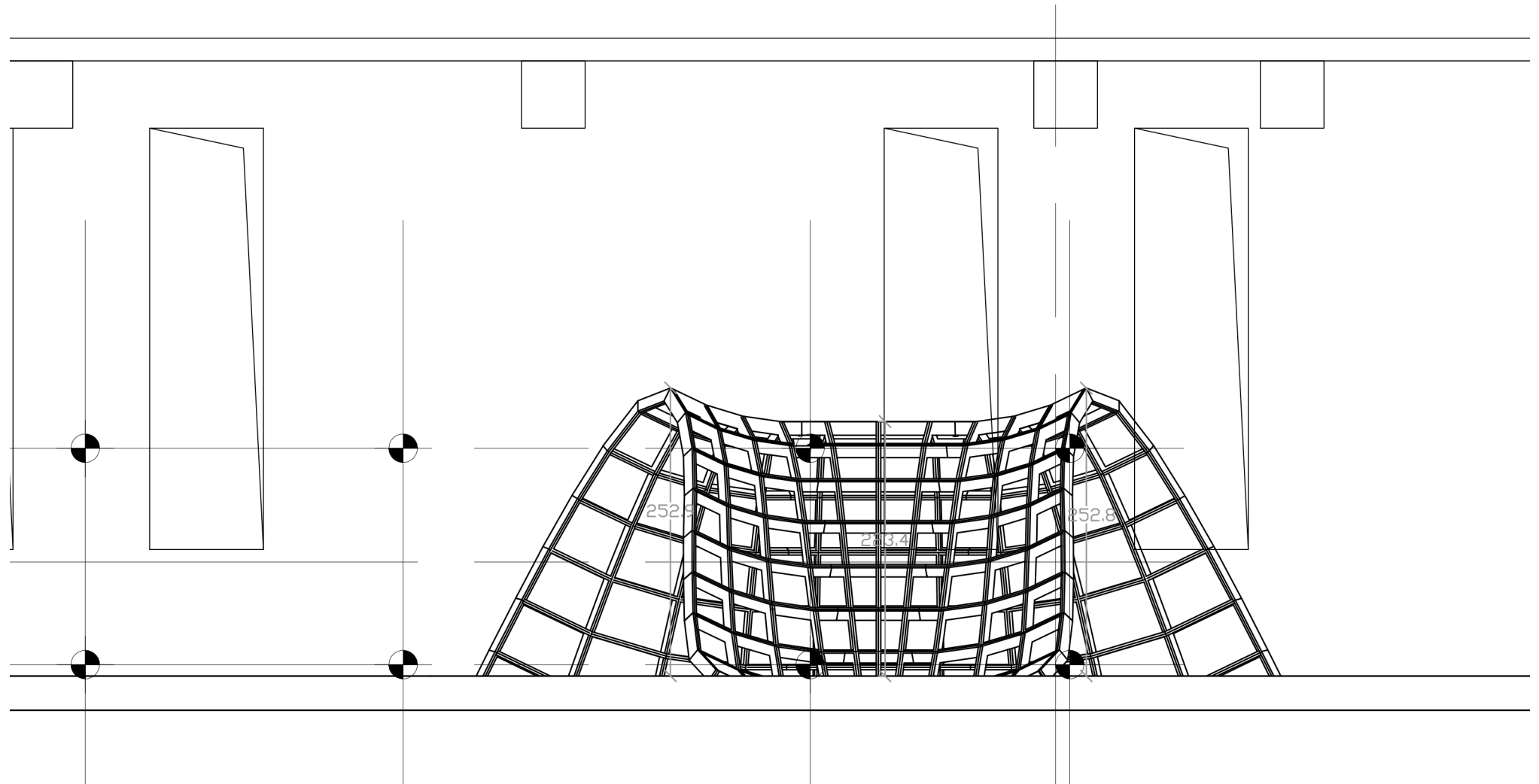
vue en coupe
AA



Échelle 1:50

ELEPHANT

vue en élévation
BB



Échelle 1:50

ELEPHANT

détail

- 1 Voussoir composé de 4 plaques en polystyrène
- 2 Plaque de rive en OSB
- 3 Ecrus
- 4 Platine métallique au niveau du sol
- 5 Vis

