



# Fabrication et Modélisation d'un franchissement



## **Sommaire :**

### ***Introduction***

#### **1 Fabrication du franchissement**

- 1.1 Premières ébauches
- 1.2 Réalisation du pont
- 1.3 Difficultés rencontrées

#### **2 Casse du pont**

- 2.1 Mode opératoire et rupture
- 2.2 Point de rupture et première interprétation

#### **3 Modélisation de la rupture**

- 3.1 Utilisation du logiciel
- 3.2 Etude de la rupture

### ***Conclusion***

## 1. Fabrication du franchissement

### 1.1 Premières ébauches

Le premier contact avec ce projet nous a confronté d'entrée de jeu à plusieurs problèmes sur lesquels nous ne nous étions jamais penchés : en effet, les enseignements que nous suivons sont souvent très théoriques et cette approche pratique fut quelque peu nouvelle : construire un pont avec des bouts de Samba de la colle et des ficelles nous paraissait être un vrai défi.

Pour ce projet, le groupe de travail était constitué dans notre cas de trois TPE et d'un élève de l'ENSAL. Notre première tâche ayant été de proposer des idées de pont, nous avons commencé par dessiner à main levée ce qui nous passait par la tête, sans avoir de raison particulière de choisir tel ou tel allure pour notre futur pont.

Après avoir imaginé et dessiné plusieurs types de ponts, nous décidâmes de construire un pont suspendu dont l'allure était relativement simple, ce qui nous laissait penser que sa réalisation allait être possible dans l'espace-temps qui nous était imparti.

Quelques modifications furent apportées à notre projet suite aux conseils des quelques intervenants présents.

### 1.2 Réalisation du pont

La partie horizontale de la poutre est constituée de quatre longues tiges de samba reliées entre elles par des morceaux de barres 4x4 placées de manière à former une succession de multiples triangles, forme optimale pour consolider l'ouvrage selon un des intervenants venu nous donner des conseils. Ce maillage triangulaire est présent sur les quatre faces de cette poutre. La partie de cette-dernière qui est disposée en diagonale et qui fait le lien entre la table et son autre partie est réalisée de la même manière, l'ensemble formant une structure uniforme et homogène.

La planche censée supportée par la suite le chargement du franchissement est située en dessous de la poutre horizontale à laquelle elle est rattachée via de multiples ficelles dont les points d'accroche sur la poutre principale sont au nombre de deux :

- Le premier est situé à l'extrémité de la poutre horizontale, juste au-dessus de la table de manière à ce que les forces qui y seront appliquées lors de la charge soient dirigées vers celle-ci et non dans le vide ce qui risquerait de fragiliser l'ouvrage.

## Résistance des Matériaux : Fabrication, démolition et modélisation d'un franchissement

- Le second est situé à la jointure entre la partie oblique et la partie horizontale de la poutre principale, les forces qui y seront appliquées étant censées être redistribuées au reste de la structure.

Les deux parties (oblique et horizontale) de la poutre principale sont appuyées l'une sur l'autre, leur surface de contact étant assimilable à un carré de samba (carré plein) et étant maintenue ainsi par de la colle.



Une petite erreur liée au manque de temps et à la précipitation fut de ne pas fixer un nombre identique de ficelles aux deux points d'attaches (sept ficelles d'un côté contre quatre de l'autre) (cf. photo d'ensemble), ce qui sera probablement à l'origine de la rupture (voir partie suivante).



