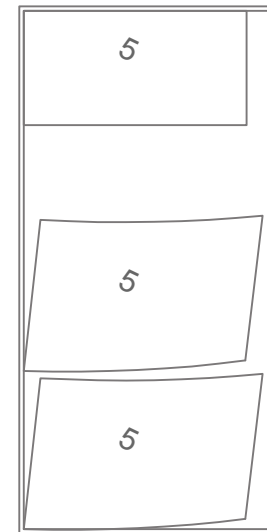
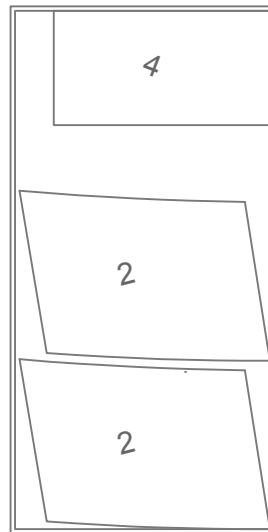
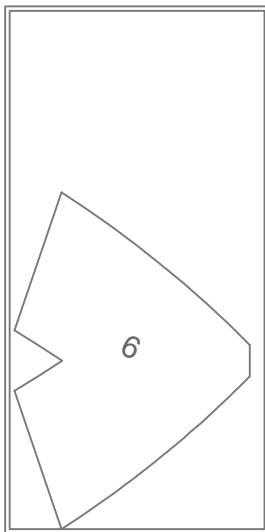
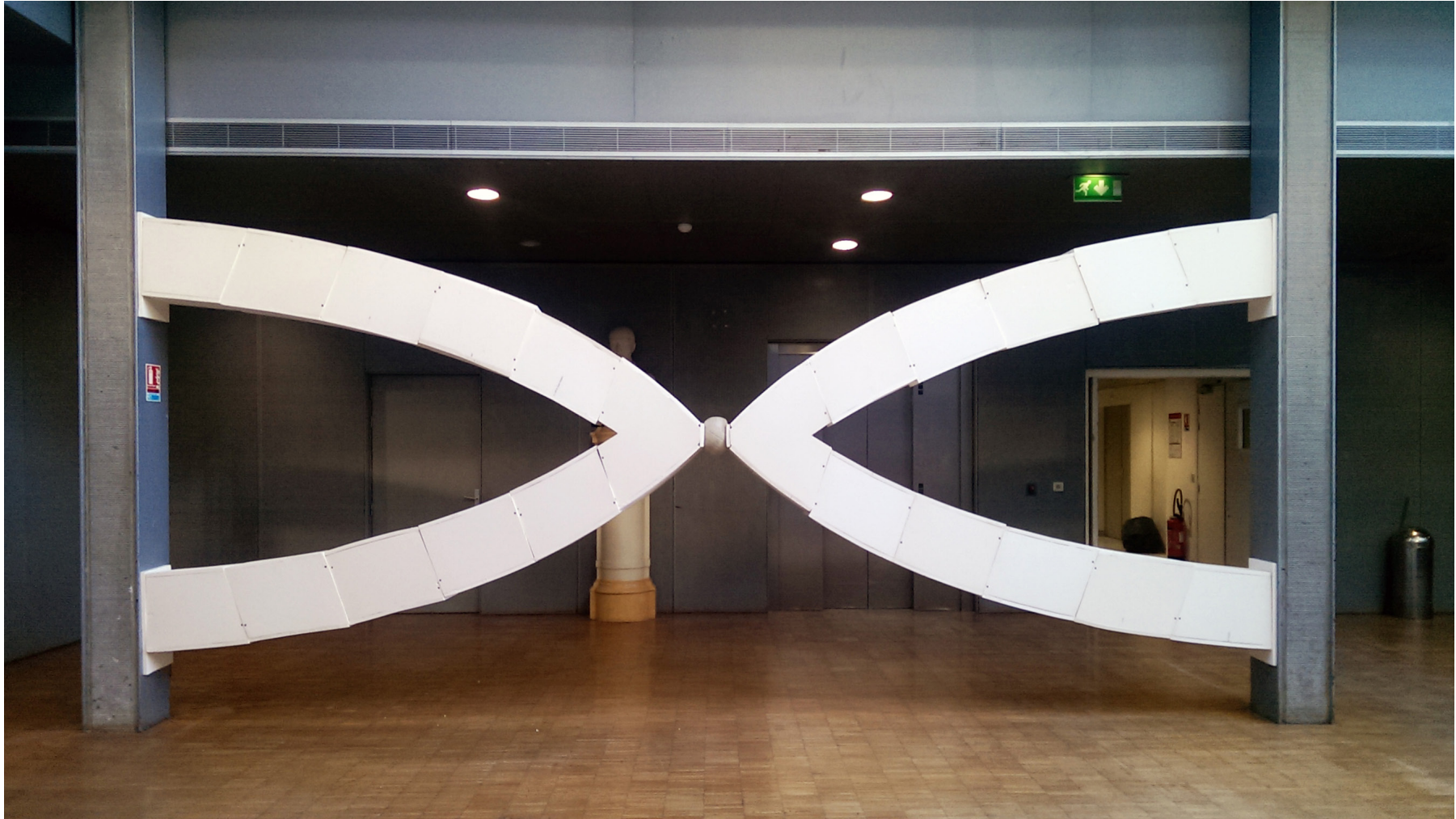


# Construction d'une arche

Semaine d'ouverture 2015/2016



# Chromosome



## Présentation de l'équipe

Mathilde Gattegno - élève en cinquième année à l'école d'architecture en double cursus.

