



HAL
open science

Le Stand Démontable

Pierre Palma, Anne-Sophie Acomat, Aurèle Charlet, Léa Bagny, Gabriel
Gozzo

► **To cite this version:**

Pierre Palma, Anne-Sophie Acomat, Aurèle Charlet, Léa Bagny, Gabriel Gozzo. Le Stand Démontable. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2013. hal-01867525

HAL Id: hal-01867525

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01867525>

Submitted on 4 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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

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.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Palma Pierre / Acomat Anne-Sophie / Charlet Aurèle / Bagny Léa / Gozzo Gabriel

Notice architecturale et technique

Master ABC / Projet Module ERDF



Année 2012 / 2013

SOMMAIRE

1. Notice Architecturale	1
2. Notice Technique	8
2.1.Détails structurels d'un module	10
2.1.1. Fabrication des modules	10
2.1.2. Détails des éléments constructifs	12
2.1.3. Montage et transport du stand	16
2.2.Dimensionnement	19
2.2.1. Vérification de la ferrure métallique et des boulons	19
2.2.2. Etude de vent	22
2.2.3. PFS structure	30
2.2.4. PFS structure	30
2.3.Etude du poids du module	35
2.4.Etude du prix du module.....	36
3. Annexes.....	37
3.1.Cas de vent 1	37
3.2.Cas de vent 2	39
3.3.Assemblage des pieds des modules	41
3.4.Assemblages au niveau de l'angle des modules	42
3.5.Plans d'exécutions	43

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Perspective d'ambiance.....	2
Figure 2 : Plan masse	4
Figure 3 : Plan masse et combinaisons.....	5
Figure 4 : Perspective extérieure.....	6
Figure 5 : Partie plancher avant et après la pose de l'OSB.....	11
Figure 6 : Vue de dessous d'un module et détail d'un pied	12
Figure 7: Modélisation du pied	12
Figure 8 : Modélisation de l'assemblage des pieds.....	13
Figure 9 : Schéma des cornières.....	13
Figure 10 : Dessins techniques d'une cornière	14
Figure 11 : Détails des goupilles	14
Figure 12 : Dessins techniques des clavettes et goupilles.....	15
Figure 13 : Modélisation des assemblages à l'angle de deux modules.....	15
Figure 14 : Schéma de rangement des modules	17
Figure 15 : Planchers positionnés de niveau	17
Figure 16 : Murs posés et boulonnés	18
Figure 17 : Toitures, goupilles et joints en cours de pose.....	18
Figure 18 : Module monté complètement.....	19
Figure 19 : Etude de la déformée sous l'effet du vent venant sur pignon, des charges d'exploitation et du poids propre	31
Figure 20 : Etude de la déformée sous l'effet du vent venant sur façade, des charges d'exploitation et du poids propre	32
Figure 21 : Modélisation représentant le module	33
Figure 22 : Modélisation représentant les surfaces de charges.....	34
Figure 23 : Poids total.....	35
Figure 24 : Prix total du stand	36

1. NOTICE

ARCHITECTURALE



Figure 1 : Perspective d'ambiance

Dans le cadre de l'appel à projet lancé par l'entreprise ERDF à l'attention des étudiants du Master ABC de l'ENSTIB, nous avons proposé le projet LSD, détaillé par la suite à travers cette notice architecturale et technique. Cette notice s'attarde autant sur les questions du concept que sur l'usage et la mise en œuvre du stand que nous avons imaginé.

L'objet de l'étude est donc bien un stand de petite surface (25m²) où le contexte environnemental et la destination (usages) peuvent varier. Il s'agit d'imaginer un stand aux multiples scénarios d'utilisation et d'emplacement ; tantôt à l'extérieur, tantôt show-room d'exposition, tantôt pavillon d'observation de la faune et de la flore...

Ce stand est majoritairement constitué de bois mais comporte aussi des assemblages facilement montables et démontables.

Par ailleurs, il doit pouvoir abriter des activités aussi variées que possible tout en restant accessible à tous, se maintenir hors d'eau lors des tempêtes Vosgiennes, et être fermé et sécurisé la nuit.

Cette approche multifactorielle pose donc les questions de la modularité, de la mobilité, du démontage et montage du stand et de son stockage pendant les périodes de non-usage.

Cela nous permet d'aborder alors la question des contraintes, essentielle en architecture, contraintes qui façonnent le projet, induisant notre réflexion dans tel ou tel axe de pensée.

Le concept, induit, est bien l'assimilation puis la retranscription architecturale des différentes données évoquées plus haut (besoin, environnement, usage, matériaux ...)

Pour le projet ERDF, notre interprétation des besoins et le concept architectural sous-jacent peuvent être illustrés par l'image de la strate. Effectivement, dans notre imaginaire, la modularité du stand, la variété des usages, la facilité des assemblages, et la richesse des espaces prennent forme à travers le concept de la STRATIFICATION.

Cette stratification des fonctions, des matériaux et des ambiances serait comme des séquences de vie aboutées, pour fabriquer un échantillon transportable.

Naissent alors les principes de show-room d'exposition ou de pavillon d'observation évoqués plus haut, avec la capacité des stands à s'auto-suffire, assumant leurs rôles architecturaux tout autant que leurs fonctions d'espace d'accueil et d'exposition (mobilier, circulation, ambiance lumineuse et accessibilité).

On voit alors concrètement l'image de la Strate géologique, extraite sous forme de carotte des différentes couches terrestres, témoin, de par leur pigmentation et leur matérialité, des conditions climatiques passées. Ici, l'idée est la même si ce n'est que les pigments (la variété des couleurs) sont des choix esthétiques et d'usage et la matérialité une nécessité technique.

La stratification est donc visible autant sur le plan architectural que fonctionnel. Nous l'aborderons plus tard sur le plan technique.

Sur un plan purement architectural, le concept est poussé à fond ; il faut que la strate se distingue en tant que telle. C'est la raison pour laquelle chaque strate composant le stand, appelée module, accuse d'une matérialité (essence du bois) et de dimensions différentes.

Le choix d'une forme // LA STRATE



Strate //

Du latin stratum (« couverture de lit, couverture » ; « couche, lit, natte, matelas »), au pluriel strata (« pavage, pavé »), dérivé de sternere (« étendre, étaler »).

(Géologie) Couche homogène d'une roche sédimentaire dont l'épaisseur peut varier de quelques centimètres à quelques centaines de mètres.

Lecture du projet // PLAN MASSE

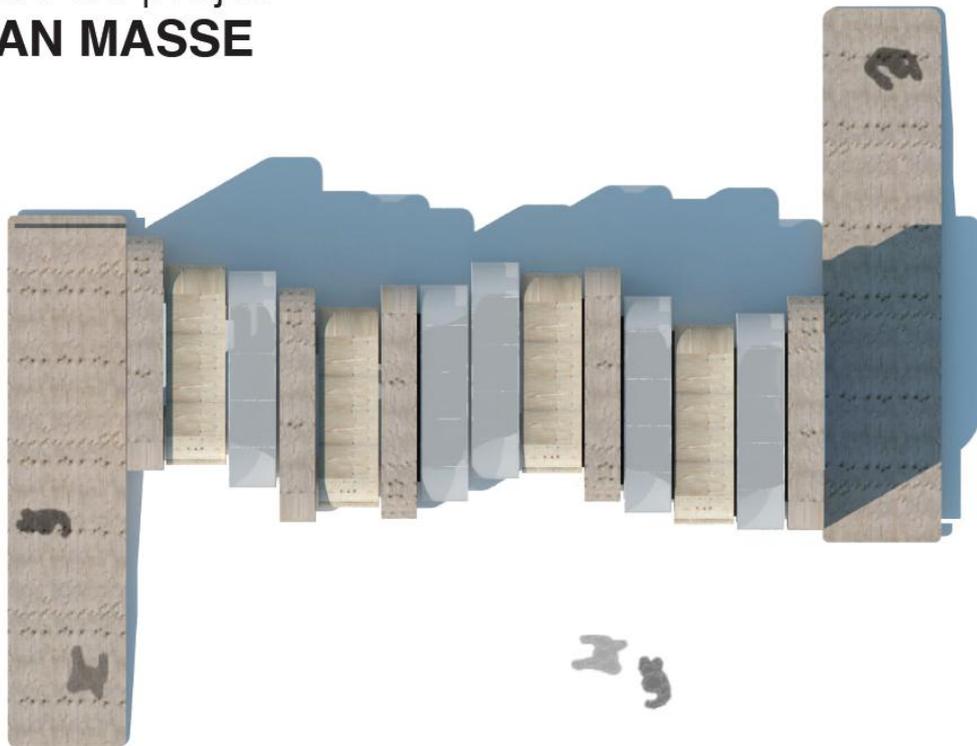


Figure 2 : Plan masse

Trois modules distincts composent la stratification du stand ; un module mobilier, un module exposition et un module lumière. Chaque module a donc une épaisseur, une hauteur et une longueur différentes et si les modules mobiliers et expositions sont entièrement réalisés en bois, le module lumière, lui, est recouvert de polycarbonate.

En composant le stand de manière aléatoire (ce qui est tout à fait possible) à partir des modules mis à disposition, on obtient autant de combinaisons qu'il n'y a d'idées. Si l'on veut pousser la réflexion plus loin, sachant qu'un stand de 25m² se compose de 13 modules, il y a 6 227 020 800 possibilités de combinaisons possibles.

Modularité // COMBINAISON

Combinaison de 76 caissons
Surface > 190 m²

> Combinaison de caissons pouvant s'installer dans un jardin public et accueillir différents scénarios nécessitant des relations entre eux.

> Ce type de combinaison permet plusieurs accès et peut donc s'adapter à la morphologie de l'espace qu'il occupe (arbres, accès spécifiques...)

> Module global

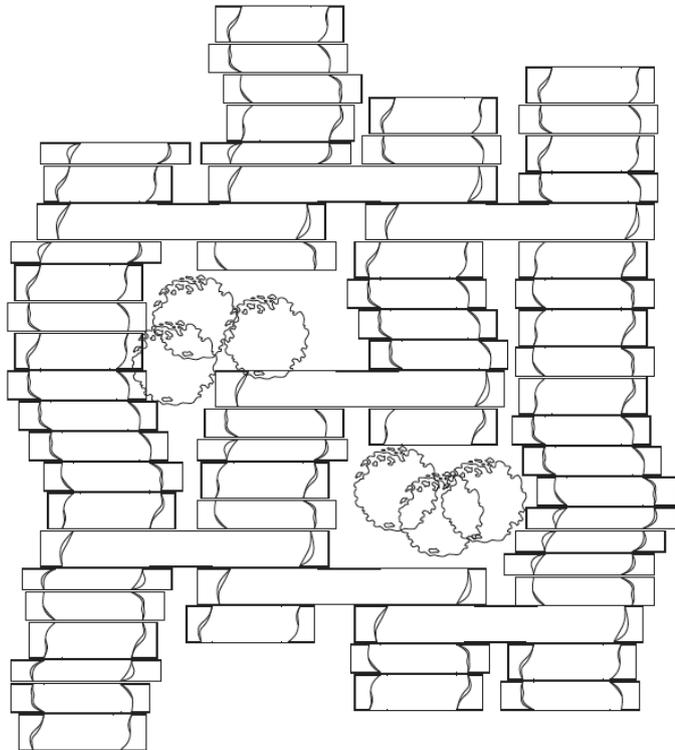


Figure 3 : Plan masse et combinaisons

La modularité proposée pour le stand de 25m² s'accroît dès lors que l'on passe à des surfaces plus généreuses et qui permettent de configurer le stand pour de multiples usages.

Ces configurations, au développement rhizomique, s'installent dans tous les cas de figure, enlaçant les arbres environnants, contournant les édifices et les obstacles, fabricant par la même occasion des sous espaces –sortes de patios ombragés.

Mais la modularité n'est pas tant une histoire de disposition en plan, elle se retrouve également à travers les ambiances et les usages.

La strate offre donc, à notre humble avis, une multitude de projets tous différents, répondant aux usages, besoins et envies des personnes installant le stand.

Nul besoin de réfléchir au moment du montage car toutes les pièces peuvent s'assembler les unes avec les autres selon que l'on veuille plus de lumière dans un des espaces du stand ou plus d'espaces d'exposition.

Cette approche est intéressante car elle permet une grande liberté d'expression autant dans le rendu esthétique de l'assemblage que dans l'usage du stand.

- Effectivement, on peut imaginer qu'une activité ait besoin de modules pour s'asseoir autour d'un atelier créatif et de lumière pour travailler en toute clarté. Il suffit alors d'alterner les modules lumière et mobilier puis de finir avec des modules d'exposition qui seront très utiles quand viendra le temps du vernissage.
- Par ailleurs, l'assemblage peut se faire d'un point de vue purement esthétique. On peut donc jouer sur le rendu extérieur final du stand en répétant la même combinaison de module lumière, mobilier et exposition et ainsi jouer avec les variétés de lumière. De jour, on retrouve l'effet « puits de lumière » comme dans les cathédrales. De nuit, le stand devient alors un lampion où le jeu des vides et des pleins pourrait captiver les perruches les moins attentives.

Lecture du projet // ARCHITECTURE



Figure 4 : Perspective extérieure

De notre point de vue, le stand répond aux attentes de l'entreprise ERDF sur les points suivants :

- Il est très modulable et s'autorise, malgré une tendance à former un tube, à sortir de cette image très restrictive en proposant davantage une promenade architecturale avec ses variétés de lumière et de textures, qu'une simple galerie rectiligne.

Le concept de strate porte l'idée que le bois peut être perçu comme une masse, masse qui, à l'image de la roche peut être creusée pour former des rivières souterraines. Cette succession de strates évoque alors une intériorité très organique, en rupture avec la convention qui voudrait que le bois ne soit usiné qu'en poteaux et en poutres !

- Il est surprenant, offrant des variétés d'ambiances en passant de l'ombre à la clarté, dévoilant sa composition interne, racontant comment cette masse extérieure peut se révéler si légère quand on appréhende les volumes intérieurs.
- Il est unique. Chaque stand pourra être pensé différemment, en ajoutant plus ou moins de modules. On pourra effectivement trouver des stands de 3 modules ou de 100, cela produisant des formes variables.
- Il est manutentionable. Chaque module est divisé en 4 parties (plancher + deux murs + toit) qui peuvent être déplacées par deux personnes.

Nous avons identifié malgré tout quelques défauts :

- Il est difficilement entreposable et prend beaucoup de place. Il faut plusieurs camions pour l'acheminer. C'est la raison pour laquelle il ne faut pas le démonter, et comme il est beau, cela ne devrait pas poser de problème.

2. NOTICE TECHNIQUE

Cette notice technique visera à définir de manière technique et précise les réflexions, moyens de mise en œuvre, concept structurel et dimensionnement de notre stand.

Notre stand étant constitué des 3 modules différents, nous avons pris le parti d'étudier le stand le plus défavorable selon le cas d'étude et d'utiliser les résultats de ce stand pour les deux autres. Nous allons ainsi dans le sens de la sécurité pour tous nos modules.

Dans cette notice technique, nous allons développer les points suivants :

- Détails structurels de nos modules, dans cette partie se trouve tous les aspects référents à notre modularité, à nos choix de matériaux ou de solutions techniques sur des points précis (fermeture du module, pieds du module...)
- Transport, montage et démontage de nos modules
- Éléments métalliques, cette partie vise à dimensionner et vérifier notre ferrure métallique et le bon fonctionnement avec l'attache bois.
- Etude de vent, l'étude de vent est une étude primordiale dans l'étude des charges s'appliquant à notre structure, nous verrons comment s'applique le vent et comment celui-ci est pris en compte dans nos calculs
- Dimensionnement et vérification globale de la structure, cette étude consiste à valider le modèle géométrique proposé par le calcul de nos éléments
- Etude du poids et du prix de nos modules

2.1. Détails structurels d'un module

Cette partie s'attache à indiquer de manière structurelle le fonctionnement des modules.

2.1.1. Fabrication des modules

Chaque module est composé de quatre parties démontables : le plancher, les deux murs et la toiture. Les trois éléments structurels sont les bandeaux extérieurs, les nervures internes et l'enveloppe dans le cas d'utilisation de contreplaqué. Les étapes de fabrication d'un module sont les suivantes :

2.1.1.1. Usinage et collage des bandeaux

Pour obtenir l'épaisseur finale de 20 mm, quatre contreplaqués Okoumé extérieurs CTBX de 5 mm sont collés ensemble à l'aide de colle structurelle résistante à l'humidité type MUF ou PU. L'utilisation de contreplaqué de 5mm permet d'optimiser les découpes. En effet, les bandeaux comprendront deux ou trois morceaux de CP de 5 mm suivant la longueur des bandeaux, au lieu d'un seul morceau de 20mm qui, du fait des angles du module augmentera les chutes de bois. Les joints entre contreplaqués sont croisés pour améliorer la résistance. Une pré-découpe avec des dimensions plus importantes que celles finales est effectuée. Ceci dans le but d'avoir un collage et une découpe parfaite. Après le collage, le bandeau est usiné aux dimensions finies. Les trous pour les clavettes et pour les écrous sont usinés ainsi que les rainures accueillant les strates.

2.1.1.2. Usinage des strates internes et découpe des planchers

Les nervures sont découpées dans du contreplaqué Okoumé extérieurs CTBX de 5 mm. Certaines seront pleines et d'autre seront coupées en deux pour former des croix de contreventement. Elles sont insérées dans les bandeaux qui ont été préalablement usinés pour les recevoir. Les planchers sont usinés dans des panneaux d'OSB de 22mm. Ils seront en deux ou trois partie suivant la longueur totale du module. Ils sont percés de telle manière à faciliter leur préhension. Ils sont posés directement sur les nervures et arrivent à la même hauteur que les bandeaux.



Figure 5 : Partie plancher avant et après la pose de l'OSB

2.1.1.3. Collage des strates et des bandeaux

Les bandeaux et les strates sont assemblés à l'aide de colle extérieure structurelle. Les pieds métalliques sont fixés à ce moment sur un morceau de bois massif qui est collé et vissé entre deux strates du plancher.

2.1.1.4. Mise en place de l'enveloppe

Si l'enveloppe est en contreplaqué de 5mm, celui-ci sera collé sur le bord des bandeaux. Le contreplaqué épousera la forme arrondi des angles. Une cornière métallique collée viendra parfaire la jonction entre le bandeau et l'enveloppe. Du polycarbonate peut être mis en place. Celui-ci sera alors mis dans des glissières collées vissées sur les bords des bandeaux.

2.1.1.5. Applications des finitions extérieures et mise en place des bandes d'étanchéités

Une finition de type vernis extérieur est appliquée sur les bandeaux et l'enveloppe pour les protéger des intempéries. Le long des ouvertures, des bandes en caoutchouc sont mises en place pour améliorer l'étanchéité entre deux modules (en plus du système de chambre à air).