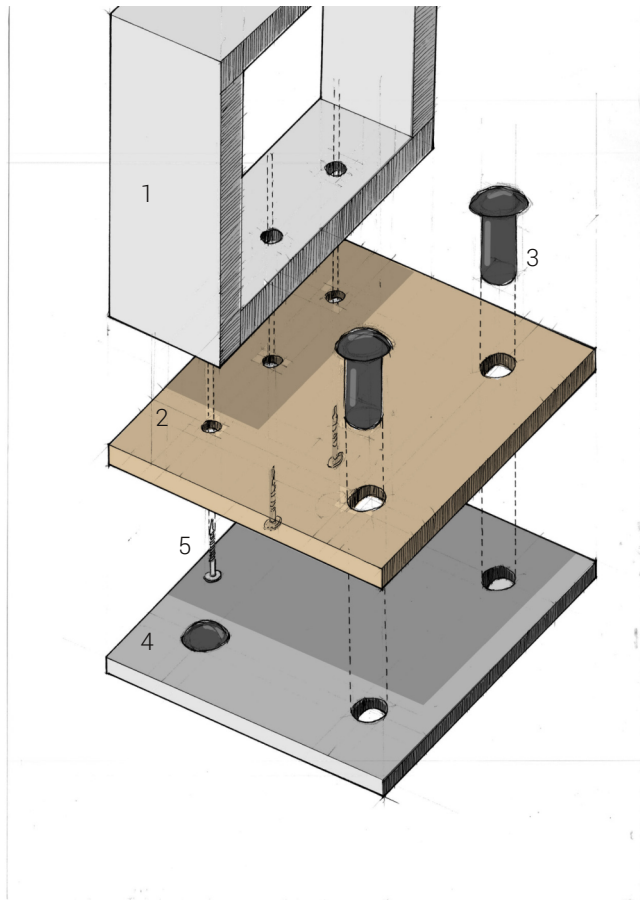
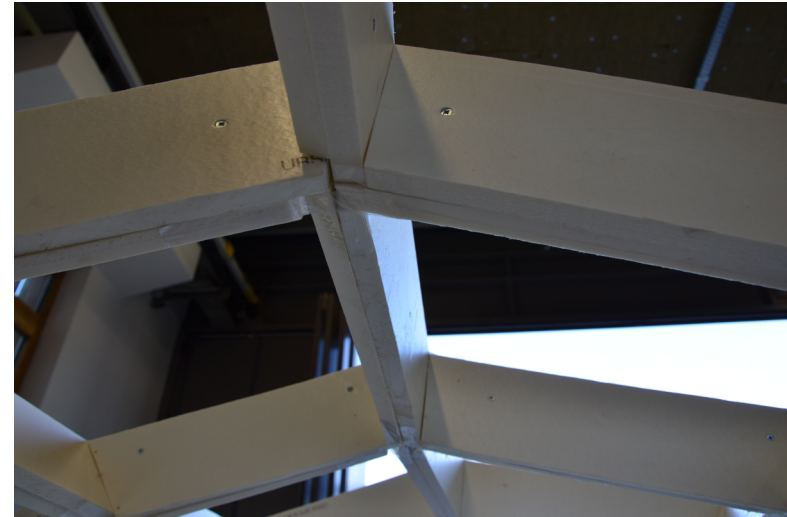


Schéma de fixation des voussoirs



Assemblage des voussoirs entre-eux par vissage et renforcement aux noeud par du scotch armé



Ancrage de la rive en OSB au sol

ELEPHANT

note de calcul

Pour vérifier la résistance de la structure sous son poids propre on a utilisé une fonction de Grassopher, le Karamba. On a du prendre en compte la forme de la structure avec le gridshell, le matériau, la section des barres et les appuis. Car on assemble des voussoirs ainsi l'épaisseur des barres sera 4 cm et le hauteur est 10 cm.

D'abord on n'a pas connu les caractéristiques de matériau, donc on a réalisé un essai pour mesurer le module de Young. On a fait une poutre avec une longueur de 40 cm et on l'a chargé avec un verre d'eau et on a mesuré la flèche. Puis on a utilisé la formule qui est donnée par la bibliographie, qui inclus la longueur de la poutre, l'inertie de la section, l'effort et le module de Young. On a trouvé comme résultat que $E = 8 \text{ MPa}$.

Le logiciel nous a permis de trouver la déformée de la structure, le plus grand déplacement, et les sollicitation maximales.