André Teixeira Fernandes - élève portugais en double diplôme

Felipe Auarek - élève brésilien en double diplôme

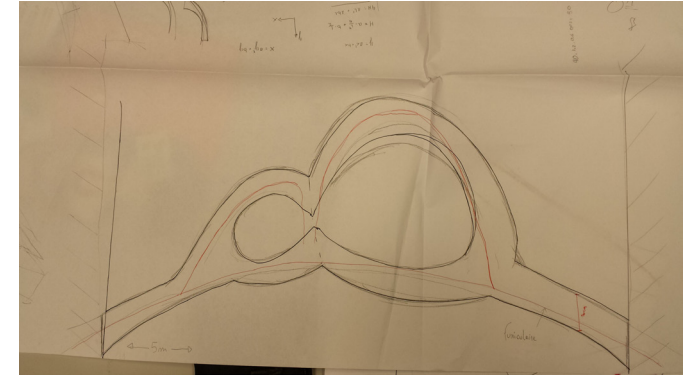
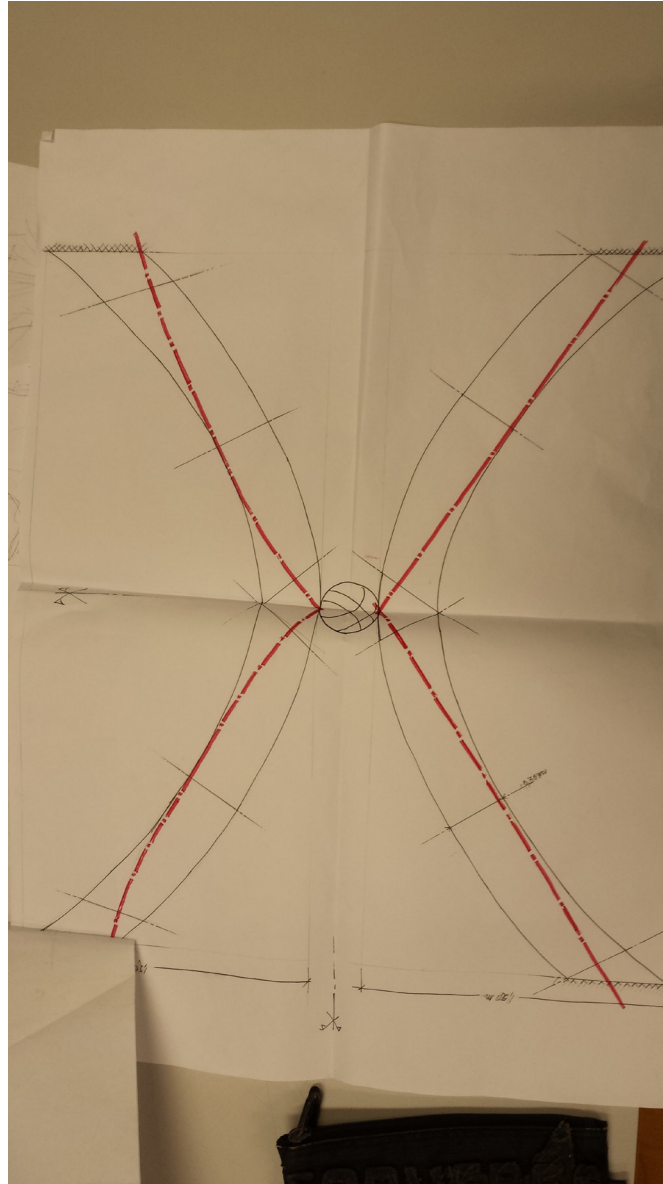
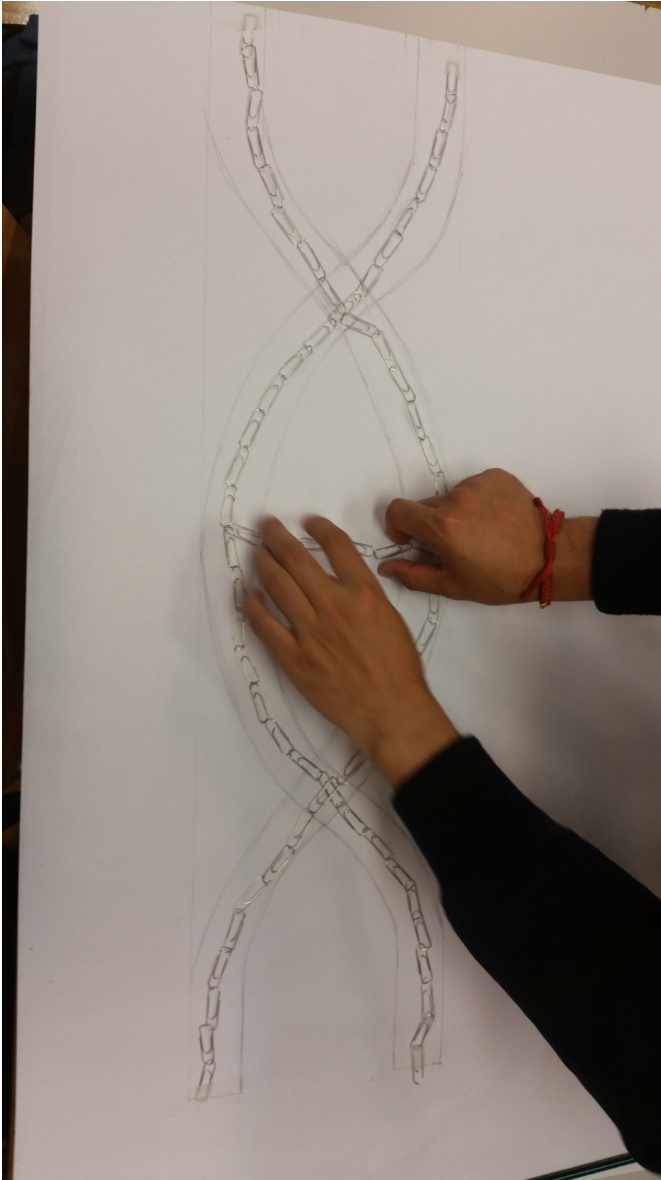
Youssef Abdallah - élève libanais en double diplôme