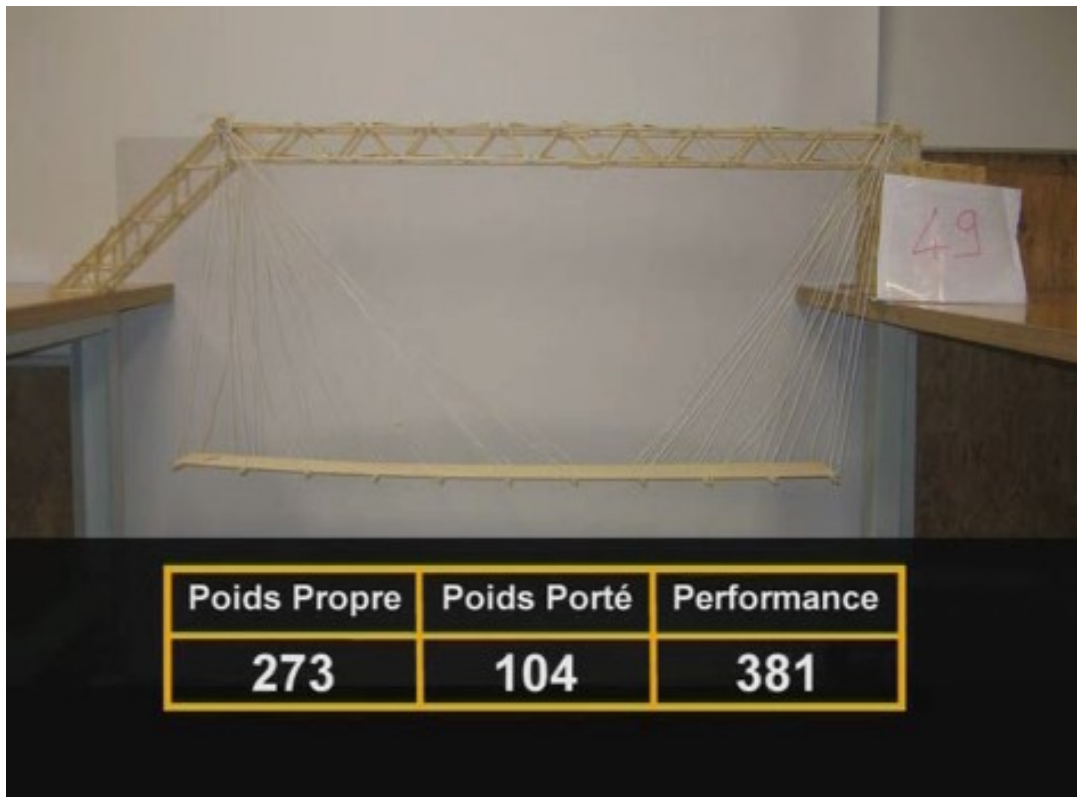
### 1.3. Difficultés rencontrées

La difficulté majeure de fabrication vint de la colle : celle-ci prenait rapidement et il fallait donc l'appliquer vite puis maintenir les éléments à coller ensemble avec des masses, ce qui empêchait de progresser rapidement. On peut d'ailleurs voir sur les différentes photos des restes de colle non utilisée.

Un autre problème que nous avons rencontré fut la casse accidentelle de notre pont qui a été déséquilibré lors du passage d'un élève derrière notre table. Nous avons ainsi été amenés à le recoller au niveau de la surface de contact entre les deux parties oblique et horizontale de la poutre principale.

La fixation des ficelles fut elle aussi un peu compliquée puisqu'il fallait faire très attention à ne pas abîmer la partie du franchissement déjà construite tout en allant assez vite pour respecter le temps imparti. De plus, nous savions que le respect de la longueur adéquate des ficelles était primordial, car une petite erreur de mesure aurait pu, lors du chargement, déstabiliser l'ensemble de l'ouvrage et mener ainsi à sa rupture.

## 2. Casse du pont



### 2.1 Mode opératoire et rupture

La casse s'est déroulée dans l'amphithéâtre Michel Prunier de l'ENTPE. La charge se déroulait au-dessus d'un bac rempli de sciure et le pont reposait sur deux tables, séparées comme prévu d'1m20 et avec un dénivelé de 20cm.

