

PASSERELLE EN CARTON 2016

Ateliers Design inter-écoles: École des Ponts et Chaussées et École d'architecture de la ville et des territoires
Enseignants: Arthur Lebée, Christelle Chalumeaux, Paul Lecomte
semaine intensive du 21 au 25 mars 2016



SOMMAIRE

PRÉSENTATION DE L'ÉQUIPE

RAPPORTS DE LA PHASE D'ÉTUDE

SCAN CARNET DE SUIVI

MAQUETTES D'ÉTUDES

PROPOSITION CONSTRUITE

PASSERELLE ÉCHELLE 1

PASSAGE DE L'ÉQUIPE SUR LE PONT

PONT POUSSE A LA RUPTURE

PASSERELLE EN CARTON

Présentation de l'équipe «Escalier japonais»:

Alexandre AHETO, Enpc

Thomas BESSARD, Eavt

Romain DURAND, Enpc

Sylvain HUCHET, Eavt

Katia MAKHLOUF, Enpc

Gabriel MAYOUD, Enpc

Marion OKUNOWSKI, Enpc

Olivier RIGAL, Enpc

Jessica VATONNE, Eavt

Laury ZHOU, Enpc

PHASE D'ÉTUDE

maquettes



Maquette d'intention n°1 : escalier avec marches espacées



Maquette d'intention n°2 : réinterprétation du pas japonais



Premières intentions

2 poutres reliées par des marches espacées comme un escalier avec des marches en moins. Marier risque et sûreté ; originalité et classique.

CONCEPT & RAISONNEMENT

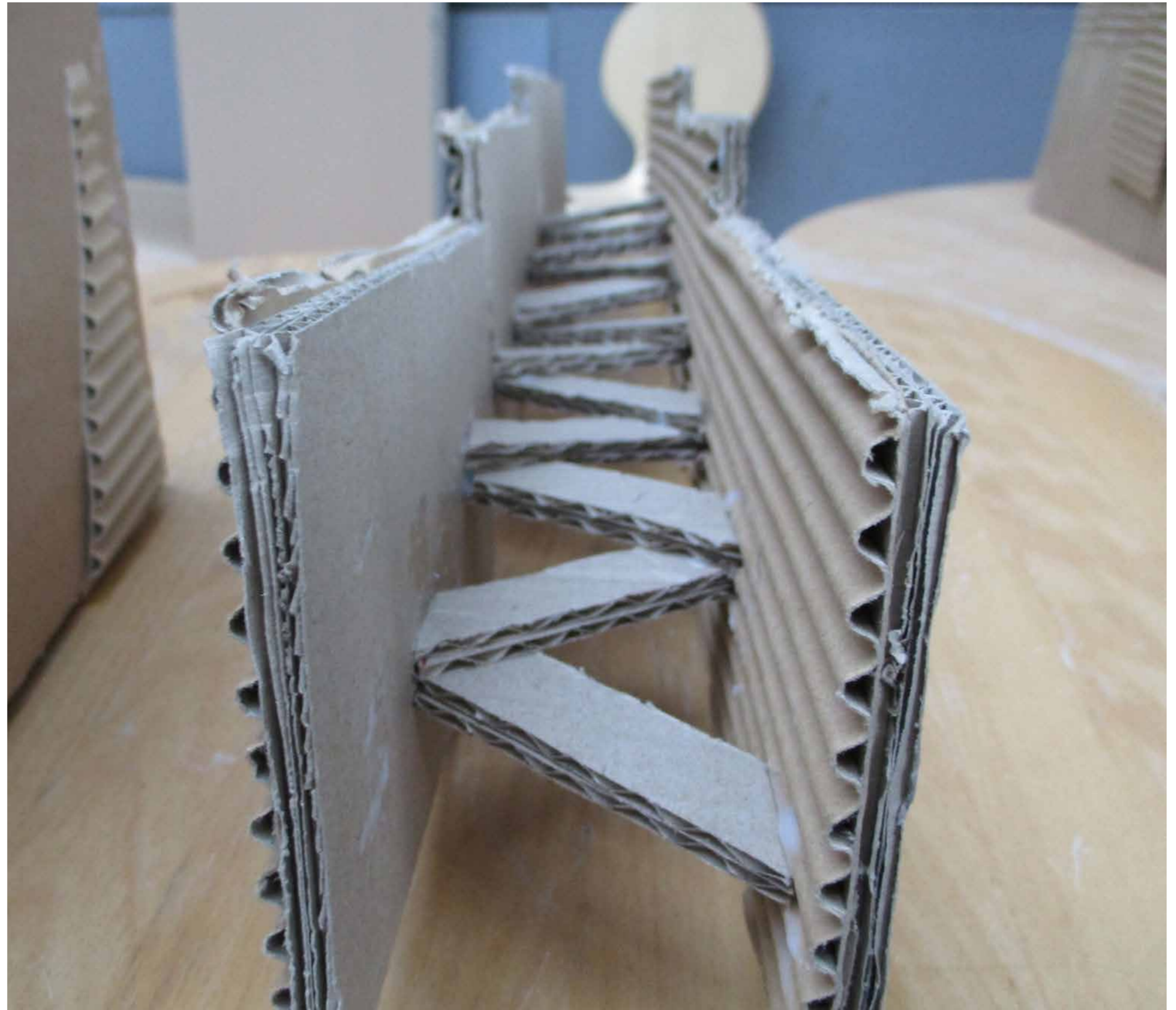
La solution retenue pour franchir 6m de portée en dénivelé est de faire un escalier entre 2 poutres. Nous avons soulevé le problème sous 2 angles :