2.1.2. Détails des éléments constructifs

2.1.2.1. Pieds du module

Notre volonté pour ce projet a été la modularité du stand, aussi bien dans l'idée générale que dans l'implantation de nos modules. C'est pourquoi nous avons pensé pouvoir « poser » nos modules sur n'importe quel type de terrain et de sol. Pour ce faire nous avons décidé d'utiliser quatre pieds réglables. Ces pieds seront intégrés dans la partie plancher du module. Insérés entre deux nervures et renforcé par des morceaux de bois massif, ces pieds seront composés d'un bâti métallique qui fera la jonction entre le module et notre vis sans fin. Cette vis sans fin aura une hauteur de 35 cm qui permettra un réglage simple de chaque pied indépendamment des autres. Grâce à ce système, nous bénéficierons donc d'une hauteur de réglage en hauteur de 35 cm du module, cela nous permet de pouvoir installer notre stand sur une pente allant jusqu'à 5%.



Figure 6 : Vue de dessous d'un module et détail d'un pied



Figure 7: Modélisation du pied

Ils sont fixés sur un bois massif collé vissé entre deux strates. Ces pieds permettent de régler au mieux l'horizontalité d'un module. Ils sont accessibles par le dessus du plancher. Les pieds possédant un grand débattement allant de 2 cm par rapport au sol jusqu'à 35 cm, cela permet de s'ajuster au mieux au terrain.

2.1.2.2. Assemblage des pieds

Chacun des quatre pieds est fixé à deux « supports de pieds » en bois massif de section 40*85 mm, par des boulons acier S235 de 10mm de diamètre. Ces supports sont eux-mêmes fixés à deux nervures parallèles par des boulons acier S235 de 12mm de diamètre. Les nervures sont fixées aux bandeaux par rainurage et collage. La figure 3 et l'annexe I montrent cet assemblage.

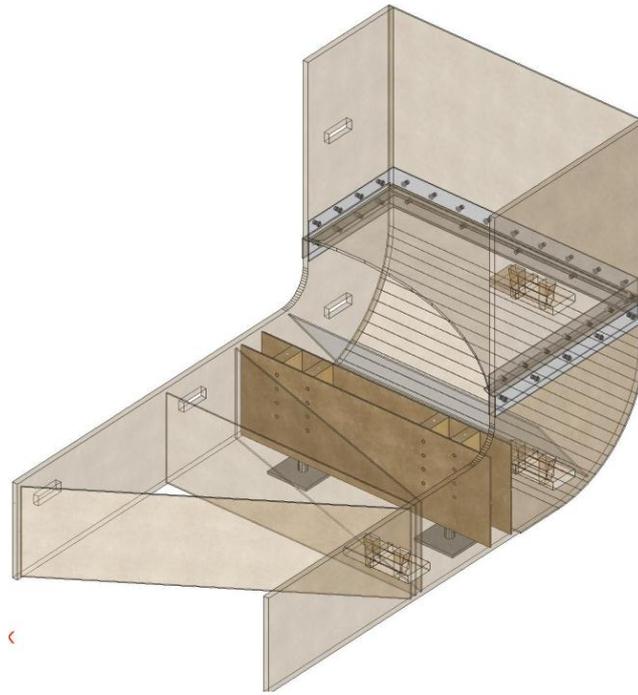


Figure 8 : Modélisation de l'assemblage des pieds

2.1.2.3. Ferrures

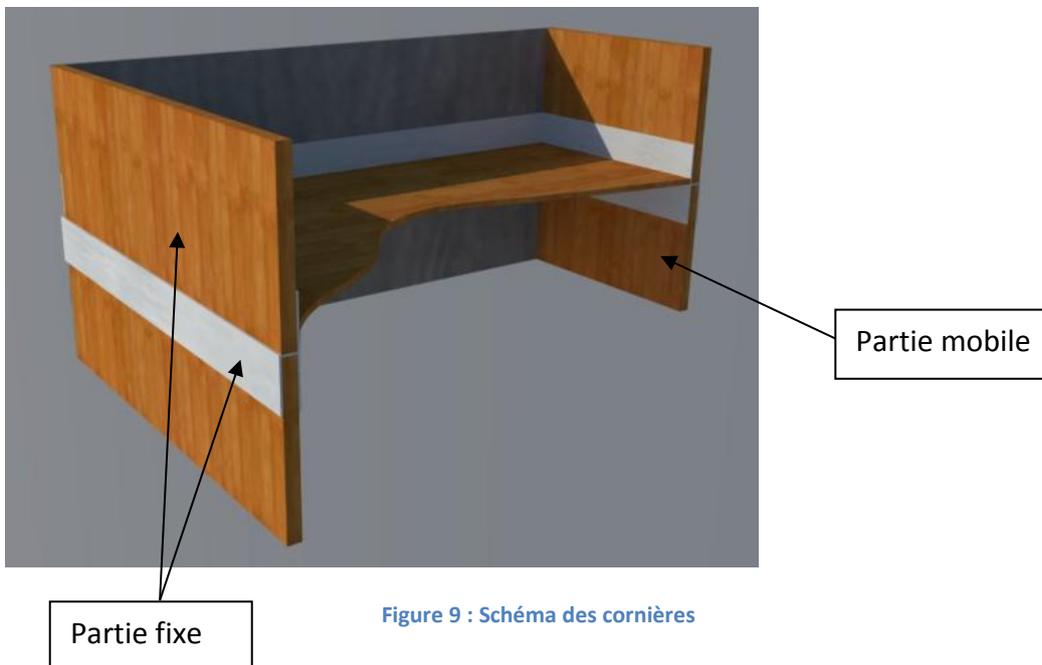


Figure 9 : Schéma des cornières

Pour fixer les quatre parties d'un module, nous avons opté pour la mise en place de cornières métalliques. Ce choix a été pris pour faciliter le montage et pour protéger le bois des bandeaux d'usures prématurées. Ces cornières sont fixées à l'aide de boulons de 12mm. Elle est fixe sur une partie du module et démontable sur la seconde partie.

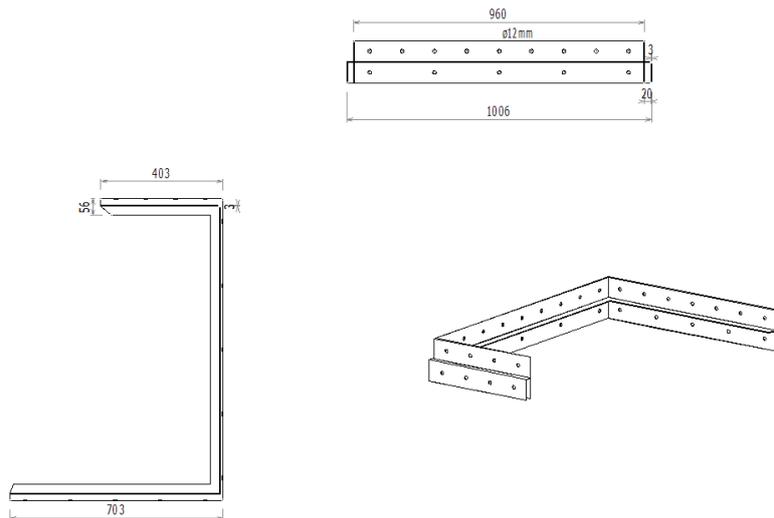


Figure 10 : Dessins techniques d'une cornière

2.1.2.4. Assemblage des modules par clavettes

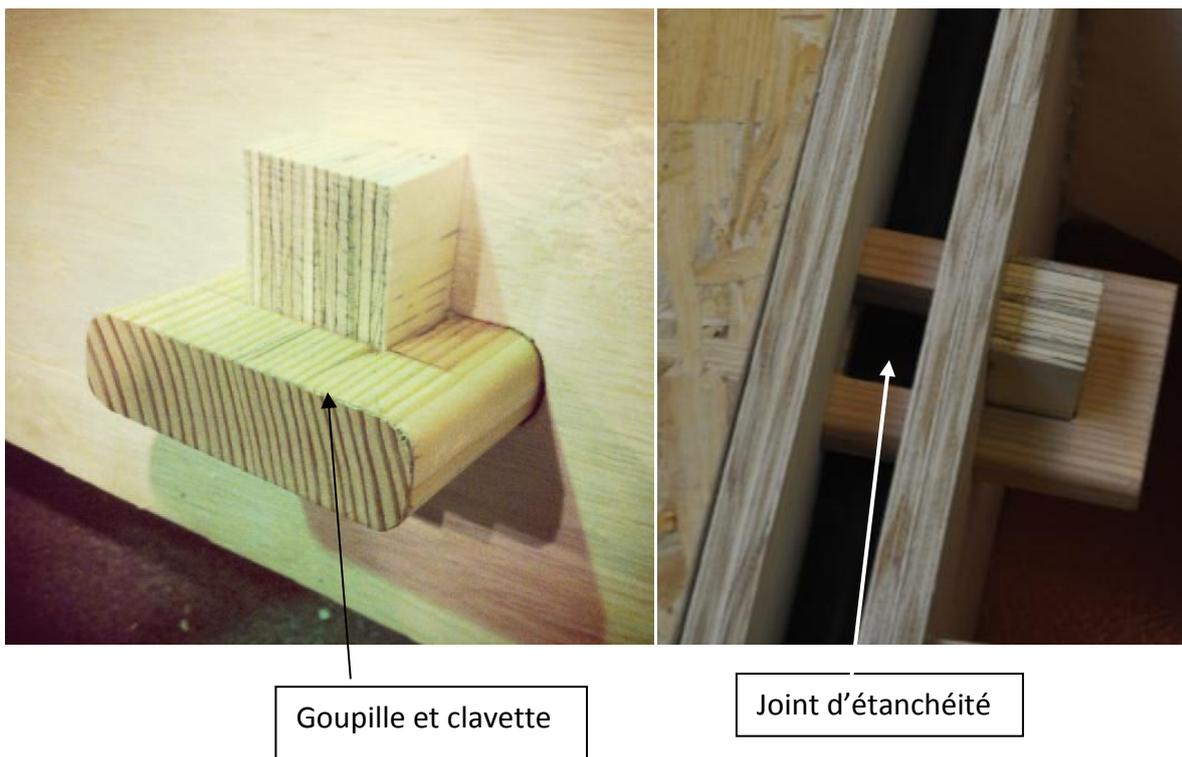


Figure 11 : Détails des goupilles

Les modules sont montés séparément. Cependant, ils sont tous reliés par un ensemble de clavettes mises en place le long des ouvertures. Les clavettes et les goupilles sont en bois massif. Ce sont des pièces d'usures qui peuvent se changer très facilement.

Les clavettes sont mises réellement en tension lorsque le joint d'étanchéité est gonflé. Les trous des clavettes permettent de positionner précisément l'entrée des modules les unes en

face des autres. Lorsque toutes les clavettes sont mises en place et les joints d'étanchéité gonflés, le module travaille mécaniquement comme un seule partie.

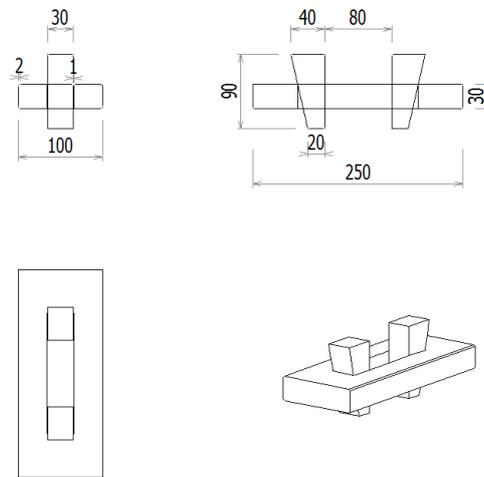


Figure 12 : Dessins techniques des clavettes et goupilles

2.1.2.5. Angle du module

L'angle du module est une partie intéressante car elle regroupe les assemblages complexes du module (voir Annexe II). La ferrure acier 3 mm relie le plancher aux murs et les murs au toit. La ferrure est assemblée avec les bandeaux et l'enveloppe par des boulons acier S235 de 12mm de diamètre. Sur chaque ferrure se trouve une nervure horizontale. Deux modules sont attachés ensemble par des clavettes en bois massif. Celles-ci servent également à maintenir le joint d'étanchéité gonflable. La figure 4 est une modélisation de deux « moitiés d'angle ».

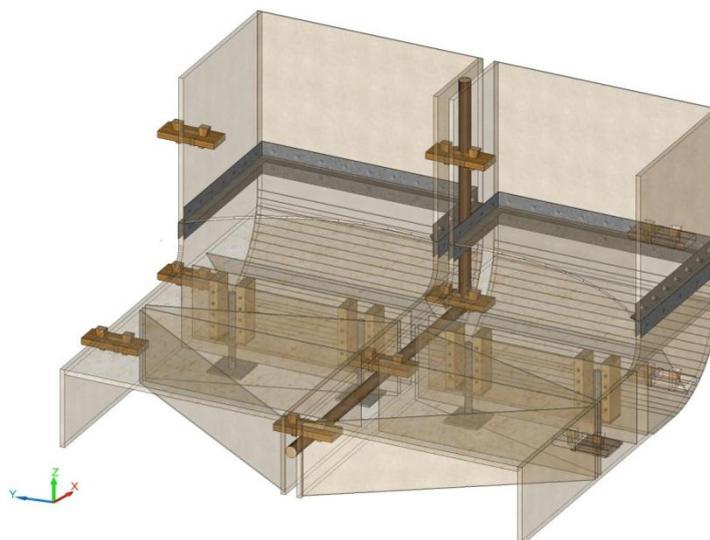


Figure 13 : Modélisation des assemblages à l'angle de deux modules

2.1.2.6. Choix des matériaux

Pour le choix des matériaux, nous avons vite été restreints par les demandes en termes de poids, de résistance mécanique mais aussi de résistance à l'eau. Pour optimiser au maximum notre structure, nous avons opté pour l'usage du contreplaqué. Ce matériau permet une grande résistance, une résistance à l'humidité et à l'eau, et nous permet avec des sections faibles de reprendre toutes nos charges.

Notre volonté dans ce stand était d'obtenir une structure porteuse assurée uniquement par les nervures et le bandeau. C'est pourquoi nous avons choisi un contreplaqué de 20mm d'épaisseur pour ces éléments. L'enveloppe sera quant à elle composée de contreplaqué de 5mm d'épaisseur, de toile ou pourra être laissée libre selon les choix du client.

Pour la jonction plancher/mur et mur/toiture nous avons opté pour l'utilisation d'une ferrure métallique. Tous d'abord pour nous assurer une bonne transmission de nos efforts dans ces éléments par la création d'un élément global solide et encastré, mais également pour des questions de manutention et de transport : craignant une altération, voire des casses sur ces parties faibles en bois (au niveau des extrémités des murs) nous avons renforcé ces parties par la protection qu'offre la ferrure métallique.

2.1.2.7. Traitement de l'étanchéité entre les modules

Nous avons voulu que le stand soit complètement étanche au niveau des jonctions entre les modules. Pour cela, nous avons opté pour une solution innovante qui utilise un joint gonflable. Ce joint est mis en place en même temps que les clavettes. Il est soutenu avant gonflage par celles-ci. La chambre à air serait du même type que les tuyaux de lance à incendie pour avoir une rigidité suffisante. L'étanchéité est améliorée grâce à la pose d'une bande étanche tout le long des ouvertures. Il faut prévoir un compresseur pour l'ensemble des joints.

2.1.2.8. Fermeture des modules

Pour fermer le stand, une solution de toile avec fermeture éclair a été retenue. Un module particulier est utilisé pour cette fonction. En effet, le bandeau est spécialement rainuré tout le long des ouvertures de telle manière à recevoir la partie du tissu avec la fermeture éclair. L'ensemble est fermé à l'aide d'un cadenas lorsque les deux navettes se rejoignent.

2.1.3. Montage et transport du stand

2.1.3.1. Transport

Pour avoir un stand de 25m², il faut mettre en place 13 modules. Pour le transport, les modules sont rangés de la manière suivante : les sols et les toitures sont emboîtés les uns dans

les autres grâce aux cornières métalliques, les murs sont rangés à part. Les murs peuvent ensuite se glisser dans l'espace restant entre plancher et toiture.

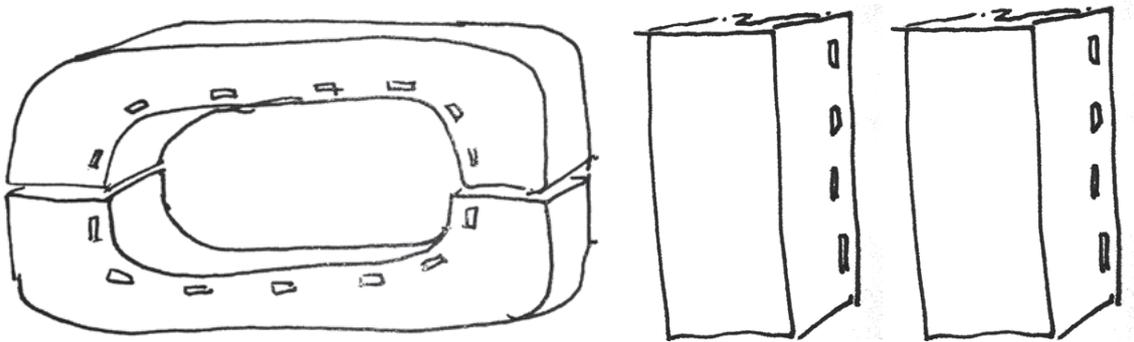


Figure 14 : Schéma de rangement des modules

Des fourgons avec hayons de 22m^3 sont utilisés pour amener les modules sur la zone de montage. Les trois modules rangés ont des volumes de 7, 6 et $4,3\text{ m}^3$. Pour l'ensemble des modules, il faut alors quatre camions pour le transport. La charge maximale de 950kg par camion n'est pas dépassée.

2.1.3.2. Montage

2.1.3.2.1. Les planchers

En premier lieu, il faut installer tous les planchers sur un même niveau et les positionner correctement par rapport aux trous des clavettes. C'est la partie la plus délicate du montage.



Figure 15 : Planchers positionnés de niveau

2.1.3.2.2. Les murs

Les murs sont ensuite posés sur tous les planchers puis boulonnés.

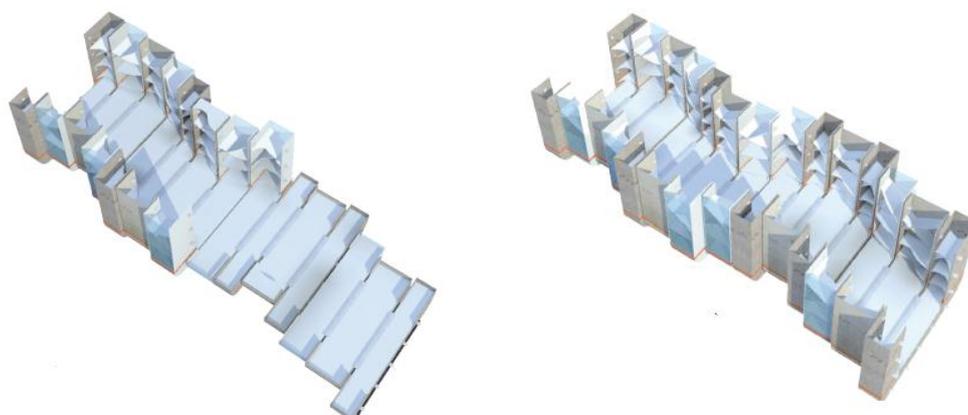


Figure 16 : Murs posés et boulonnés

2.1.3.2.3. Les toitures et les joints

Toutes les toitures peuvent être alors posées sur les murs puis boulonnées. A la fin de cette étape, les goupilles sont mises en place en même temps que les chambres à air. La forme des joints prendra celle des ouvertures car ceux-ci reposent sur les goupilles avant leur gonflage.

