

# CONSTRUIRE LE COURBE 2015

---

Séminaire de l'École des Ponts ParisTech - départements GCC & GMM  
C. Douthe, M. Bagnéris, L. du Peloux, R. Mesnil  
7 - 11 septembre 2015



PROJET

# PEANUT

PHASE  
PROJET

EQUIPE

Gaëlle ALBERT  
Allan CONDESSO  
Camille GUEROUT  
Marcus HUEBNER  
Renata IWAMA  
Rémi JOURNO  
Fahd KHENISSI  
François LATOUR  
Romain MARTIN  
Rodrigo PINHO  
Christiane RICHTER  
Yuta SUZUKI



# PEANUT

photo



# PEANUT

## notice architecturale

17m<sup>2</sup>, et est conçue pour permettre l'installation d'une table pour quatre personnes dans le salon, ainsi que la circulation des occupants, notamment tout autour de la table. Le projet prévoit naturellement une porte d'entrée, ainsi qu'une ouverture devant la fenêtre existante pour faire pénétrer la lumière dans la structure.

Dans le cadre de ce projet, des visiteurs seront amenés à se promener dans la structure, nous avons donc décidé d'ajouter une seconde porte la sortie des visiteurs. Dans le cas d'une utilisation pour quatre personnes seulement, cette seconde porte peut être enlevée, ou bien remplacée par une ouverture sur l'espace extérieur par exemple.

### STRUCTURE

La structure proposée est un gridshell élastique réalisé en matériau composite : elle est donc composée d'une grille de tiges rotulées entre-elles, sur laquelle on vient fixer d'autres tiges en composite pour assurer le contreventement une fois la grille mise en forme.

Les appuis au sol sont assurés par des équerres fixées sur une rive en OSB et reliées aux tiges par du fil de fer. Au niveau de la fenêtre, les appuis sont assurés par une tige en composite renforcée par une structure secondaire en composite.

La hauteur de la structure est variable pour s'adapter aux besoins des espaces : 3,2 m de haut pour l'entrée afin de venir chercher la lumière naturelle, 2,4 m au niveau du salon pour plus d'intimité et 2 m au niveau du passage pour renforcer l'intimité du salon.

### CONCEPT

La structure a été conçue en cherchant une forme fluide et harmonieuse qui soit en accord avec le programme. La proposition finale s'appuie sur deux sphères reliées entre elles par une surface courbe qui guide le visiteur depuis la petite sphère (l'entrée) vers la seconde (plus imposante) qui marque le salon.

Les objectifs du projet sont les suivants :

- favoriser la luminosité naturelle en venant chercher une ouverture au niveau de la fenêtre existante,
- faciliter le flux des visiteurs au sein de la structure, en laissant suffisamment de largeur et de hauteur de passage (y compris autour de la table et des chaises),
- assurer la légèreté visuelle et physique de l'ensemble en utilisant des câbles pour le contreventement de la structure.

### PROGRAMME

La structure abrite une entrée où pénètre la lumière naturelle ainsi qu'un salon, ces deux pièces communiquant grâce à un passage surbaissé. Elle couvre au total une surface de

## BUREAU D'ETUDES

- 1 Gaëlle ALBERT
- 2 Rémi JOURNO
- 3 Christiane RICHTER

## CHANTIER

- 4 Allan CONDESSO
- 5 Camille GUEROUT
- 6 Marcus HUEBNER
- 7 Renata IWAMA
- 8 Fahd KHENISSI
- 9 François LATOUR
- 10 Romain MARTIN
- 11 Rodrigo PINHO
- 12 Yuta SUZUKI

