



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

# Le Rideau

Notice architecturale et technique

Jérémy Dusconi, architecte  
Marion Lannon, ingénieur  
Franck Lascoumes, ingénieur  
Samuel Morris, architecte  
Marion Stenger, architecte

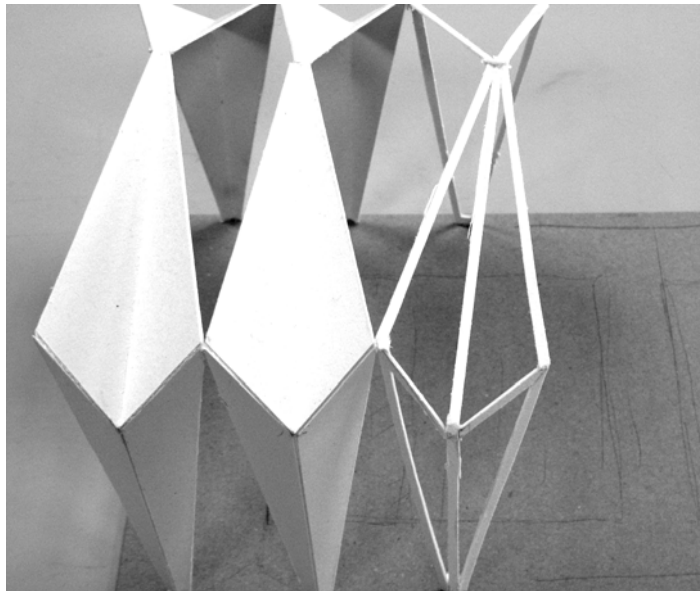
*e/n/s/t/i/b*

# Notice architecturale

## Introduction

Le théâtre itinérant pour l'association **Scènes & Territoires en Lorraine** se doit d'être un événement lors de son installation dans les différents lieux où il s'implantera provisoirement. Notre volonté principale est de réussir à faire de ce projet constitué principalement de bois, un édifice qui soit à la fois esthétique et une prouesse technique, monté, en peu de temps et manuellement. Le théâtre doit avoir une identité lisible tout en s'insérant naturellement dans tous les paysages. C'est pourquoi, nous avons conçu une volumétrie simple dont l'enveloppe plissée évoque le drapé d'un **rideau** de théâtre.





## Prémices

L'enjeu du théâtre mobile est d'être transportable sans convoi exceptionnel par un camion et de pouvoir être installé en une journée. Effectivement, les éléments de construction de l'édifice doivent allier:

1. compacité,
2. légèreté,
3. simplicité de montage.

C'est ainsi que nous avons pensé un élément plan qui se déploie en trois dimensions par pliage. La géométrie ainsi obtenue suggère élancement et légèreté et donne une dimension aérienne à la structure. Celle-ci crée un demi portique qui, de plus, en se pliant, a l'avantage de former la paroi verticale et horizontale.

Cela permet de fermer l'espace avec un élément structurel unique. Ce principe est ensuite répété pour former la structure globale de l'édifice. Dans un souci d'économie et de rapidité de montage, la répétitivité est un facteur déterminant pour les trois critères de la conception du projet.



Poste frontière suisse-autrichienne à Hohenems,  
Reinhard Drexel



Chapelle des Diaconesses de St Loup,  
Local architecture



## Insertion paysagère

Le but de ce théâtre itinérant est avant tout d'attirer le public: on a pris directement cette idée comme le moteur de notre projet. Ce théâtre se veut intrigant, amusant et accueillant à la fois.

La force de ce bâtiment se trouve avant tout dans sa forme à la géométrie triangulaire, qui évoque les motifs des chapiteaux de cirque. Le bâtiment apparaît ainsi comme une œuvre d'art dynamisant son espace environnant et qui ne peut laisser insensible. La façade drapée donne un caractère unique au théâtre qui va ainsi dévoiler une ambiance particulière : un jeu d'ombres et de lumières se crée sur la façade.



Pôle sportif de l'Insep, Paris 12ème,  
Dusapin - Leclercq

L'effet miroitant de ses façades donne au théâtre un aspect ludique : les panneaux triangulaires qui ferment les espaces entre les portiques sont revêtus d'une plaque d'aluminium. Ce revêtement permet indirectement au bâtiment de s'insérer dans un lieu puisqu'il reflète l'espace l'environnant. De plus cela crée un jeu visuel pour les passants qui seront naturellement intrigués par ce drôle de "mirage".

Afin de rester dans cette optique de "bâtiment spectacle", une couleur s'est imposée pour le revêtement de l'étanchéité des panneaux en bois : le rouge, faisant tout simplement allusion au rideau de théâtre.



Mirror House, MLRP

## Aménagement intérieur

Le théâtre s'installe librement sur une place publique, un terrain vacant d'une petite ville ou d'un village. On y accède par la façade à l'opposé de la remorque. La rampe permet l'accès aux personnes à mobilité réduites.

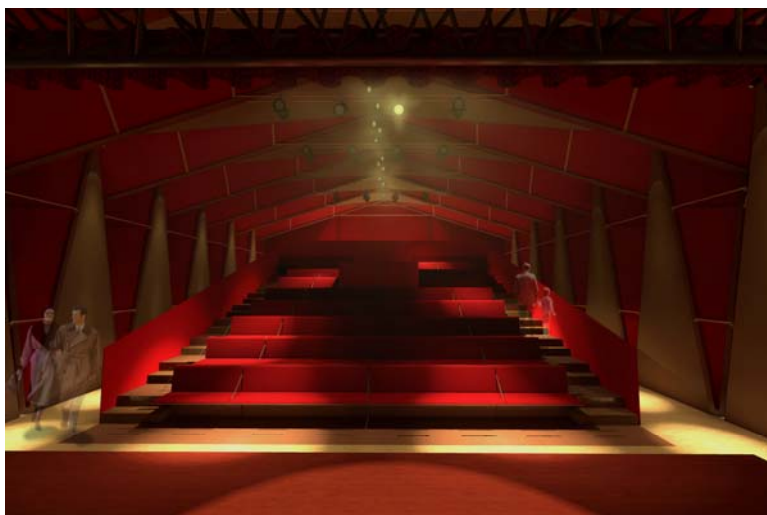
Dans le volume du théâtre se trouve, à l'entrée, l'accueil, la billetterie ainsi que la buvette. Ceux-ci sont insérés sous le volume des gradins afin d'optimiser l'utilisation du volume disponible.



L'espace d'entrée

Latéralement, deux couloirs permettent aux spectateurs d'entrer dans la salle pour accéder aux gradins. Le spectateur y monte par deux emmarchements disposés latéralement. La salle compte 120 places.

Les assises des gradins sont des caisses qui s'ouvrent pour constituer les sièges avec leurs dossiers et le plancher de circulation. Puis l'arrière scène se trouve dans la remorque du camion, qui a donc une double utilité : espace de stockage, loge des artistes, et également stabilité structurelle.



Les gradins vus depuis la scène

La forme des portiques engendre une surface de mur et de plafond irrégulière. Le plissé des parois permet une meilleure diffusion du son et contribue ainsi à l'acoustique de la salle.

Les entrants qui servent à stabiliser les portiques sont également utilisés pour supporter les projecteurs.

Afin de créer une ambiance feutrée, la couleur rouge, qui rappelle le rideau, est très présente : elle habille une facette de chaque portique, les rambardes des gradins sont en bois peint en cette même couleur, tout comme le tissu des assises.