Alexis Deveza - concours commun GCC 3A

Yachao Dou - élève chinois en double diplôme



## Recherche du concept

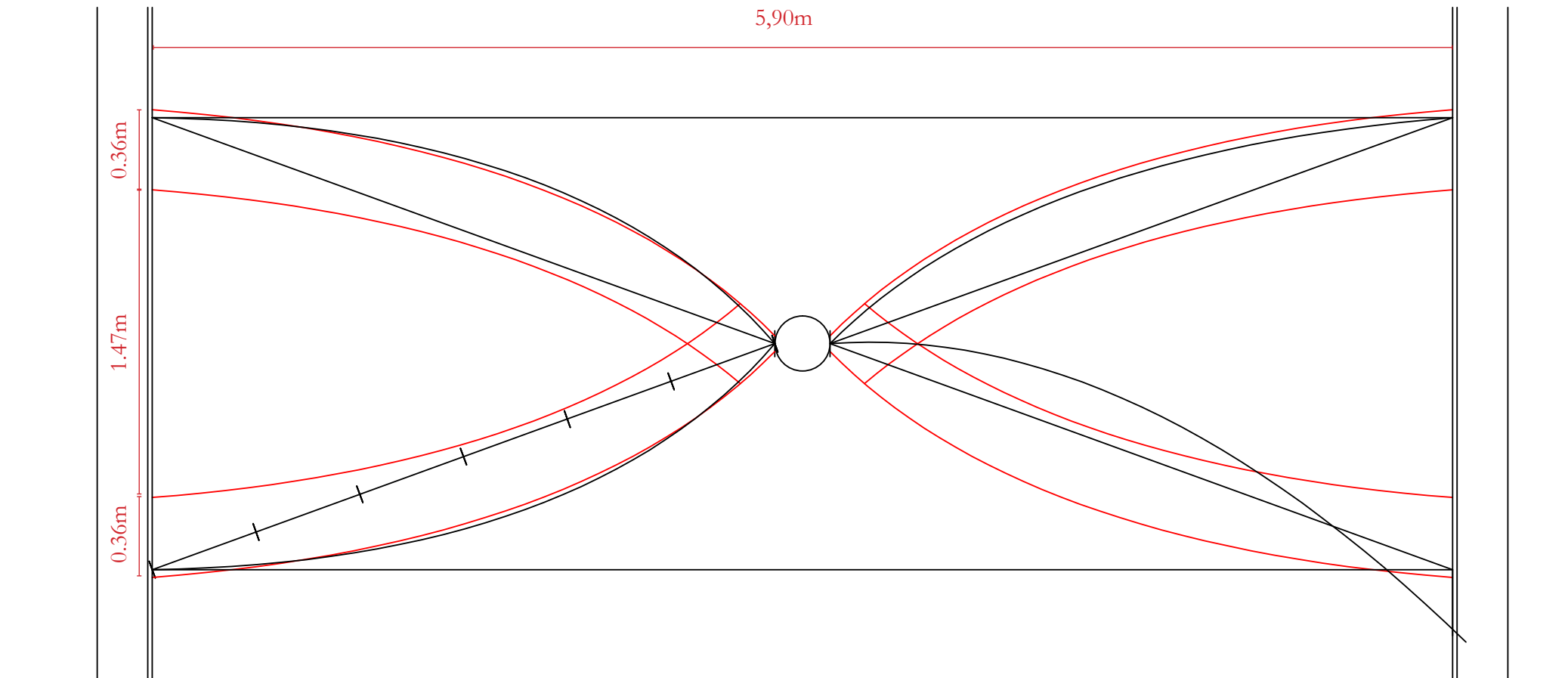


Les trois projets initiaux avant en commun le travail de deux arcs s'appuyant l'un sur l'autre, coincé entre des poteaux.

Ils avaient en commun la volonté de franchir des distances importantes, tout en occultant simultanément la présence de la ligne du funiculaire par le biais d'une géométrie audacieuse et troublante.

En prenant l'idée d'un ballon comme élément central de la structure, on y a ajouté les arcs de part et d'autre pressé entre les poteaux.