Déplacement = 2,5 cm

N max - compression = 0,02 kN

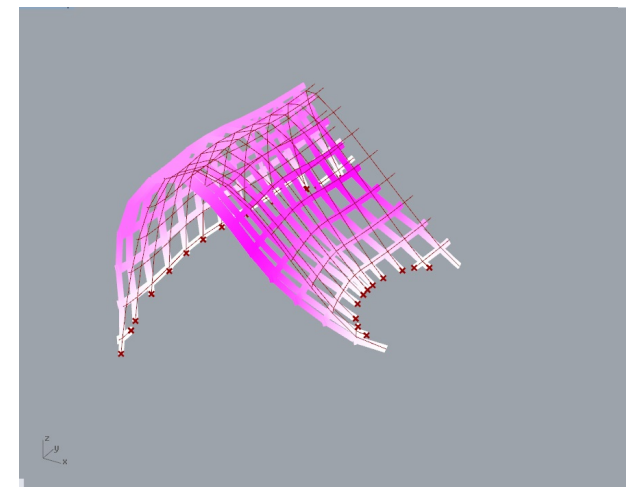
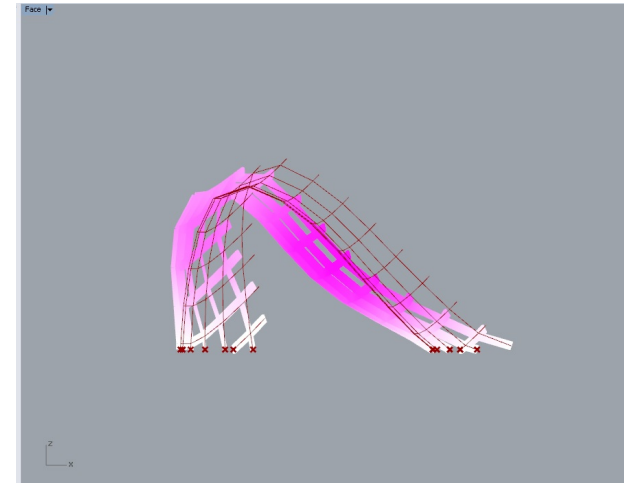
N max - traction = 0,016 kN

T = 0,012 kN

My = 0,0025 kNm

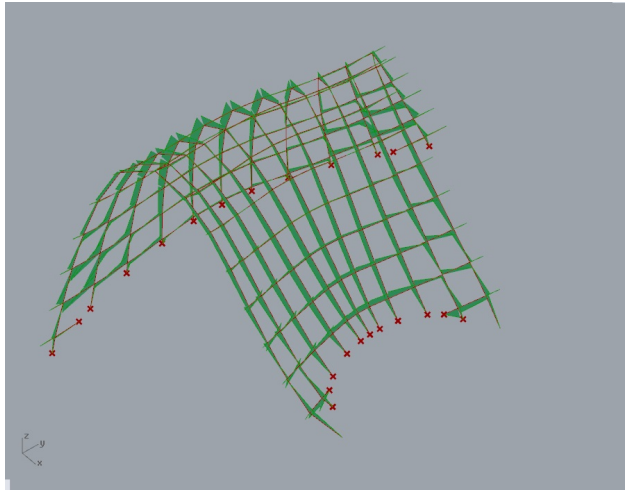
Mz = 0,0012 kNm

On peut vérifier la résistance sous ces sollicitations, mais car les déplacements ne sont pas petits, il faut rigidifier la structure par la mise en place de plaques dans le plan supérieur de voussoirs, sur toute la longueur d'une arche.