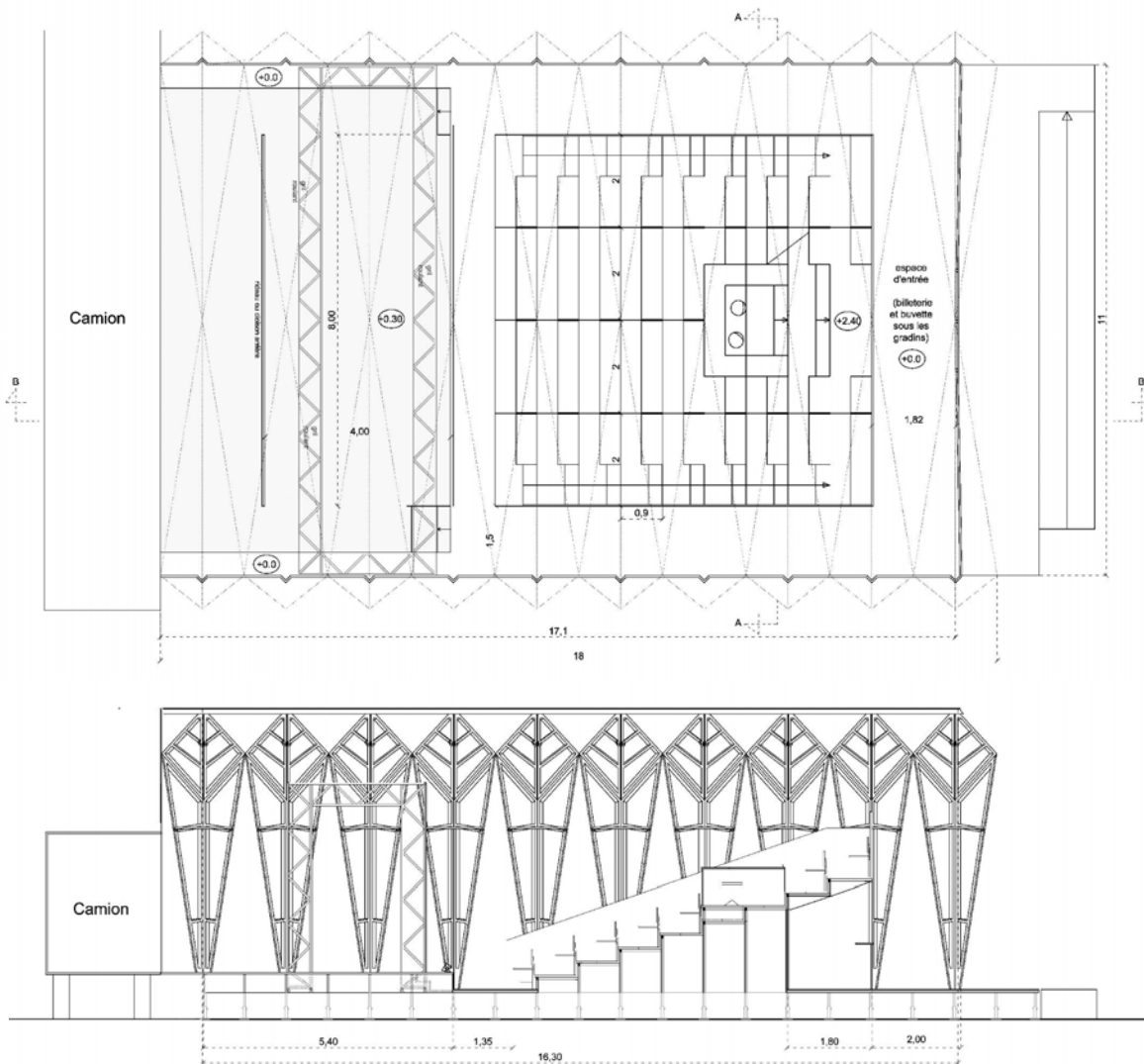


Vue depuis le haut des gradins

## Composition structurelle

Le plissé est obtenu par le pliage d'un grand élément plan qui devient un demi portique tridimensionnel. Le principe de demi portique demande à la jonction entre la verticale et l'horizontale de s'approcher d'un assemblage encastéré. Pour obtenir de telles propriétés, le pliage est verrouillé par des fixations en bois boulonnées aux extrémités. Le demi portique à plat est un losange dont les dimensions des diagonales sont 10,40 m x 2,50 m. Il se constitue de quatre pièces articulées par des charnières piano. Il est composé de panneaux de bois contreplaqué rigidifiés par des membrures en sapin (section 100x80 mm).

L'édifice se compose de 20 demi portiques associés au faîtage pour composer 10 portiques qui s'assemblent en translation dans le sens longitudinal de l'édifice. L'entre-axe entre les pieds de portique est de 1,80 m. A l'angle entre mur et couverture, l'arase supérieure du portique est à 5 m de hauteur et l'arase inférieure à 3,90 m. Au faîtage, le portique s'élève à 6 m.



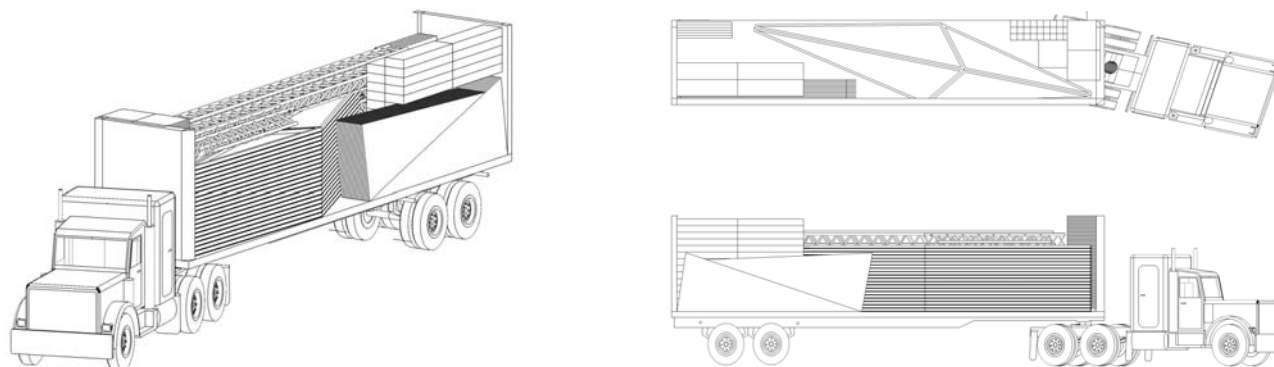
Les portiques tridimensionnels forment la structure porteuse du théâtre mais participent aussi à la fermeture du volume intérieur. Entre les pièces des montants et des traverses des portiques, l'interstice triangulaire est fermé par des panneaux. Les verticaux mesurent 3,90 m de hauteur, ceux de la couverture, 6,50m et les deux mesurent 1,80 m à leur base. Sur une travée, ils sont fabriqués comme les portiques pour participer au contreventement. La constitution des autres est plus libre. Ils jouent un rôle esthétique et sont donc colorés, translucides, réfléchissants (polycarbonate, aluminium+mousse P.U)

A l'extérieur, l'aspect de l'enveloppe change selon le point de vue. L'alternance de couleurs et de matériaux rythme les façades longitudinales.

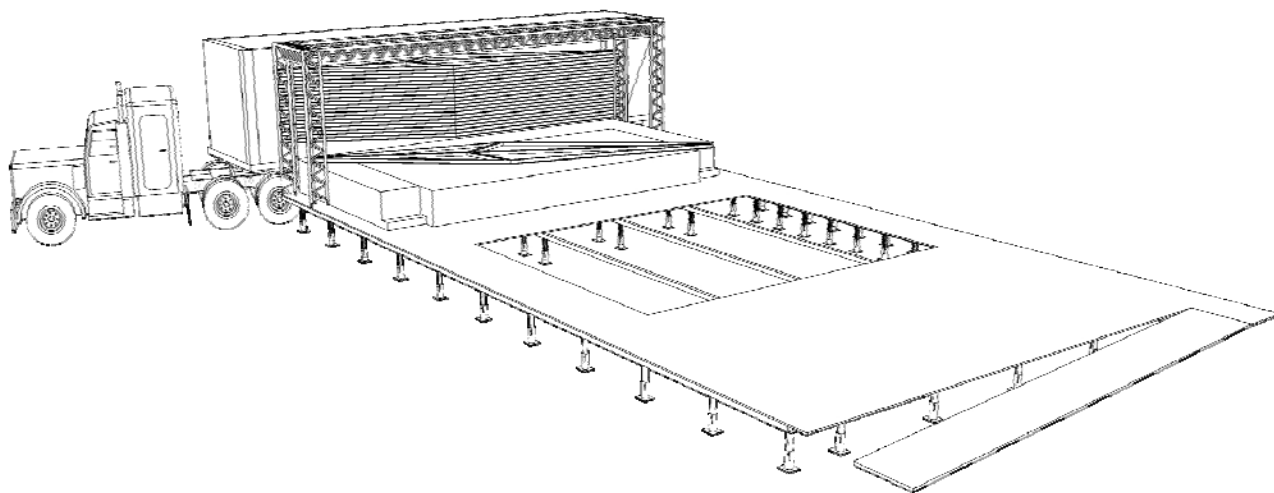
## Montage

Une remorque peut contenir l'ensemble des éléments pour la construction du théâtre. L'estimation du poids total de tous les éléments est de 18 tonnes. Les différents éléments composant le théâtre sont rangés selon un plan et un ordre pour que le déballage soit optimisé lors de l'assemblage, de sorte qu'un élément sorti de la remorque soit consécutivement mis en place dans la construction.

On compte 20 demi portiques d'environ 250 kg chacun. Il y a aussi 20 panneaux pour les murs et 20 pour la couverture. Les 36 caissons pour les gradins et les 8 poutres treillis pour le gril occupent une grande