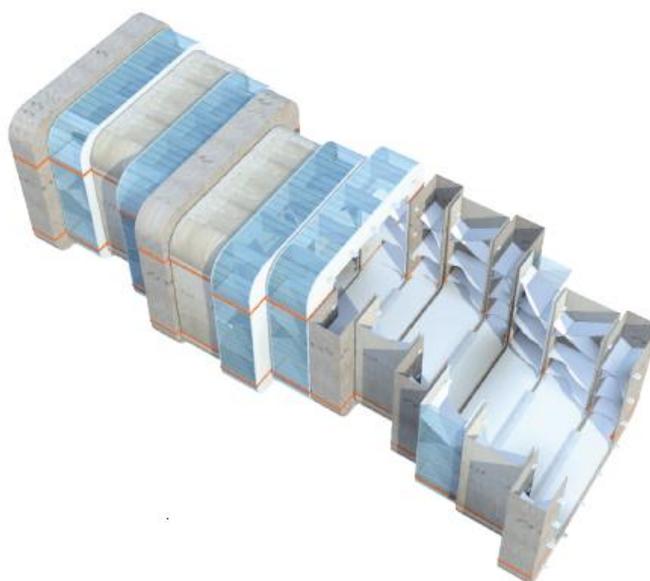


Figure 17 : Toitures, goupilles et joints en cours de pose.

2.1.3.2.4. Les rampes d'accès

La dernière étape consiste à ajouter des rampes aux deux extrémités. Elles ont une pente de 3% pour l'accès handicapé.

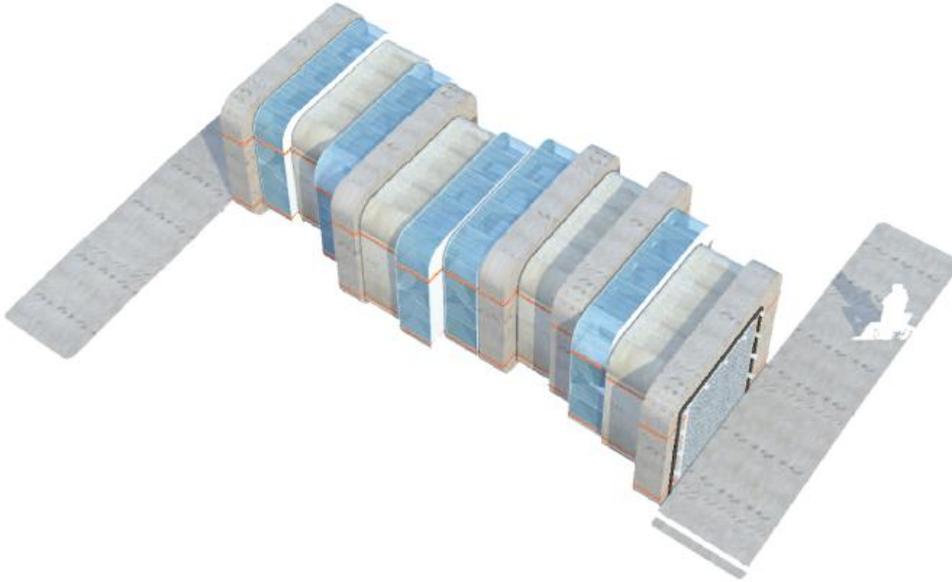


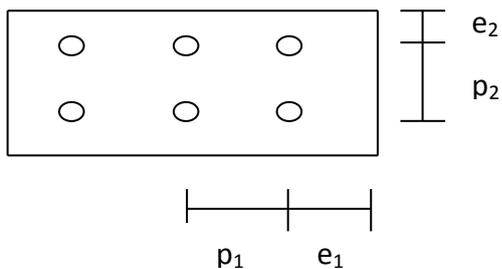
Figure 18 : Module monté complètement

2.2. Dimensionnement

2.2.1. Vérification de la ferrure métallique et des boulons

2.2.1.1. Généralités

Il est nécessaire de veiller à ce qu'un certain nombre de vérifications définies dans l'Eurocode 3 (calcul des structures en acier) assure le bon fonctionnement et la non-ruine de notre ferrure métallique.



Il convient que :

- $p_1 > 2,2d_0$
- $p_2 > 2,4d_0$
- $e_1 > 1,2d_0$
- $e_2 > 1,5d_0$
- Pour des éléments soumis à des intempéries : $e_1, e_2 < 40\text{mm} + 4t$

d_0 étant le diamètre du trou

t étant l'épaisseur de la pièce métallique

2.2.1.2. Boulons

Dans l'étude de notre module, nous calculerons nos boulons avec une classe A (travaillant à la pression diamétrale). Nous n'utiliserons pas de précontrainte ni de serrage contrôlé pour nos boulons.

Nous prendrons des boulons de classe 6.8

Pour choisir nos boulons et les dimensionner, nous devons vérifier que l'effort de cisaillement de calcul par boulon à l'ELU est inférieur à la résistance de calcul au cisaillement par boulon. Il faut faire de même avec la pression diamétrale.

2.2.1.2.1. Choix des boulons

Epaisseur du profilé métallique : 5mm

On prendra donc des boulons de diamètre 12mm M12 de classe 6.8

2.2.1.2.2. Nombre de boulons

Au cisaillement double :

Il faut vérifier que $\frac{F}{2N} \leq FvRd$

$$\text{Avec } FvRd = \frac{0,6 f_{UB}.A_s}{\gamma_{Mb}}$$

$$\text{Donc } n \geq \frac{F.\gamma_{Mb}}{2*0,6 f_{UB}.A_s}$$

$$F = 200 \text{ daN}$$

$$\gamma_{Mb} = 1,25$$

$$f_{UB} = \frac{600N}{mm^2}$$

$$A_s = 84,3 \text{ mm}^2$$

On obtient finalement $n \geq 4,12$

On prendra donc 5 boulons.

Au cisaillement simple :

De même manière : $\frac{F}{N} \leq FvRd$

Soit $n \geq 8,24$ donc 9 boulons.

2.2.1.2.3. Vérification pression diamétrale

Il faut vérifier que $F \leq F_{b,Rd}$

$$\text{Avec } F_{b,Rd} = \frac{2,5 \alpha \cdot f_{ub} \cdot d \cdot t}{\gamma_{Mb}}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \min \left[\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{P_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; \text{ou } 1,0 \right] \\ &= \min [0,8 ; 0,55 ; 1,22 ; 1,0] \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\text{Donc } F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,55 \cdot 410 \cdot 0,12 \cdot 0,005}{1,25}$$

$$= 2,706 \text{ kN}$$

Nous avons bien $F \leq F_{b,Rd}$ ($2 < 2,706$)

2.2.1.2.4. Vérification traction des boulons

Il faut vérifier que $F \leq F_{t,Rd}$

$$\text{Avec } F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}}$$

$$= 36,42 \text{ kN}$$

Nous avons bien $F \leq F_{t,Rd}$ ($2 < 36,42$)

2.2.1.2.5. Vérification cisaillement et traction combinés

Il faut vérifier que $\frac{F_v \cdot S_d}{F_v \cdot R_d} + \frac{F_t \cdot S_d}{1,4 \cdot F_t \cdot R_d} \leq 1,0$

$$\frac{2000}{24278,4} + \frac{3000}{1,4 \cdot 36419} = 0,14$$

Nous avons bien $\frac{F_v \cdot S_d}{F_v \cdot R_d} + \frac{F_t \cdot S_d}{1,4 \cdot F_t \cdot R_d} = 0,14 \leq 1,0$

2.2.1.3. Vérification de la ferrure

Pour la ferrure, nous l'avons pré-dimensionné en fonction de nos éléments bois et il nous a juste fallu vérifier la ferrure par la suite.

2.2.1.3.1. Vérification arrachement pièces

Il faut vérifier que $V_{eff} \geq F_m$

$$\text{Avec } V_{eff,Rd} = \frac{A_{veff} \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{Mo}}$$

$$= \frac{0,492 \cdot (255 \cdot \sqrt{3})}{1,0}$$

$$= 72,43 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = t \cdot L \cdot v_{eff}$$

$$\text{Ou } L \cdot v_{eff} = L_1 + L_2 = L_v \text{ mais } L \cdot v_{eff} < L_3$$

$$L_1 = a_1 = 0,2 \quad L_2 = (a_2 - k \cdot d_0 \cdot t) \cdot (f_u / f_y) \quad L_3 = L_v + a_1 + a_3$$

On a bien $V_{eff} \geq F_m$

2.2.1.3.2. Vérification traction pièces

Il faut vérifier que $F_{sd} \leq F_{t,Rd}$

Avec $F_{t,Rd} = \inf [F_{pl,Rd} ; F_{v,Rd}]$

$$F_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{2,55}{1,0} = 2,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,9 A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 2,93 \text{ kN}$$

On a donc bien $F_{sd} \leq F_{t,Rd}$

2.2.2. Etude de vent

Pour l'étude au vent de notre structure, nous étudierons deux modélisations principales.

La première étant la modélisation d'un seul module devant être auto stable. C'est cette étude au vent qui nous permettra de dimensionner nos éléments (enveloppe, bandeau et nervures) afin qu'un module monté seul puisse résister évidemment à son propre poids, mais également à des actions climatiques (ici le vent).

La deuxième modélisation portera sur l'ensemble des modules formant le stand complet. Les modules étant collés les uns aux autres et fixés entre eux, mécaniquement ils jouent le rôle d'un cube entier et se contreventent entre eux. L'objectif de cette modélisation est de vérifier la stabilité d'ensemble de la structure et d'étudier particulièrement l'effet du vent au soulèvement sur la structure.

2.2.2.1. Modélisation d'un module

Afin de pouvoir dimensionner nos nervures et notre bandeau jouant le rôle de contreventement, il est nécessaire de connaître nos charges s'appliquant sur la structure. Avec l'aide du logiciel Eole (logiciel de calcul de structure au vent) nous modéliserons un module type : $L=3.5\text{m}$; $H=3\text{m}$; $l=1\text{m}$. Nous appliquerons les caractéristiques géographiques (zone de région, type de positionnement urbain...). Une fois ces caractéristiques connues, nous pouvons lancer la simulation et étudier le vent s'appliquant sur la structure.

Une nouvelle fois, nous avons divisé la modélisation en deux parties : l'étude du module entièrement fermé, et l'étude du module. Nous étudierons dans les deux cas le soulèvement de la structure, ainsi que les efforts s'appliquant sur les parois.

2.2.2.1.1. Module entièrement fermé

HYPOTHESES

Environnement - Localisation			
Région :	2		
Catégorie de Terrain :	Rugosité IIIa (- Campagne avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé		
Vitesse de référence du vent :	24.00	m/s	
Bâtiment - Caractéristiques			
Dimensions bâtiment		Caractéristiques Toiture	
Longueur du LongPan :	3.50	m	Toiture Terrasse
Largeur du Pignon :	1.00	m	Angle de la terrasse comprise entre 0° et 5°
Hauteur sablière :	3.00	m	Type de Toiture-Terrasse
Hauteur bâtiment :	3.00	m	Rives avec brisis mansardés Angle brisis (0°)
Bâtiment - Surfaces des Murs/Toitures			
Caractéristiques Parois verticales		Caractéristiques Toiture	
Mur Gauche (LongPan) :	10.50	m ²	Toiture :
Mur Droit (LongPan) :	10.50	m ²	3.50
Mur Haut (Pignon) :	3.00	m ²	m ²
Mur Bas (Pignon) :	3.00	m ²	
Ouvertures - Caractéristiques			
Bâtiment fermé			

RESULTATS

Pressions - Forces de frottement			
Pression de pointe Toiture - Qp :	49.83	daN/m ²	
Abattement applicable sur murs Pignons :	0.85		(Uniquement sur les faces au vent et sous le vent)
Abattement applicable sur murs LongPan :	0.93		(Uniquement sur les faces au vent et sous le vent)
Force de frottement - Ffr :	5.23	daN	
Toiture Plane, Lisse (à savoir acier, béton lisse)			
Forces globales par éléments - Détails			
Murs LongPan			
Pression maximale :	576	daN	(Valeur moyenne : 54.82 daN/m ²)
Dépression maximale :	-423	daN	(Valeur moyenne : -40.29 daN/m ²)
Murs Pignon			
Pression maximale :	162	daN	(Valeur moyenne : 53.87 daN/m ²)
Dépression maximale :	-191	daN	(Valeur moyenne : -63.79 daN/m ²)

Nous obtenons les résultats suivants :

Valeurs de charges correspondant au vent :

Vent sur le long pan

54.82 daN/m² sur le pignon (vers l'intérieur du module)

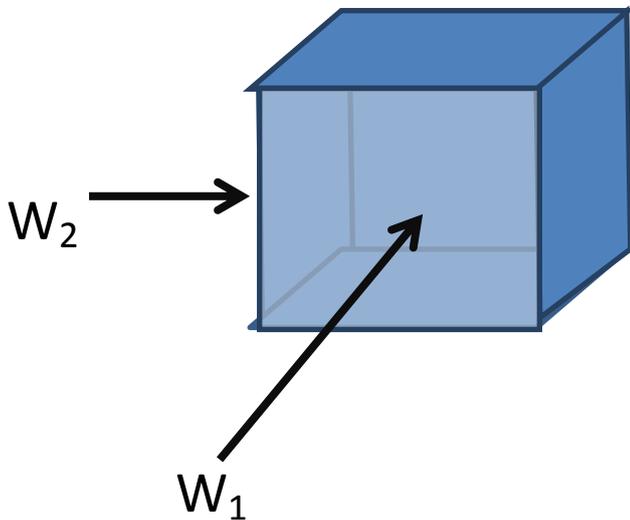
63.79 daN/m² sur le côté (vers l'extérieur du module)

Vent sur le pignon (côté) :

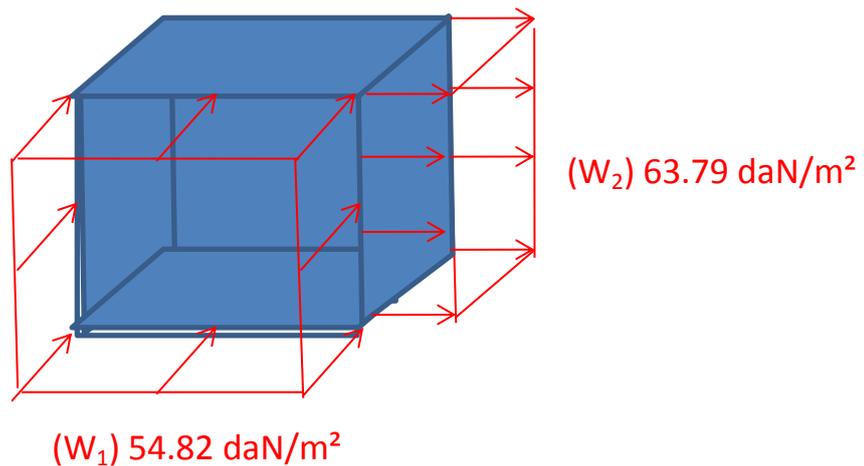
40.29 daN/m² sur le pignon (vers l'extérieur du module)

53.87 daN/m² sur le côté (vers l'intérieur du module)

Pour modéliser notre structure, nous prendrons donc le cas de vent le plus défavorable, qui dimensionnera notre structure. C'est le cas avec le vent agissant sur le long pan.



- 54.82 daN/m² sur le pignon (vers l'intérieur du module)
- 63.79 daN/m² sur le côté (vers l'extérieur du module)



2.2.2.1.2. Module fermé d'un seul côté

L'étude d'un module semi ouvert va nous permettre de vérifier que les efforts de vents sur les parois ne sont pas plus importants qu'avec un module fermé, mais aussi que notre module ne se soulève pas.

Valeurs de charges correspondant au vent :

Vent sur le long pan :

3.05 daN/m² sur le pignon (vers l'extérieur du module)

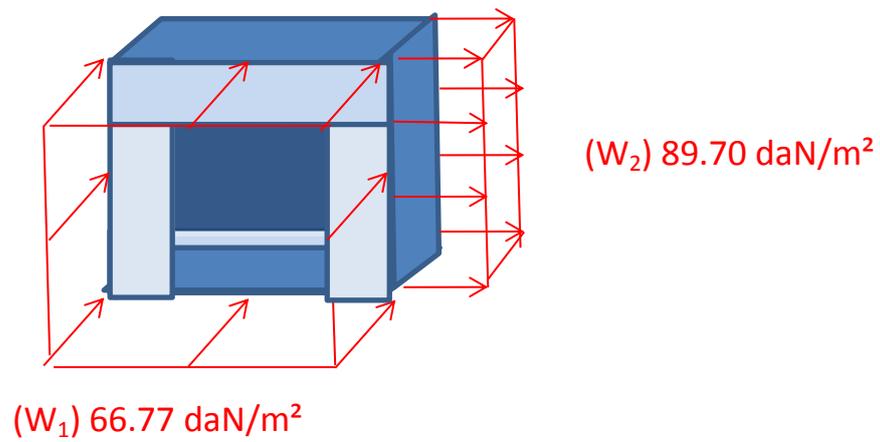
66.21 daN/m² sur le côté (vers l'intérieur du module)

Vent sur le pignon

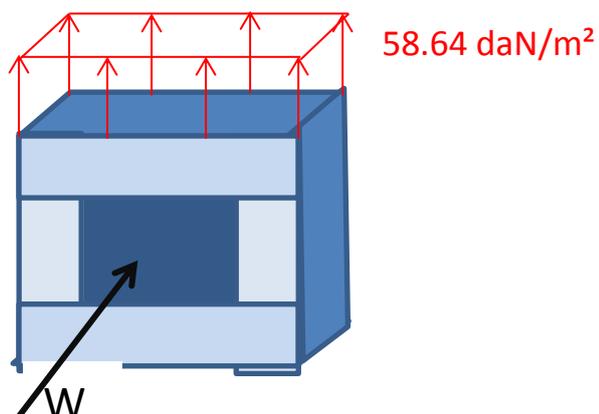
66.77 daN/m² sur le pignon (vers l'intérieur du module)

89.70 daN/m² sur le côté (vers l'extérieur du module)

Le cas le plus défavorable est celui où le vent s'engouffre dans le pignon, dans l'ouverture du module.



On note pour cette modélisation un soulèvement de la toiture de 58.68 daN/m².



Vérification au soulèvement d'un module :

Nous pouvons immédiatement vérifier si notre structure ne se soulève pas. En effet, la seule force qui s'oppose au soulèvement est le poids propre de la structure. Si le poids propre

de la structure est supérieur à la force de soulèvement, alors il ne sera pas nécessaire d'utiliser du lest.