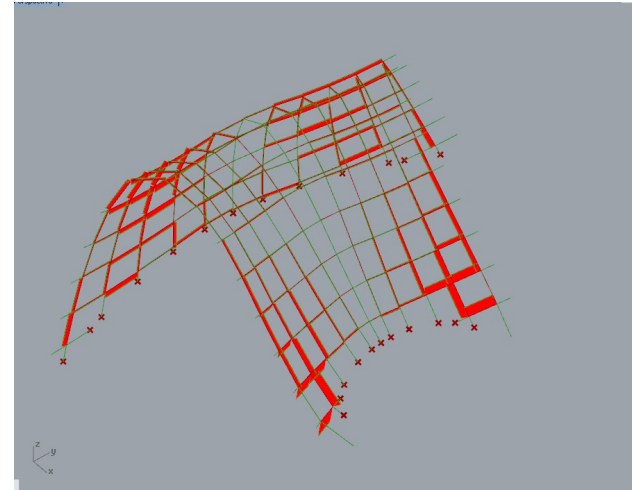


ELEPHANT

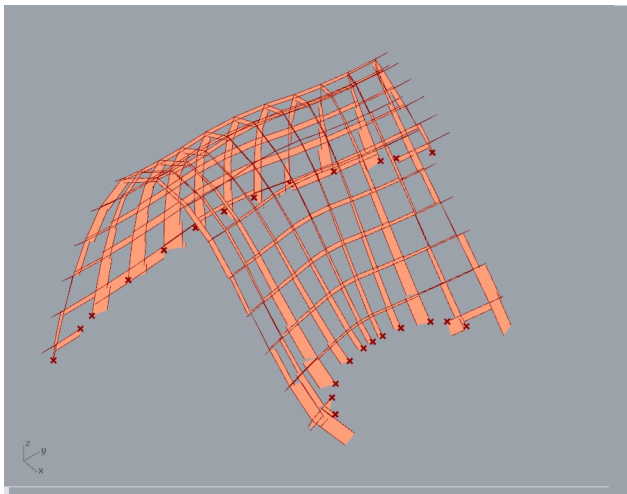
note de calcul



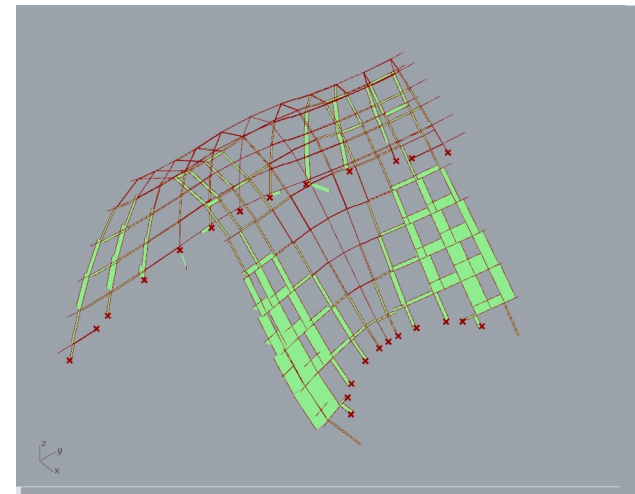
Moment M_y



Moment M_z



Effort axial



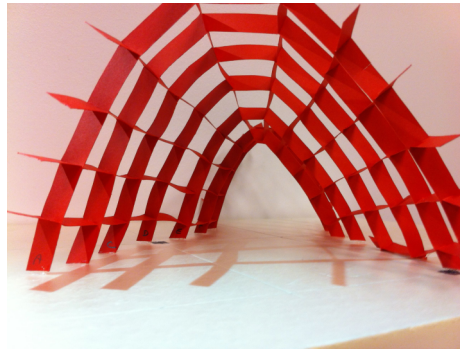
Effort tranchant

ELEPHANT

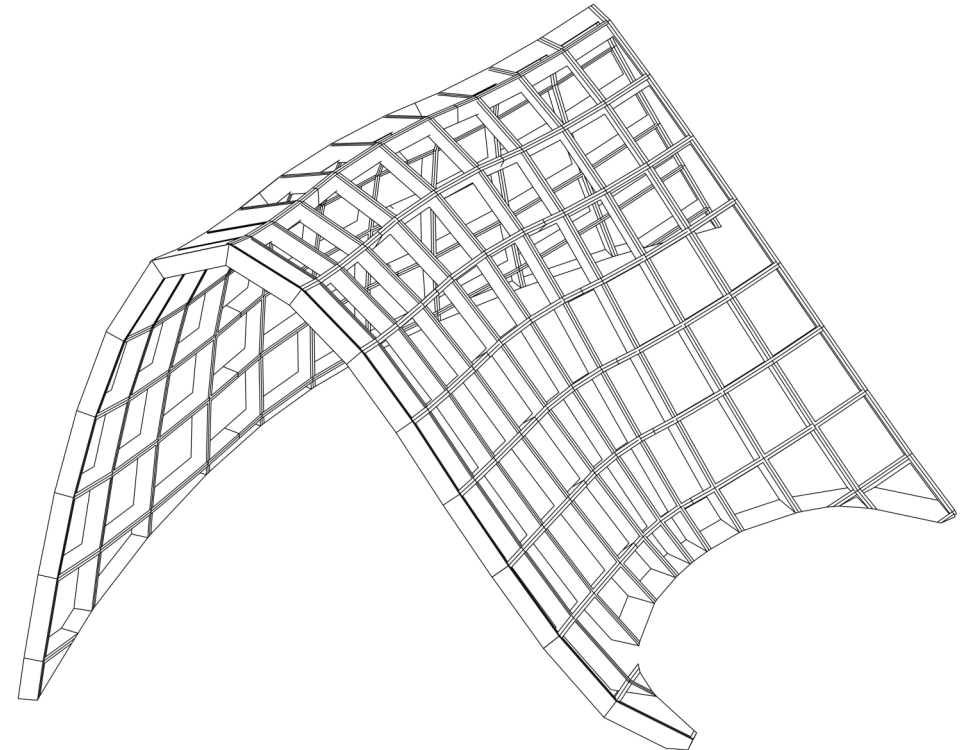
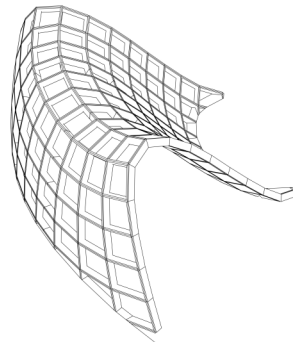
photos de la maquette

- 1 Maquette volumetrique en phase esquisse
- 2 Axonométrie
- 3 Axonométrie

1



2



1

ELEPHANT

notice technique

envisager une erreur sur l'angle formé par deux côtés de près de 8°, de plus les voussoirs peuvent tous être considérés comme plan. L'ouvrage en lui-même sera monté en associant les différents voussoirs à l'aide de vis à bois (3 sur chaque face), et de scotch armé afin de renforcer la liaison aux noeuds.

Pour réaliser les appuis au sol nous utiliserons une plaque de contreplaqué persée en deux endroits afin de la fixer au sol avec les vis initialement présentes dans les trous au sol de la halle. Nous visserons ensuite en biais trois vis à bois dans l'autre sens, c'est à dire en forme de pic, pour les planter dans le polystyrène. Nous mettrons en place ce dispositif à l'endroit d'au moins 3 fixations. Ainsi, nous assurerons la stabilité à la rotation et à la translation de l'ouvrage. Nous maintiendrons ainsi également le contact de la base de l'ouvrage avec le sol.

Le renforcement potentiel de l'ouvrage se fera par la mise en place de plaques dans la partie supérieur du voussoir, afin de faire diaphragme et de limiter les déformations dans le plan. D'après les calculs précédents, nous devront mettre en place ce dispositif sur toute la longueur d'une arche pour assurer la stabilité globale.

MATERIEL