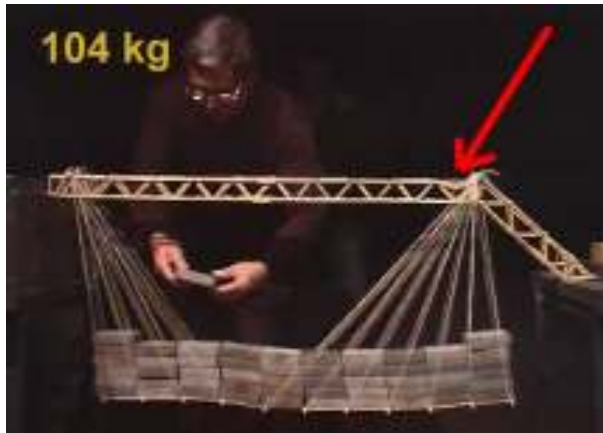
Le pont était placé en butée à ses deux extrémités et était chargé par des pavés de section carrée de 2kg posés à plat sur la planchette. Au départ, deux lignes de 10 pavés chacune (20kg donc) furent posées, chargeant ainsi le pont à hauteur de 40kg. Une troisième ligne de charge porta ce poids à 60kg, puis deux lignes s'ajoutèrent encore au chargement, nous permettant ainsi d'atteindre l'objectif symbolique des 100kg supportés. A ce stade là, aucun signe de faiblesse du franchissement n'était encore visible. Quatre kilos supplémentaire et ce fut la casse nette de notre pont, sans qu'aucun indice précurseur ne nous ait laissé anticiper cette rupture (idem sur le ralenti : la casse paraît instantanée).

### 2.2. Point de rupture et première interprétation

Sur la vidéo mise à notre disposition, on peut voir que la rupture se fait sur la partie horizontale de la poutre, juste avant la surface de contact qui la lie à la partie oblique (là où se situe comme nous l'avons vu précédemment le point

## Résistance des Matériaux : Fabrication, démolition et modélisation d'un franchissement

d'accroche du premier lot de ficelles). Il semble, sur le ralenti, que les premiers morceaux de samba qui cassent sont ceux situés sur la face supérieure de cette partie de la poutre (au niveau du maillage triangulaire semble-t-il).



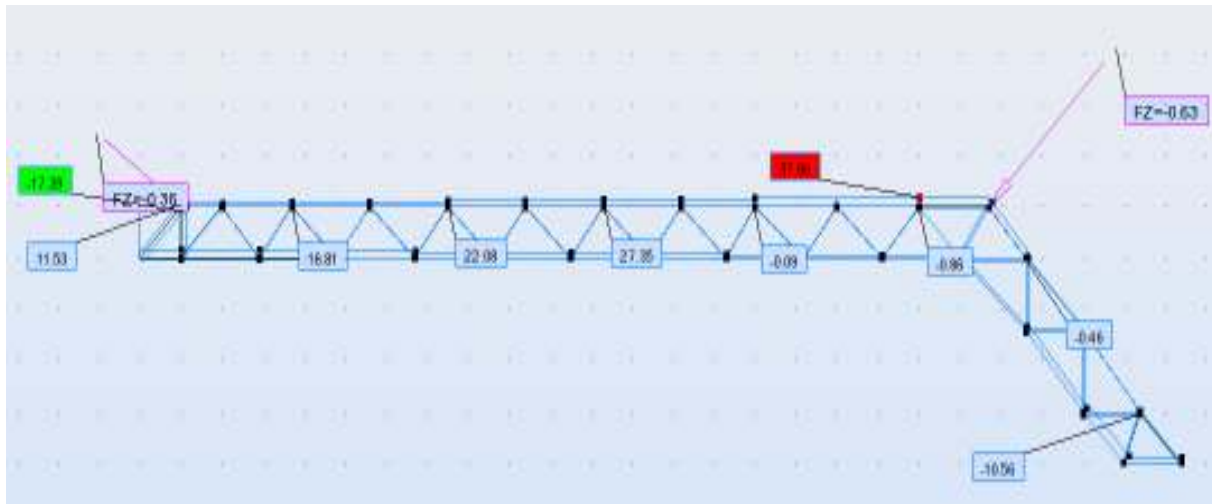
Lorsque nous avons assisté à la rupture du pont, nous avons tout d'abord pensé que c'était la surface de contact qui avait cédé (sans doute suite à un manque de colle au moment de la réalisation de l'ouvrage). Mais après visionnage de la vidéo, nous pensons finalement, vu la position exacte du point de rupture (cf. ci-dessus), que la casse de la structure en cet endroit s'explique par une inégale répartition du poids total sur les deux nœuds elle-même due à notre mauvaise répartition des ficelles reliant la passerelle de charge à la poutre principale. En effet, un simple calcul nous montre qu'il y a quasiment deux fois plus d'efforts sur le nœud situé à proximité du point de rupture que sur l'autre.