- 1/ La portée
- 2/ Le dénivelé

1/ Pour dimensionner une poutre on prend la valeur maximale du moment fléchissant pour pouvoir résister à la charge totale. Or plus une poutre est haute et plus elle reprendra les efforts de moment fléchissant. C'est pourquoi nous sommes partis dans l'idée de faire 1 poutre la 'plus haute possible' pour pouvoir accueillir un maximum de personnes. Seulement, monter sur une poutre de 1m de haut est fort compliqué donc il fallait pouvoir commencer à grimper du sol pour arriver en haut de la table ; donc marcher dans la hauteur de cette poutre. Il fallait donc dédoubler la poutre ; s'en servir comme garde-corps au passage et marcher sereinement à l'intérieur. Une fois ces 2 poutres de 8m de longueur sur 1m de haut il ne nous restait que très peu de carton alvéolaire.

2/ Il nous était obligatoire d'économiser la matière ; l'idée était donc de mettre la matière là où il en fallait et partir sur un système de marches et non pas de tablier. Le problème est qu'une marche doit supporter un poids de 120Kg et donc avoir une hauteur définie. D'après nos calculs elles devaient avoir à peu près (en fonction des couches de carton cannelé) 8 cm d'épaisseur. Donc nous voilà avec 10 hauteurs de marches pour monter nos 80 cm de dénivelé ; or la longueur de 6m aurait laissé bien trop d'espace entre des marches parallèles. Là est venue l'idée d'un escalier «à pas décalés» ou à «pas japonais» qui permettrait d'aller plus loin sans trop monter et d'avoir une continuité visuelle qui rassure et donne une sensation de montée créée par la superposition des marches. Ce système a (en plus) 2 avantages :

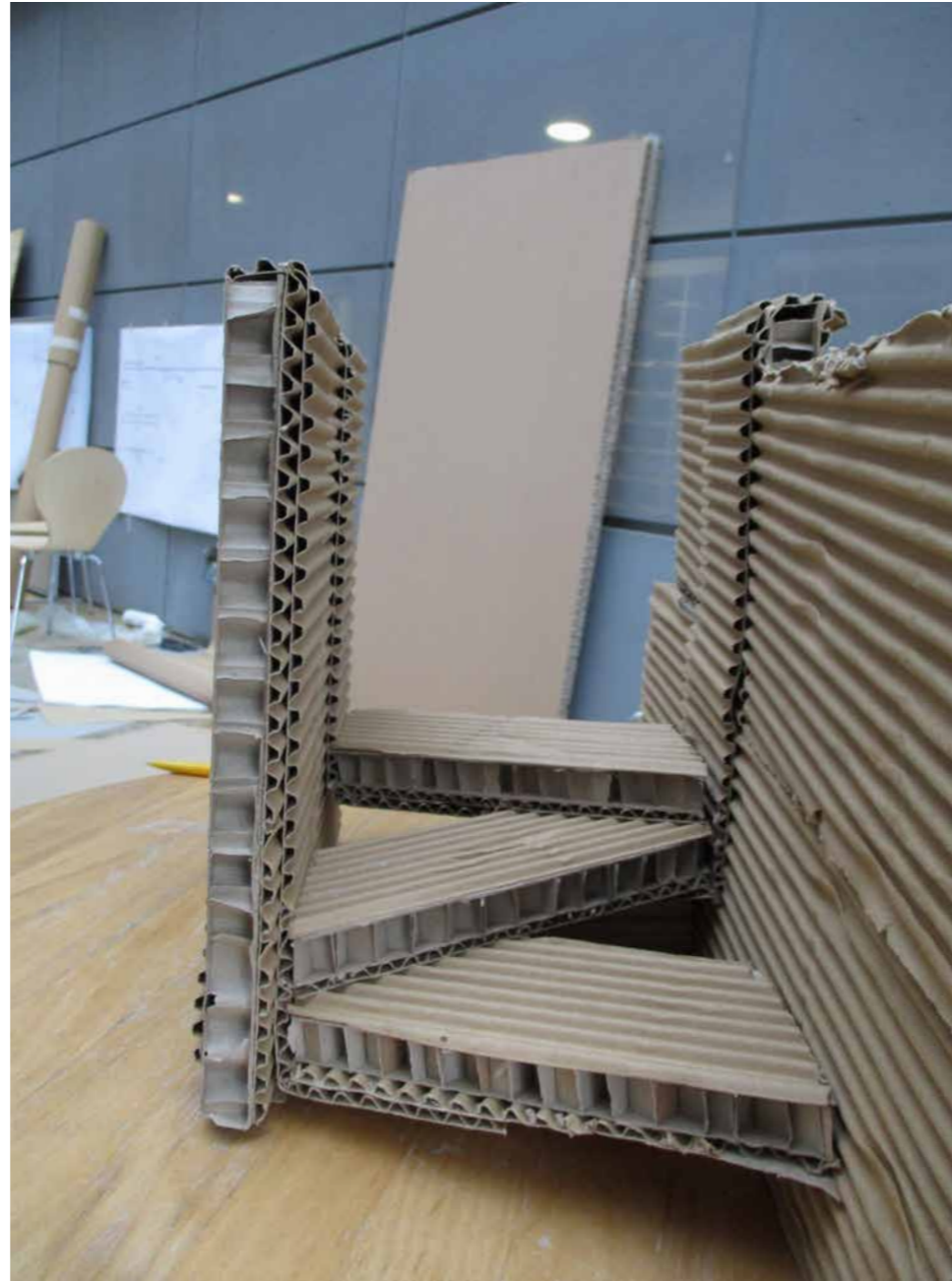
- il limite les points de fixations avec les poutres (12 pour 11 marches) donc moins de sangles et de fentes à découper.
- il contrevente latéralement la passerelle en formant des triangles dans le plan horizontal (comme un treillis).