Pour la réalisation de l'ouvrage nous avons déjà fait l'inventaire des modes constructifs dans la partie précédente avec les matériaux nécessaires à la construction, à savoir:

Des plaques de polystyrènes de 2cm d'épaisseur (environ 35m²), des vis à bois (environ 150), du scotch armé, de la corde, 1 m² de contreplaqué.

En ce qui concerne le matériel d'outillage nous aurons besoin d'une perceuse, de tournevis, d'une ou deux plateformes sur laquelle deux personnes peuvent tenir

debout à au moins 1m de haut, ainsi que des éléments de stabilisations de l'ouvrages (1 ou 2 poteaux).

ORGANISATION

De façon à organiser la découpe des différents voussoirs nous avons divisé l'ensemble de notre équipe en deux parties, la première avait la responsabilité de la découpe des quatre pièces élémentaires composant les voussoirs, l'autre étant chargée d'assembler les pièces à l'aide de vis et de scotch. Au sein de chaque équipe, les binômes avaient la responsabilité de quatre à six voussoirs préalablement répertoriés. Par ailleurs, les plans de repèrages étaient associés à des tableaux excel permettant de référencer les longueurs et les angles des pièces à assembler. Ce type d'organisation a permis d'éviter la confusion entre nous ainsi que la découpe de deux mêmes voussoirs par deux personnes ne s'étant pas consulté au préalable. Une mauvaise compréhension de la géométrie des éléments notamment des angles, et des erreurs dans les tableaux excel ont conduit à l'absence d'un second contrôle, ont compromis l'achèvement de la structure dans les temps. La complexité géométrique de la structure aurait nécessité la production de patrons ou de plans indiquant la méthode de découpe de chaque voussoir afin de faciliter la découpe des éléments.