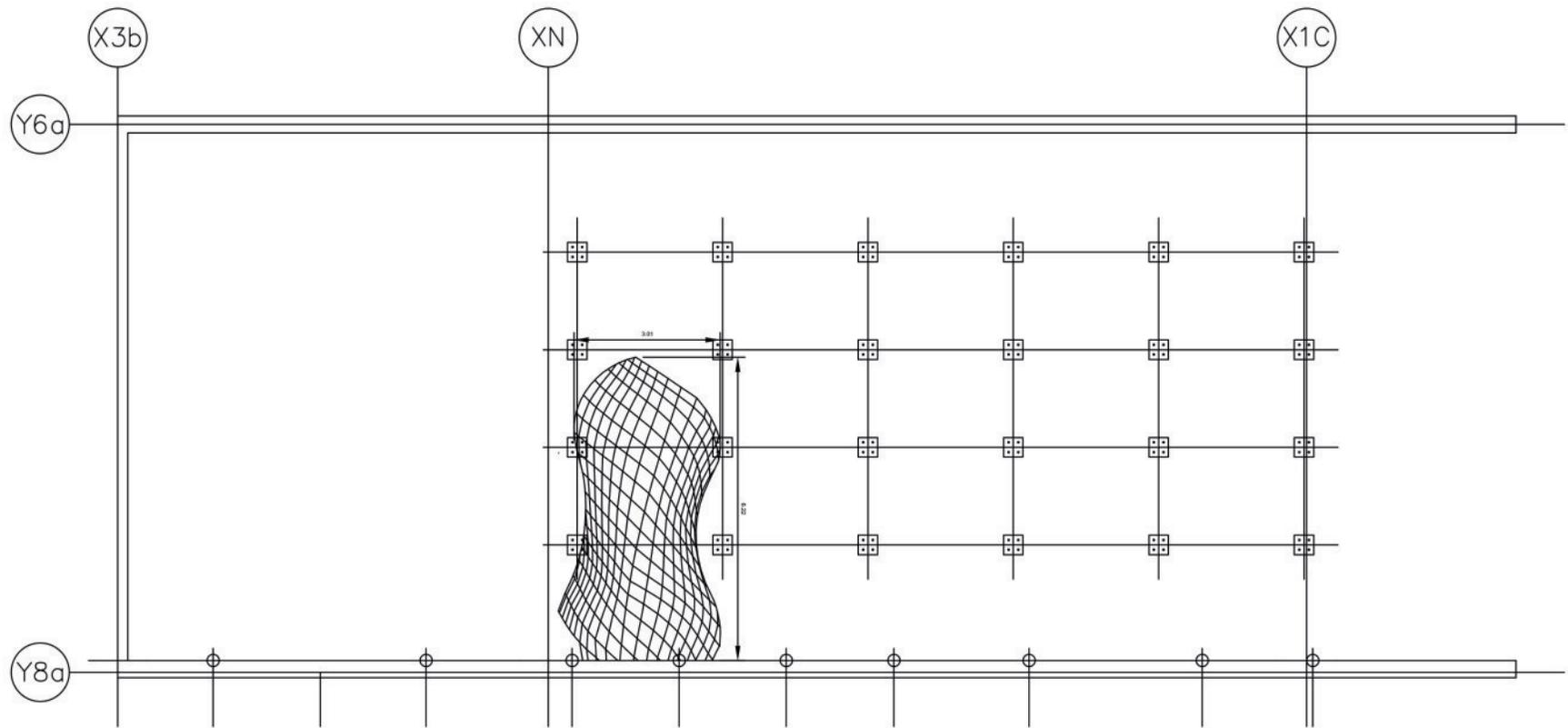
12 3 4 6 5 7



9 2 11 8 1

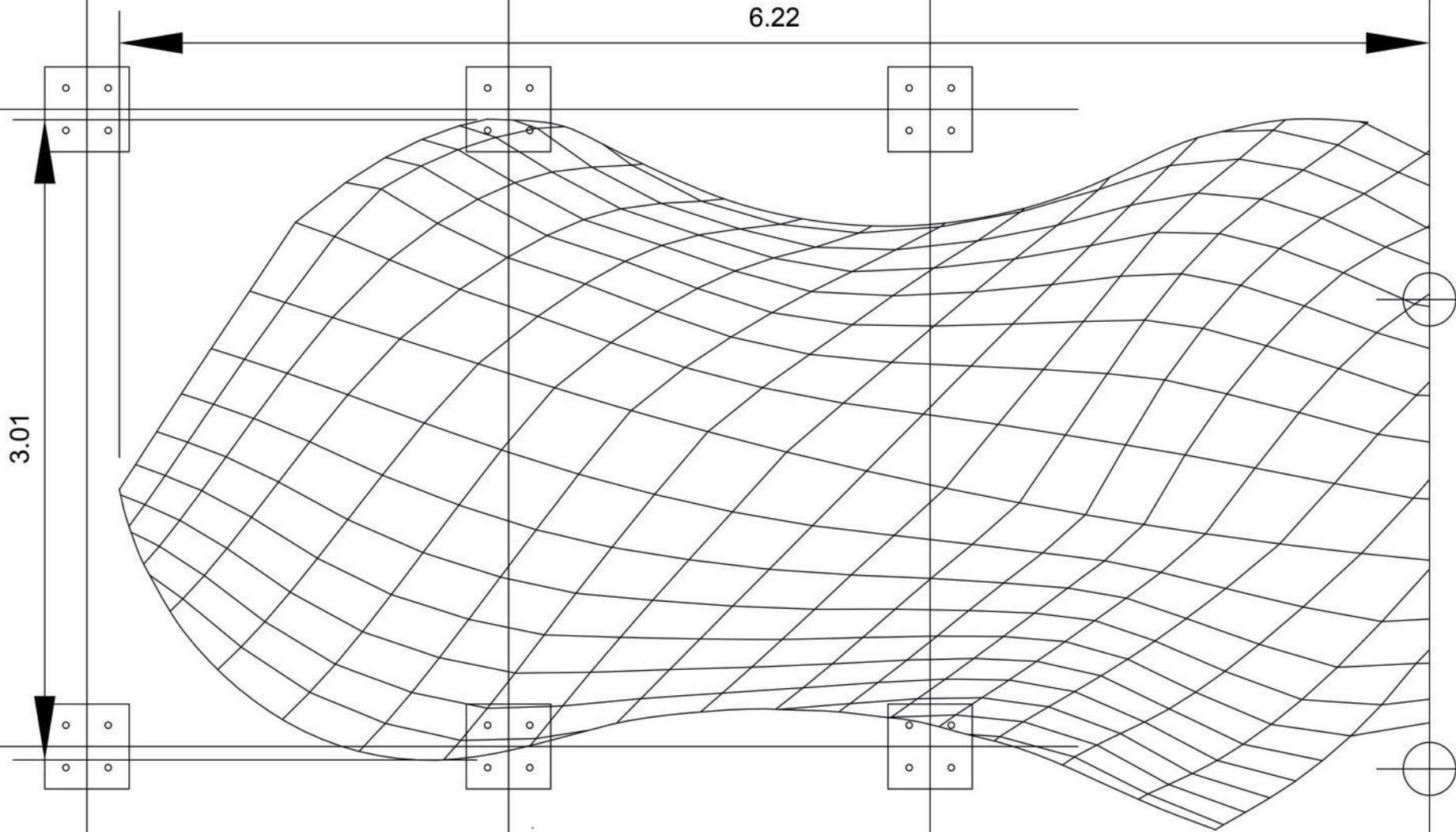
# PEANUT

plan masse



# PEANUT

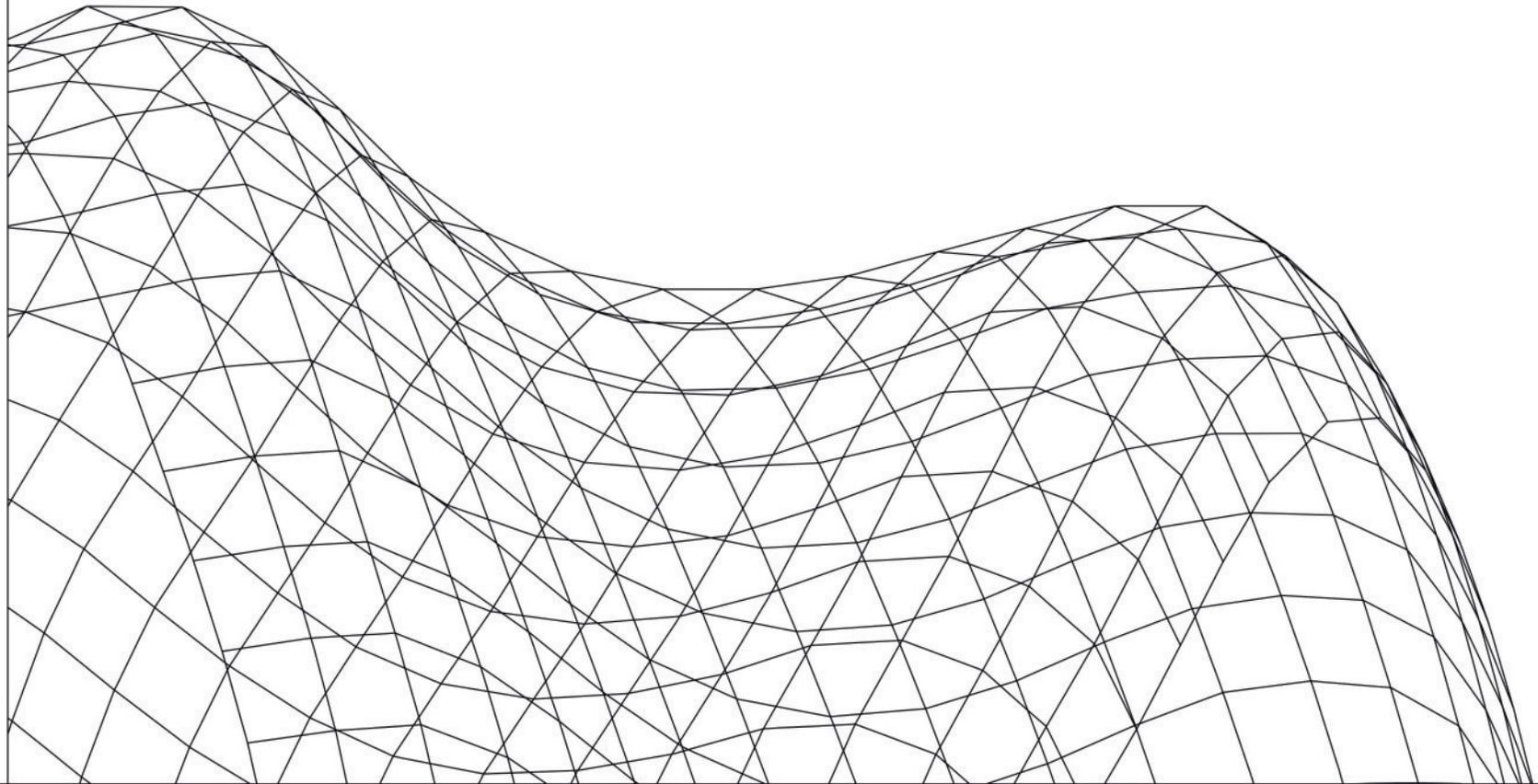
vue en plan



Échelle 1:20