1er Prototype



Prototype échelle 1/4 d'assemblage des marches avec 1 sangle de chaque côté de la marche..



Problème: les garde-corps on tendance à basculer



Solution envisagée: bloquer le basculement par un élément comprimé et tendu calé sous les marches entre les garde-corps.

Non retenu car peu esthétique et brouille la lecture des marches.

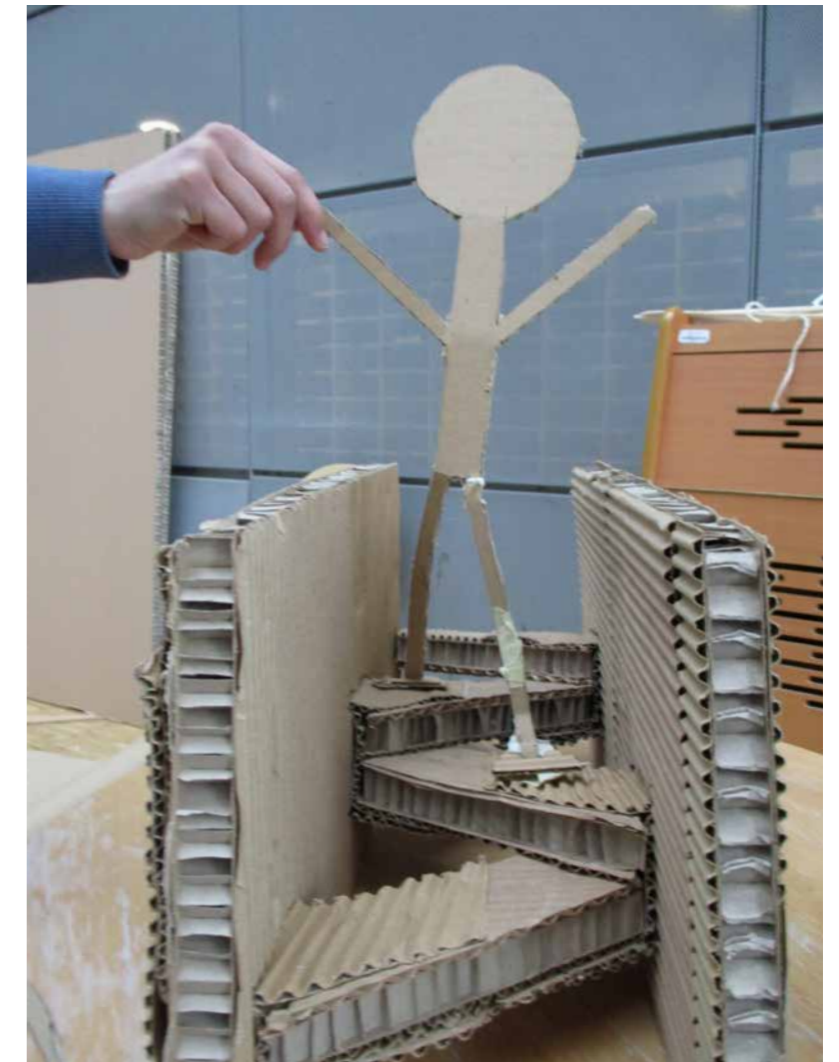
PHASE D'ÉTUDE

maquettes d'étude

2ème Prototype: **Solution retenue**



3 sangles de chaque côté



PHASE D'ÉTUDE

essais taille réelle et assemblage



Tout de suite confronter la forme, le dessin, à la réalité échelle 1 : les pas sur l'escalier, la hauteur des gardes-corps.



MISE AU POINT TECHNIQUE

Assemblage des marches aux garde-corps : **2** sangles équivalentes à un encastrement passant par deux fentes et **1** reprenant le poids.

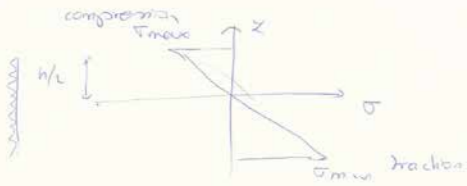
Soit **3** sangles.



La sangle tout en dessous et celle du au dessus reprennent les moments (empêchent les garde-corps de pencher ou de basculer) et forment un encastrement d'une hauteur de 18cm. La deuxième sangle est située en dessous de la marche reprend son poids et le remonte à l'extérieur sur la poutre.