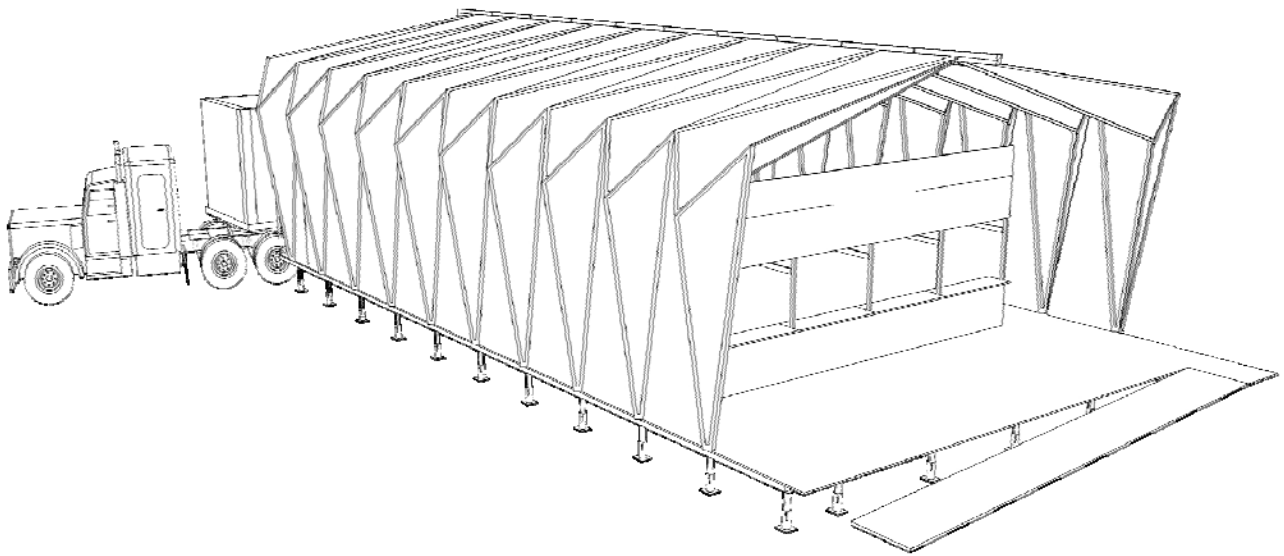
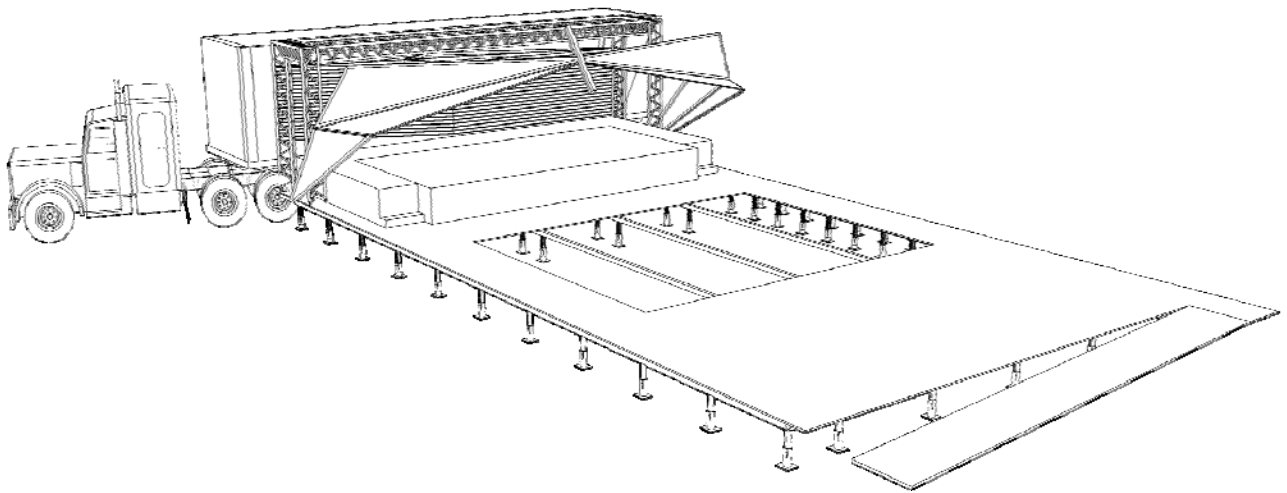


Lorsque la remorque est positionnée sur un site choisi, la première étape consiste à mettre en place les 133 pieds métalliques qui vont supporter toute la structure et les charges d'exploitation de l'édifice. Ils sont mis de niveau et le plancher et la scène sont fixés dessus. Ensuite, les 8 poutres treillis qui composent le gril de la scène sont mises en place. Pendant le montage du théâtre, le gril servira de pont roulant pour manipuler et soulever les éléments les plus lourds et d'échafaudage pour aller fixer des pièces en hauteur.

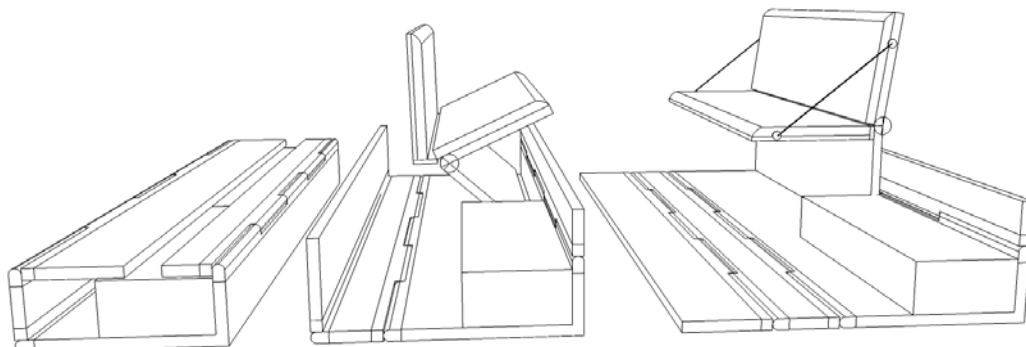


A partir de là, les 10 portiques peuvent être mis en place. Deux demi portiques sont pliés puis assemblés au faîtage. Ensuite, les bases des portiques sont fixées dans des rotules qui permettront le levage du portique. Celui-ci se fait à l'aide du gril qui est équipé d'une poulie pour tracter le portique jusqu'à la verticale. Lorsque les portiques sont assemblés, les 40 panneaux triangulaires de mur et couverture sont installés pour terminer de clore l'espace. Comme décrit précédemment, leur matière variée répond à différentes fonctions.





L'enveloppe terminée permet d'installer l'intérieur du théâtre. Les gradins se divisent en 36 éléments manu portable qui, rangés se replient en des caissons de 2m x 0.5m x 0.2m (soit un volume global de 7,2m<sup>3</sup>) Lors du montage du bâtiment, après que la structure métallique ai été montée, les gradins viennent se déplier et se fixer par boulonnage sur les poutres métalliques. Chaque élément pèsent 63 kg et a été dimensionné avec un plancher de 4 cm pour pouvoir porter 3 personnes par mètre <sup>2</sup>. Ces caissons, aisément portables et positionnables par deux personnes, permettent, en outre d'une facilité et rapidité de mise en ouvre, un rangement compact optimisé qui permet également de protéger les parties fragiles des sièges lors des nombreux transports.



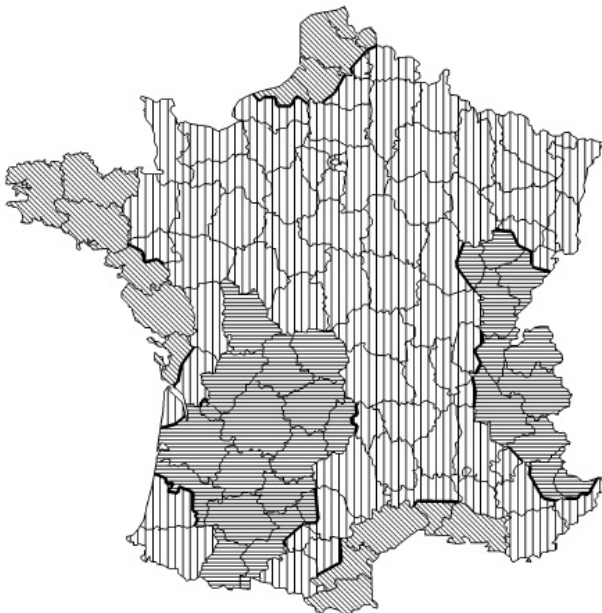
## Hypothèse de calcul

Concernant les hypothèses de vent et de neige ainsi que celles du poids propre, nous sommes partis sur des valeurs différentes de celles préconisées par l'Eurocode. En effet, la structure se monte de Mars à Novembre, le bâtiment ne sera donc pas utilisé l'hiver et on évite ainsi les lourdes chutes de neige. Concernant les charges d'exploitation, la charge de 150daN donnée par l'Eurocode n'est pas prévue. En effet, la structure n'est pas dimensionnée pour qu'une personne monte sur le toit. Enfin pour la charge de vent, nous avons dû garder la valeur Eurocode car une rafale à 90 km/h est possible à toute période de l'année.

### Hypothèse de neige

Pour répondre à cette charge, nous prenons en compte un maximum de 4 cm de neige, avec un poids volumique de 150 daN/m<sup>3</sup>. Ceci va nous donner  $0.04 \times 150 = 6 \text{ daN/m}^2$  de charge à prendre en compte pour nos calculs.

### Hypothèse de vent



Régions :	1	2	3	4
Valeur de base de la vitesse de référence du vent $v_{b,0}$ [m/s]	22	24	26	28

Selon l'EC1, la lorraine se trouve en zone 2 avec une vitesse de référence de 24m/s.

On utilise cette valeur pour nos calculs, avec une hauteur de bâtiment de 5m.