## Première esquisse

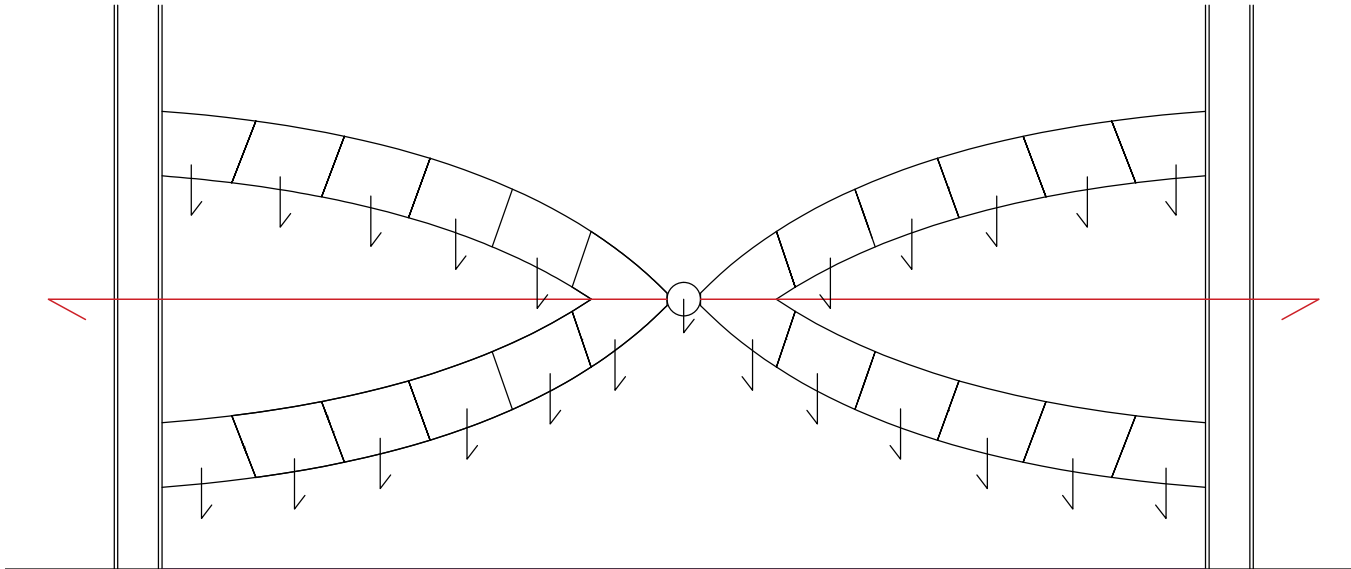


La réunion de ces trois projets a donné une arche constituée de quatre branches avec un double axe de symétrie, ainsi que la présence d'un élément sphérique qui perturbe par sa forme.

Le calcul de poussée du ballon sur les deux côtés de la structure est donnée ci-après. Il nous a permis

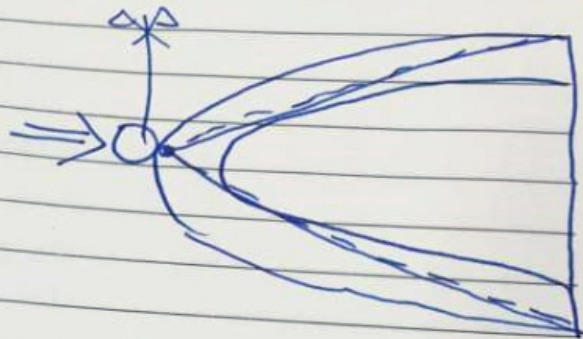
d'évaluer l'ordre de grandeur de la force nécessaire pour tenir la moitié de l'ouvrage lors de la phase de construction.

## Optimisation

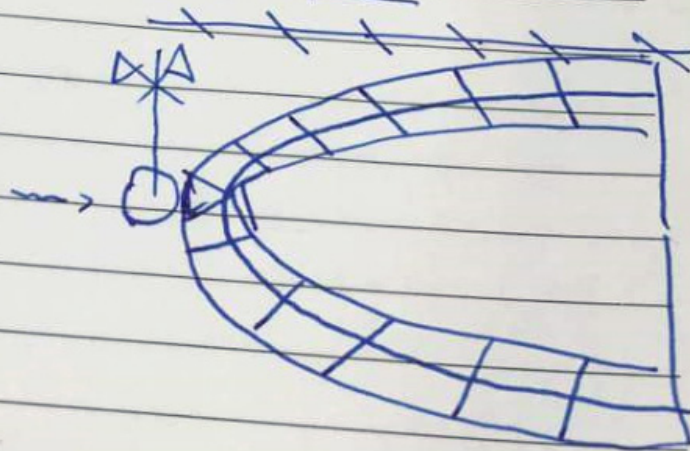


La pression exercée par le ballon est une force largement supérieure au poids propre de la structure. Ceci nous amène à prendre une hypothèse de négliger le poids propre donc de considérer les funiculaires comme des mitres. Des arcs chargés par un poids ponctuel à son sommet.

Cas extrêmes  
Bcq de pression



Pas de pression



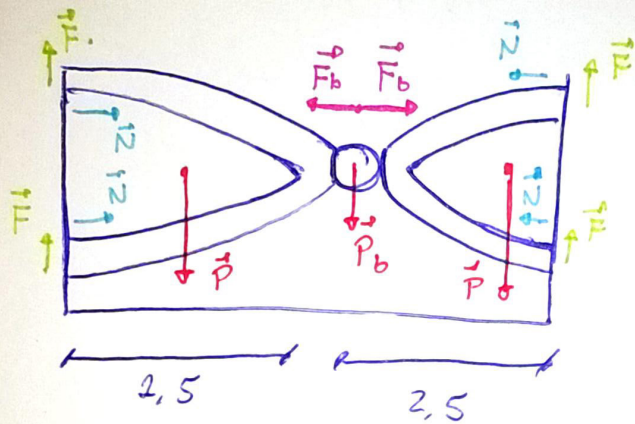
## Mesures



Pour nos essais et calculs, nous avons mesuré le frottement du polystyrène sur l'acier des poteaux et sur un autre morceaux de polystyrène. Nous avons aussi mesuré l'écrasement du ballon pour prévoir les dimensions de la structure.