Calculs :

pour :



On cherche n tq $\sigma_{max} < n \cdot \sigma^c$

avec $\sigma_{max} = \frac{M \cdot h}{I} = \frac{6M}{h^2}$

$\Rightarrow n > \frac{6M}{h^2 \cdot \sigma^c}$

Pour $h = 1m \Rightarrow n \geq 2$

Donc deux couches de cannelés de chaque côté.

marche :



(C) $nbs^c > \frac{PL}{4h}$

$P = 1200 N$
 $L = 85 cm$
 $h = 6 cm$
 $b = 25 cm$
 $\sigma^c = 2950 N/m^2$

$\Rightarrow n > 6$

(T) $nbs^t > \frac{PL}{4h} \Rightarrow n \geq 2$

$\sigma^t = 9200 N/m^2$



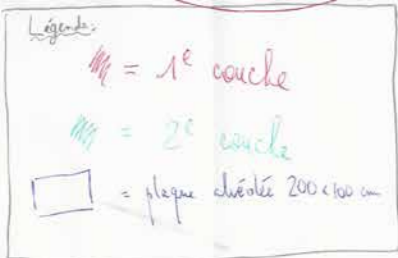
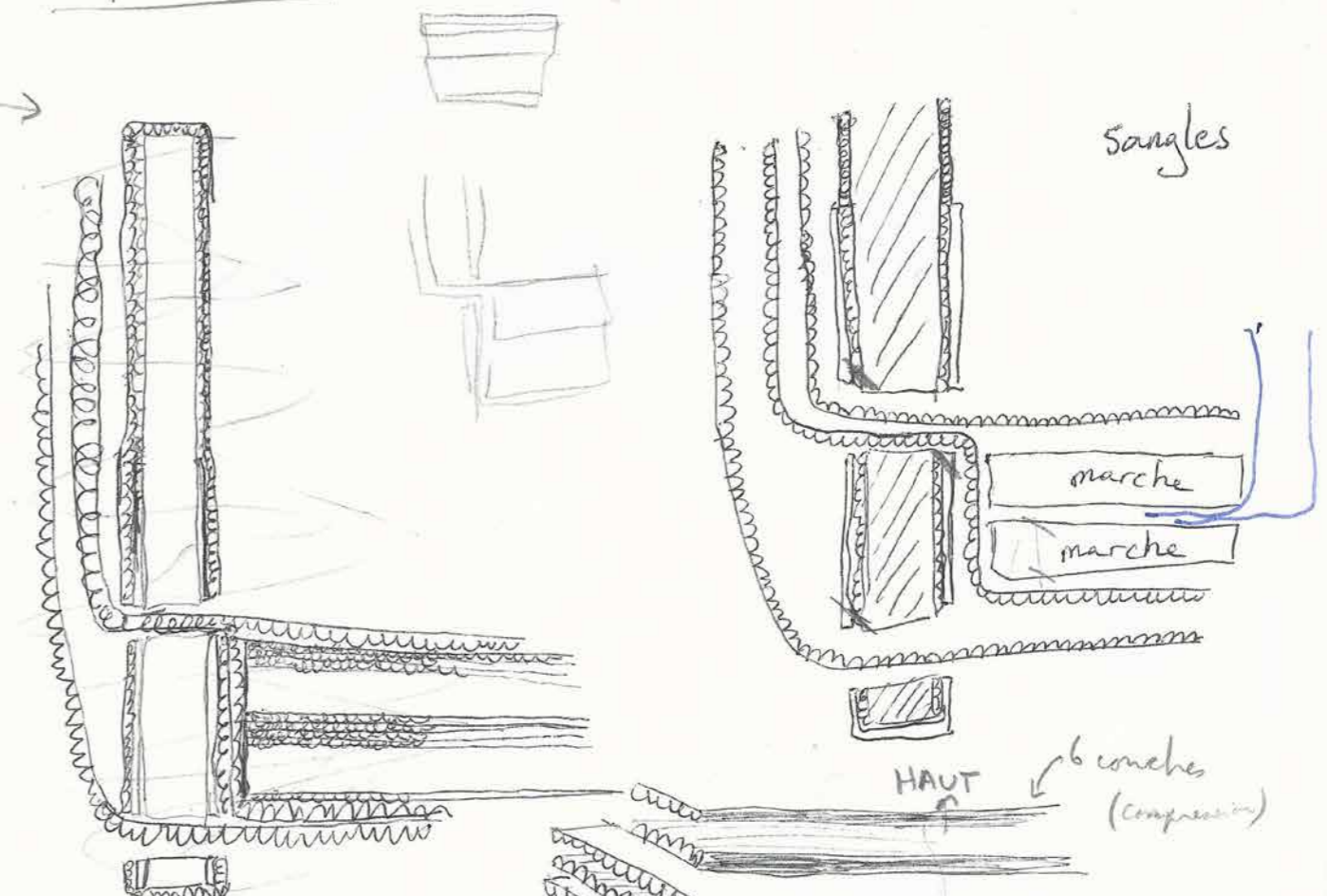
CONCEPTION

Dessins d'explication des sangles et des différentes couches qui composent une marche.