# PEANUT

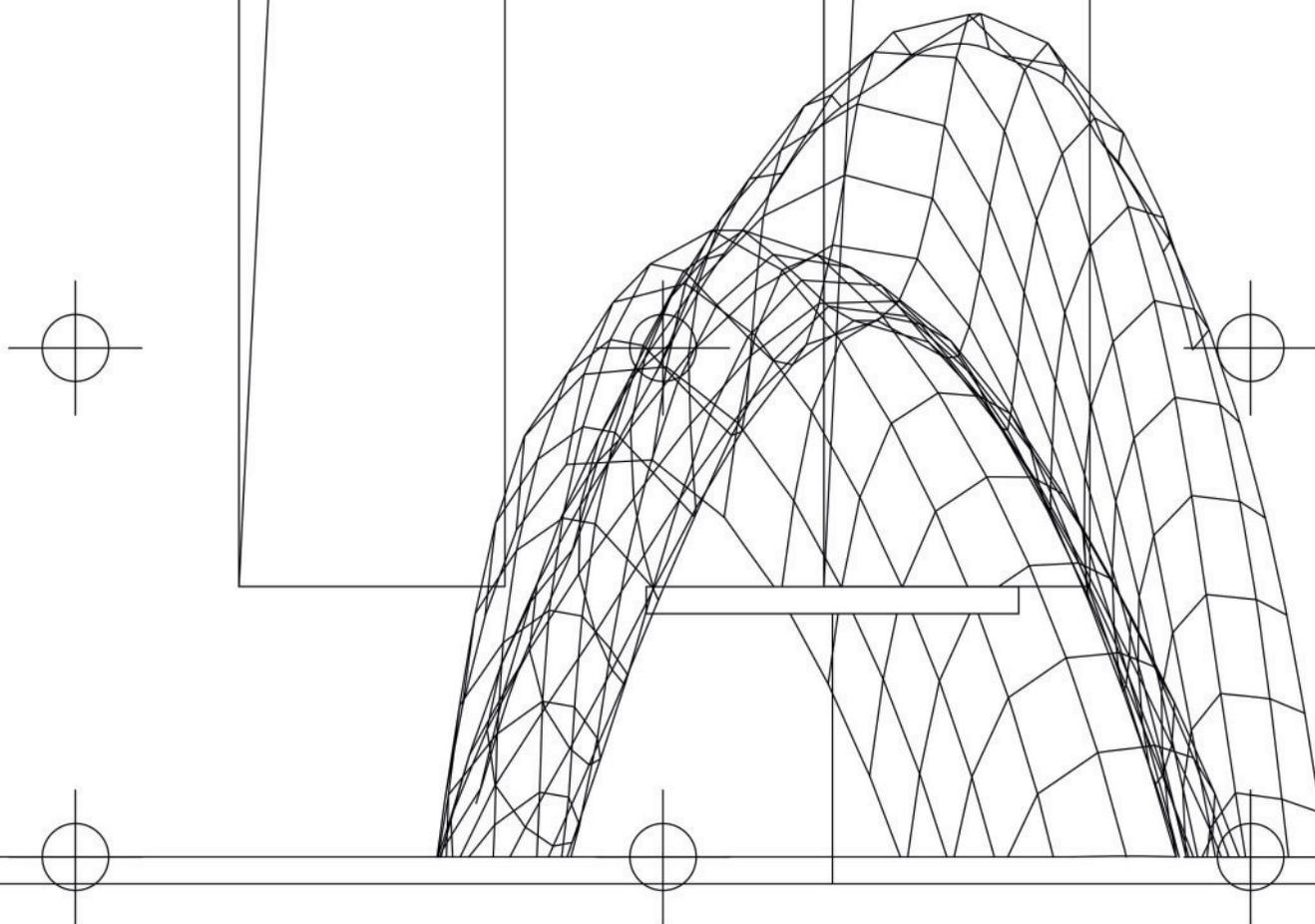
vue en élévation



Échelle 1:20

# PEANUT

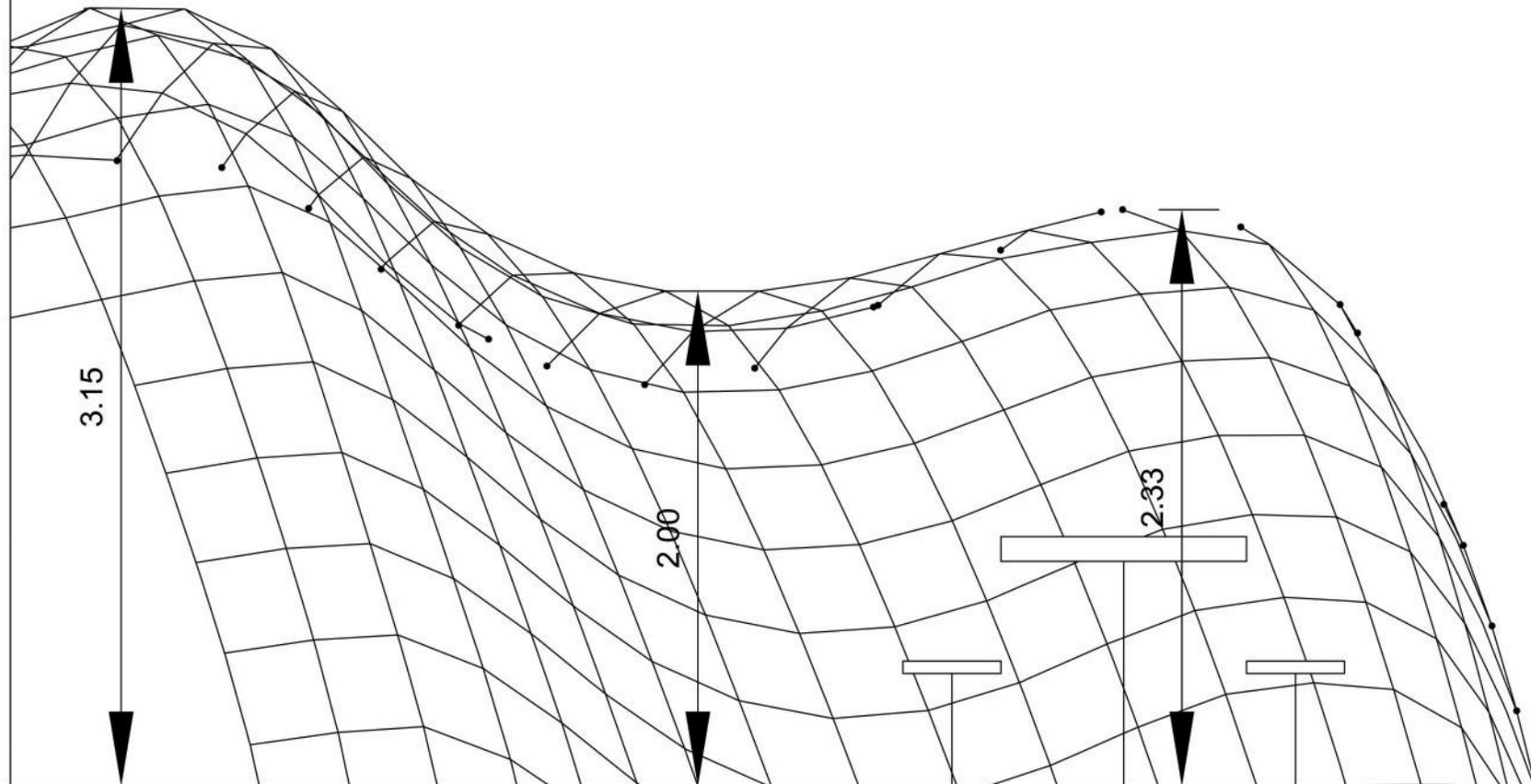
vue en élévation



Échelle 1:20

# PEANUT

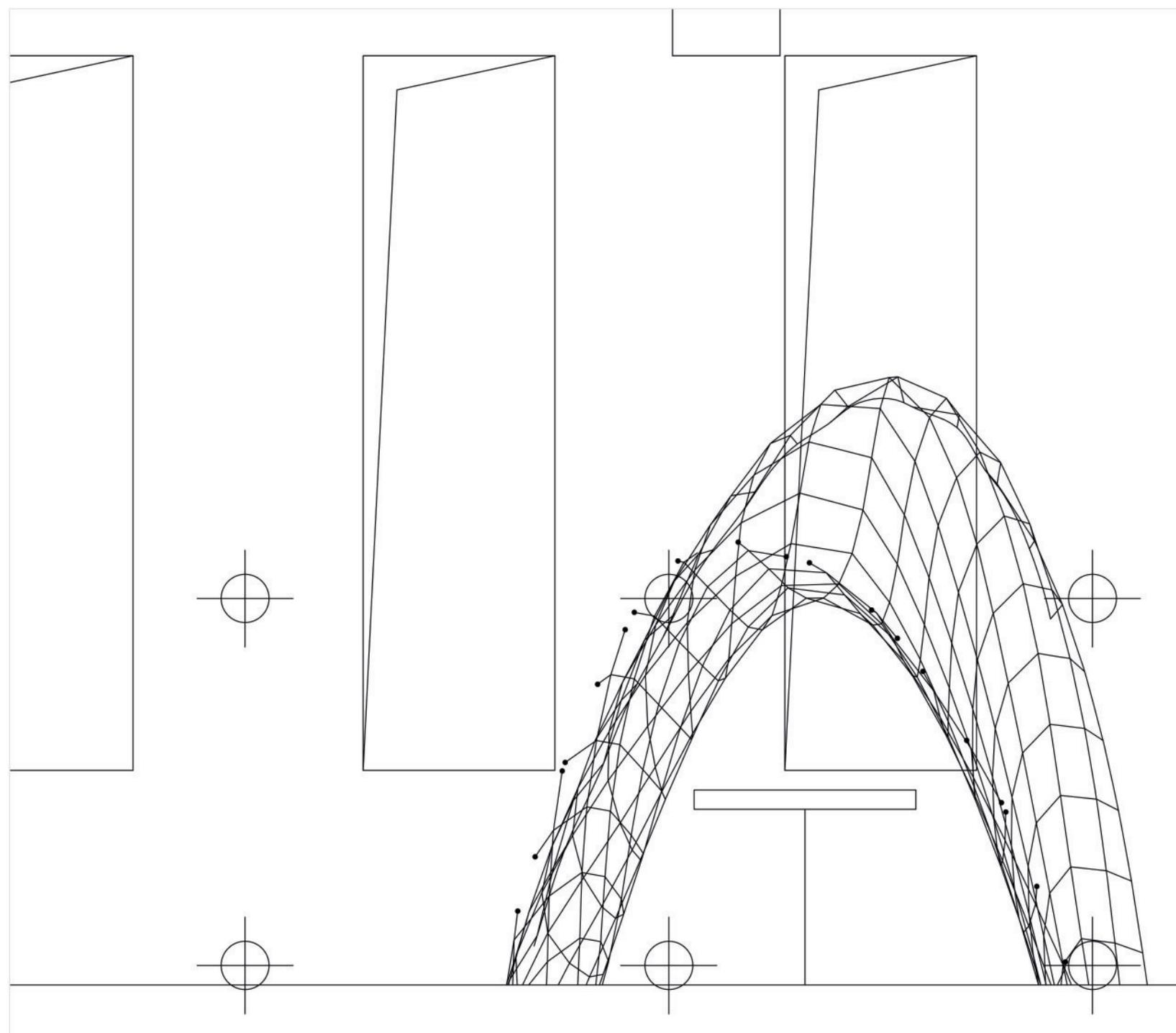