Soit

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \frac{1}{2} \rho V_m^2(z)$$

Vitesse moyenne du vent  $V_m$  :

$$V_m = c_r(z) c_0(z) V_b$$

Avec

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \left(\frac{0,5}{0,05}\right)^{0,07} = 0,223$$

$C_0 = 1$  donc

$$V_m = c_r(z) c_0(z) V_b = 0,62 \times 1 \times 24 = 15,37 \text{ m/s}$$

On calcule ensuite  $I_v$ , avec

$$I_v(z) = \left( \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \right)$$

$$k_I = 1 - 2 \cdot 10^{-4} (\log_{10}(z_0) + 3)^6 = 0,922$$

Soit

$$I_v(z) = \left( \frac{0,922}{1 \times \ln\left(\frac{6}{0,05}\right)} \right) = 0,193$$

Au final, on détermine  $q_p(z)$

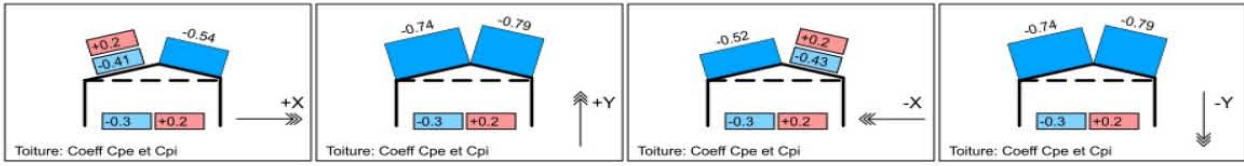
$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \frac{1}{2} \rho V_m^2(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \times 0,193] 0,5 \times 1,225 \times 15,37^2 = 340,18 \text{ N/m}^2$$

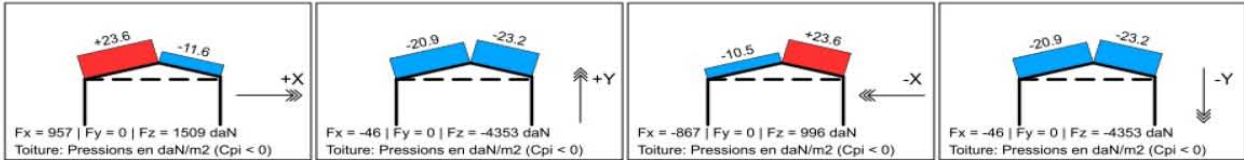
Cette valeur nous permettra de calculer notre charge de vent.

A l'aide du logiciel ACORD Express, nous trouvons cette charge de vent.

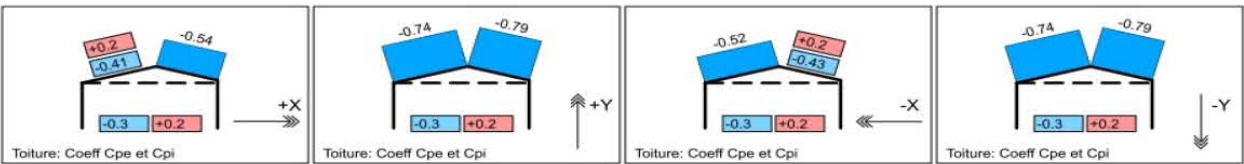
**Coefficients de pression sur toiture**



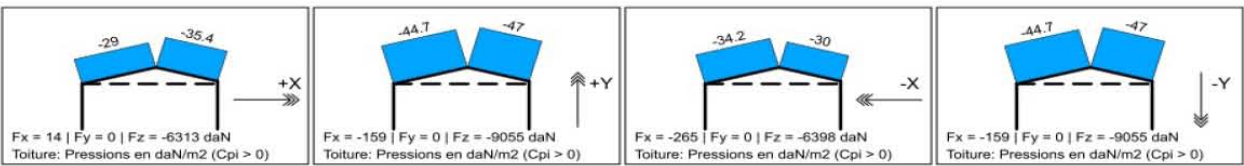
**Pressions sur toiture**



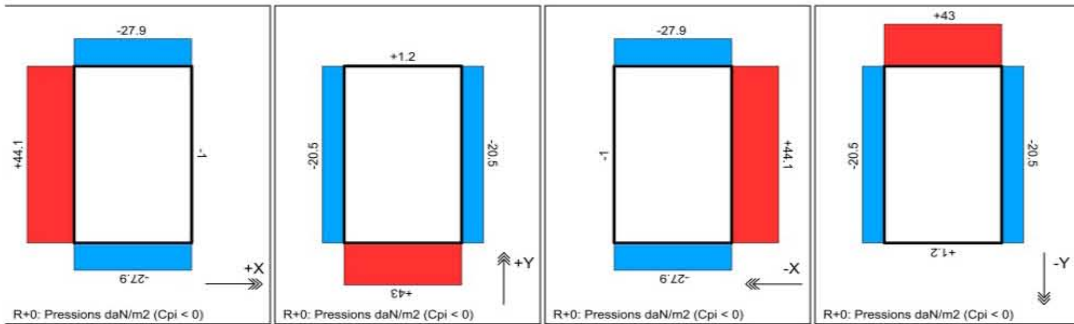
**Coefficients de pression sur toiture**



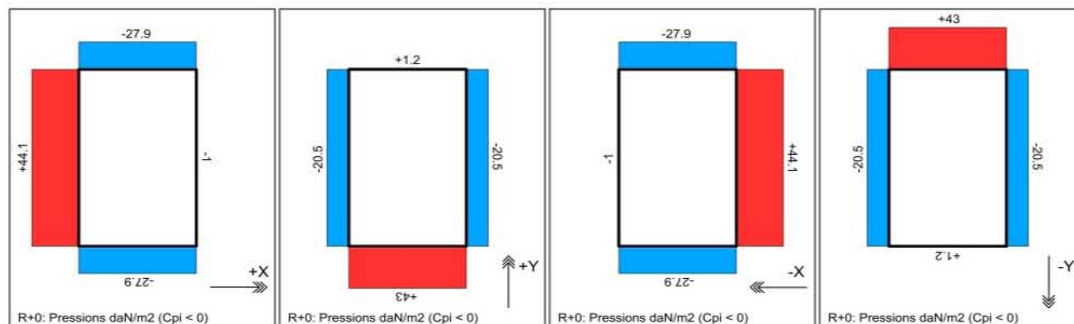
**Pressions sur toiture**



**Pressions sur R+0**



**Pressions sur R+0**



## Hypothèse d'exploitation

La charge d'exploitation habituellement utilisée dans les Eurocodes ne sera pas prise en compte pour notre bâtiment. On décide donc de ne pas prendre en compte une personne venant faire la maintenance sur le toit. En effet, toute la maintenance peut se faire à terre et donc il n'est pas nécessaire d'avoir un accès au toit lorsque le bâtiment est élevé.

Concernant la charge d'exploitation à l'intérieur du bâtiment, selon les Eurocodes, notre bâtiment fait partie de la classe C2 pour la zone où les personnes sont assises. Locaux avec sièges fixés : amphithéâtre, salle de réunion... la charge à prendre en compte est donc  $4.0 \text{ kN/m}^2$  pour  $q_k$  et  $4.0 \text{ kN}$  pour  $Q_k$ . Concernant la scène on passe en classe C4 : Locaux permettant des activités physiques, avec  $q_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$  et  $Q_k = 7.0 \text{ kN}$ .

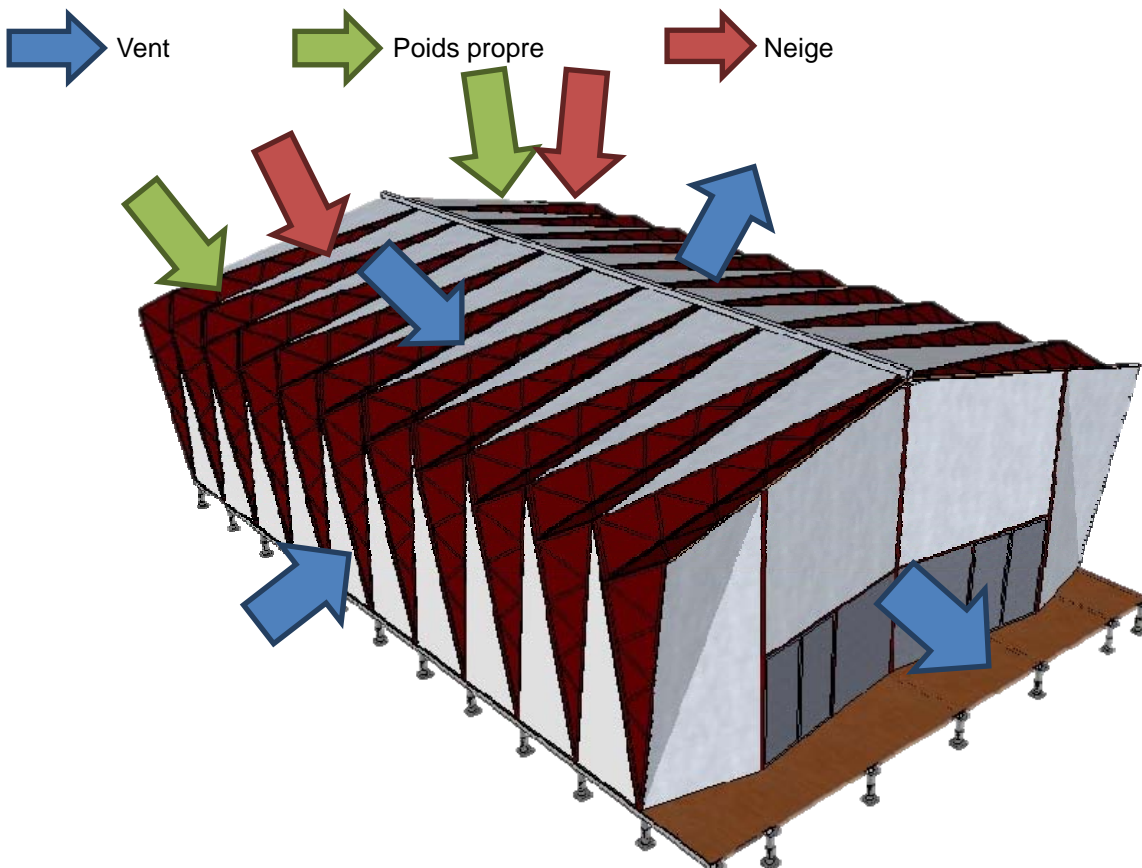
Le bâtiment abrite près de 150 personnes, si on considère  $100 \text{ kg}$  par personne, en ajoutant le poids des gradins et de la régie, on est inférieur à la charge donnée précédemment, donc on conserve cette charge.