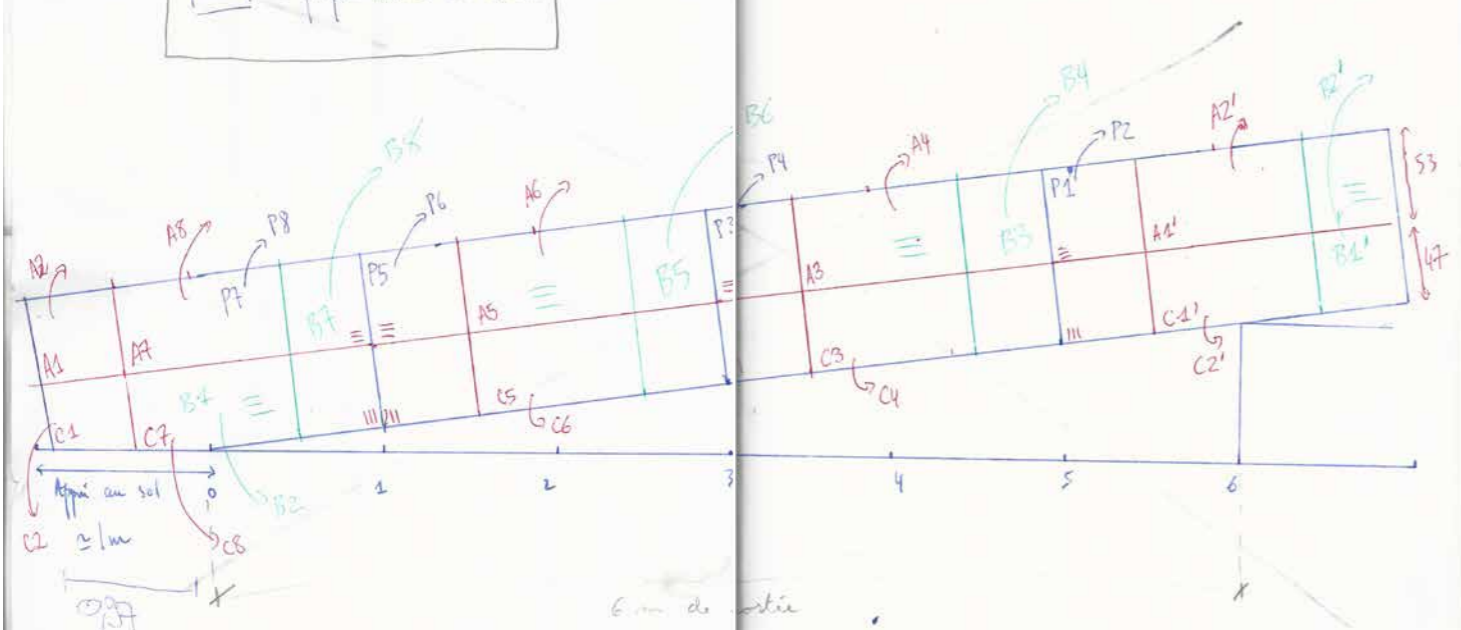
Calculs pour le nombre de couches de carton cannelé pour la hauteur de la poutre, pour les marches.

Dessin des recouvrements des couches de cannelé et du collage des plaques d'alvéolaire pour les poutres latérales.

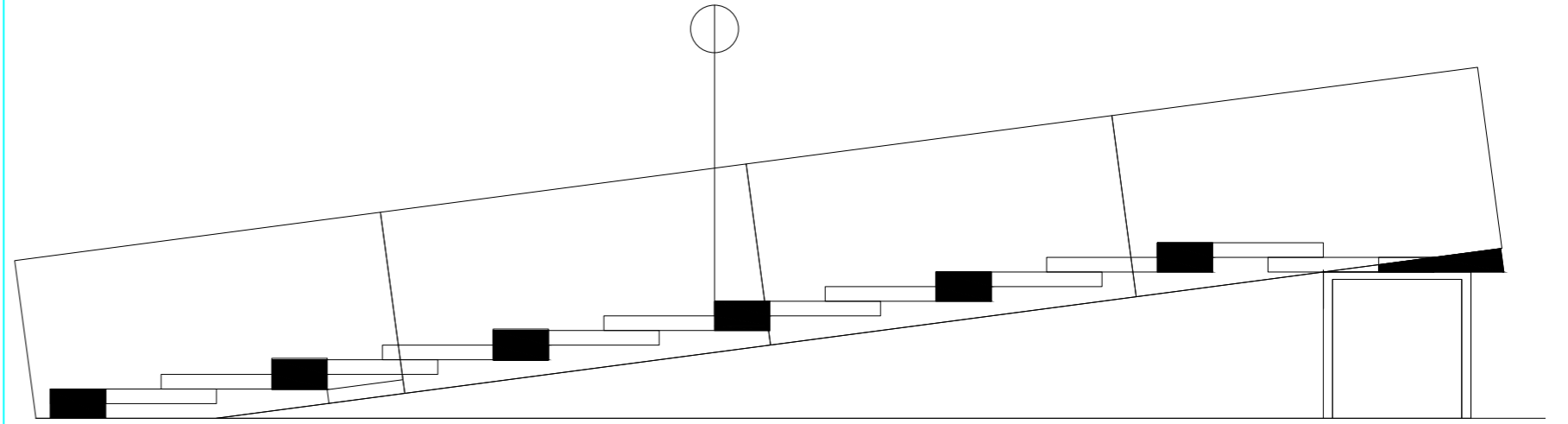
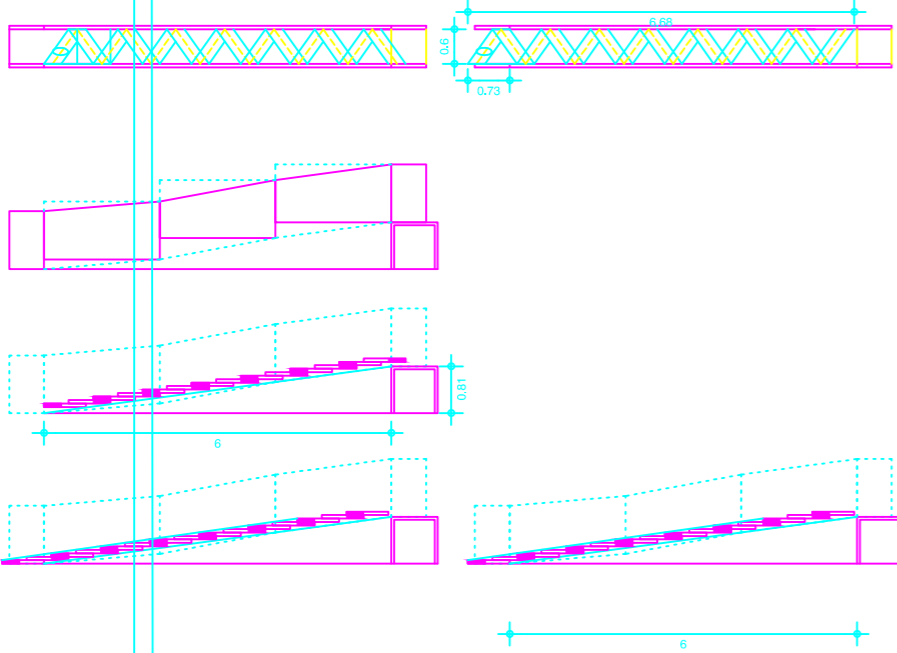
croquis détails