vue en coupe



Échelle 1:20

# PEANUT

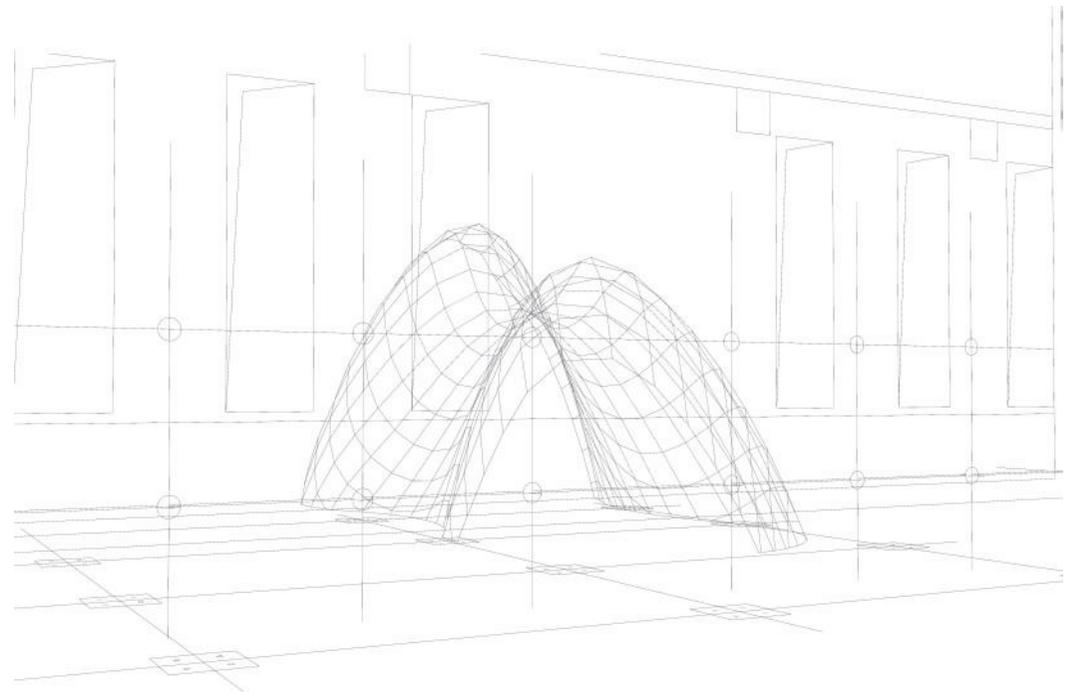
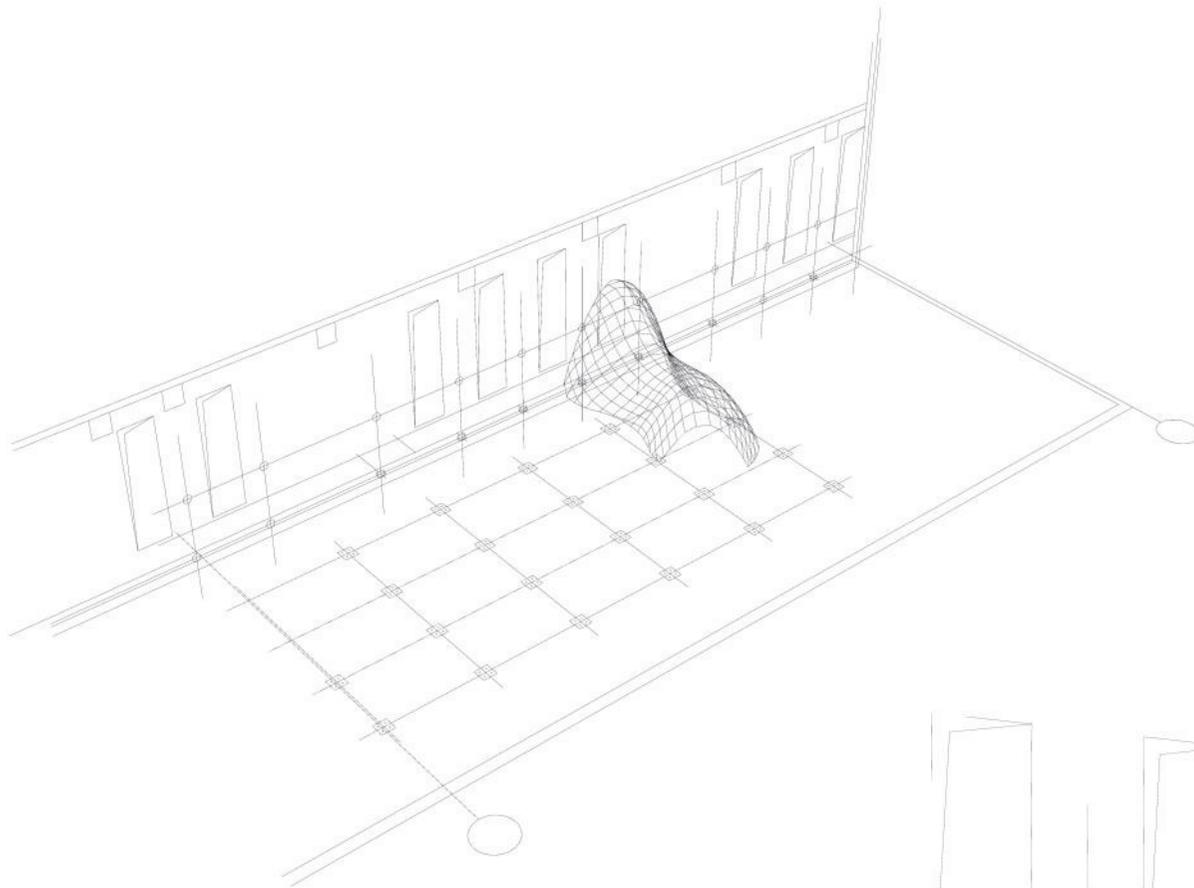
vue en coupe



Échelle 1:20

# PEANUT

vue en coupe



# PEANUT

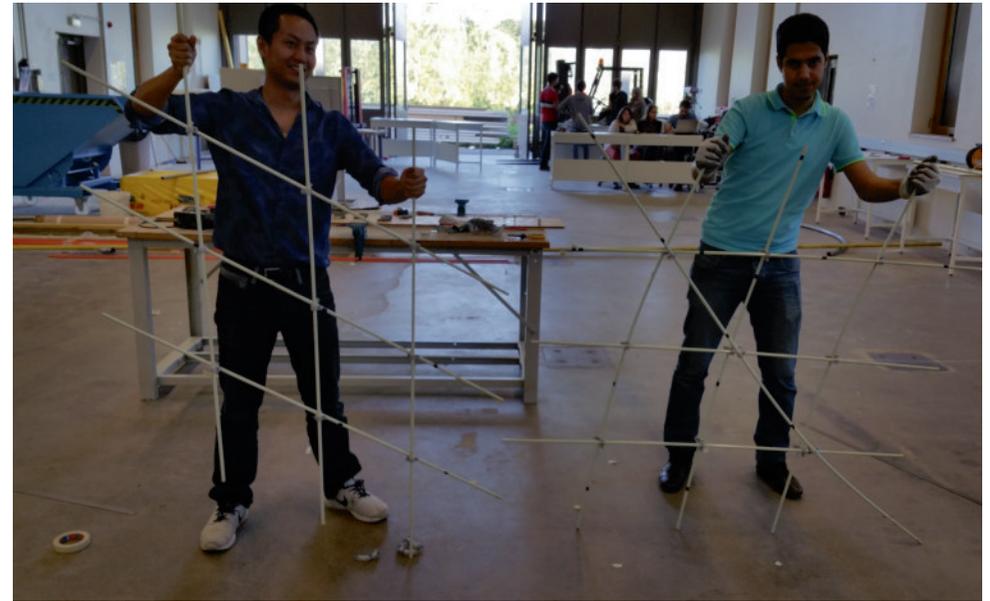