Pour un module de 1m de large avec une longueur de 3.5m et une hauteur de 3m nous avons un poids de 250 kg. Ce qui nous fait 2500 N/m.

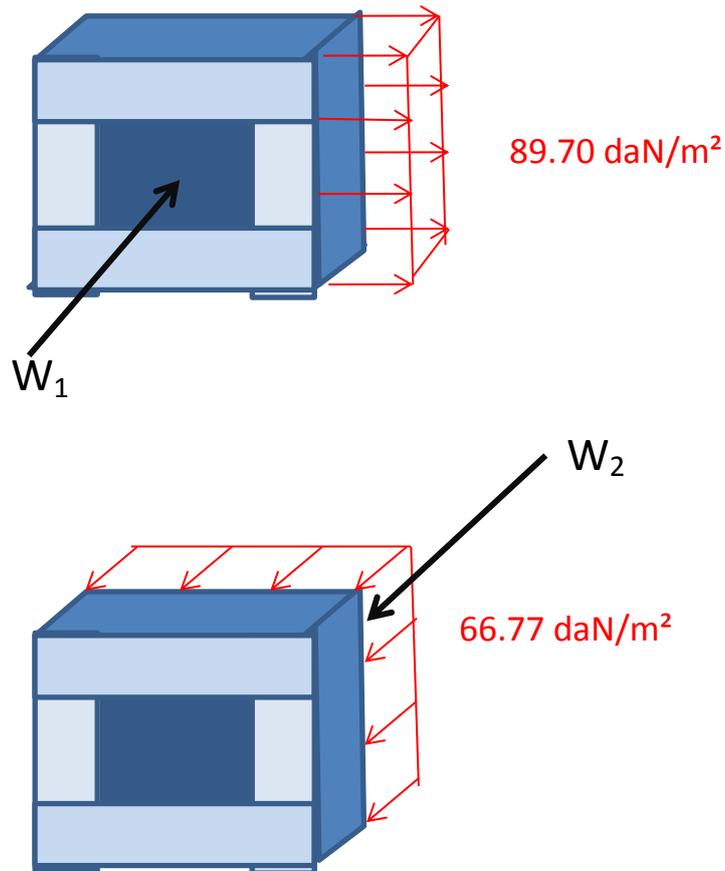
La charge de vent ramené par mètre linéaire nous donne :

$$586.4 * 3.5 = 2052.4 \text{ N/m.}$$

En conclusion notre module ne se soulèvera pas car son poids propre est plus important que la force motrice de soulèvement du vent !

2.2.2.1.3. Conclusion sur un module :

Nous pouvons donc définir nos charges s'appliquant sur notre module qui seront les plus défavorables.



Il ne nous est pas nécessaire de vérifier l'arrachement de la structure comme démontré auparavant car le poids de notre structure compense le soulèvement.

2.2.2.2. Modélisation du stand complet

Par simplification, comme notre structure est modulable par inversion des éléments, que les hauteurs et décrochés des modules sont différents, nous avons simplifié notre stand en le prenant comme s'il s'agissait d'un rectangle. Cette simplification est parfaitement valable car elle ne néglige que très peu les effets de tourbillons créés par les décrochés et qu'elle ne rend pas trop défavorable notre modélisation.

2.2.2.2.1. Stand entièrement fermé

Nous avons pris un rectangle de 10.00 mètres de long, pour 3.00 mètres de large et une hauteur de 3.20 mètres. Ce qui nous fait un stand de 30m². Nous avons volontairement augmenté la taille du stand dans la modélisation pour compenser les erreurs relatives à la simplification du stand.

HYPOTHESES

Environnement - Localisation			
Région :	2		
Catégorie de Terrain :	Rugosité IIIa (c - Campagne avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé		
Vitesse de référence du vent :	24.00	m/s	
Bâtiment - Caractéristiques			
Dimensions bâtiment		Caractéristiques Toiture	
Longueur du LongPan :	10.00	m	Toiture Terrasse
Largeur du Pignon :	3.00	m	Angle de la terrasse comprise entre 0° et 5°
Hauteur sablière :	3.20	m	Type de Toiture-Terrasse
Hauteur bâtiment :	3.20	m	Rives avec brisis mansardés Angle brisis (0°)
Bâtiment - Surfaces des Murs/Toitures			
Caractéristiques Parois verticales		Caractéristiques Toiture	
Mur Gauche (LongPan) :	32.00	m ²	Toiture :
Mur Droit (LongPan) :	32.00	m ²	30.00
Mur Haut (Pignon) :	9.60	m ²	
Mur Bas (Pignon) :	9.60	m ²	
Ouvertures - Caractéristiques			
Bâtiment fermé			

RESULTATS

Pressions - Forces de frottement			
Pression de pointe Toiture - Qp :	49.83	daN/m ²	
Abattement applicable sur murs Pignons :	0.85		(Uniquement sur les faces au vent et sous le vent)
Abattement applicable sur murs LongPan :	0.85		(Uniquement sur les faces au vent et sous le vent)
Force de frottement - Ffr :	18.74	daN	
Toiture Plane, Lisse (à savoir acier, béton lisse)			
Forces globales par éléments - Détails			
Murs LongPan			
Pression maximale :	1754	daN	(Valeur moyenne : 54.82 daN/m ²)
Dépression maximale :	-1298	daN	(Valeur moyenne : -40.56 daN/m ²)
Murs Pignon			
Pression maximale :	483	daN	(Valeur moyenne : 50.30 daN/m ²)
Dépression maximale :	-560	daN	(Valeur moyenne : -58.34 daN/m ²)

2.2.2.2.2. Valeurs de charges correspondant au vent :

Vent sur le long pan :

54.82 daN/m² sur le long pan (vers l'intérieur du module)

58.34 daN/m² sur le pignon (vers l'extérieur du module)

Vent sur le pignon :

40.56 daN/m² sur le long pan (vers l'extérieur du module)

50.30 daN/m² sur le pignon (vers intérieur du module)

2.2.2.2.3. Stand fermé d'un seul côté

Etudions maintenant le cas du stand avec une porte fermée et le vent s'engouffrant dans la structure.

2.2.2.2.4. Valeurs de charges correspondant au vent :

Vent sur le long pan :

83.40 daN/m² sur le long pan (vers l'intérieur du module)

4.84 daN/m² sur le pignon (vers l'extérieur du module)

Vent sur le pignon :

62.41 daN/m² sur le long pan (vers l'extérieur du module)

49.64 daN/m² sur le pignon (vers intérieur du module)

On note pour cette modélisation un soulèvement de la toiture de 43.20 daN/m².

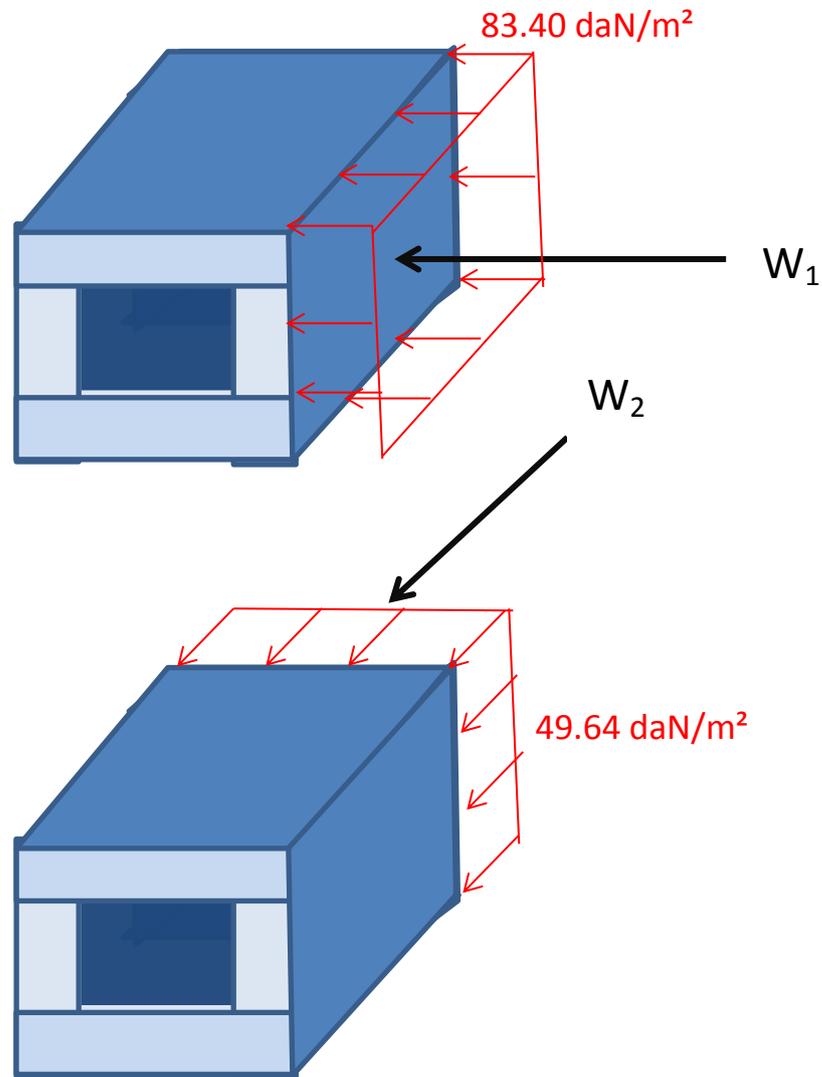
2.2.2.2.5. Vérification au soulèvement du stand :

Notre toiture se soulève de 432 N/m² soit une force de 432*30= 12.96 kN/m.

Or notre stand total pèse 32.5 kN/m. Il n'y a donc aucun problème de soulèvement.

2.2.2.2.6. Conclusion sur le stand :

Nous pouvons donc définir nos charges s'appliquant sur notre module qui seront les plus défavorables.



Il ne nous est pas nécessaire de vérifier l'arrachement de la structure comme démontré auparavant car le poids de notre structure compense le soulèvement.

Nous avons également, à partir de cette étude de vent pour chaque module, pu définir le renversement des modules (ouverts des deux côtés) par la force du vent. Cela nous a permis de définir la force maximale de vent entraînant la chute d'un module. Pour ce faire nous avons réalisé un PFS (Principe Fondamentale de la Statique) très simple afin de déterminer les actions de liaisons aux appuis et de déterminer ainsi la force de vent entraînant un soulèvement de ces appuis et la chute du module.

2.2.3. PFS structure

(Module de 1m de large)

Valeur vent W=	0,1621	kN/m
Poids module P=	3	KN

Ya=	2,999425	KN
Yb=	0,000575	KN

Pour que notre structure ne se renverse pas, il est nécessaire que $Yb > 0$

Cela correspond à une vitesse de vente de $v =$

16,25	m/s
58,52	km/h

2.2.4. PFS structure

(Module de 0,6m et 0,4 m de large)

Valeur vent W=	0,0396	kN/m
Poids module P=	2,2	KN

Ya=	2,1989	KN
Yb=	0,0011	KN

Pour que notre structure ne se renverse pas, il est nécessaire que $Yb > 0$

Cela correspond à une vitesse de vente de $v =$

8,03	m/s
28,92	km/h

2.2.4.1. Vérification de la structure

Pour notre structure, nous avons premièrement effectué un pré dimensionnement uniquement basé sur la capacité de nos modules et sur le poids. Nous avons opté pour des épaisseurs et des sections de pièces uniquement en nous basant sur l'optimisation maximale du poids de nos éléments (voir tableau relatif au poids des modules suivant les dimensions).

Puis nous avons pu vérifier nos éléments de structure par le calcul à l'Eurocode 5. Nous avons, à partir de la descente de charges et de l'étude au vent, réalisé nos combinaisons d'actions (ELU, ELS...). Nous avons modélisé notre structure sur le logiciel RDM 6 puis sur Accord Bat 3D. Ces deux logiciels nous ont permis d'obtenir la déformée de notre module ainsi que les déplacements du module (RDM 6) puis la vérification complète de nos éléments (Accord Bat).

Voici les résultats de la modélisation sous RDM 6 :

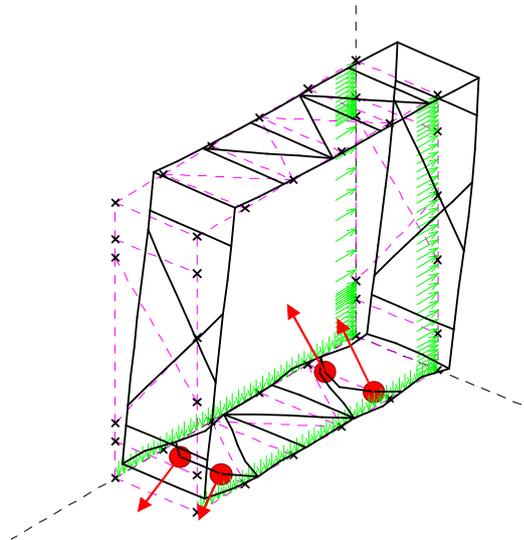


Figure 19 : Etude de la déformée sous l'effet du vent venant sur pignon, des charges d'exploitation et du poids propre.

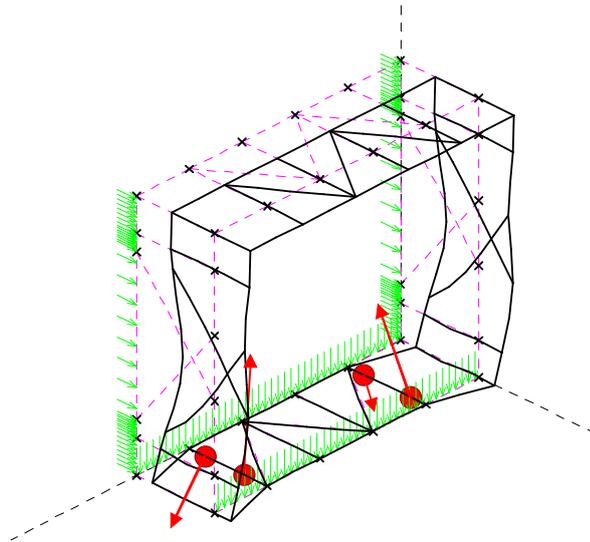


Figure 20 : Etude de la déformée sous l'effet du vent venant sur façade, des charges d'exploitation et du poids propre.

Les résultats des deux modélisations sont donnés en annexe.

Nous pouvons donc grâce au logiciel étudier le déplacement de notre structure, pour voir qu'avec ce cas de charge notre structure se déplace uniquement de l'ordre du centimètre dans le sens longitudinal et du millimètre dans les autres directions.

Nous pouvons vérifier nos actions de liaisons, mais également nos efforts dans les barres qui vont nous permettre de vérifier par les calculs « à la main » à l'aide de l'Eurocode si nos éléments sont bien dimensionnés.

Les résultats pour le cas de vent 2 sont donnés en annexe.

De la même manière qu'auparavant nous pouvons interpréter ces résultats.

Nous avons ensuite modélisé la structure sous le logiciel Accord Bat 3D, logiciel dédié au calcul de structures bois, qui nous a permis de vérifier nos éléments sous toutes les combinaisons d'actions.

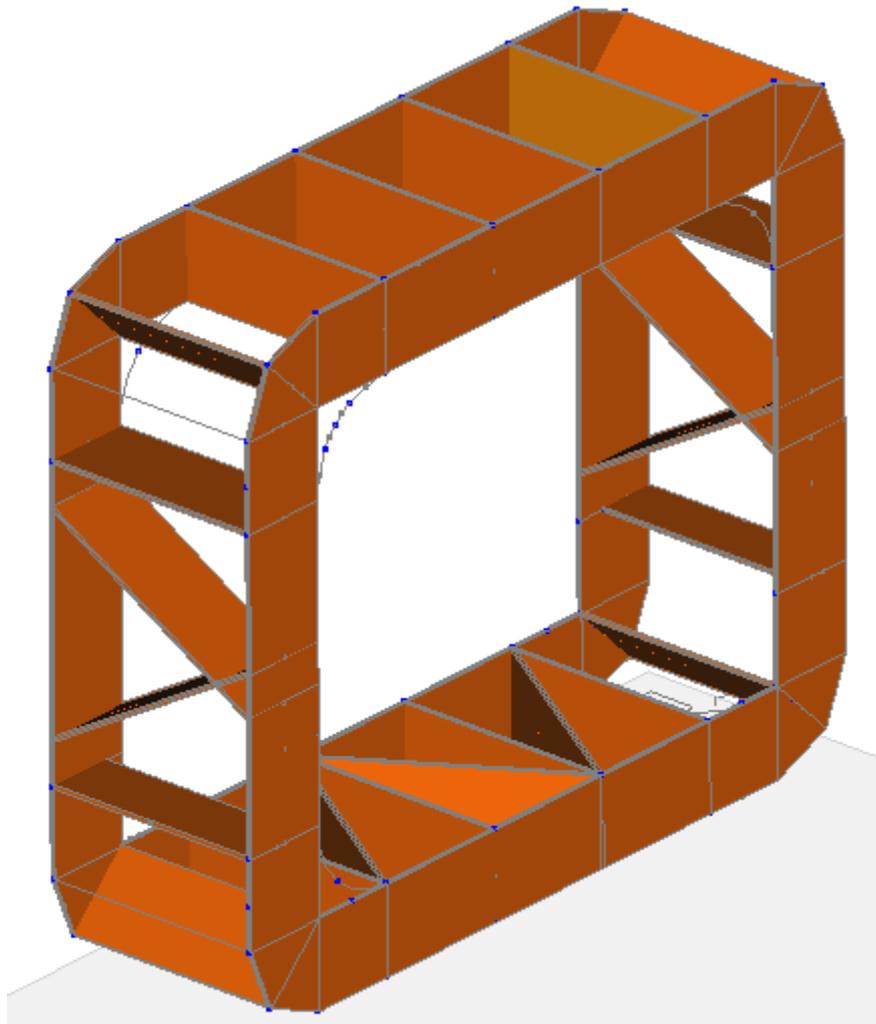


Figure 21 : Modélisation représentant le module

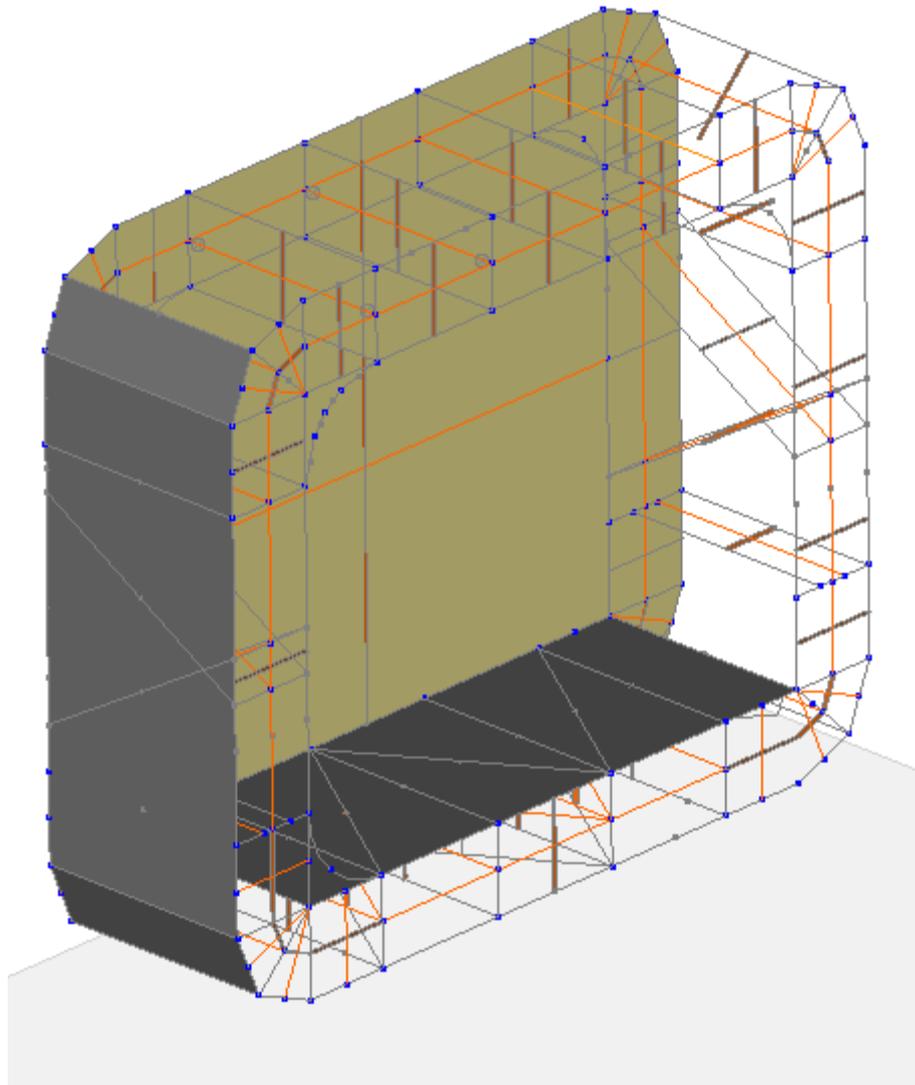


Figure 22 : Modélisation représentant les surfaces de charges

Nous avons pu vérifier à l'aide de la note de calcul nos différents éléments sous les efforts de contraintes, nous avons pu visualiser le taux de travail de notre structure et de chacun de nos éléments.