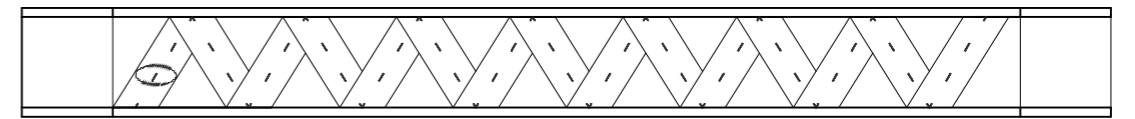
RIVE DROITE Calpinage des 2 couches [Espace alvéolaire par la poutre-garde-corps]
 BUT: optimiser le découpe des cartons cannelés
 masquer/renforcer les jointures de cartons alvéolaires



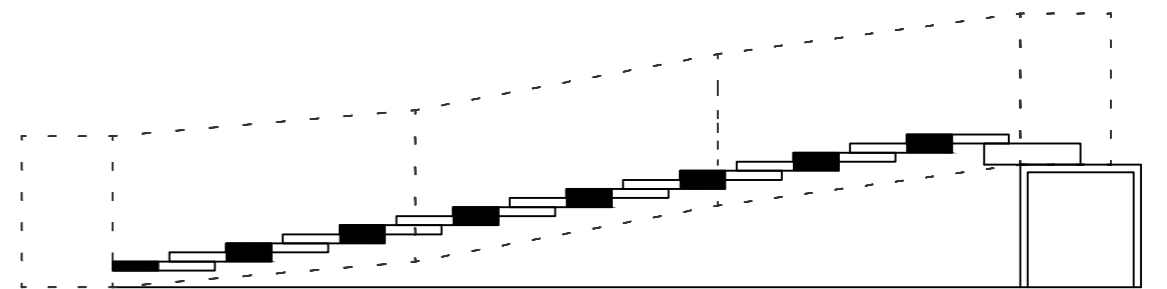
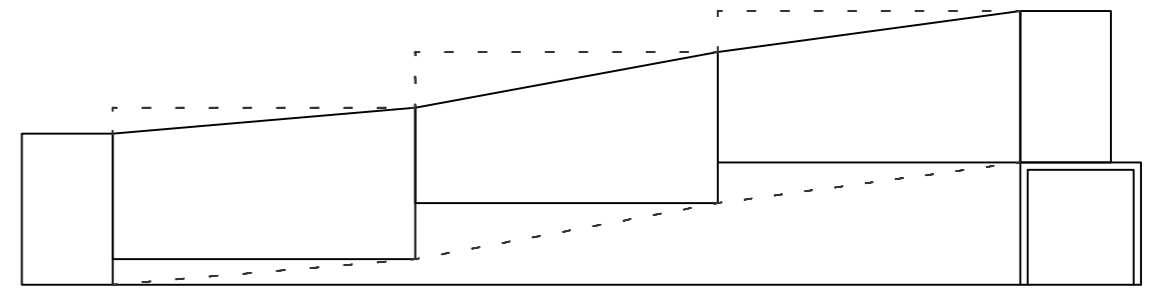
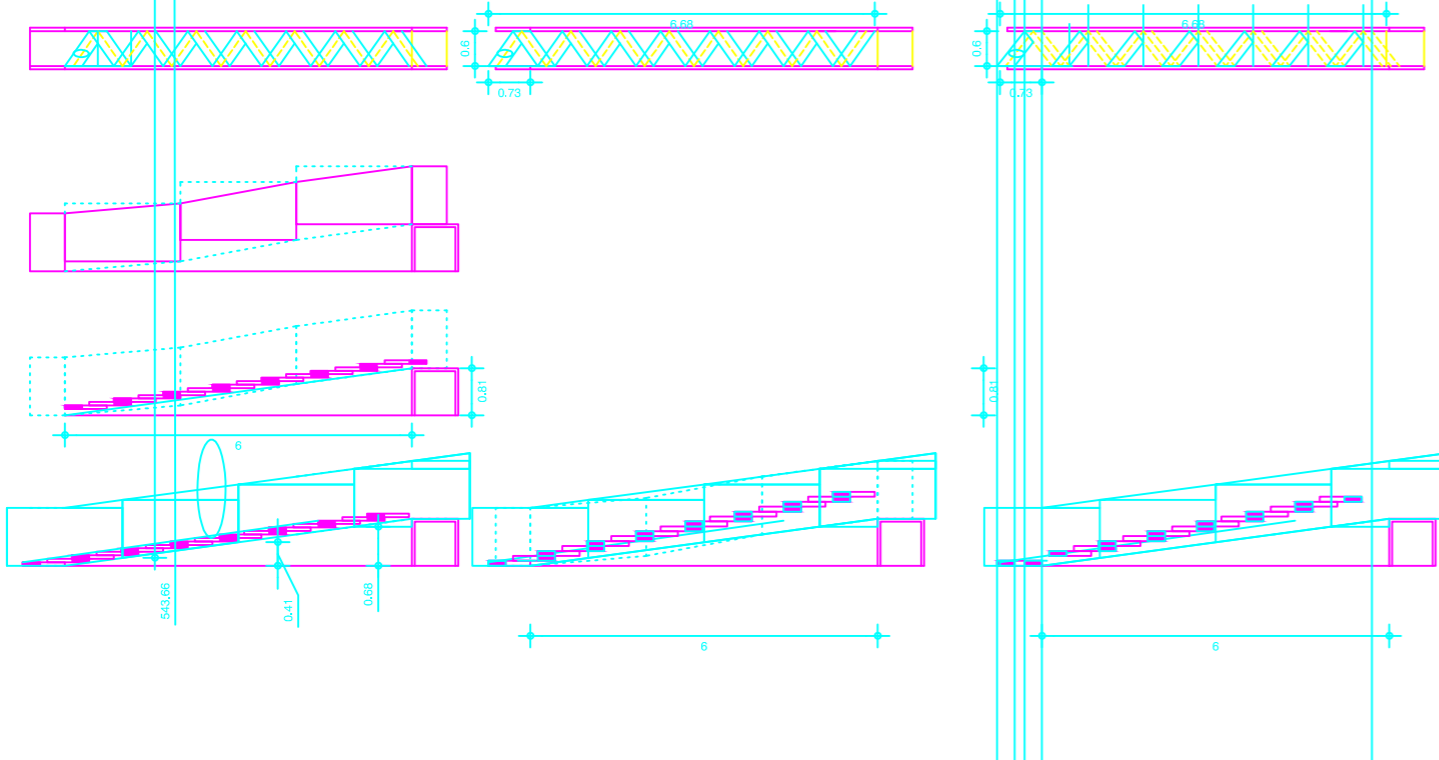
marches n2