Esaai de flexion 3 points



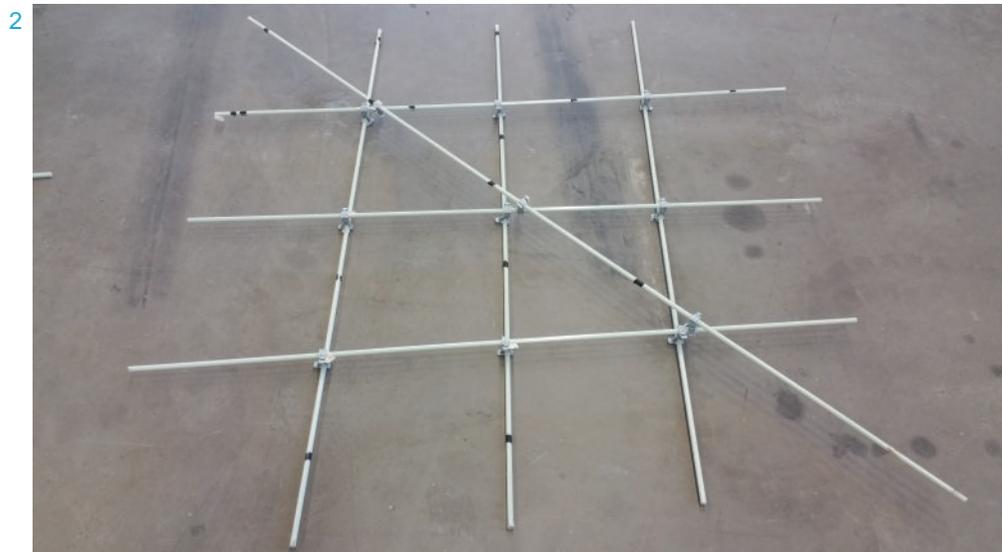
# PEANUT

Prototypes

- 1 Test de rigidité de la grille
- 2 Contreventement rigide (triangulation)
- 3 Contreventement souple (croix)