## Poids propre

Un pré dimensionnement effectué sur ACORD bat nous donne des sections de  $80 \times 100 \text{ mm}$ . Sachant qu'un demi portique possède  $50 \text{ m}$  de bois, 4 panneaux de contreplaqué ( $9 \text{ mm}$ ) pour le contreventement, et des ferrures fixées en pieds et en tête de  $0,5 \text{ kg}$  chacune environ, on arrive à un poids de  $220 \text{ kg}$ . De plus, les charnières piano augmente le poids de quasiment  $50 \text{ kg}$ , on arrive donc au final à près de  $270 \text{ kg}$  pour un demi portique.

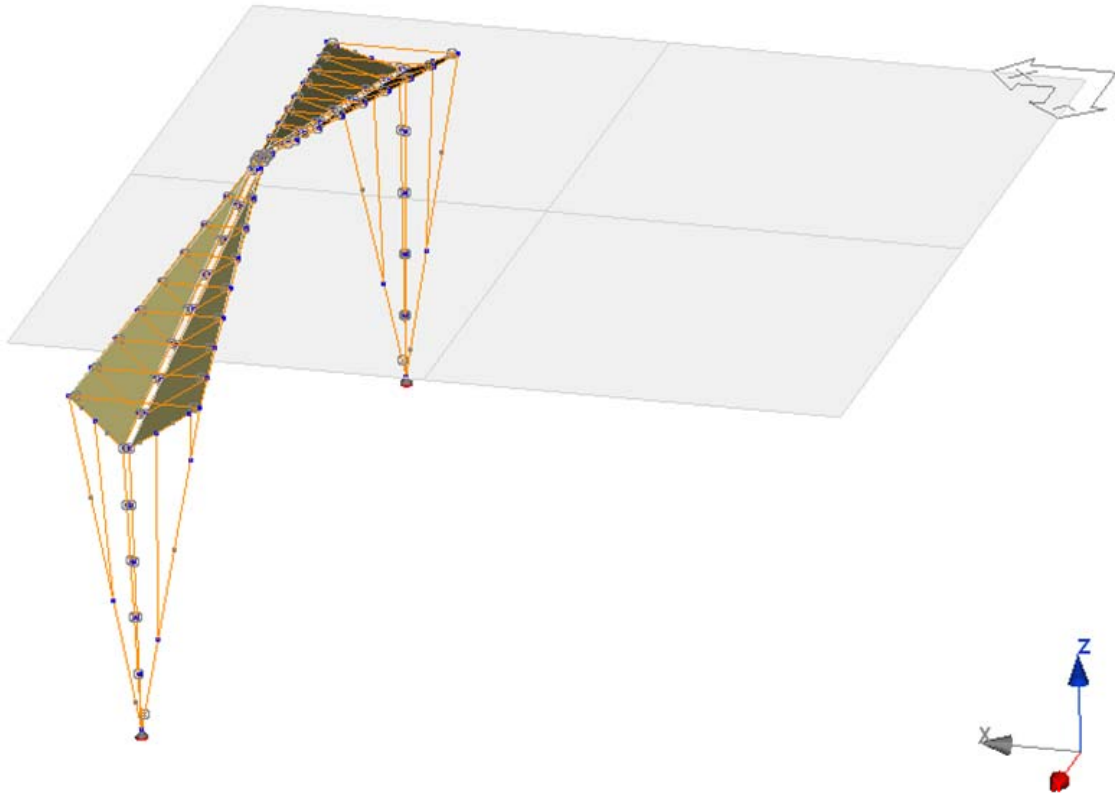
	masse volumique ( $\text{kg/m}^3$ )	surface ( $\text{m}^2$ )	épaisseur/ longueur (m)	poids (kg)
panneau contreplaqué	400	14,7422	0,009	53
ossature bois (Epicéa C24)	450	0,008	45,484	164
Ferrure				50
			<b>total</b>	<b>267</b>

## Descente de charge sur le bâtiment

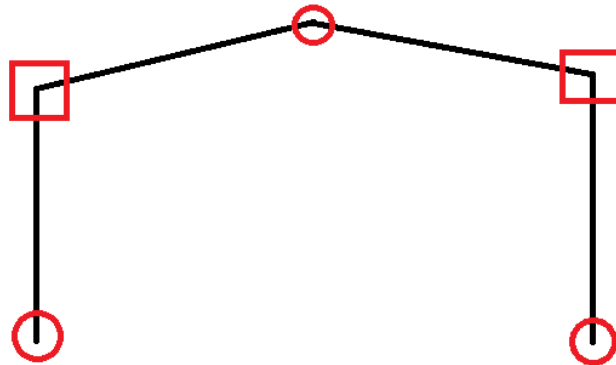


# Note de calcul et dimensionnement

## Dimensionnement Acord Bat



La structure est dimensionnée grâce au logiciel Acord bat. Une fois nos hypothèses de calcul effectuées, on entre nos charges de neige, de vent et de poids propre dans le logiciel.



Le but de notre structure est de se rapprocher d'un portique avec des rotules en pied et des encastremets aux angles. Dans notre cas, réaliser un encastrement sera très compliqué sachant que l'on veut une structure manu portable. On va donc placer des barres sur le portique afin d'empêcher un changement d'angle et de maintenir la structure. De plus, l'ossature et les panneaux permettent de se rapprocher d'une poutre en V de section variable.

Le calcul de la structure nous donne une section de 100\*80mm avec un panneau de contreventement. Les vérifications aux ELU et ELS sont données ci-dessous :

Groupe : 0							
Panneau	Type comb.	Combinaison	Raideur Ku	Effort de cisaillement FvEd	Résistance organe FFRd	Résistance FvRd	Critère
-	-	-	<i>kN/m</i>	<i>daN</i>	<i>daN</i>	<i>daN</i>	%
52	ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	11393,12	842,78	32,5	1404,05	60 %
53	ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	11405,95	549,8	32,5	1404,05	39,2 %
54	ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	11405,75	146,58	32,5	1404,03	10,4 %
55	ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	11393,58	234,81	32,5	1404,11	16,7 %

Vérification des panneaux de contreventements :  
 Vérification d'un montant aux ELU  
 Vérification d'un montant aux ELS

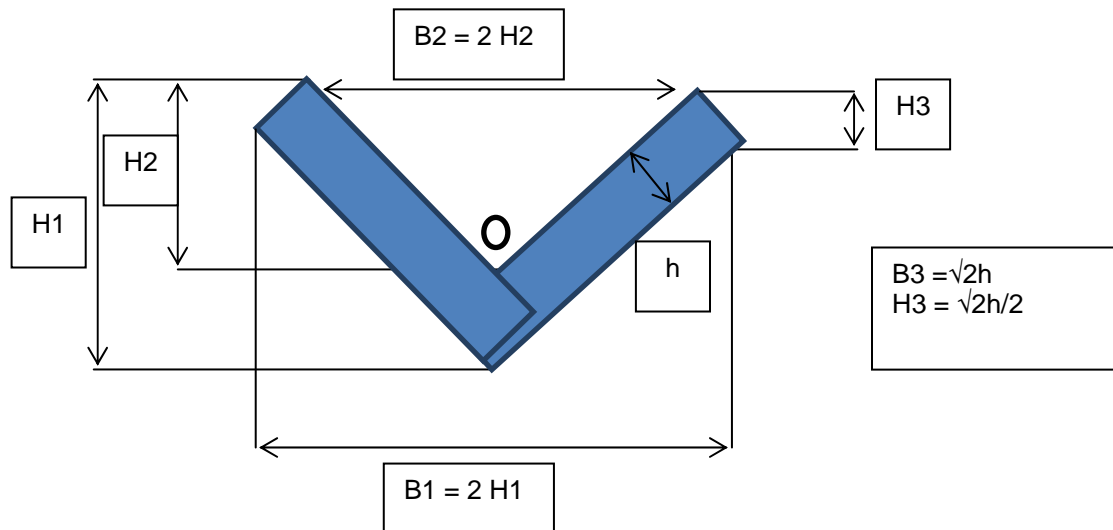
Pièce : 1249										Groupe : 0
Matériau : C30 (Humidité classe de service : 1)										
$f_{t,0,k}$		$f_{c,0,k}$		$f_{m,k}$		$f_{v,k}$		$k_{def}$		
18		23		30		3		0,6		
Section : R8x10										
-	$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ey}$	$W_{ez}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$		
	80	666,67	426,67	133,33	106,67	2,9	2,3	0,7		
Résistance contraintes axiales										
ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S			$k_{mod}$	$\gamma_m$	$k_{fi}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$
				1,1	1,3	-	16,52	19,46	27,53	28,79
							$\sigma_{t,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	Taux
							0,45	23,71	0,03	88,9 %
Résistance cisaillement										
				$k_{mod}$	$\gamma_m$	$k_{fi}$	$f_{v,d}$	$\tau_d$	Taux	
ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S			1,1	1,3	-	2,54	1,23	48,4 %	

Les montants sont donc vérifiés vis-à-vis de notre modèle et des charges appliquées.