marches n2



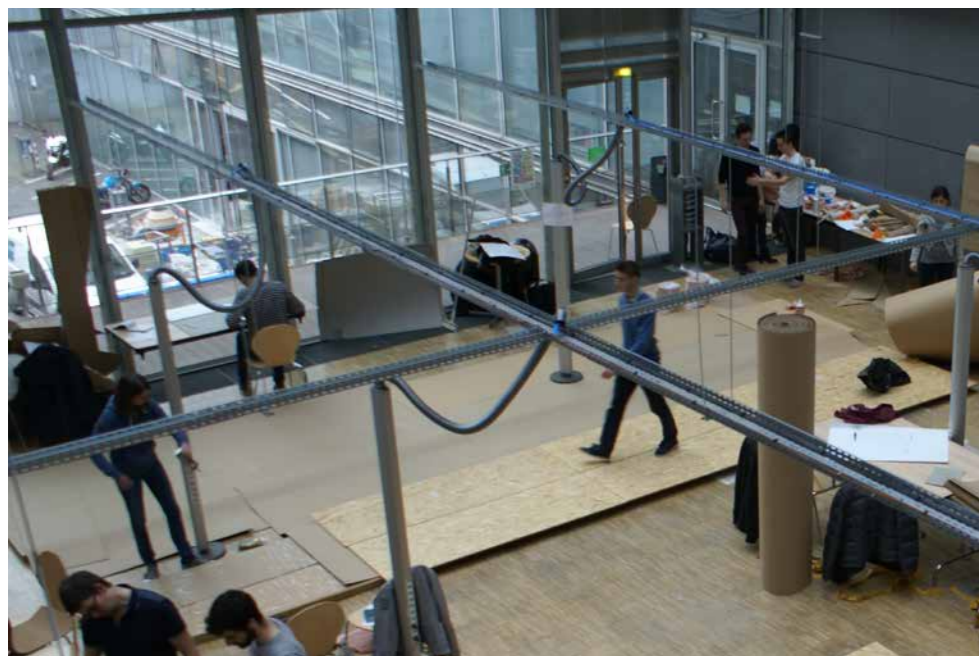
marches n2



CHANTIER



Atelier tracé puis découpe de marches à l'aide d'un patron prédéfini. Etape précise et répétitive.



En parallèle du groupe des marches, un groupe colle et assemble les poutres à plat. On recouvre les joints par des couches de carton cannelé.