Au final, nos éléments se sont révélés suffisamment dimensionnés pour résister à nos charges. Les éléments les plus sollicités étant nos nervures de plancher reprenant les charges d'exploitation ainsi que le contreventement d'une partie de la structure.

2.3. Etude du poids du module

Une des contraintes du projet est la manutention du stand. L'étude du poids est donc nécessaire car chaque partie des modules ne doit pas peser plus de 90 kg.

Nous avons calculé le volume de chaque élément qui compose un module, puis nous avons déterminé son poids en fonction de la masse volumique de son matériau. En additionnant le poids de chaque élément, nous obtenons le poids total d'un module. Après avoir calculé le poids de chacun des trois modules, nous avons déterminé le poids total du stand en fonction du nombre de modules.

Pour des facilités de montage, nous avons déjà défini le poids grossier de chaque éléments afin d'éviter la manutention d'éléments trop lourds. De plus, cette estimation nous a permis de définir les dimensions globales de chaque module.

Module	Bandeau	Enveloppe	Nervures murs	Nervures plafond	Nervures plancher	Supports pied	Pieds	Plancher	Ferrure	Clavettes	Total
1	102,0	32,5	11,0	11,0	11,4	3,1	60,0	49,3	10,0	11,8	302,1
2	154,4	21,9	10,2	9,9	6,8	3,1	60,0	34,6	10,0	11,8	322,8
3	127,6	27,6	11,2	11,0	9,1	3,1	60,0	42,8	10,0	11,8	314,2

Module	Nb	Poids total du stand (kg)
1	5	4058
2	4	
3	4	

Figure 23 : Poids total

Nous obtenons ainsi un poids total pour le stand de **4 tonnes**.

2.4. Etude du prix du module

Une des demandes du projet était de définir un budget global de l'opération. Nous avons donc établi un tableau récapitulatif des matériaux avec le prix des éléments, le prix d'un module et le prix du stand complet.

A partir du volume ou de la surface de chaque élément d'un module, et en fonction du prix de son matériau, nous avons déterminé le prix total d'un module. Après avoir calculé le prix de chacun des trois modules, nous avons déterminé le prix total du stand. Une marge de 10% a été rajoutée sur le prix de chaque élément ; cela représente les pertes de matière.

Le prix obtenu pour le stand tient compte uniquement du coût matière.

Module	Bandeau	Enveloppe	Nervures murs	Nervures plafond	Nervures plancher	Supports pied	Pieds	Plancher	Ferrure	Clavettes	Total
1	233,4	88,8	30,1	30,1	31,1	3,4	60,0	35,2	7,0	0,6	527,0
2	353,3	59,8	27,9	27,1	18,6	3,4	60,0	24,7	7,0	0,6	589,3
3	291,9	75,4	30,6	30,1	24,9	3,4	60,0	30,6	7,0	0,6	562,0

Module	Nb	Prix total du stand (€)
1	5	7241
2	4	
3	4	

Figure 24 : Prix total du stand

Nous obtenons ainsi un prix total pour le stand de **7240 euros**.

3. ANNEXES

3.1. Cas de vent 1

```
+-----+  
| Résultats : Cas 1 |  
+-----+
```

```
+-----+  
| Déplacements nodaux [ m, rad ] |  
+-----+
```

Noeud	dx	dy	dz	rotx	roty	rotz
1	-1.117E-02	-3.169E-03	2.533E-03	3.207E-04	-6.261E-03	-1.158E-04
2	-1.103E-02	-3.171E-03	2.053E-03	-1.301E-03	-5.804E-03	-1.487E-04
3	-2.686E-02	-1.930E-03	2.591E-03	-7.256E-04	-5.925E-03	-4.663E-04
4	-2.640E-02	-1.931E-03	2.107E-03	-8.261E-04	-6.033E-03	-4.574E-04
5	-2.774E-02	9.404E-05	-3.158E-03	-2.929E-04	-4.018E-03	-2.652E-04
6	-2.749E-02	9.420E-05	-3.674E-03	-1.528E-04	-3.643E-03	-2.408E-04
7	-1.197E-02	-8.203E-04	-3.101E-03	-1.328E-03	-8.064E-03	1.721E-04
8	-1.213E-02	-8.172E-04	-3.620E-03	7.063E-04	-8.276E-03	1.514E-04
9	-1.247E-02	-3.176E-03	2.539E-03	-1.694E-04	-6.747E-03	3.741E-04
10	-2.164E-02	-2.591E-03	2.090E-03	-5.836E-04	-7.343E-03	-3.660E-04
11	-2.686E-02	4.325E-05	-3.153E-03	-2.287E-04	-4.742E-03	-2.160E-03
12	-1.894E-02	-5.401E-04	-3.639E-03	-9.480E-04	-8.194E-03	1.861E-03
13	-2.405E-02	9.772E-05	-3.656E-03	-4.072E-04	-6.201E-03	2.305E-03
14	-1.363E-02	-6.156E-04	-3.106E-03	-8.068E-04	-8.458E-03	-5.432E-04
15	-8.939E-03	-2.478E-05	1.706E-04	3.710E-04	7.119E-04	4.507E-03
16	-8.975E-03	-1.320E-05	5.956E-04	5.332E-04	4.099E-04	-2.207E-03
17	-8.968E-03	1.128E-06	2.848E-05	3.607E-04	7.780E-04	-2.302E-03
18	-8.918E-03	7.254E-06	-3.939E-04	5.454E-04	4.880E-04	2.925E-03
19	-8.961E-03	-2.176E-06	-7.187E-05	2.767E-04	-1.956E-03	-2.560E-02
20	-8.961E-03	4.771E-06	5.430E-05	1.268E-04	-1.202E-03	1.277E-02
21	-2.562E-02	-2.083E-03	2.586E-03	-7.748E-04	-6.474E-03	-1.399E-03
22	-1.642E-02	-2.698E-03	2.073E-03	-1.357E-04	-7.363E-03	-3.791E-04
23	-8.908E-03	-3.281E-03	2.523E-03	-2.512E-03	-4.980E-03	2.440E-03
24	-2.896E-02	-1.619E-03	2.601E-03	-6.691E-04	-4.518E-03	-5.863E-04
25	-2.898E-02	-1.106E-03	3.160E-04	-5.510E-04	-2.169E-03	-4.958E-04
26	-2.901E-02	-8.434E-04	-7.170E-04	-7.558E-04	-9.501E-04	-3.878E-04
27	-2.903E-02	-5.474E-04	-1.230E-03	-8.229E-04	-6.570E-04	-3.796E-04
28	-2.905E-02	-2.860E-04	-1.838E-03	-7.250E-04	-1.230E-03	-5.137E-04
29	-2.908E-02	1.952E-04	-3.168E-03	-3.907E-04	-2.729E-03	-5.172E-04
30	-9.036E-03	-8.922E-04	-3.090E-03	3.061E-03	-6.448E-03	3.714E-03
31	-9.068E-03	-9.048E-04	-3.610E-03	-3.478E-03	-6.891E-03	-3.025E-03
32	-2.869E-02	1.951E-04	-3.684E-03	-4.148E-04	-2.399E-03	-4.938E-04
33	-2.866E-02	-2.862E-04	-2.548E-03	-6.779E-04	-1.000E-03	-4.880E-04
34	-2.863E-02	-5.474E-04	-2.051E-03	-8.196E-04	-5.736E-04	-3.869E-04
35	-2.861E-02	-8.435E-04	-1.528E-03	-9.224E-04	-1.073E-03	-3.793E-04
36	-2.858E-02	-1.107E-03	-3.363E-04	-7.031E-04	-2.462E-03	-5.299E-04
37	-2.856E-02	-1.619E-03	2.117E-03	-6.571E-04	-4.702E-03	-5.743E-04
38	-8.884E-03	-7.236E-07	4.139E-05	-2.295E-04	-2.002E-03	-3.112E-02
39	-8.995E-03	-2.807E-07	-1.165E-04	-6.452E-04	-2.885E-03	2.930E-02
40	-8.985E-03	-3.271E-03	2.043E-03	2.676E-03	-4.388E-03	-3.558E-03
41	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.578E-04	-2.142E-03	-4.648E-02

```
Déplacement maximal sur x = 2.9078E-02 m [ Noeud 29 ]  
Déplacement maximal sur y = 3.2809E-03 m [ Noeud 23 ]  
Déplacement maximal sur z = 3.6836E-03 m [ Noeud 32 ]  
Déplacement maximal = 2.9251E-02 m [ Noeud 29 ]
```

```

+-----+
| Action(s) de liaison [ N   N.m ] |
+-----+

```

```

Noeud 41 -  Rx =      8468.3  Ry =      1044.6  Rz =      14036.4
           Mx =         0.0  My =         0.0  Mz =         0.0
Noeud 42 -  Rx =      7253.2  Ry =         134.8  Rz =      13999.3
           Mx =         0.0  My =         0.0  Mz =         0.0
Noeud 43 -  Rx =      2542.7  Ry =     -1526.7  Rz =     -6299.2
           Mx =         0.0  My =         0.0  Mz =         0.0
Noeud 44 -  Rx =      8735.8  Ry =         347.3  Rz =     -4236.5
           Mx =         0.0  My =         0.0  Mz =         0.0

```

Somme des actions de liaison :

```

Rx =      27000.0 N
Ry =         0.0 N
Rz =      17500.0 N

```

Somme des forces appliquées à la structure :

```

Fx = -6.48833520244807E-0009 N
Fy =  3.01724867313169E-0010 N
Fz =  1.37333699967712E-0010 N

```

```

+-----+
| Efforts intérieurs [ N   N.m ] |
+-----+

```

N = Effort normal

Mt = Moment de torsion

(TY , TZ) = Effort tranchant

(MfY , MfZ) = Moment fléchissant

ELE	ori ext	No Ne	TYo TYe TYmax	TZo TZe TZmax	Mto Mte	MfYo MfYe MfYmax	MfZo MfZe MfZmax	dL(m)
1	1	-232.3	0.4	0.1	2.2	-42.2	-5.0	-2.420E-06
	2	-232.3	0.4	0.1	2.2	-42.0	-5.4	
			0.4	0.1		42.2	5.4	
2	3	-9.6	11.2	-24.4	-0.5	23.7	5.3	-9.958E-08
	4	-9.6	11.2	-24.4	-0.5	-0.8	-5.9	
			11.2	24.4		23.7	5.9	
3	5	14.8	-11.2	-33.9	1.8	48.2	-5.2	1.540E-07
	6	14.8	-11.2	-33.9	1.8	14.3	6.1	

3.2. Cas de vent 2

+-----+
 | Déplacements nodaux [m, rad] |
 +-----+

Noeud	dx	dy	dz	rotx	roty	rotz
1	2.918E-05	4.019E-03	9.718E-05	-3.312E-03	-7.274E-05	-4.864E-05
2	8.008E-05	4.017E-03	-7.024E-05	-2.469E-03	4.303E-05	-4.720E-05
3	2.071E-05	5.825E-03	1.006E-04	2.679E-04	2.753E-05	-1.912E-05
4	3.890E-05	5.823E-03	-7.519E-05	-8.391E-04	-4.537E-05	-1.765E-05
5	4.970E-05	5.781E-03	7.810E-05	2.605E-04	-4.383E-05	3.929E-05
6	1.128E-05	5.780E-03	-1.039E-04	-8.494E-04	2.276E-05	3.790E-05
7	8.230E-05	3.954E-03	7.474E-05	-3.334E-03	5.169E-05	5.086E-05
8	2.922E-05	3.953E-03	-9.894E-05	-2.509E-03	-7.433E-05	4.973E-05
9	1.654E-05	4.826E-03	9.797E-05	-4.204E-03	-5.398E-05	-1.219E-04
10	6.992E-05	5.059E-03	-7.513E-05	5.538E-04	-3.982E-05	-1.052E-04
11	5.853E-05	5.958E-03	7.808E-05	1.481E-03	-4.412E-05	1.139E-04
12	-4.314E-06	5.737E-03	-1.020E-04	-4.281E-04	-1.437E-05	8.113E-05
13	-2.979E-06	5.007E-03	-1.038E-04	5.482E-04	1.456E-05	1.131E-04
14	9.077E-05	4.766E-03	7.552E-05	-4.221E-03	3.333E-05	1.350E-04
15	5.839E-05	-6.388E-06	-4.818E-05	7.103E-05	3.017E-05	1.498E-04
16	6.275E-05	-6.190E-06	2.204E-05	6.849E-05	-6.561E-06	2.380E-04
17	5.949E-05	-6.264E-06	2.017E-05	6.351E-05	1.391E-05	-1.945E-04
18	6.240E-05	-5.951E-06	-4.725E-05	7.506E-05	-2.929E-05	-2.530E-04
19	5.432E-05	3.964E-07	-4.380E-06	2.756E-05	9.227E-05	-7.590E-04
20	5.616E-05	3.861E-07	-3.709E-06	-3.996E-06	6.118E-05	1.023E-03
21	1.519E-05	6.003E-03	1.006E-04	1.488E-03	2.735E-05	-1.051E-04
22	8.989E-05	5.789E-03	-7.336E-05	-4.268E-04	-1.362E-05	-5.980E-05
23	6.711E-05	2.769E-03	9.518E-05	-1.807E-03	-1.191E-04	1.864E-03
24	3.094E-05	5.946E-03	1.006E-04	-3.211E-04	2.238E-05	-1.331E-04
25	3.138E-05	5.956E-03	1.108E-04	-2.124E-04	6.466E-06	2.343E-05
26	3.182E-05	5.949E-03	1.122E-04	-2.193E-04	-1.989E-06	7.828E-06
27	3.226E-05	5.941E-03	1.085E-04	-2.204E-04	-8.251E-06	1.271E-05
28	3.270E-05	5.933E-03	9.867E-05	-2.085E-04	-2.108E-05	-2.803E-06
29	3.313E-05	5.906E-03	7.811E-05	-3.273E-04	-3.778E-05	1.557E-04
30	5.298E-05	2.677E-03	7.275E-05	-1.942E-03	9.711E-05	-1.791E-03
31	6.729E-05	2.677E-03	-9.694E-05	-2.038E-03	-1.181E-04	-1.881E-03
32	1.969E-05	5.906E-03	-1.039E-04	-1.268E-04	1.809E-05	-3.947E-05
33	2.010E-05	5.933E-03	-1.116E-04	-2.141E-04	3.783E-06	3.410E-05
34	2.051E-05	5.941E-03	-1.115E-04	-2.199E-04	-3.533E-06	7.068E-06
35	2.093E-05	5.949E-03	-1.071E-04	-2.195E-04	-8.769E-06	1.401E-05
36	2.134E-05	5.956E-03	-9.669E-05	-2.050E-04	-2.221E-05	-1.556E-05
37	2.175E-05	5.946E-03	-7.521E-05	-1.198E-04	-3.917E-05	6.293E-05
38	6.576E-05	4.714E-07	2.123E-06	-1.383E-05	-1.154E-04	1.257E-03
39	6.597E-05	4.498E-07	-8.663E-06	-4.918E-05	-9.624E-05	-1.214E-03
40	5.484E-05	2.769E-03	-6.825E-05	-1.961E-03	8.537E-05	2.033E-03
41	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.838E-05	5.457E-05	5.889E-04
42	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-3.259E-05	-5.854E-05	1.071E-05

Déplacement maximal sur x = 9.0771E-05 m [Noeud 14]
 Déplacement maximal sur y = 6.0026E-03 m [Noeud 21]
 Déplacement maximal sur z = 1.1224E-04 m [Noeud 26]
 Déplacement maximal = 6.0035E-03 m [Noeud 21]

Action(s) de liaison [N N.m]

Noeud	41	-	Rx =	-6240.0	Ry =	-3171.0	Rz =	-11875.9
			Mx =	0.0	My =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	42	-	Rx =	4885.0	Ry =	-3598.6	Rz =	20625.9
			Mx =	0.0	My =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	43	-	Rx =	-3889.6	Ry =	-2059.0	Rz =	23548.9
			Mx =	0.0	My =	0.0	Mz =	0.0
Noeud	44	-	Rx =	5244.6	Ry =	-3771.3	Rz =	-14798.9
			Mx =	0.0	My =	0.0	Mz =	0.0

Somme des actions de liaison :

Rx = 0.0 N
 Ry = -12600.0 N
 Rz = 17500.0 N

Somme des forces appliquées à la structure :

Fx = -2.95767677016556E-0009 N
 Fy = -5.77573552820832E-0011 N
 Fz = -6.330083124133958E-0010 N