Vérifications flèches								
ELS-UINST	W+0.5S	Position	Ratio	-	-	$W_{inst}$	$W_{inst,lim}$	Taux
		Travée	L/300	-	-	11	18,87	58,3 %
ELS-UINST	W+0.5S	Position	Ratio	-	-	$v_{inst}$	$v_{inst,lim}$	Taux
		Travée	L/300	-	-	1,41	18,87	7,5 %
ELS-UFIN	G+W+0.5S	Position	Ratio	$w_{cf}$	$w_{creep}$	$W_{net,fin}$	$W_{net,fin,lim}$	Taux
		Travée	L/200	0	0,39	12,16	28,31	42,9 %
ELS-UFIN	G+W+0.5S	Position	Ratio	$v_{cf}$	$v_{creep}$	$v_{net,fin}$	$v_{net,fin,lim}$	Taux
		Travée	L/200	0	0,19	1,92	28,31	6,8 %

## Dimensionnement Manuel

Afin de faire une étude comparative, nous avons cherché à calculer le moment d'inertie d'une poutre en V. En effet, nos portiques forment en toiture une structure qui peut être assimilée à une poutre en V avec des montants d'ossature et un panneau de contreventement.



On définit ci-après les altitudes des centres de gravité des triangles 1, 2 et 3 (de base  $B_i$  et de hauteur  $H_i$ ) :

$$z_1 = \frac{(H_1 - H_2)S_1}{3(S_1 - S_2 - 2S_3)} + \frac{2(H_1 - H_3)S_3}{3(S_1 - S_2 - 2S_3)}$$

$$z_2 = \frac{(H_1 - H_2)S_1}{3(S_1 - S_2 - 2S_3)} + \frac{2(H_2 - H_3)S_3}{3(S_1 - S_2 - 2S_3)}$$

$$z_3 = \frac{(H_1 - H_3)S_1}{3(S_1 - S_2 - 2S_3)} + \frac{(H_3 - H_2)S_2}{3(S_1 - S_2 - 2S_3)}$$

D'après le théorème de transport de Huygens on a :

$$I_z = \frac{(H_1^4 - H_2^4 - 2H_3^4)}{18} + (H_1 z_1)^2 - (H_2 z_2)^2 - 2(H_3 z_3)^2$$

Ceci va nous donner

$$H_1 = f_1(x) = H_{1max} - \frac{(H_{1max} - H_{1min})}{L} x$$

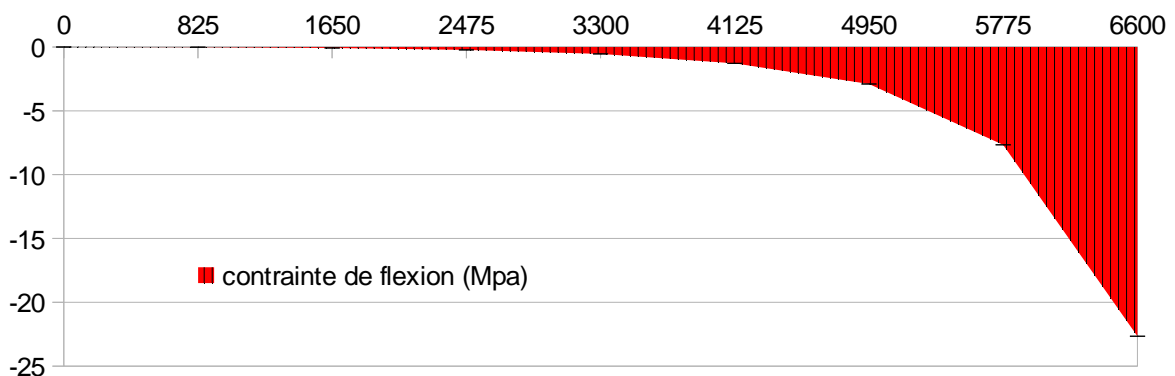
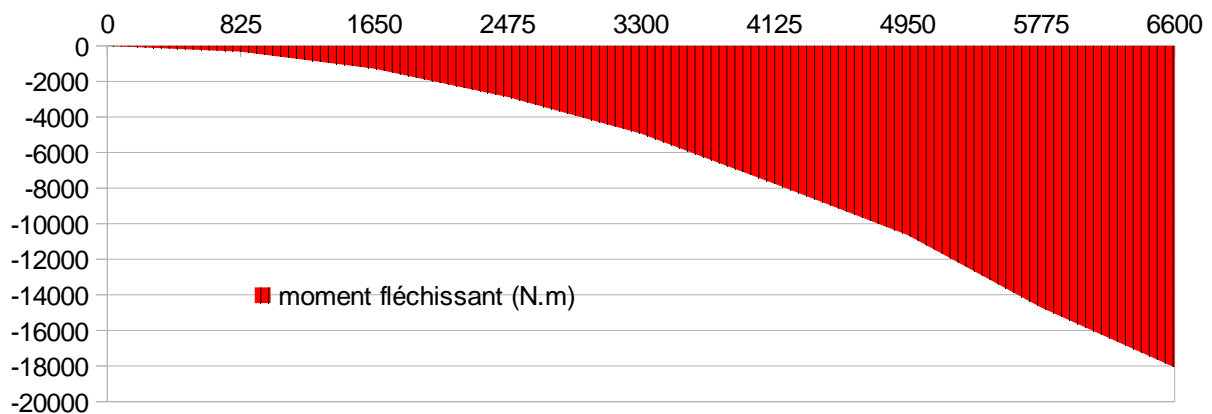
$$H_2 = f_2(x) = H_1 - 2H_3$$

$$H_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} h$$

On modélise en appliquant le théorème des poutres :

- 1) Détermination de la charge  $q(x)$  selon les ELU en prenant en compte les charges permanentes (G), la neige (S), le vent (W).
- 2) Le principe fondamental de la statique nous donne les réactions aux extrémités.
- 3) On en déduit le moment fléchissant en fonction de  $x$ .
- 4) Au final, les données sont renseignées dans un tableur afin de définir les sections des ossatures.

position de la section sur l'axe (mm) : x =	0	1650	3300	4950	6600
<b>Dimensions de la poutre</b>	<b>maxi</b>				<b>mini</b>
hauteur section ossature (mm) : h =	100	100	100	100	100
épaisseur section ossature (mm) : e =	80	80	80	80	80
longueur de la poutre en V (mm) : L =	6600	6600	6600	6600	6600
largeur à plat de la poutre en V (mm) : d =	2400	1920	1440	960	480
largeur du panneau sandwich (mm) : lp =	244	584	923	1263	1602
hauteur de la poutre en V (mm) : H1 =	919	750	580	410	240
hauteur du triangle 2 (mm) : H2 =	778	608	438	269	99
hauteur du triangle 3 (mm) : H3 =	71	71	71	71	71
surface section poutre en V (mm <sup>2</sup> ) : S =	230000	182000	134000	86000	38000
<b>Inertie de la poutre</b>	<b>x = 0</b>	<b>x = 1650</b>	<b>x = 3300</b>	<b>x = 4950</b>	<b>x = 6600</b>
barycentre du triangle 1 (mm) : z1 =	136	108	80	53	27
barycentre du triangle 2 (mm) : z2 =	183	155	127	100	74
barycentre du triangle 3 (mm) : z3 =	419	334	250	166	84
moment quadratique de la poutre (mm <sup>4</sup> ) : ly =	1,29E+10	6,47E+09	2,65E+09	7,52E+08	9,59E+07
<b>Sollicitations de la poutre</b>	<b>x = 0</b>	<b>x = 1650</b>	<b>x = 3300</b>	<b>x = 4950</b>	<b>x = 6600</b>
charge permanente (poids propre en daN/m <sup>2</sup> ) : G =	13	13	13	13	13
charge exeptionnelle (poids neige en daN/m <sup>2</sup> ) : S =	6	6	6	6	6
charge exeptionnelle (vent comprimant en daN/m) : W =	24	24	24	24	24
charge exeptionnelle (vent soulevant en daN/m) : W =	-47	-47	-47	-47	-47
charge ELU (N/m) : q = (1,35G+1,5Q).(2√2.H1+lp)+0,9W =	983	944	906	868	830
charge ELU (N/m) : q = G.(2√2.H1+lp)+1,5W =	-324	-343	-362	-381	-399
réaction aux extrémités (N) : R =	-1153				-1235
moment fléchissant (N.m) : M =	0	-1286	-4935	-10638	-18083
effort tranchant (N) : T =	0	581	1256	2024	2885
contrainte de flexion (Mpa) : $\sigma = M.v / ly$ =	0,0	-0,1	-0,5	-2,9	-22,7
contrainte de cisaillement (Mpa) : $\zeta = T / S$ =	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