La réalisation de cette structure, bien que partiellement, nous a tout de même permis d'expérimenter la construction de grids rigides à grande échelle. Nous retiendrons que le travail en équipe doit faire l'objet d'une organisation rigoureuse au préalable, et que la précision de chaque élément, à chaque étape de production, est indispensable pour assurer le montage d'ensemble de la structure.

KEY-POINTS

Les points clés dans la réalisation de l'ouvrage tiennent premièrement dans la réalisation des appuis au sol, afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage à la translation, la rotation mais aussi au soulèvement.

Ensuite il convient de considérer le cas de la production des voussoirs non rectangulaires.

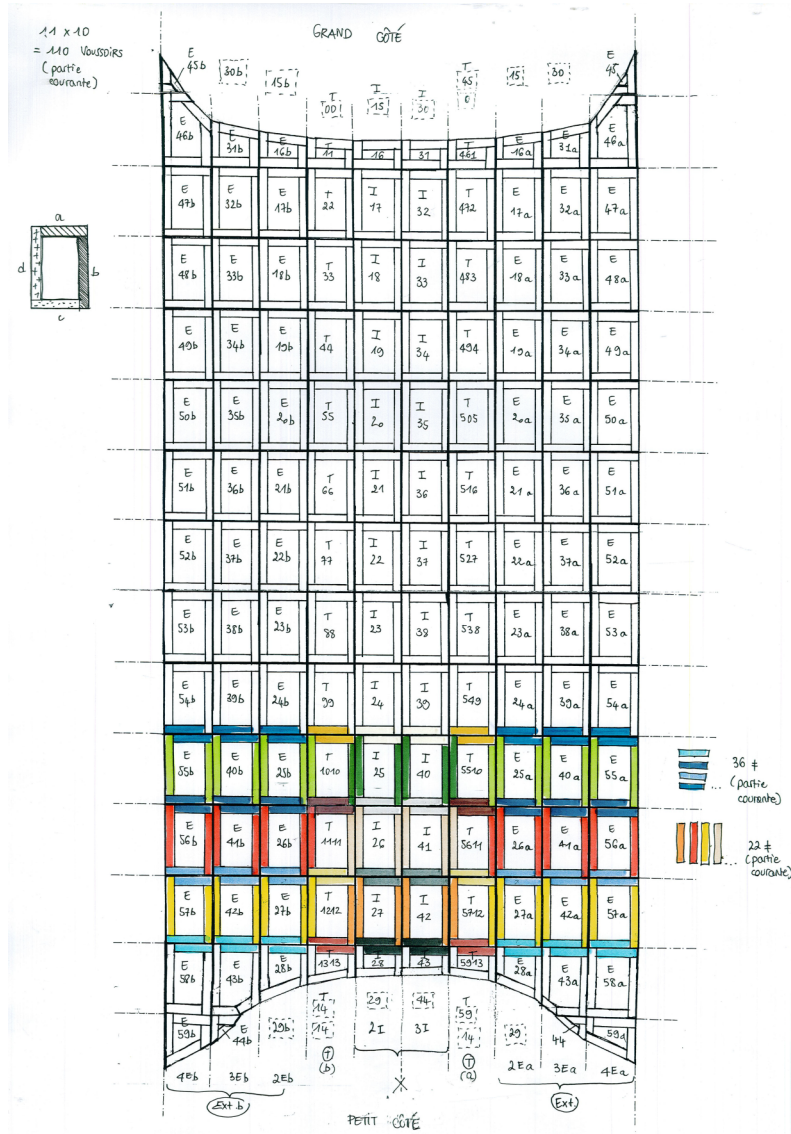
Et enfin nous devons envisager le cas d'un renforcement potentiel de la structure après réalisation.