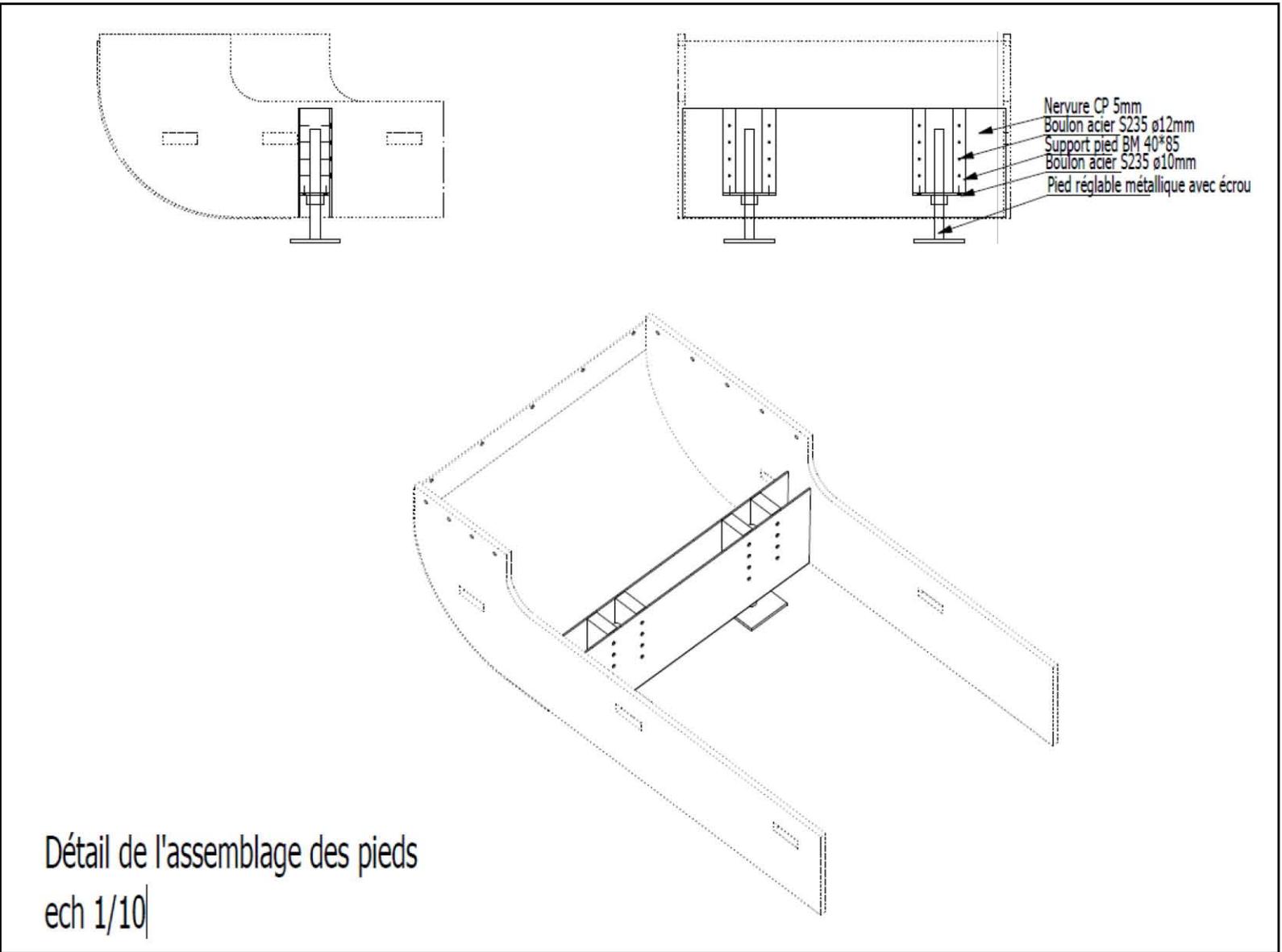
Efforts intérieurs [N N.m]

N = Effort normal
 M = moment de torsion

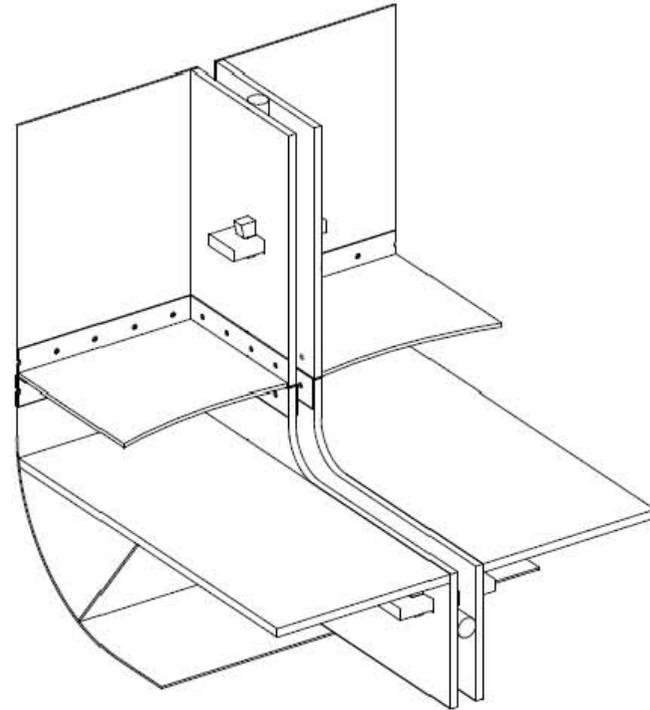
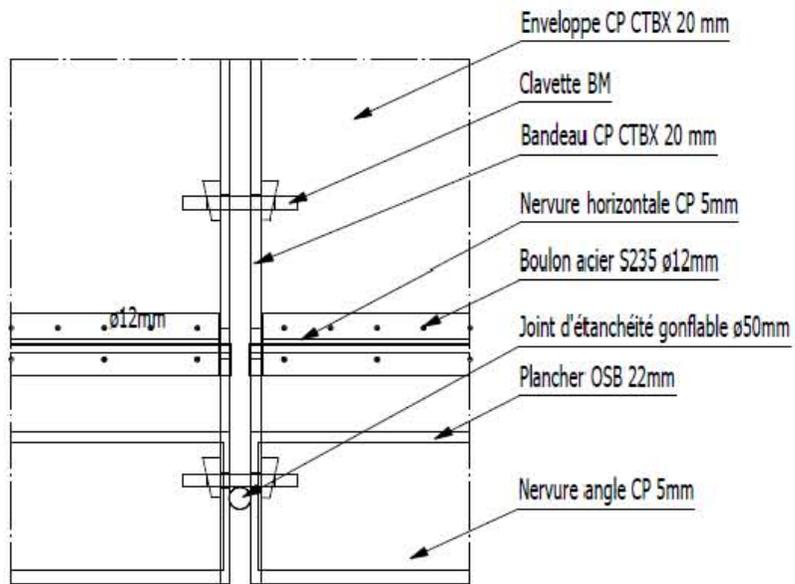
(Ty , Tz) = Effort tranchant
 (My , Mz) = moment fléchissant

FIF	no ext	no ne	Tyr Tye Tymax	Tzn Tze Tzmax	Mtn Mte	M ^{xy} M ^{ye} M ^{ymax}	M ^{yz} M ^{ze} M ^{zmax}	di (m)
1	1	-2849.9	1742.8	762.9	9.2	-350.9	916.3	-1.781E-06
	2	-2849.9	1742.8	762.9	9.2	412.1	-826.5	
			1742.8	762.9		412.1	916.3	
2	3	1928.2	70.3	50.8	5.8	56.8	23.0	1.205E-06
	4	-1928.2	70.3	-50.8	-5.8	6.1	-94.2	
			70.3	50.8		56.8	94.2	
3	5	-1935.6	72.0	46.0	5.3	-52.8	-23.2	-1.209E-06
	6	-1935.6	72.0	46.0	5.3	-6.8	-95.7	
			72.0	46.0		52.8	95.7	
4	7	-2897.0	1758.7	-713.0	-10.0	332.5	923.4	-1.311E-06
	8	-2897.0	1758.7	-713.0	-10.0	-380.5	-835.3	
			1758.7	713.0		380.5	923.4	
5	9	4642.8	392.1	45.0	1.1	-50.4	476.3	4.758E-06
	10	4642.8	392.1	45.0	1.1	23.4	-166.9	
			392.1	45.0		50.4	476.3	
6	11	-2973.3	-186.0	-28.2	2.2	47.6	-210.5	-2.303E-06
	12	-2973.3	-186.0	-28.2	2.2	3.5	80.1	
			186.0	28.2		47.6	210.5	
7	13	4660.4	-393.4	-46.6	-1.4	18.7	-167.5	4.777E-06
	14	4660.4	-393.4	-46.6	-1.4	-58.2	477.7	
			393.4	46.6		58.2	477.7	
8	15	317.0	117.6	126.9	-2.9	-58.7	4.5	1.381E-07
	16	317.0	117.6	126.9	-2.9	68.2	-113.2	
			117.6	126.9		68.2	113.2	

3.3. Assemblage des pieds des modules

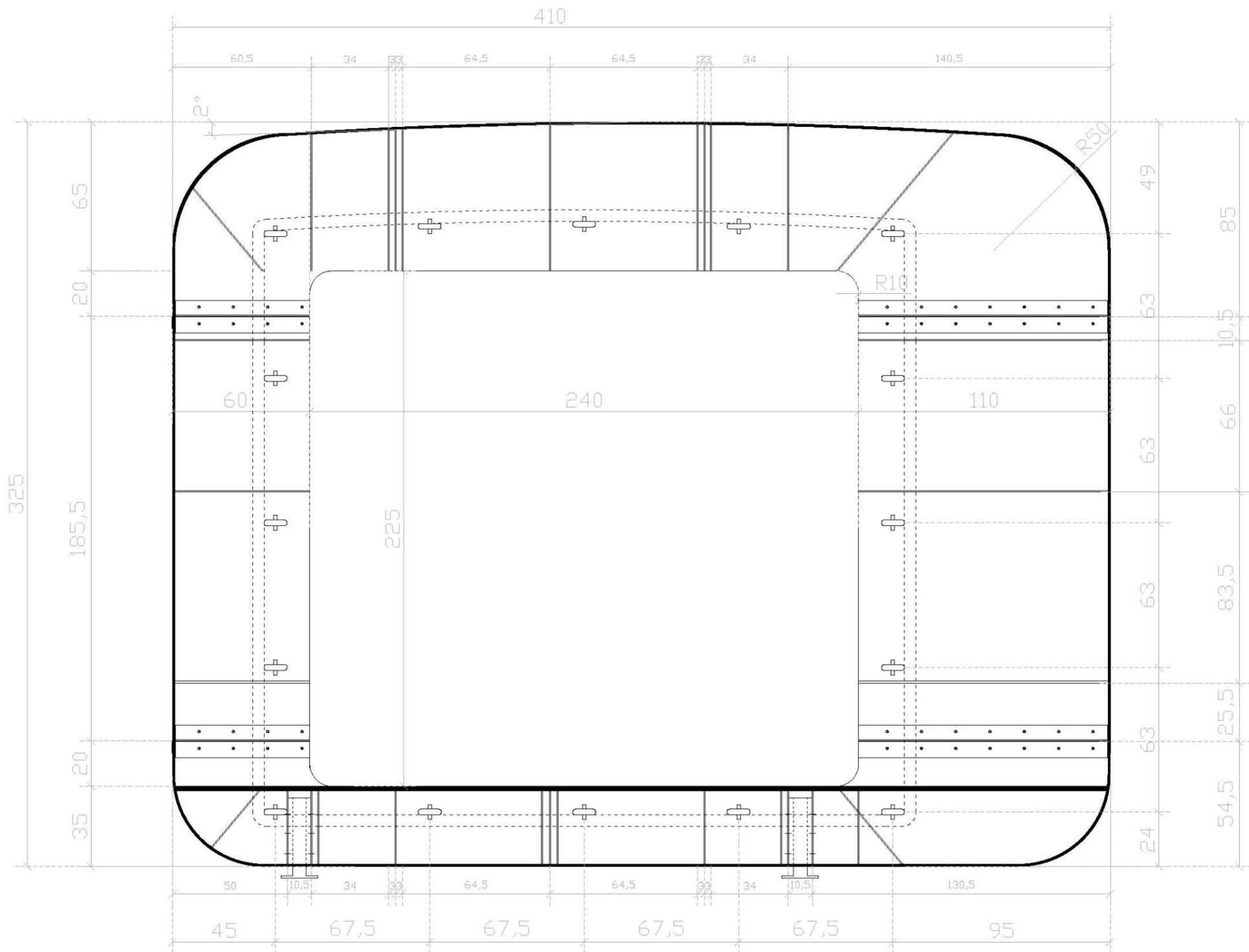


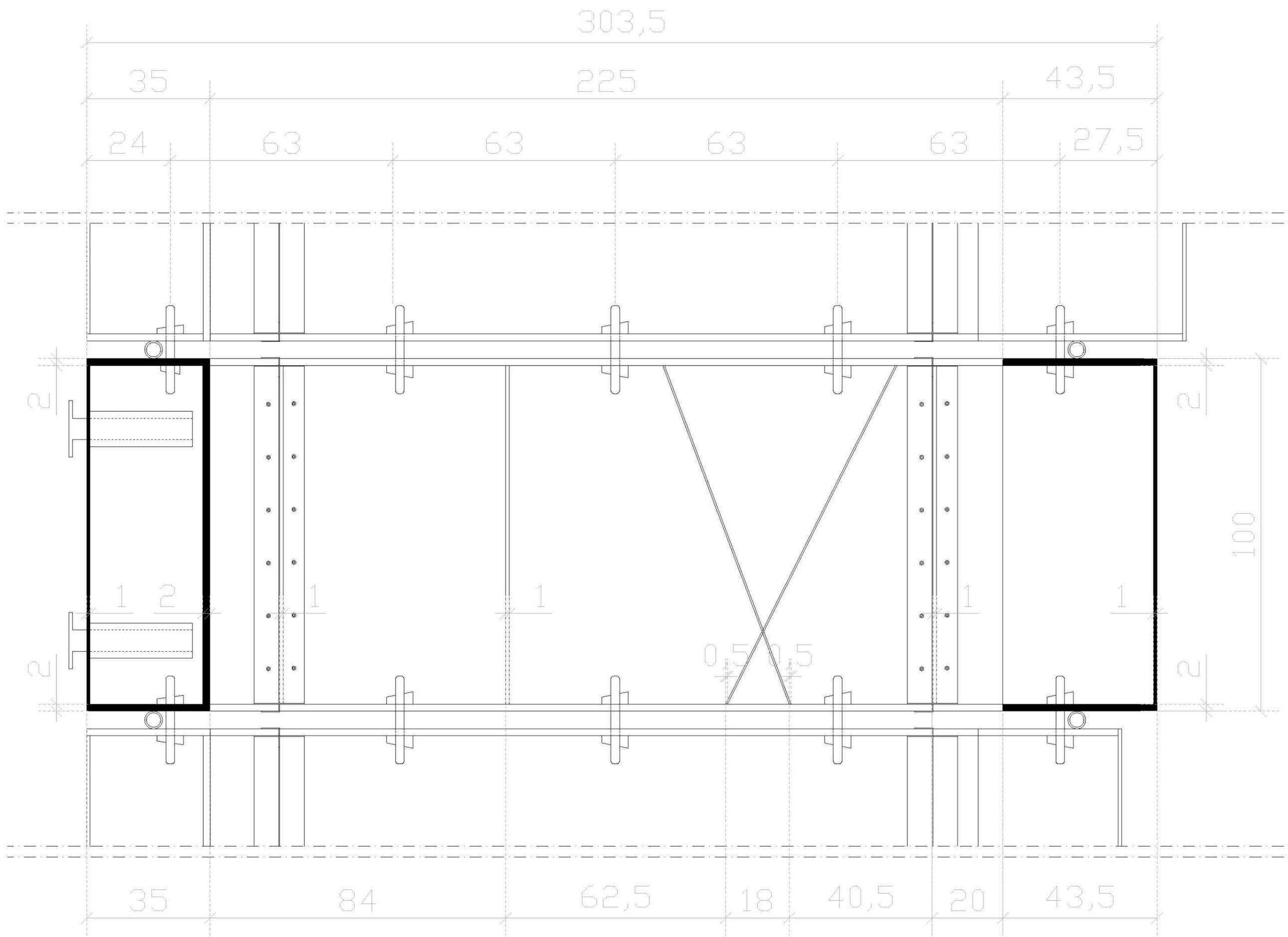
3.4. Assemblages au niveau de l'angle des modules