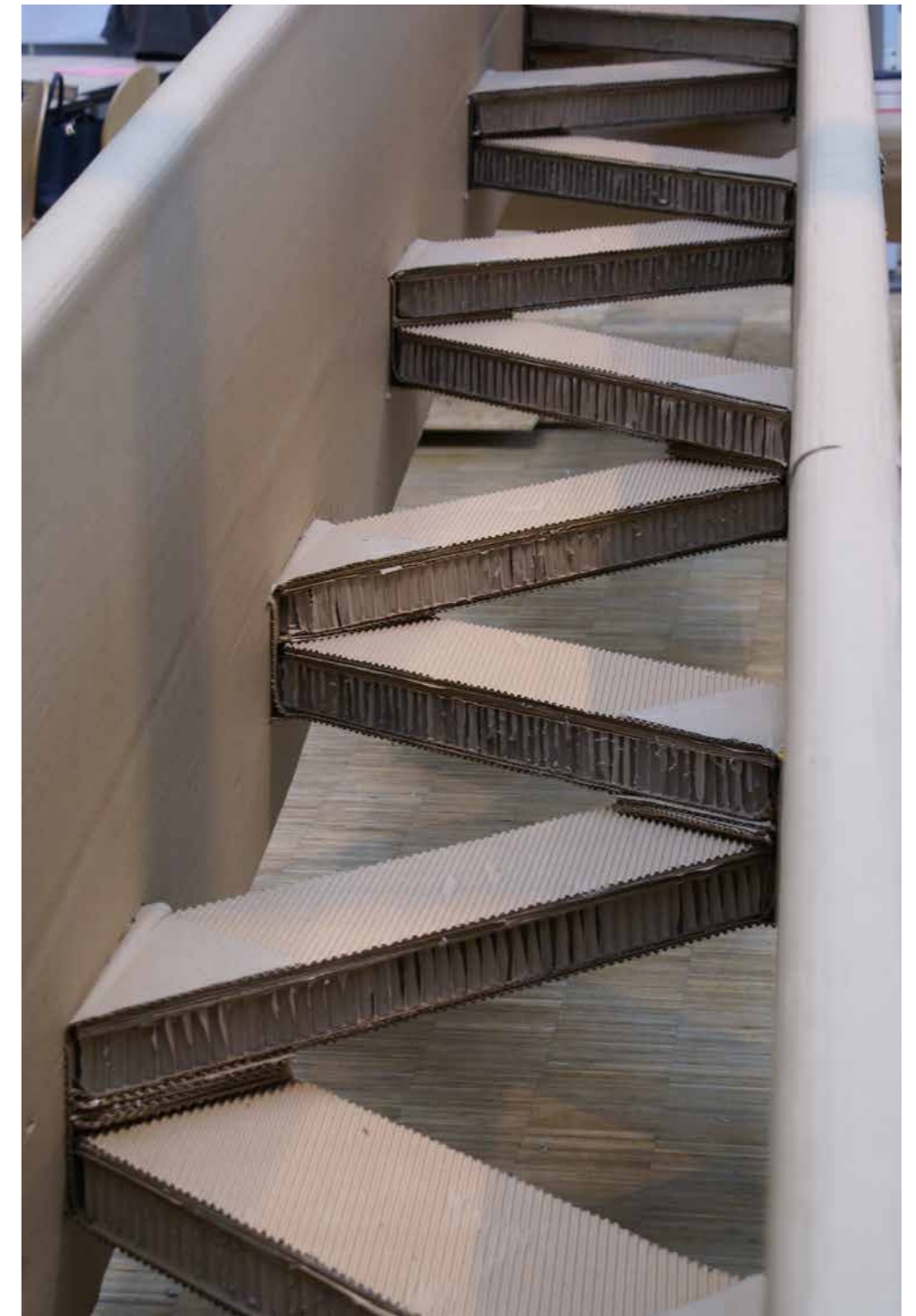
Passer à l'échelle 1 nous fait nous rendre compte de la réalité d'un chantier: long temps d'attente des collages; besoin de beaucoup de main d'œuvre pour coller, appuyer, soulever, déplacer l'ensemble. D'où l'importance de bien se répartir les tâches.



Il faut coller les nombreuses couches de carton pour chaque marche sans se tromper de sens de cannelures. Il fallait construire chaque marche indépendamment des autres mais en même temps ; pour pouvoir les assembler rapidement une fois les poutres finies. La multiplication des couches des marches en forme de parallélogrammes a conduit à des imprécisions dans la géométrie de l'assemblage avec les poutres.



Après un placement temporaire des marches il faut dessiner et découper les fentes qui accueilleront les sangles. Une fois les marques faites ; une équipe découpe les fentes à la scie et au cutter et une autre équipe assemble, colle et monte marche par marche jusqu'en haut.



RENDU FINAL

l'extérieur :

Lignes droites, parallèles.
Forme épurée qui souligne le caractère structural de la poutre qui se manifeste en garde-corps opaque et rassurant. Cache l'intérieur et laisse l'effet de surprise.
On laisse apparentes les sangles qui expriment comment l'intérieur fonctionne.

l'intérieur :

Lignes brisées.
Excentricité et élégance ; pour répondre à des problèmes techniques et des questions esthétiques.



Toute l'équipe au grand complet (environ 620 Kg) tient sur la passerelle qui remplit tous les critères énoncés dans l'exercice!



RUPTURE

On peut voir que l'endroit qui a cédé est le haut de la poutre ; la partie où les fibres travaillent en compression sous une charge car le cannelé résiste moins à la compression (300Kg)



Nous avons enrobés le carton alvéolaire de 2 couches de carton cannelé superposées. Sur le haut de la poutre le sens des cannelures horizontales aidait à reprendre le cisaillement entre 2 plaques d'alvéolaires mais aussi la compression du à la flexion de la poutre.



Ce n'est pas un joint photographié ici ; c'est bien la poutre qui a cédé sous le poids des passants.