METHODES

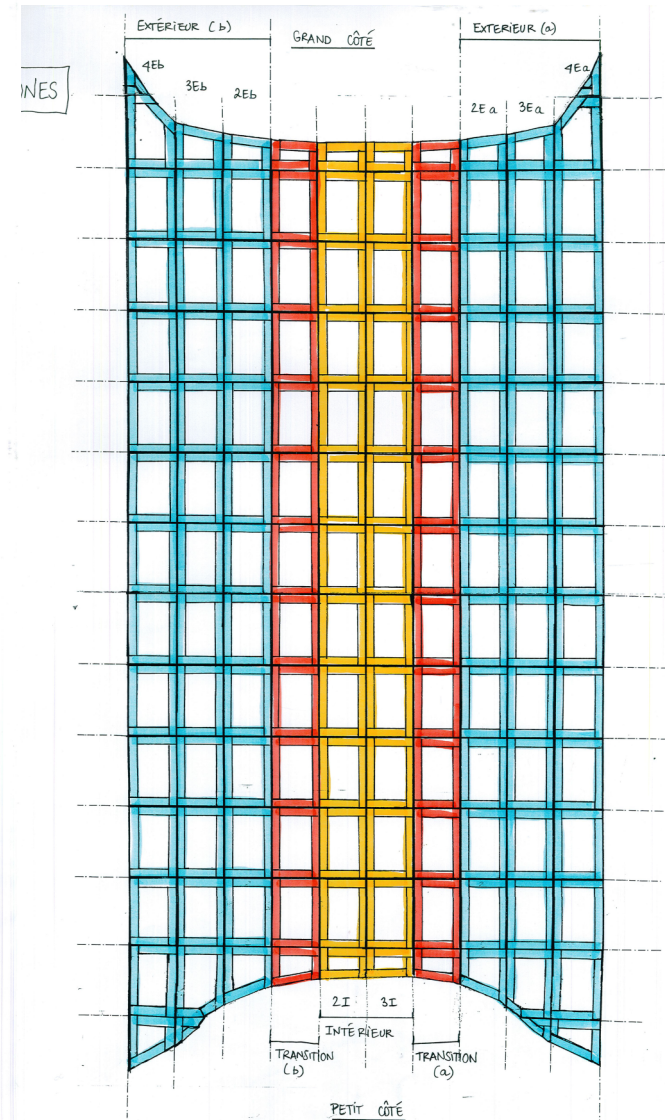
Les différents voussoirs seront assemblés à l'aide de vis permettant de faire la jonction aux quatre angles. Nous assemblerons les différents côtés sans ajuster les extrémités par rapport aux angles, car, en postulant une précision à la découpe de 3mm aux bords, nous pouvons

ELEPHANT

notice technique



Mise en plan et numérotation des voussoirs



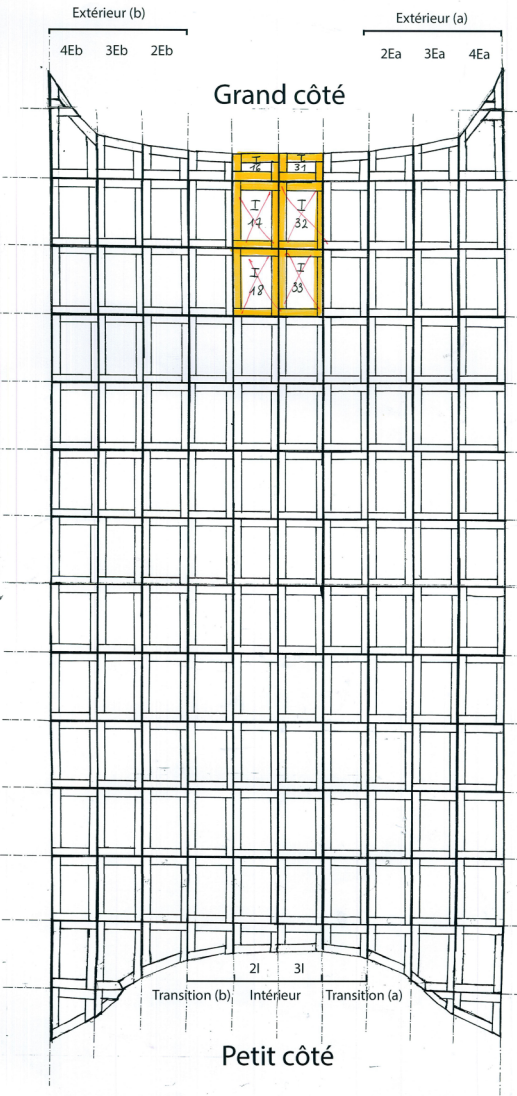
Code couleurs selon les différents types de voussoirs