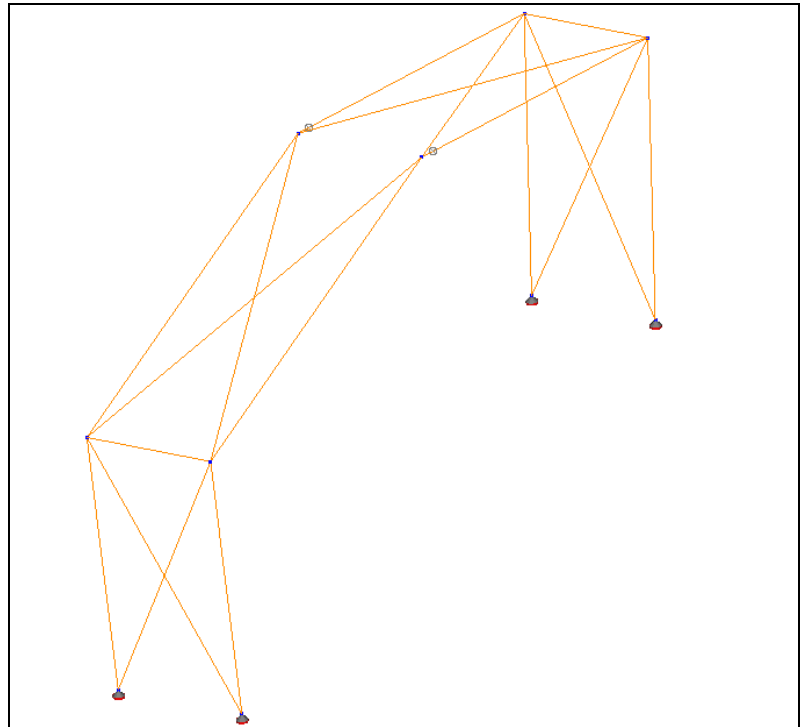
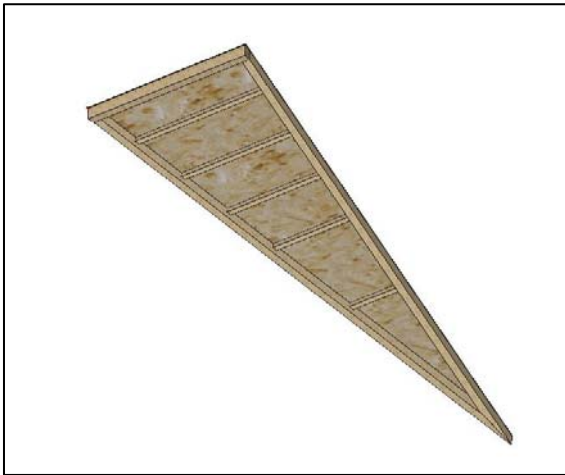


Il en ressort aux ELU une section optimum de 100\*50 ou de 100\*80. Cette section se rapproche donc des estimations faites à l'aide du logiciel Acord bat.  
 Nous n'avons pas calculé les déformations (nécessite d'intégrer sur x une fraction de 2 polynômes de 5e degré).



## Le contreventement

Mettant en place des portiques, il nous faut un système de contreventement. Pour se faire, on placera des panneaux contrevenants sur une bande entre deux portiques. On reproduira ce cheminement 3 fois afin de contreventer la structure.



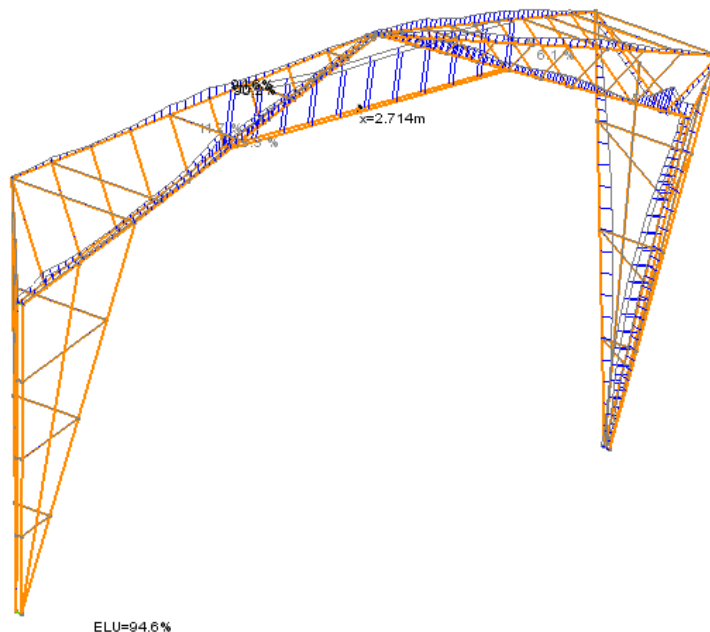
Le contreventement sera réalisé par un panneau de contreplaqué (9mm) avec son ossature bois. L'ossature du contreventement sera de dimension inférieure aux dimensions des montants. Le clouage se fera avec une pointe tous les 15 cm.

## Comportement de la structure

Afin de montrer les déformations possibles de la structure, voici les hypothèses de déformations données par Acord Bat.

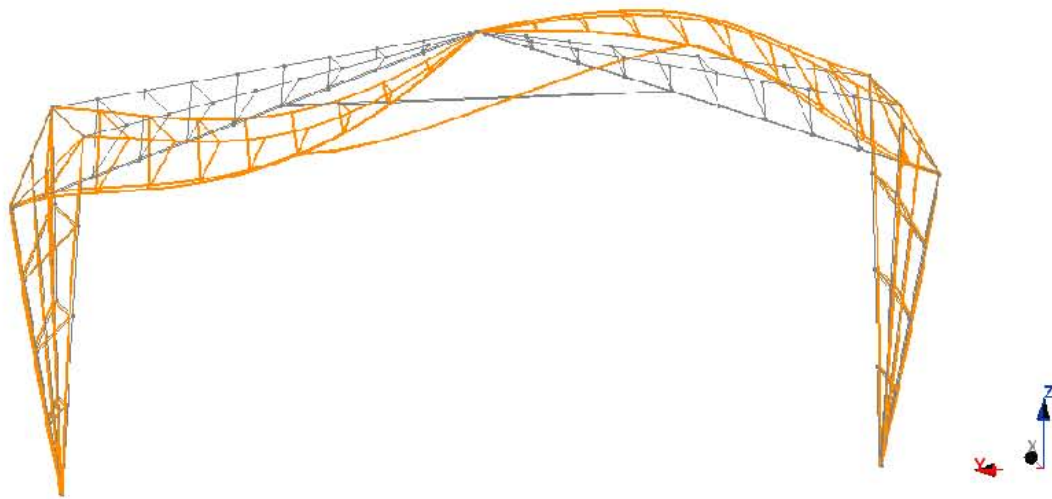
Deux entrants placés entre les deux portiques nous permettent de reprendre les forces de soulèvement et d'empêcher la déformation des portiques à cause des forces de compressions. De plus, ils servent également à tenir les projecteurs, ceux-ci sont estimés à 6kg chacun, on en placera 4 ce qui fait une charge de 2,4 daN/m par entrant.

La vérification d'un entrant donne :



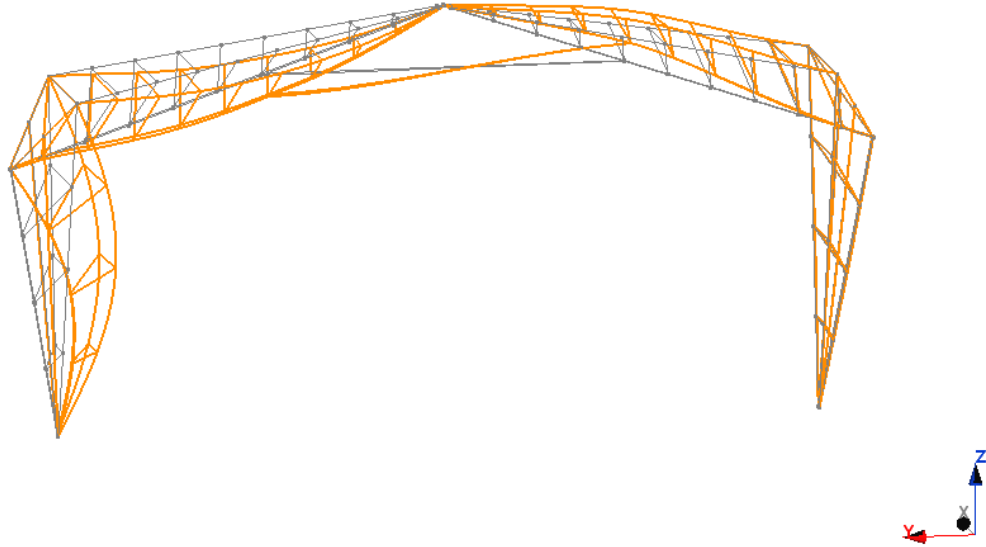
Matériau : C30 (Humidité classe de service : 1)									
$f_{t,0,k}$		$f_{c,0,k}$		$f_{m,k}$		$f_{v,k}$		$k_{def}$	
18		23		30		3		0,6	
Section : R8x10									
-		$S$	$I_y$	$I_z$	$W_{ey}$	$W_{ez}$	$i_y$	$i_z$	$k_m$
■		80	666,67	426,67	133,33	106,67	2,9	2,3	0,7
Résistance contraintes axiales									
ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	$k_{mod}$	$\gamma_m$	$k_{fi}$	$f_{t,0,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$	
		1,1	1,3	-	16,52	19,46	27,53	28,79	
					$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	Taux	
					-0,6	7,03	0	25,7 %	
Résistance cisaillement									
ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	$k_{mod}$	$\gamma_m$	$k_{fi}$	$f_{v,d}$	$\tau_d$		Taux	
		1,1	1,3	-	2,54	0,11		4,5 %	
Résistance au flambement									
ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	$k_{mod}$	$\gamma_m$	$k_{fi}$	$f_{c,0,d}$	$f_{m,y,d}$	$f_{m,z,d}$		
		1,1	1,3	-	19,46	27,53	28,79		
		$k_{c,y}$	$k_{c,z}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	Taux		
		0,1	0,06	-0,6	-7,03	0	66,7 %		
Résistance au déversement									
ELU-STR	1.35G+1.5W+0.75S	$k_{mod}$	$\gamma_m$	$k_{fi}$	$f_{c,0,d}$	$f_{m,d}$			
		1,1	1,3	-	19,46	27,53			
		$k_{crit}$	$\sigma_{c,0,d}$	$\sigma_{m,y,d}$	$\sigma_{m,z,d}$	Taux			
		1	-0,6	7,03	0	55,3			
Vérifications flèches									
ELS-UNST	W	Position	Ratio	-	-	$w_{inst}$	$w_{inst,lim}$	Taux	
		Travée	L/300	-	-	2,73	17,5	15,6 %	
ELS-UNST	W	Position	Ratio	-	-	$v_{inst}$	$v_{inst,lim}$	Taux	
		Travée	L/300	-	-	0,02	17,5	0,1 %	
ELS-UFIN	G+W	Position	Ratio	$w_{cf}$	$w_{creep}$	$w_{net,fin}$	$w_{net,fin,lim}$	Taux	
		Travée	L/200	0	0,16	3,15	26,25	12 %	
ELS-UFIN	G+S	Position	Ratio	$v_{cf}$	$v_{creep}$	$v_{net,fin}$	$v_{net,fin,lim}$	Taux	
		Travée	L/200	0	0,02	0,07	26,25	0,3 %	