## Pression



- $\rho_{poli} = 30 \text{ kg/m}^3$
- Facteur vis = 1,2
- $t_{y0} = t_{y55^\circ} = 1,43$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

- MASSE DE LA STRUCTURE :

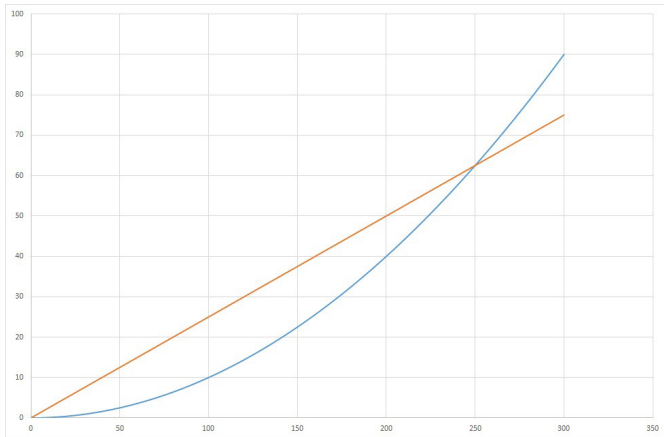
$$M_{1/2} = 1,2 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5 \cdot 2,2 \cdot (0,3 + 0,26) \Rightarrow M_{1/2} = 4,0 \text{ kg}$$

$$M_b = \frac{0,5}{2} \Rightarrow M_{b/2} = 0,25 \text{ kg}$$

### Vérification par le funiculaire

L'ordre de grandeur de la force de poussée exercée par le ballon doit être 10 fois celle du poids de la structure. Ainsi, les arches peuvent être considérées en mitre et on a que de la compression dans la structure.  $F_b = 420\text{N}$