ELEPHANT

notice technique

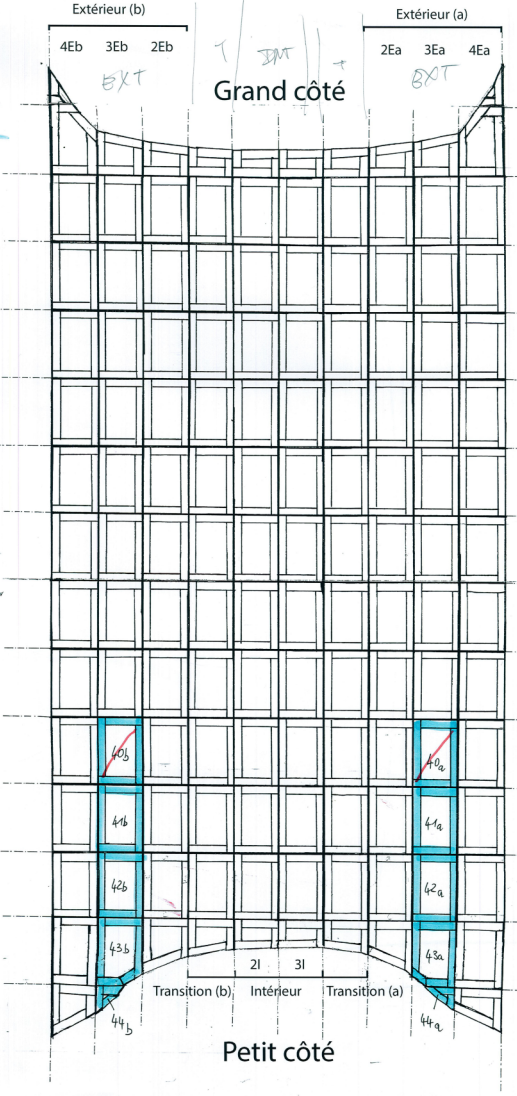
I

4/4



E

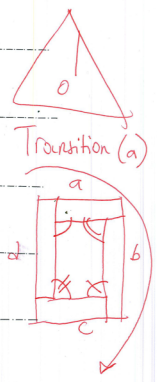
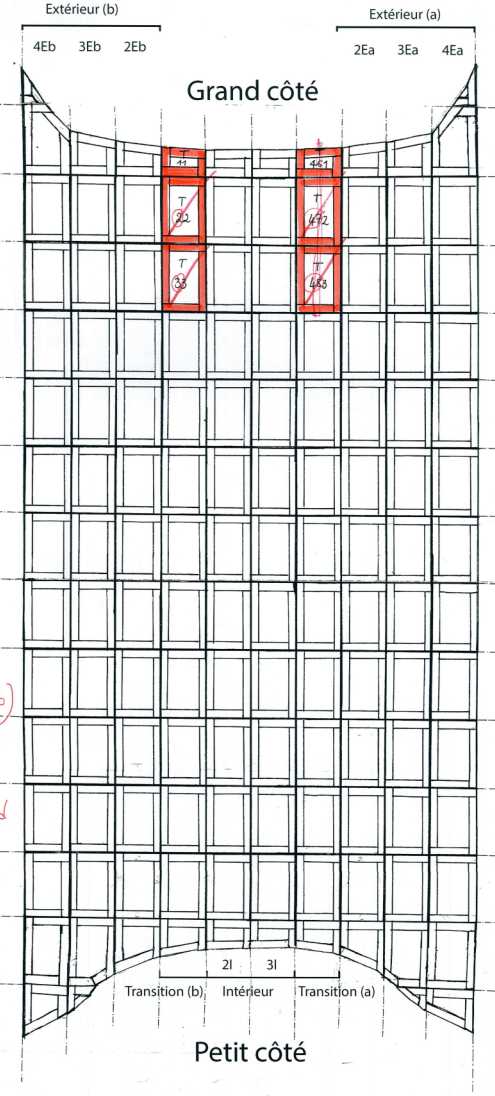
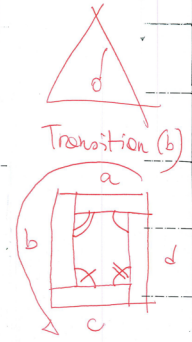
5/12



T

4/4

C



Plans de production des voussoirs selon 3 groupes