1



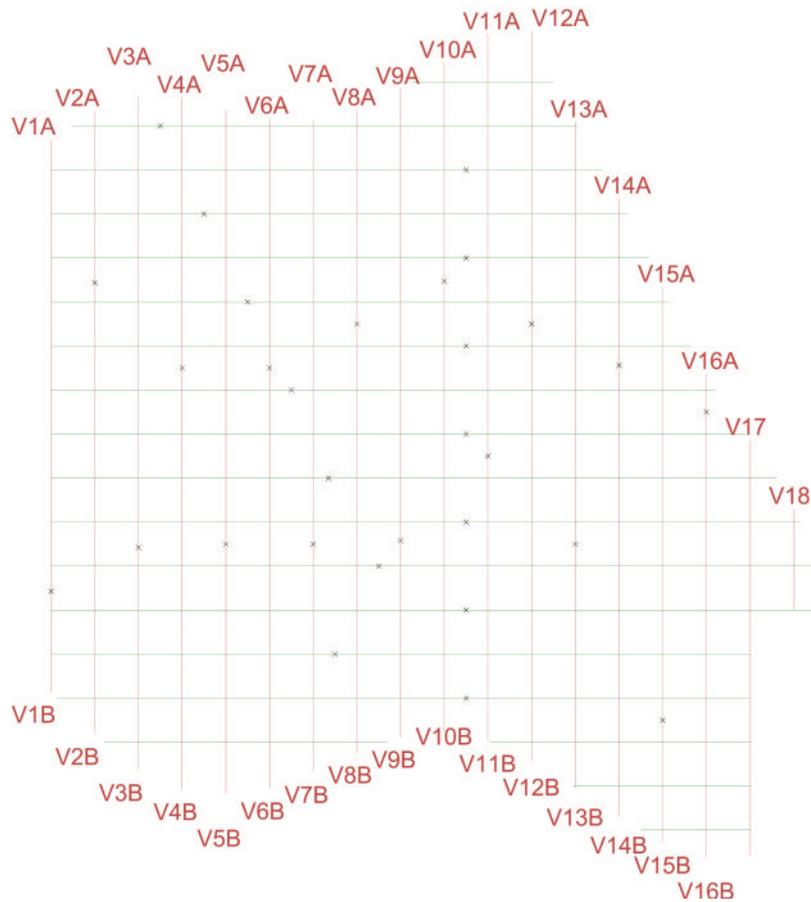
3



# PEANUT

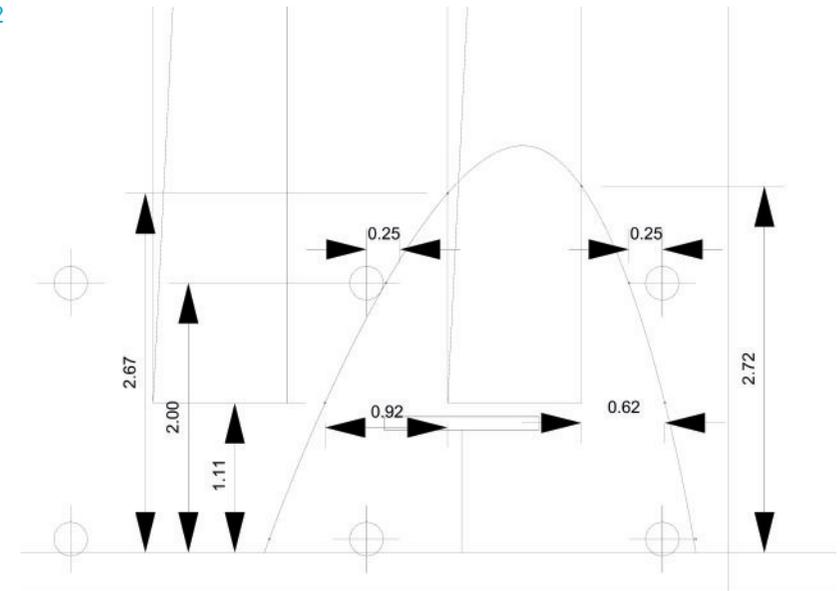
## Plans de la grille "à plat"

- 1 Plan de repérage des barres verticales (les croix représentent l'emplacement des manchons reliant deux tiges)
- 2 Plan de repérage de la rive au niveau de la fenêtre existante
- 3 Plan de repérage des appuis sur les rives en OSB

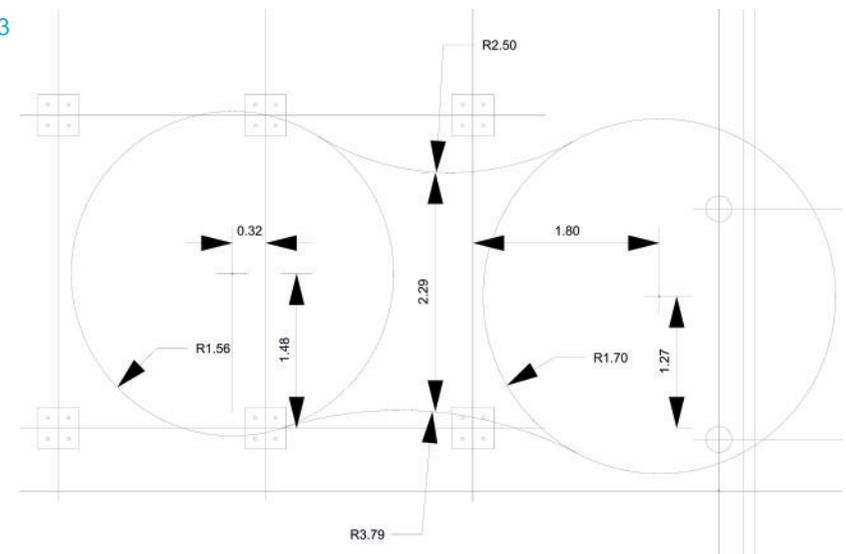


1

2



3



## FORME

La définition de la forme a nécessité la mise au point d'un script Grasshopper sur lequel de nombreux paramètres sont modifiables (afin de faire varier cette forme). En quelques mots, la forme est définie à partir de deux rails directeurs au sol et de trois paraboles dans le plan vertical.