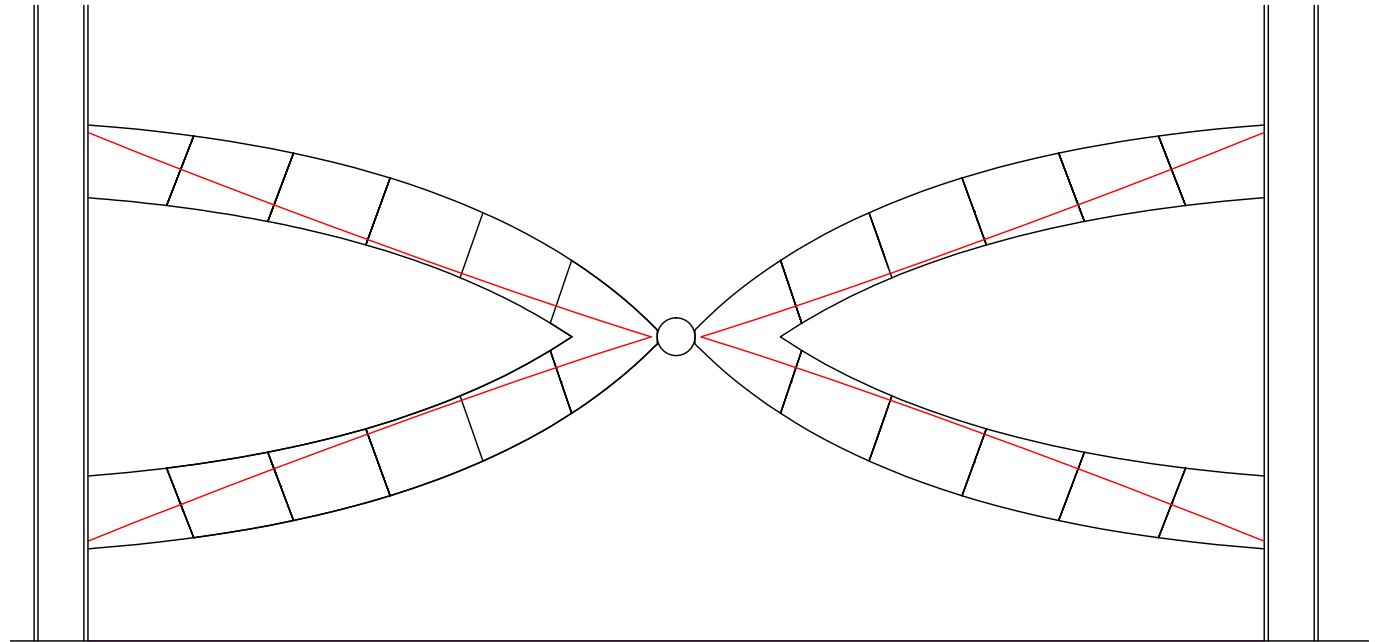
## Funiculaire et joints

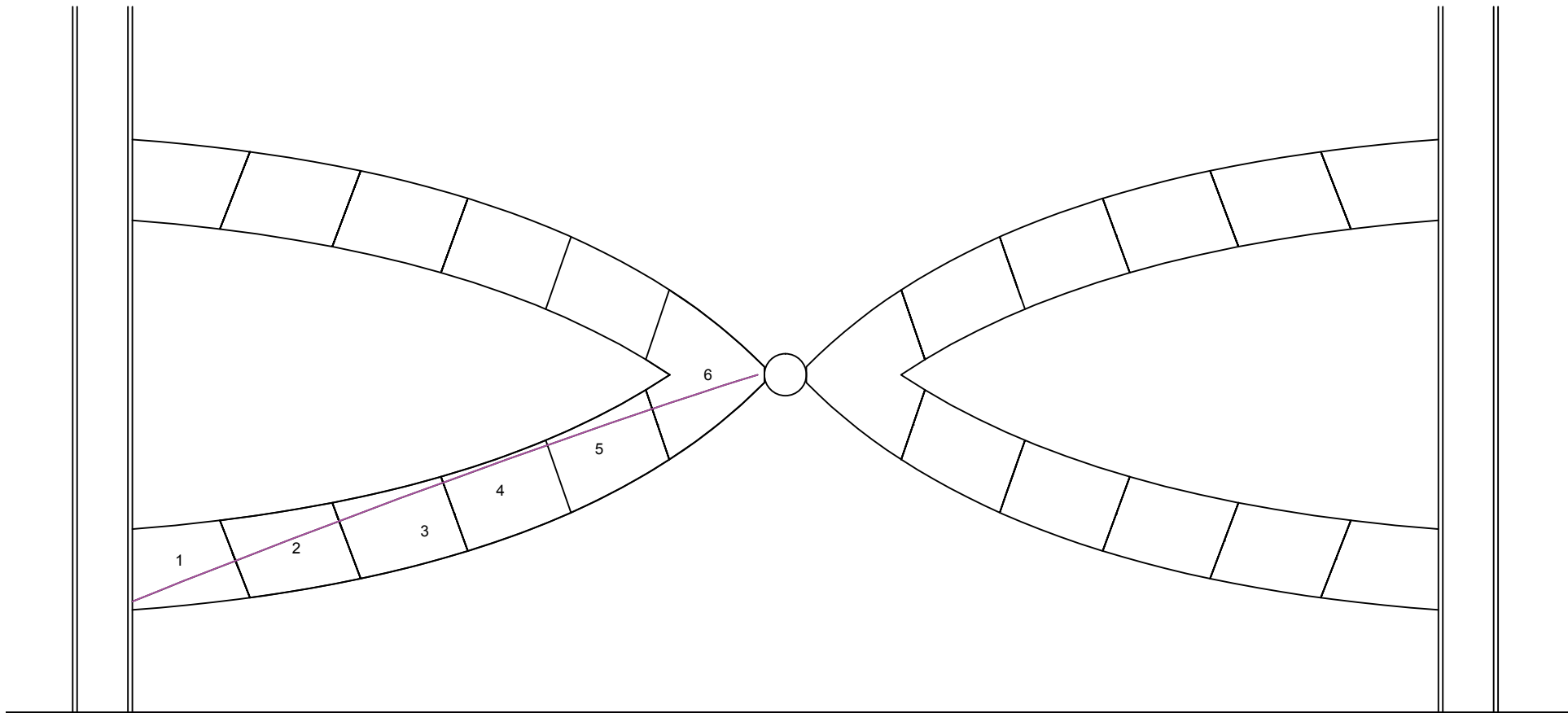


La figure ci dessus représente un funiculaire sous poids propre de notre structure (à regarder à l'envers comme une chaînette) pour obtenir le funiculaire réel. Deux cas extrêmes se sont présentés à nous : d'une part sans force horizontale ce qui se traduit par deux branches concaves (en bleu) ou alors sous une force horizontale prédominante par rapport à la gravité (en orange) on obtient un funiculaire en forme de mitre qui poussé à l'extrême se compose de deux branches droites.

Notre logique consistait à rentrer les funiculaires dans la géométrie souhaitée.

Une fois ces funiculaires établis, nous avons choisi de prendre celui en mitre pour définir nos joints. Les perpendiculaires à la courbe ont été définies à l'aide de Grasshopper.

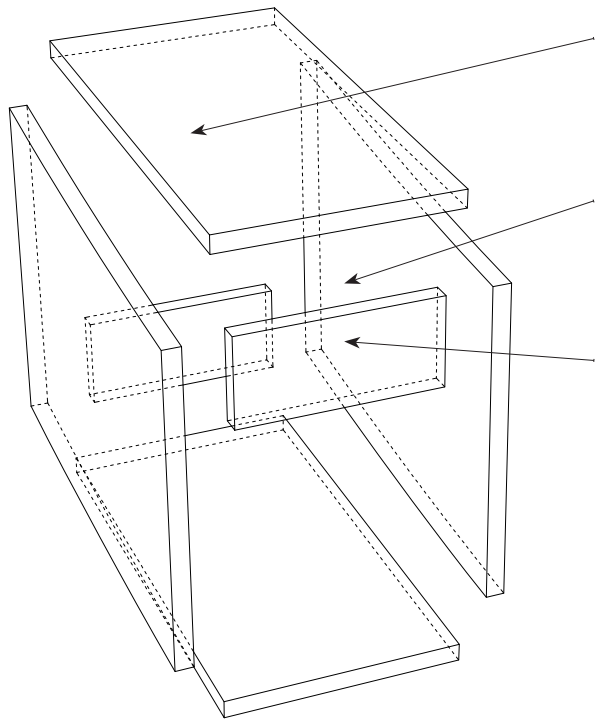




Du fait de la double symétrie de l'ensemble, chaque patron a été découpé quatre fois.

Dans nos prévisions, nous avons tout fait pour que les deux arches ne soient surtout pas trop espacées, sinon la balle même gonflée ne pourrait pas exercer la force nécessaire.