### 3. Modélisation de la rupture

#### 3.1 Utilisation du logiciel

Nous allons modéliser notre pont à l'aide du logiciel *Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2010*. Considérant l'allure de notre pont, il ne nous a pas paru pertinent de le modéliser en trois dimensions, nous nous sommes donc contentés d'une modélisation 2D. La structure est réalisée avec le Samba, bois dont nous avons rentré les caractéristiques et les sections.

La partie de notre ouvrage qui supportait les poids (longue planche horizontale et ficelles) a été modélisée via l'application de deux forces dont le point de départ était situé au niveau des deux points de fixation des ficelles à la poutre principale. Ces deux forces n'ont pas la même valeur puisque le nombre de ficelles diffère pour les deux nœuds. On obtient ainsi une force de 360N d'un côté, et une de 630N de l'autre (cf. captures d'écran).



Les propriétés du matériau utilisé dans la modélisation montrent une tolérance maximale en contrainte de 30 MPa. Sur la capture d'écran ci-dessus, on peut voir que dans la zone colorée en rouge, la contrainte appliquée est supérieure à ce seuil limite : c'est donc ici que devrait avoir lieu la rupture.

1  
2  
3

3.1

3.2 Etude de la rupture

Suite au chargement appliqué comme expliqué ci-dessus, le logiciel nous présente des résultats similaires à ce que nous avons pu constater lors du visionnage de la vidéo : la répartition inégale du nombre de ficelles sur l'un et l'autre des points de fixation à la poutre principale engendre un déséquilibre des forces appliquées en ces points, ce qui entraîne donc un affaiblissement de l'ouvrage dans la zone située en amont de la surface de contact reliant les deux poutres. C'est en cette zone - là où la résultante des forces appliquées vaut 630N - que la cassure a eu lieu. Ainsi, la modélisation théorique faite à l'aide du logiciel confirme les résultats pratiques observés lors de la casse des ponts.

Si l'on était amené à refaire ce travail, il faudrait alors réfléchir à la répartition des ficelles soutenant la planche porteuse des poids afin de répartir de manière homogène les efforts appliqués au niveau des deux points de fixation des ficelles à la poutre. C'est ainsi que l'on pourrait améliorer la résistance de notre ouvrage tout en conservant sa structure initiale et son poids.

## Conclusion :

En conclusion, ce projet de conception et d'assemblage d'un pont ainsi que la modélisation dont sa rupture fait l'objet nous ont permis de nous familiariser avec des concepts de la MMC et de la RDM que nous n'avions vus que



## Résistance des Matériaux : Fabrication, démolition et modélisation d'un franchissement

théoriquement. L'approche expérimentale est toujours une façon aisée de comprendre des choses que nous aurions mis longtemps à se représenter sans.

La phase de réalisation nous a permis d'entrevoir les difficultés qui peuvent exister au sein d'un groupe de travail : personnes ayant des formations diverses (ENTPE / ENSAL) et ne se connaissant pas forcément avant le début de l'activité. Bien que sceptiques en début de matinée quant à la faisabilité de la chose, nous avons finalement réalisé le travail demandé et ce sans soucis majeur (humainement ou techniquement parlant). On peut donc estimer que cette expérience fut enrichissante de même que les deux phases qui l'ont suivie : casse des ponts et modélisation informatique.

D'un point de vue plus ciblé sur le cours de RDM, cette expérience a permis de mettre en avant la nécessité de l'étude des comportements des matériaux : qui eut cru que de simples bâtons, plutôt très légers et faciles à briser manuellement, puissent porter 381 fois leur propre poids s'ils étaient bien assemblés ?