Déplacement



Déplacements=6,64mm

Déplacement de 10 mm au soulèvement



Déplacements=23.65mm

Déplacement poids propre, neige et vent en compression, 21 mm.

### **Le plancher**

Le plancher sera constitué d'un contre-plaqué en 24 mm. L'entraxe retenu sera de 1,80 m avec des pieds supplémentaires dans les zones fortement chargées (gradins, scène).  
Le réglage des pieds (hauteur ajustable de 0,9 à 1,5 m + réglage fin au moyen de vérins) permet de s'adapter à tout type de terrain ayant un dénivelé moyen.

## Les ferrures

La conception du bâtiment nous donne à concevoir des ferrures. Dans cette partie on s'attachera à calculer et réaliser ces ferrures. Les ferrures de pied et de faitage seront calculées et dessinées, les ferrures de type charnière seront seulement dessinées.

### Ferrure de type charnière :

Entre les panneaux, on utilisera une ferrure de type charnière longue (dite "piano").



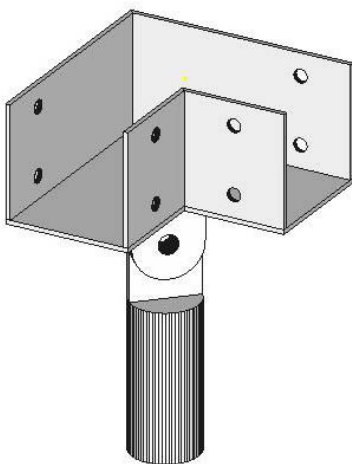
### Ferrure de pied et de faitage

Conçue afin de permettre le montage et le démontage de la structure et assurer le verrouillage de l'angle du pied qui implique une force sur les ferrures. Pour cette raison, il a été décidé d'augmenter l'épaisseur de certains éléments jugés critique et d'augmenter le diamètre des organes métalliques.

De plus, nous placerons sur les portiques des pièces métalliques de même type que les ferrures de fermettes afin de faciliter la mise en place des portiques dans les ferrures et également éviter l'usure des portiques.

### Ferrure de pied

La ferrure de pied doit être rotulée afin de pouvoir lever et descendre sans difficultés les demi portiques. Les calculs ont été réalisés avec une charge de neige, de vent et le poids propre.



#### Effort à reprendre

Effort de compression  $N = 3\ 000\ \text{N}$

Effort de soulèvement  $S = 8\ 000\ \text{N}$

#### Caractérisation des matériaux

Selon la norme EN 10025, la ferrure est en acier S253 et aura donc les caractéristiques suivant :

Limite élastique  $f_y = 235\ \text{Mpa}$

Limite ultime de l'acier  $f_u = 360\ \text{Mpa}$

Concernant les organes, diamètre 12 mm :

La classe de qualité est du 4.6 soit  $f_{y,b} = 240\ \text{Mpa}$  et  $f_{u,b} = 400\ \text{Mpa}$

On choisit de faire le calcul avec 1 organe d'encrages. L'effort de soulèvement étant de 7 000 N.

La formule à utiliser est la suivant :

On obtient une équation du 2nd degré :  $7000 + 212,93 \varphi - 58,3 \varphi^2 = 0$

Il en ressort un diamètre des chevilles de 6mm. On mettra un diamètre 16mm afin de prévoir les efforts de montage et de démontage.

#### Epaisseur de la platine

L'épaisseur est choisie à 4mm. L'épaisseur sera doublée au niveau de la rotule pour le montage et le démontage.

#### E spacements et pinces minimales

Les pinces minimums à mettre en œuvre pour un diamètre M12.

$$d_0 = 1 + (1 \text{ à } 3 \text{ mm}) = 13 \text{ mm}$$

$$e_2 \geq 1,5 \times d_0 = 19,5 \text{ mm}$$

$$p_1 \geq 14t \text{ et } \leq 200 \text{ mm} = 56 \text{ mm}$$

$$e_1 = 1,2 \times d_0 = 15,6 \text{ mm}$$

#### Effort repris par les boulons

Notre effort de compression est de 3000N.

Pour un diamètre M06, il en ressort  $F_v, R_d \geq 3\,840\text{N}$ , les organes peuvent reprendre  $3840 \times 2$ . Sachant que l'on double le diamètre de nos organes métalliques l'effort est repris.

#### **Ferrure de faitage**

##### Effort à reprendre

Effort de compression  $N = 10\,000 \text{ N}$

Effort de soulèvement  $S = 10\,000 \text{ N}$

##### Caractéristiques des matériaux

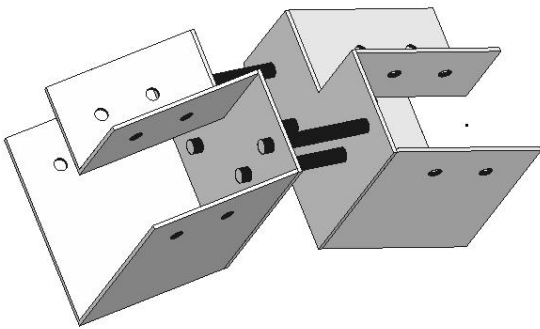
Selon la norme EN 10025, la ferrure est en acier S253 et aura donc les caractéristiques suivantes :

Limite élastique  $f_y = 235 \text{ Mpa}$

Limite ultime de l'acier  $f_u = 360 \text{ Mpa}$

Concernant les organes, diamètre 6 mm :

La classe de qualité est du 4.6 soit  $f_{y,b} = 240 \text{ Mpa}$  et  $f_{u,b} = 400 \text{ Mpa}$



##### Arrachement

L'effort de soulèvement étant de 10 000 N, 4 organes sont placés et on obtient 2500N.

Le diamètre minimum est donc de 12 mm, soit 4 broches de 12 mm.

##### Epaisseur de la platine

L'épaisseur de la platine est estimée à 3 mm.

##### E spacements et pinces minimales

L'espace minimal des pinces est identique à la ferrure précédente.

##### L'effort par organe

Notre effort est de  $10\,000/4$ . Etant donné que  $F_v, R_d \geq 3\,840\text{N}$ , la ferrure est vérifiée.

## Poids et prix de l'ouvrage

L'enveloppe définie par l'association Scène et Territoire est de 200 000€ HT. Une étude de notre projet nous donne le tableau suivant :

	Prix en € HT	Poids en kg	Volume en m <sup>3</sup>
Remorque(s)	35000		0
Platelage	20265	2984	12,9
Demi-portiques	39659	6046	14,6
Poutre de faitage	1580	227	0,5
Panneau couverture	17286	1447	7,9
Panneau contreventement mural	5520	608	5,0
Panneau translucide mural	5506	183	0,9
Façade entrée du public	4002	345	0,4
Fronton côté coulisses	1231	45	0,5
Grill	12365	551	0,8
Scène	3645	1302	4,0
Accueil + régie + ossature gradins	5458	925	4,4
Gradin pliable	26421	3485	8,7
<b>Total</b>	<b>177937</b>	<b>18146</b>	<b>61</b>

Sachant que le poids total en charge d'un camion à 2 essieux est de 19T et de 26T en 3 essieux, le tout peut tenir dans un 2 essieux.

Le temps de montage a été évalué pour une personne, sachant que le montage réel n'est réalisable que par 3 personnes au minimum. Le tableau estimatif donne les temps suivants :

	Nombre	Temps en minutes	
Remorque(s)			
Platelage	133	10	1330
Demi-portiques	10	90	900
Poutre de faitage	20	20	400
Panneau triangle	40	10	400
Façade entrée du public			150
Fronton côté coulisses			60
Grill			60
Scène			45
Accueil + régie			60
Gradin pliable			90
<b>Total en minutes</b>			<b>3495</b>
<b>Total en heure</b>	<b>58</b>		

<b>Total en heure à 4</b>	<b>15</b>
<b>Total en heure à 6</b>	<b>10</b>

A 4 personnes, il faudra donc une journée et demie pour effectuer le montage, à 6, il peut être effectué en une seule journée.