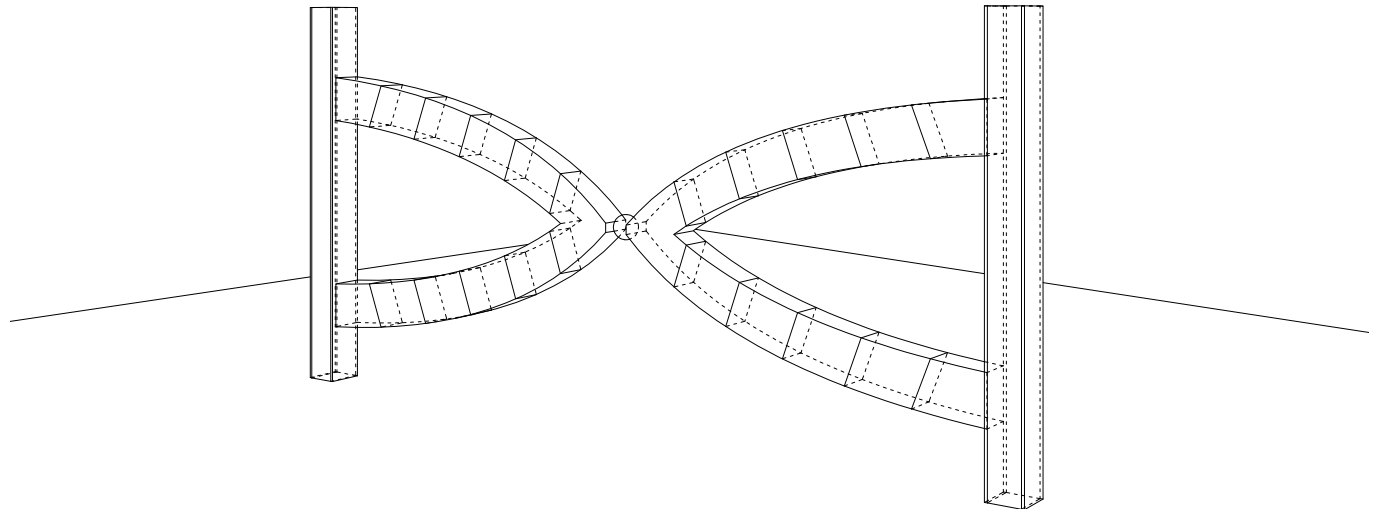
Les clés de voûte sont évidemment des pièces particulières de la structure. Elles sont renforcées à l'intérieur pour résister à la pression de la balle. On a pu le faire sans trop se soucier du poids supplémentaire mis à cet endroit du fait du fonctionnement de la structure.



1 - Les faces supérieures et inférieures sont des rectangles simples qui prennent leur courbure une fois vissées aux parois latérales

2 - Les faces latérales ont une courbe en haut et en bas mais sont planes

3 - Des contreventements sont ajoutés sur les bords pour aussi augmenter la surface de frottement.





Phase de construction : les problèmes rencontrés ont été de deux natures. La découpe et l'assemblage des blocs en polystyrène expansé a demandé des efforts pour suivre les lignes courbes de notre structure et le traitement des jointures entre blocs était également primordial. Il en dépendait de la tenue globale de l'ouvrage.

Par ailleurs, la mise en place sans cintre ou système d'étalement est un inconvénient qui a donné des décalages entre le plan et l'arche sur la forme, ses connexions entre blocs, la hauteur absolue et le positionnement/gonflage du ballon.



1

## Premiers tests

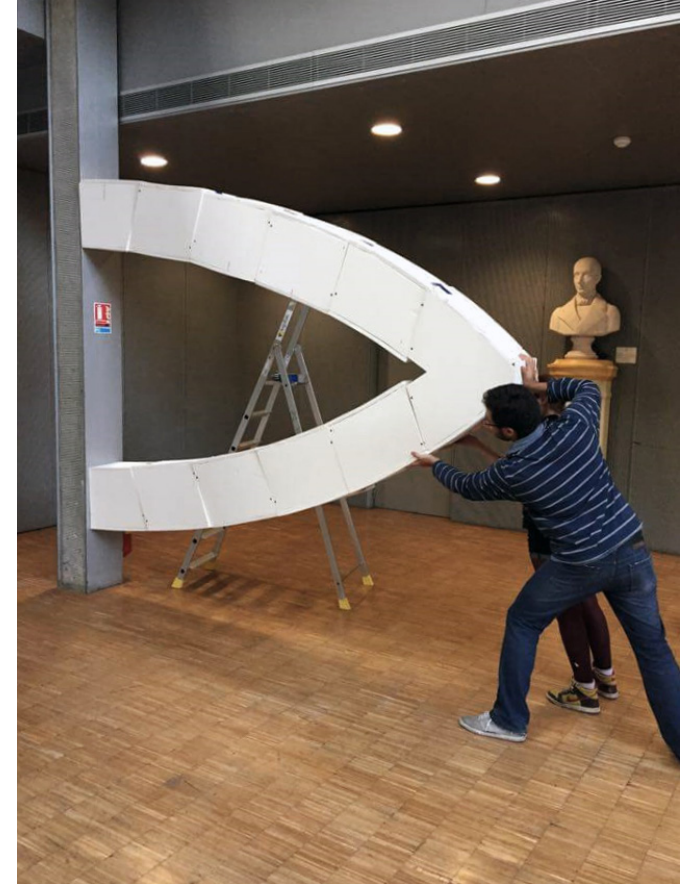
Nous avons commencés par des montages à plat pour vérifier la géométrie globale de la structure. Notamment son axe de symétrie (2). Il fallait évidemment que les premier éléments se posent bien à plat et que les joints ne s'ouvrent pas déjà dans la position verticale.