## MAILLAGE

Après avoir défini la forme, la suite du travail concerne le maillage dont il faut régler le pas et l'orientation des deux génératrices. Le choix des lignes génératrices permet en effet de créer une grille plus ou moins contrainte (plus la grille est déformée dans sa position finale, plus il sera difficile de la mettre en place). Si nous prenions deux génératrices perpendiculaires, nous obtenions des erreurs localisées de maillage (zones où le maillage est aplati sur lui-même). Nous avons donc finalement créé la première génératrice selon une courbe, passant par la ligne de crête de notre surface, et la seconde, tournée de 30° par rapport à la direction longitudinale.

Nous avons défini une première trame 30cm pour les calculs. Une fois le premier résultat obtenu, nous avons optimisé en vérifiant la flexion dans les barres, et nous avons pu atteindre un espacement de 40cm. Au moment de générer le plan de maillage, nous avons finalement réglé le paramètre sur 39 cm afin d'aider le composant grasshopper à fonctionner.

## SCHÉMA STATIQUE

Les appuis sont rotulés et ont été modélisés par des ressorts dans Grasshopper.

## CONTRAINTES

On constate une concentration des contraintes dans les barres proches des ouvertures, notamment proches de l'ouverture au niveau du salon.

## DEFORMATIONS

Lors du dimensionnement, nous avons dessiné la forme sans la deuxième ouverture (au niveau du salon). Pour la réalisation du projet, nous avons décidé de réaliser cette ouverture. L'interruption du maillage a eu pour conséquence une déformation et un affaissement de la structure (jusqu'à 53 cm à certains endroits), notamment au niveau de la bulle du salon. Cela correspond aux déformations que l'on observait sur le logiciel de calcul en interrompant le maillage de cette façon.

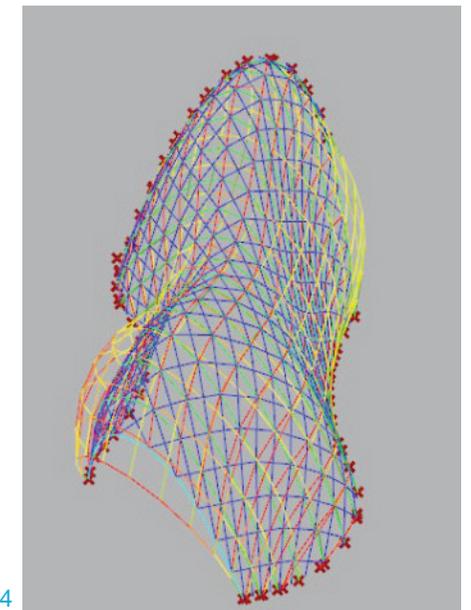
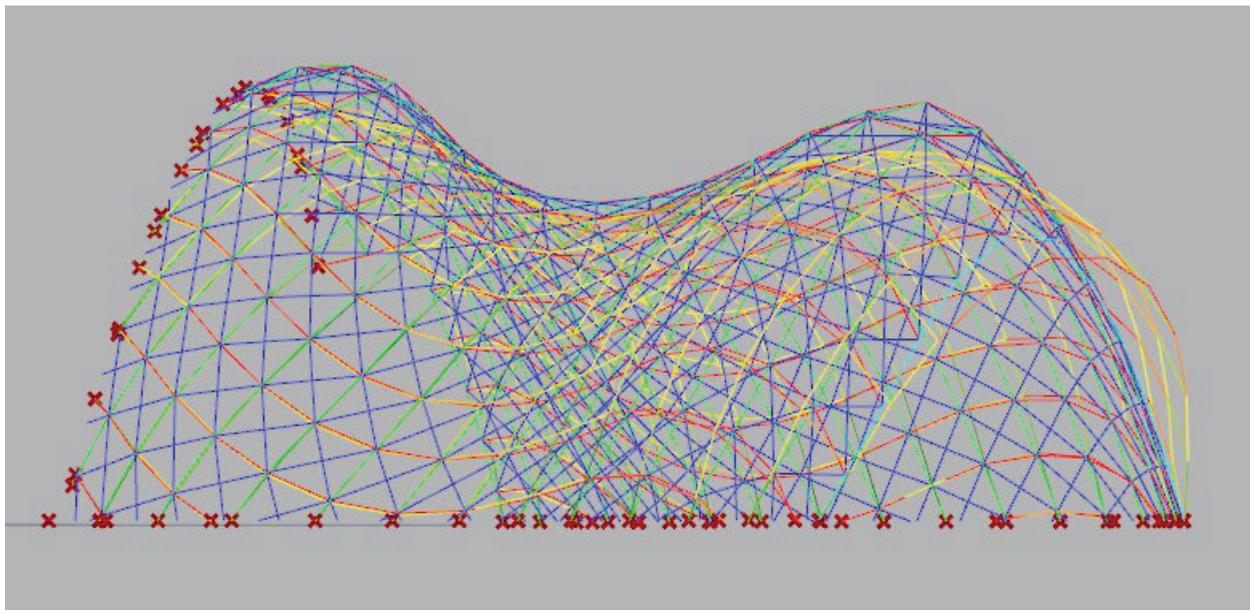
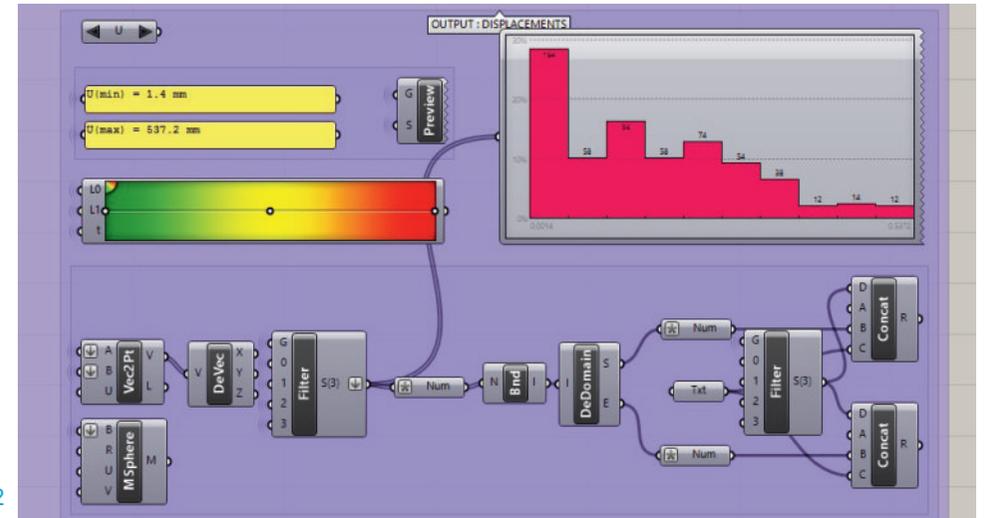
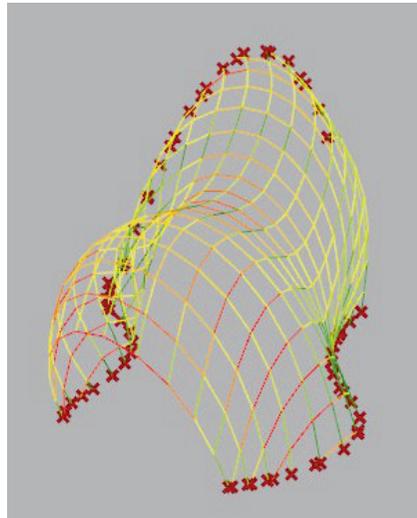
## REEL VS MODELE

En mesurant les trois hauteurs critiques (point haut du salon, du couloir et de l'entrée), nous avons pu constater que les déformations correspondent à celles calculées numériquement (à savoir 2m pour la salon, 1,8m pour el couloir et 2,8 m pour l'entrée).