Détail de l'assemblage dans l'angle
ech 1/10

3.5.Plans d'executions





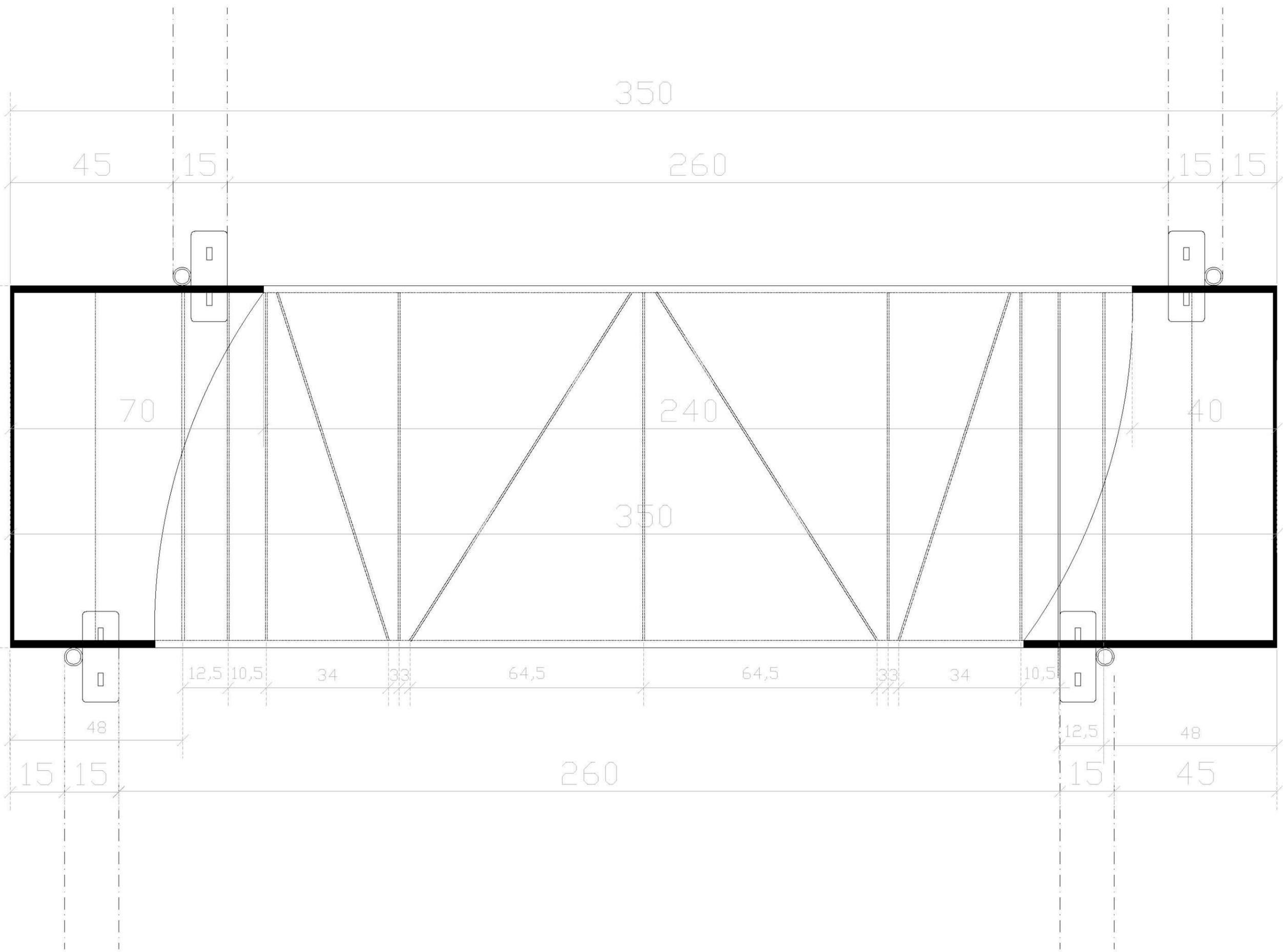
Projet ERDF

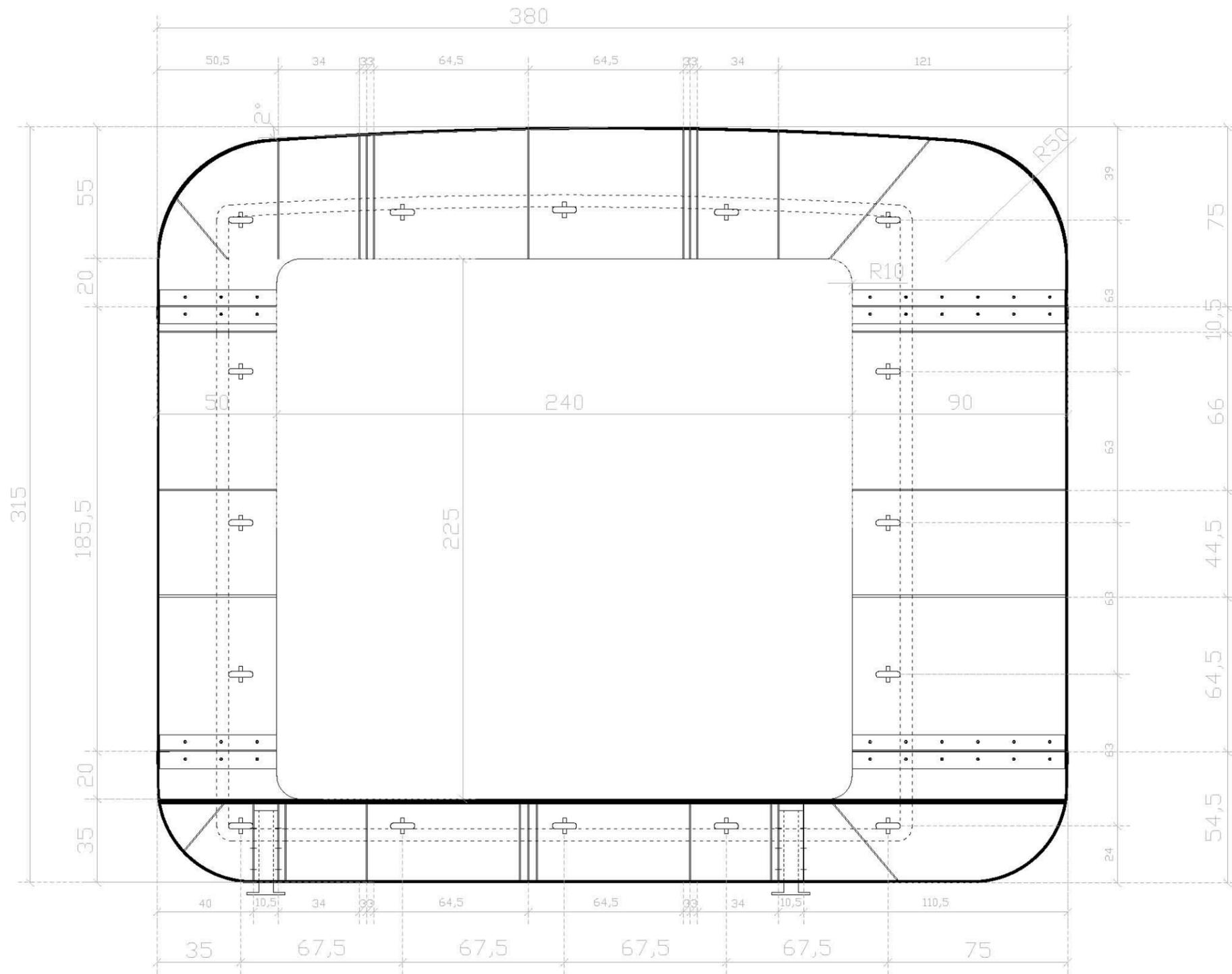
Le S_{toncl} D_{émantale}

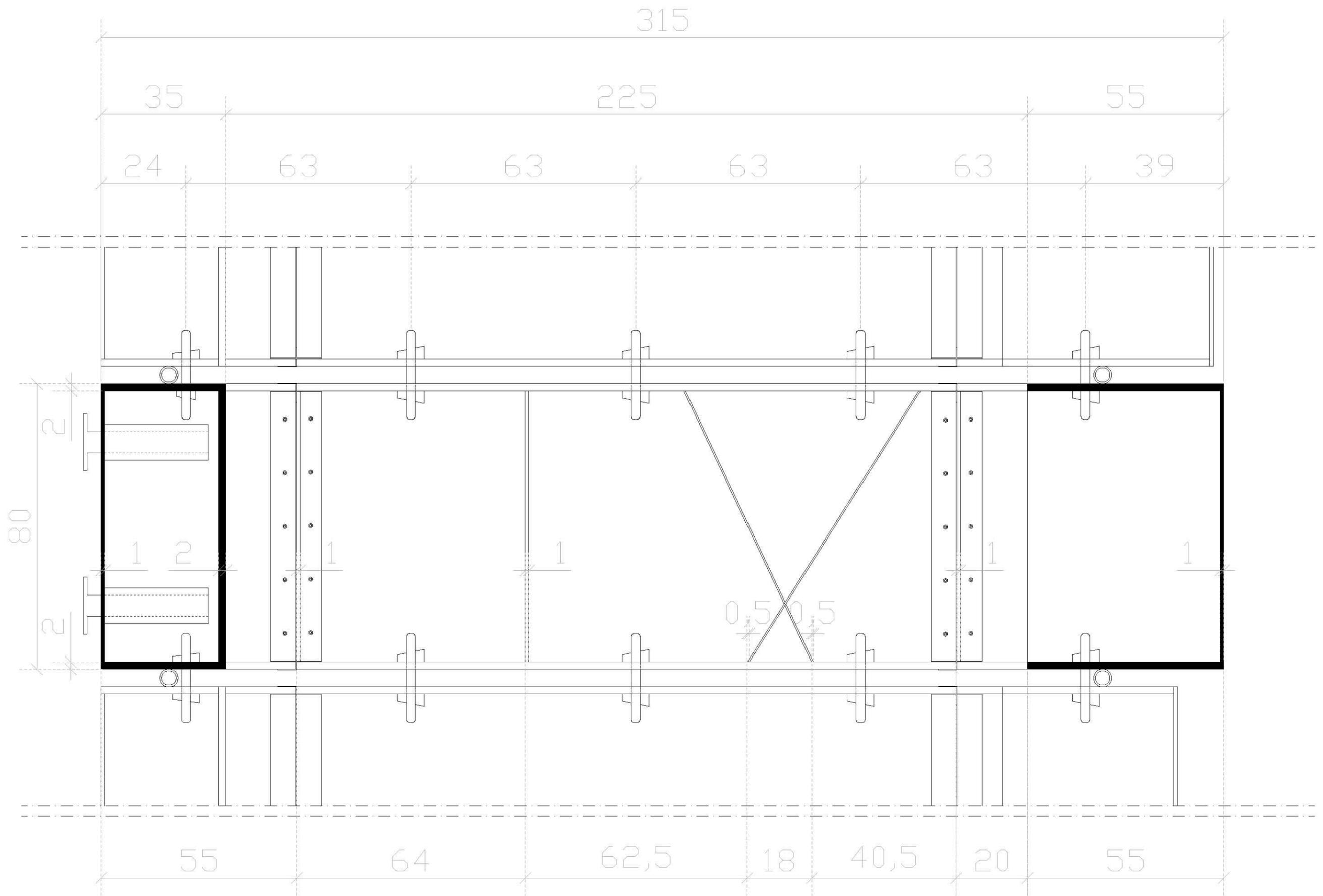
Groupe 1

Coupe Transversale Module 1

Ech : 1/10°







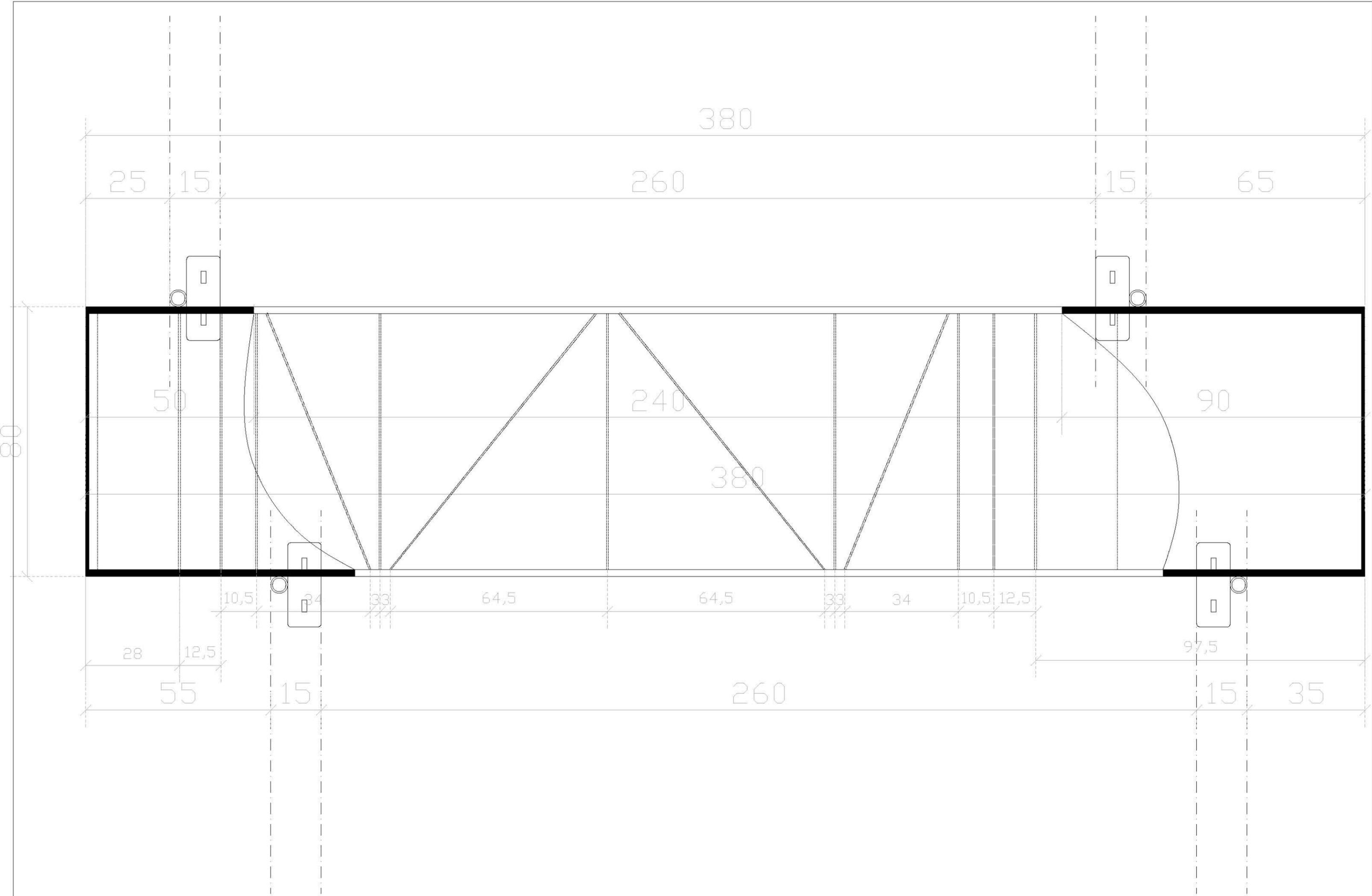
Projet ERDF

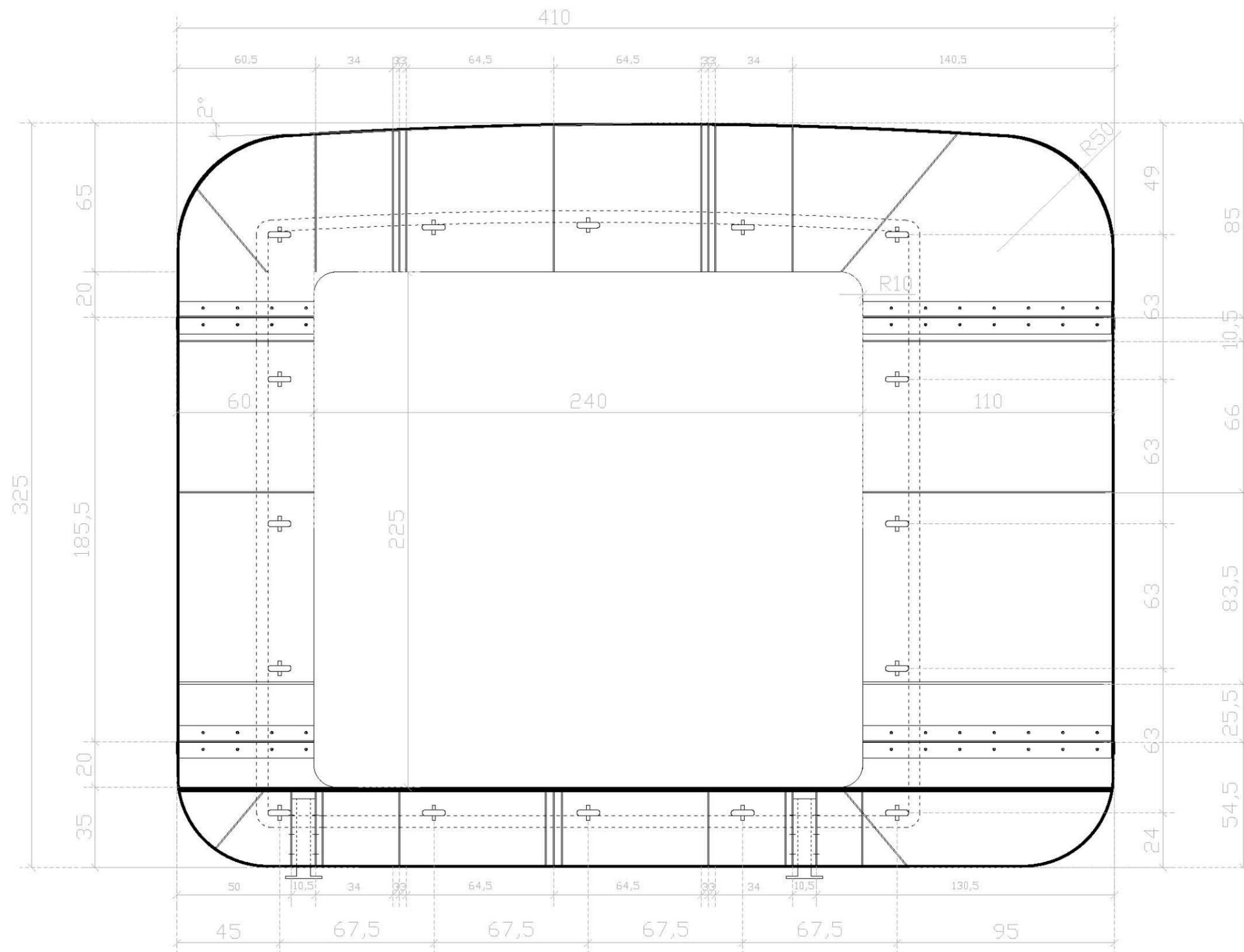
L_e S_{tond} D_{émantale}

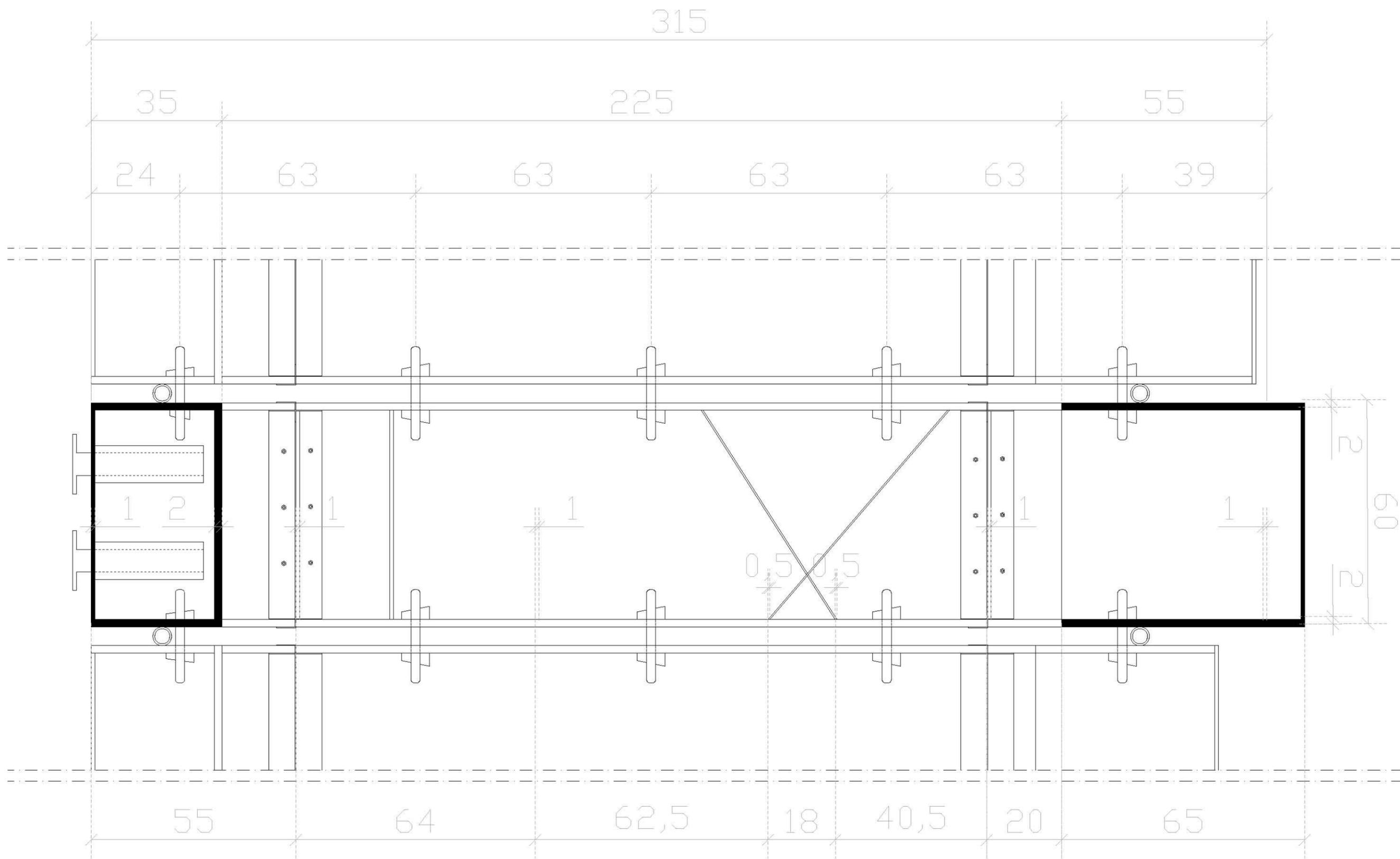
Groupe 1

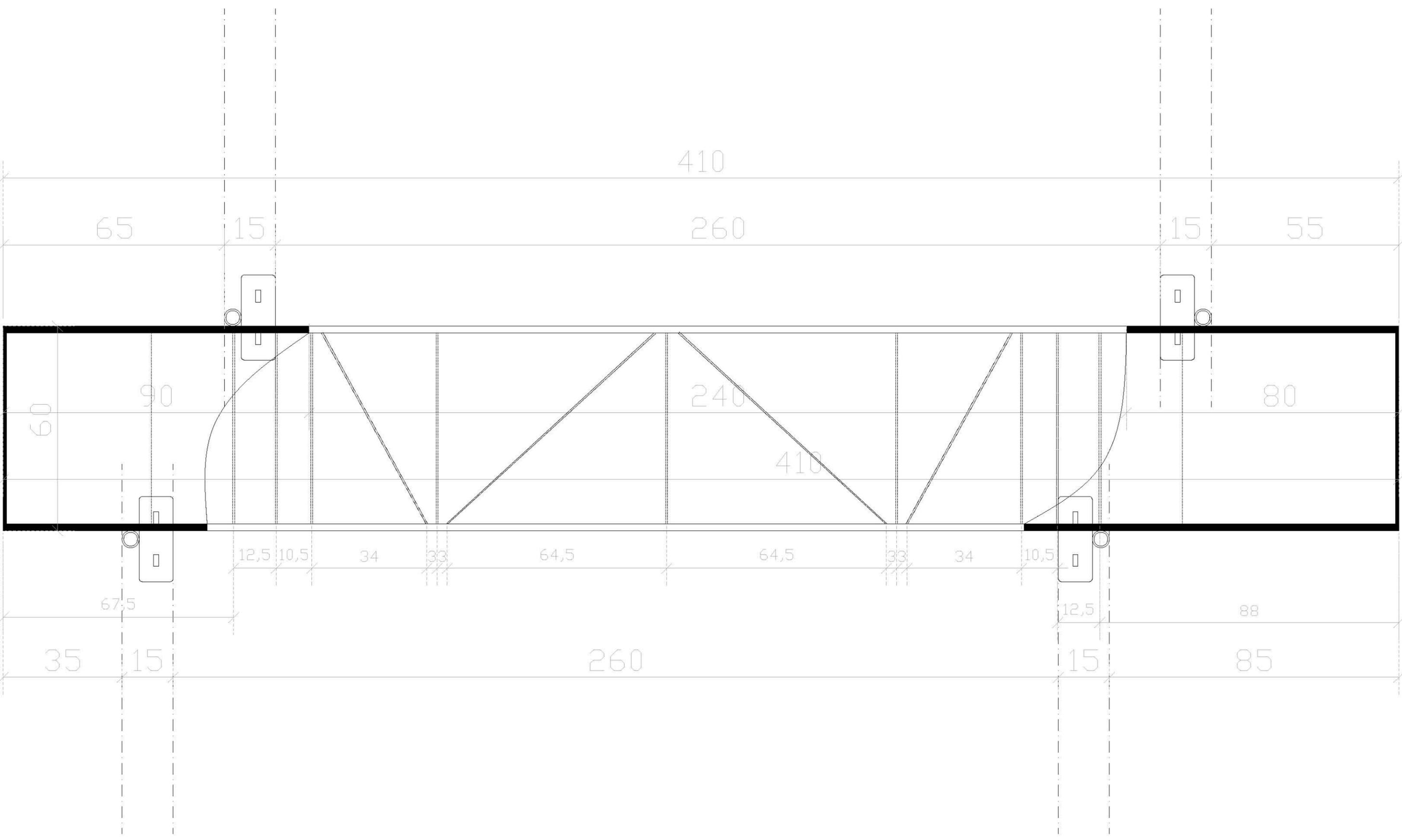
Coupe Transversale Module 2

Ech : 1/10°







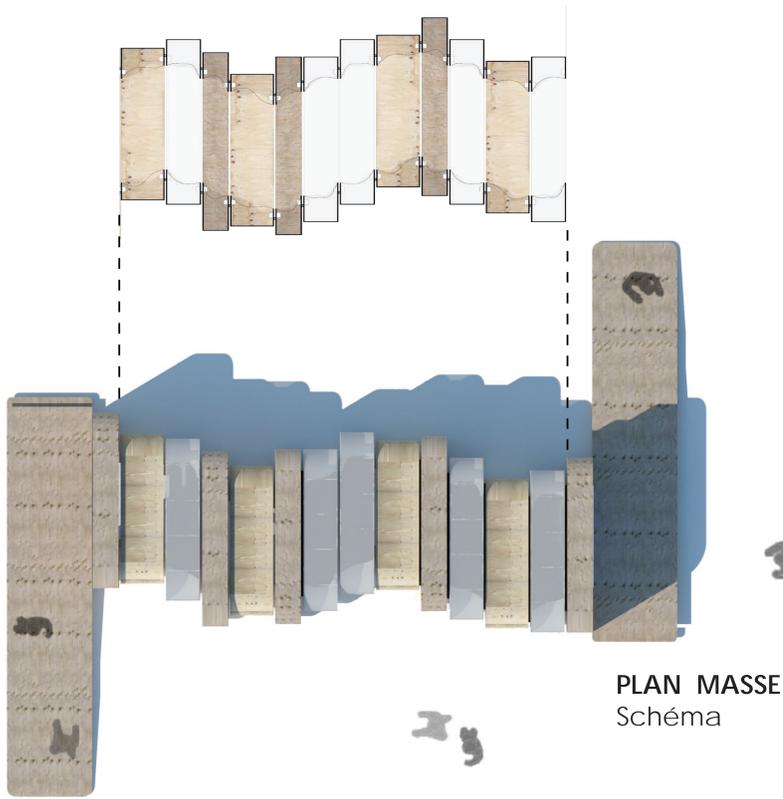


Le Stand Démontrable



ELEMENTS d'architecture

Schéma

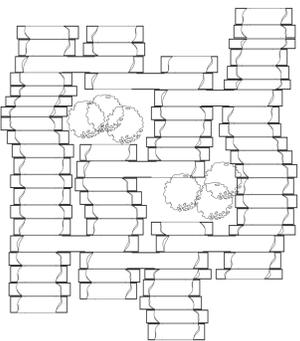


PLAN MASSE
Schéma

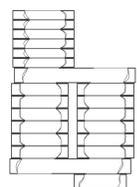
COMBINAISON et modularité

Schéma

Module environnemental

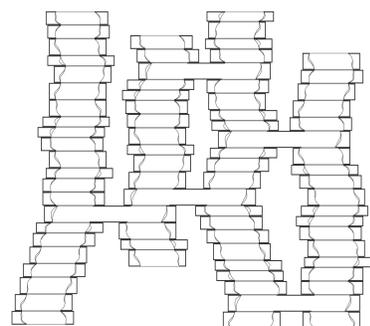
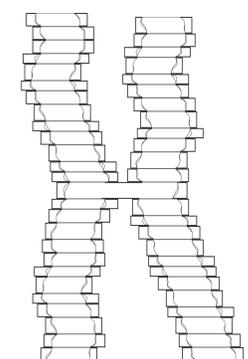


Module pour
jardin privé



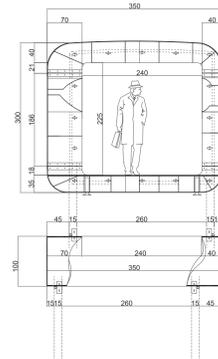
Module d'exposition

Module d'ateliers créatifs

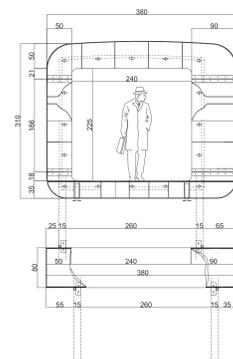


Module pour jardin public

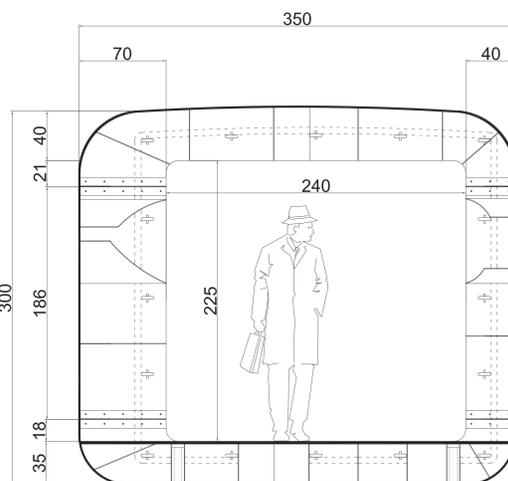