Nous avons ensuite testé le frottement contre le poteaux, et la force nécessaire pour maintenir l'arche dans cette position (3). Directement contre l'acier, deux personnes doivent pousser pour la maintenir. On a donc ajouté une plaque de polystyrène contre le poteaux pour augmenter le frottement.

Après ces ajustements, ainsi que l'ajustement en hauteur pour que les deux clés de voûte soient face à face, on a pu ajouter un rouleau de scotch (4). Celui est introduit dégonflé, puis gonflé directement en place pour régler la pression.



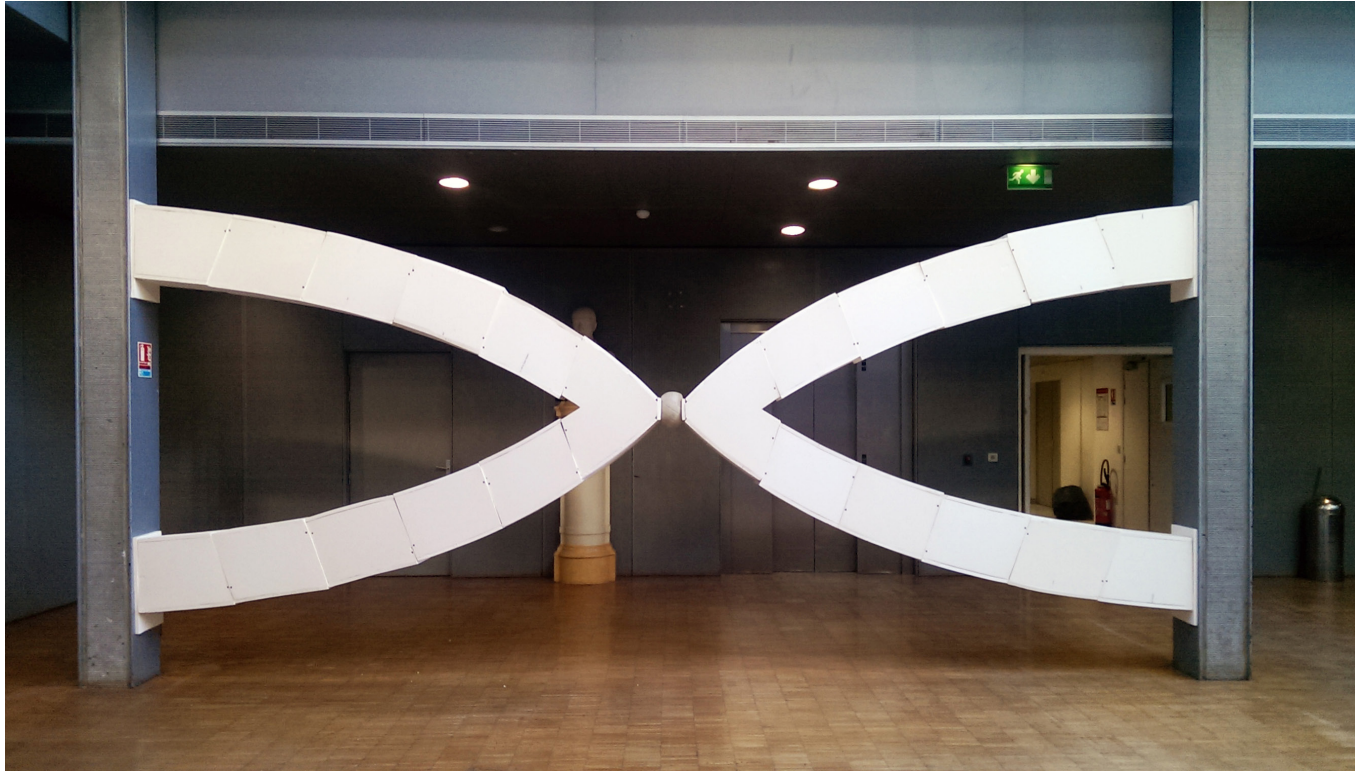
2



3



4



Après avoir séparément monté les deux arches, nous les avons reliées grâce au ballon entièrement dégonflé que nous avons progressivement regonflé dans la structure afin que la force horizontale tende les deux branches inférieures pour reprendre le poids de l'ensemble et assurer la stabilité globale de l'ouvrage.

## Conclusion

Ce projet a été pour nous une occasion de comprendre le fonctionnement et la construction des arches en maçonnerie, son histoire et ses principes, notamment la statique graphique qui se révèle très performante dans la pratique.

Le travail en groupe est aussi toujours formateur surtout dans des équipes où les gens viennent de différentes formations.

Notre ouvrage qui se voulait aérien et dynamique s'est révélé difficile à fabriquer et à positionner sur site.

Pour fabriquer notre arche avec des matériaux plus classique de construction, on aurait pu garder le découpage des voussoirs choisis, utiliser le béton et un élément central en acier par exemple. Le moule pour chaque bloc serait alors conçu avec soin et on utiliserait la face latérale du bloc n-1 pour couler le bloc n. Deux cintres en bois seraient également nécessaire pour les maintien en place des assemblages.