1 Contraintes dans les barres

2 Extrait des résultats du script Grasshopper concernant les déformations

3 et 4 Comparaison de la forme initiale (sans la porte du salon, en bleu et vert) et de la forme construite (avec la porte du salon, en rouge et jaune)



## POINTS CLEFS

Par rapport au rendu intermédiaire, il a été nécessaire de revoir un certain nombre de points, notamment :

- diminuer la taille de la structure,
- rapprocher les rives en OSB des appuis (révision du plan d'implantation),
- redéfinir la géométrie de manière paramétrique,
- choisir une trame en diagonale pour limiter les rayons de courbure critiques au sommet.

## MÉTHODES

Repérage des barres :

La plupart des barres étaient en effet trop courtes et il a été nécessaire de les mettre bout à bout. Durant toute cette phase, chaque barre était contrôlée et chaque étape vérifiée (nom de la barre, début et fin, remplacement des rotules, etc.) afin de détecter les erreurs avant l'assemblage de la grille. Nous avons ainsi mis en place un code couleur définissant le début et la fin des barres ainsi qu'une nomenclature précise permettant de repérer l'emplacement de la barre dans la grille, ses jonctions avec les autres tiges ainsi que les conditions d'appui en bout. Un second code couleur nous a permis de repérer l'emplacement des assemblages.

## MATERIEL

- Outils
- Scie à main, scie sauteuse, scie circulaire, scie à métaux
- Lime
- Clef
- Pince
- Etaux
- Visseuses
- Perceuses
- Tournevis
- Mètres ruban, réglet
- Marteaux
- Ficèle
- Craie

- Structure
- 320 m de tiges PVC (environ 4 mètres chacune)
- 600 colliers
- 7 plaques d'OSB (2,05 m x 0,68 m)
- Scotch colorés
- FII de fer
- 50 équerres
- Vis
- 15 m de tubes composites réutilisés (4,2 cm de diamètre)
- 6 Noix métalliques
- 4 Demi colliers
- 12 Boulons d'ancrage

## ORGANISATION

1er jour:

Répartition du travail entre une petite équipe bureau d'étude/conception (3 personnes) et une plus grande équipe prototypage de trames et de détails.

2è jour:

La géométrie étant définie, les concepteurs ont pu diffuser le plan d'implantation des rives au sol et devant la fenêtre existante assez tôt, ce qui a permis au chantier de commencer. Pendant ce temps, deux étudiants effectuant le travail de bureau d'étude ont défini les ouvertures dans la trame, dessiné le plan, et préparé un tableau excel contenant les longueurs de barre. Une fois les éléments techniques diffusés par le bureau d'étude, les membres du BE ont rejoint le reste de l'équipe afin de s'attaquer à la découpe, au marquage et au manchonnage des barres. En fin d'après-midi, les appuis et les barres étaient terminés, nous avons assemblé la grille au sol et positionné les rotules nécessaires à la mise en place des contreventements.

3ème jour

Nous avons vérifié les assemblages puis soulevé les rotules pour fixer les barres sur les rives au sol, puis sur l'appui à proximité de la fenêtre. Dans un second temps nous avons installé les contreventements sur la structure. Et nous avons fini par ranger le chantier.

# PEANUT

## Détails

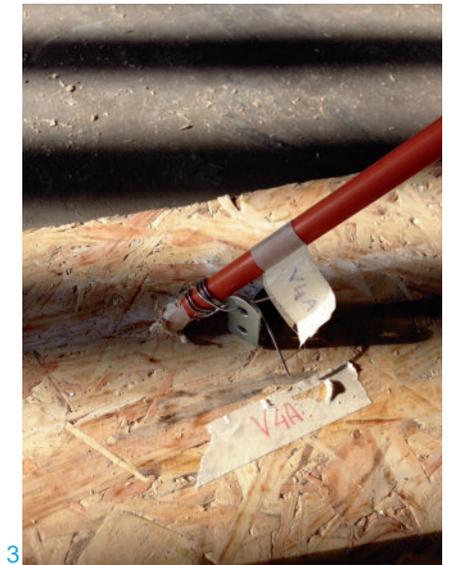
- 1 Liaison entre les plaques d'OSB de la rive
- 2 Accrochage de la rive aux appuis fixes existants
- 3 Fixation des extrémités des barres sur la rive
- 4 Structure secondaire au niveau de la fenêtre existante
- 5 Liaison entre les barres de la structure secondaire
- 6 Liaison entre les trois couches de barres du gridshell en partie courante
- 7 Liaison entre les trois couches de barres du gridshell au niveau d'une extrémité libre



1



2



3



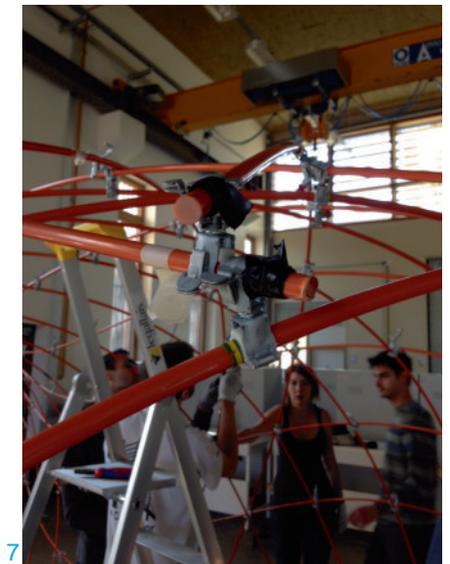
4



5



6



7

# PEANUT

photos du montage

- 1 Essai de flexion 3 points
- 2 Découpe de la rive en OSB
- 3 Raboutage des barres
- 4 Positionnement des barres de la grille au sol
- 5 Assemblage de la grille au sol
- 6 Levage et fixation des appuis de rive
- 7 Mise en place des contreventements
- 8 Structure montée

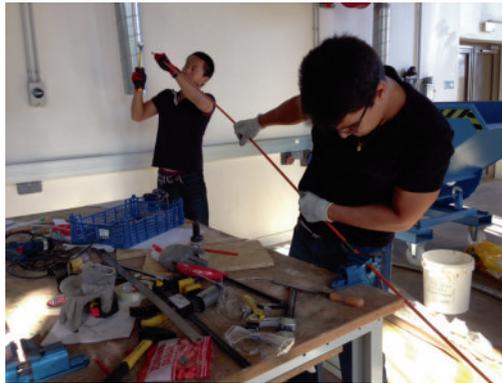
1



2



3



4



5



6



7



8



Photo du montage du  
projet gridshell  
CLC 2013