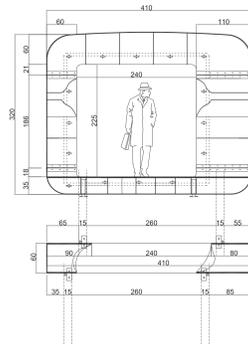
MODULE 1
Ech 1/50



MODULE 2
Ech 1/50



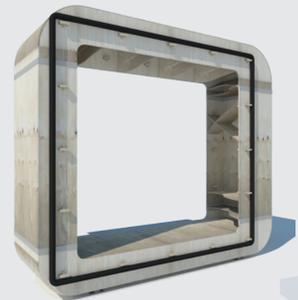
MODULE 3
Ech 1/50



MODULE 1
Ech 1/20

MODULE fonctionnement

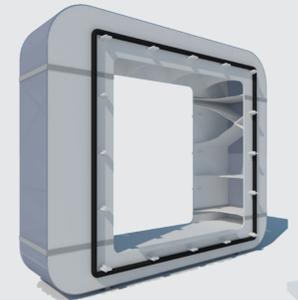
Schéma



MODULE 1
MODULE 1bis

// Western red
Cédar

Poids 287 Kg
Prix 489 €
Nombre pour un
stand de 25m² : 4



MODULE 2
MODULE 2bis

// Polycarbonate

Poids 308 Kg
Prix 557 €
Nombre pour un
stand de 25m² : 5



MODULE 3
MODULE 3bis

// Pin maritime

Poids 299 Kg
Prix 525 €
Nombre pour un
stand de 25m² : 4

Génie Civil Spécialité Architecture
Bois Construction 2012-2013 –
Un stand d'exposition démontable –
Novembre 2012

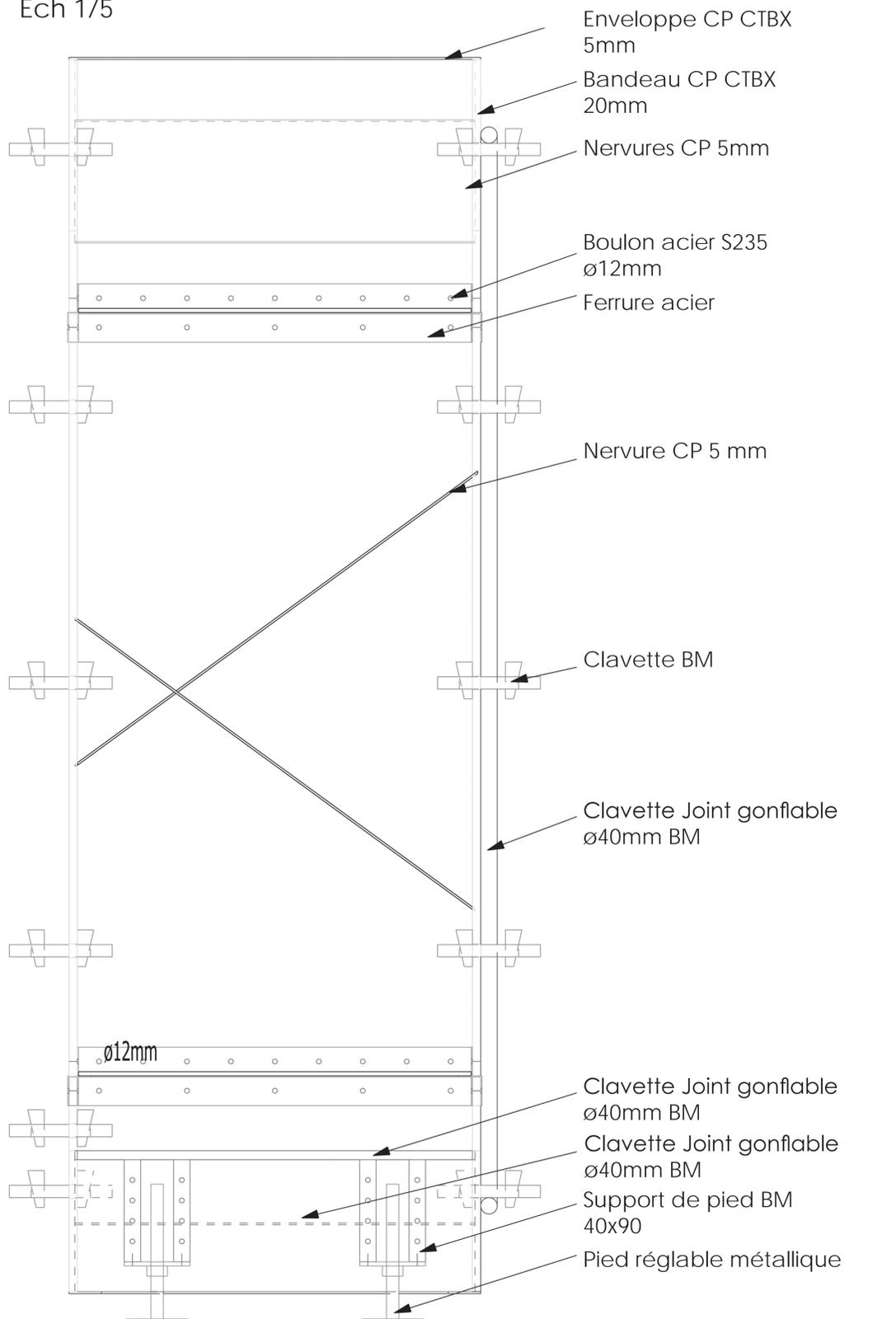


Anne-Sophie ACOMAT // Architecte
Léa BAGNY // Ingénieur
Aurèle CHARLET // Ingénieur
Gabriel GOZZO // Architecte
Pierre PALMA // Ingénieur



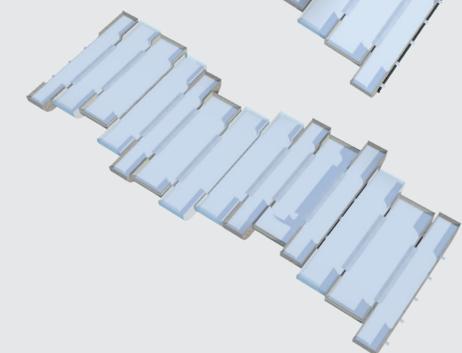
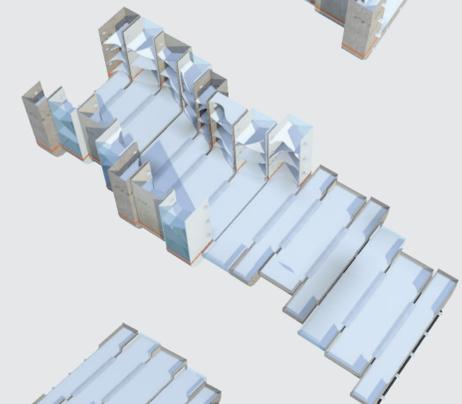
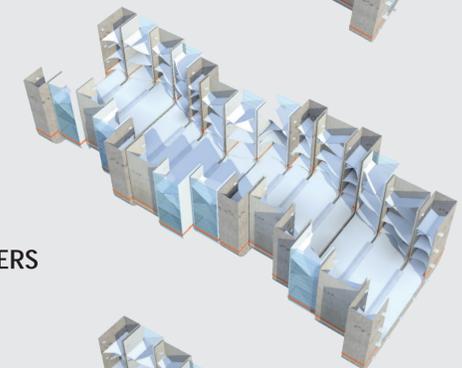
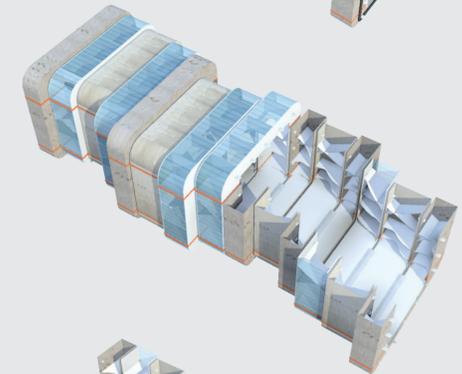
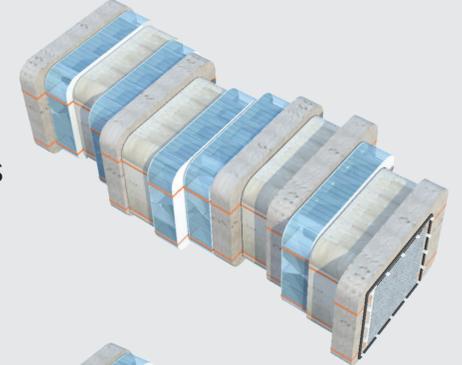
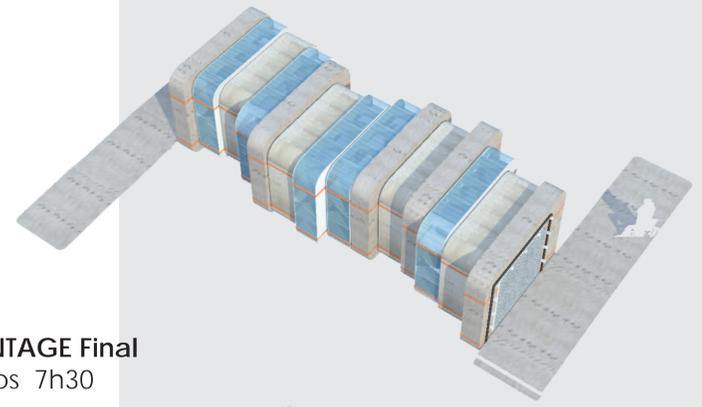
COUPE longitudinale

Ech 1/5



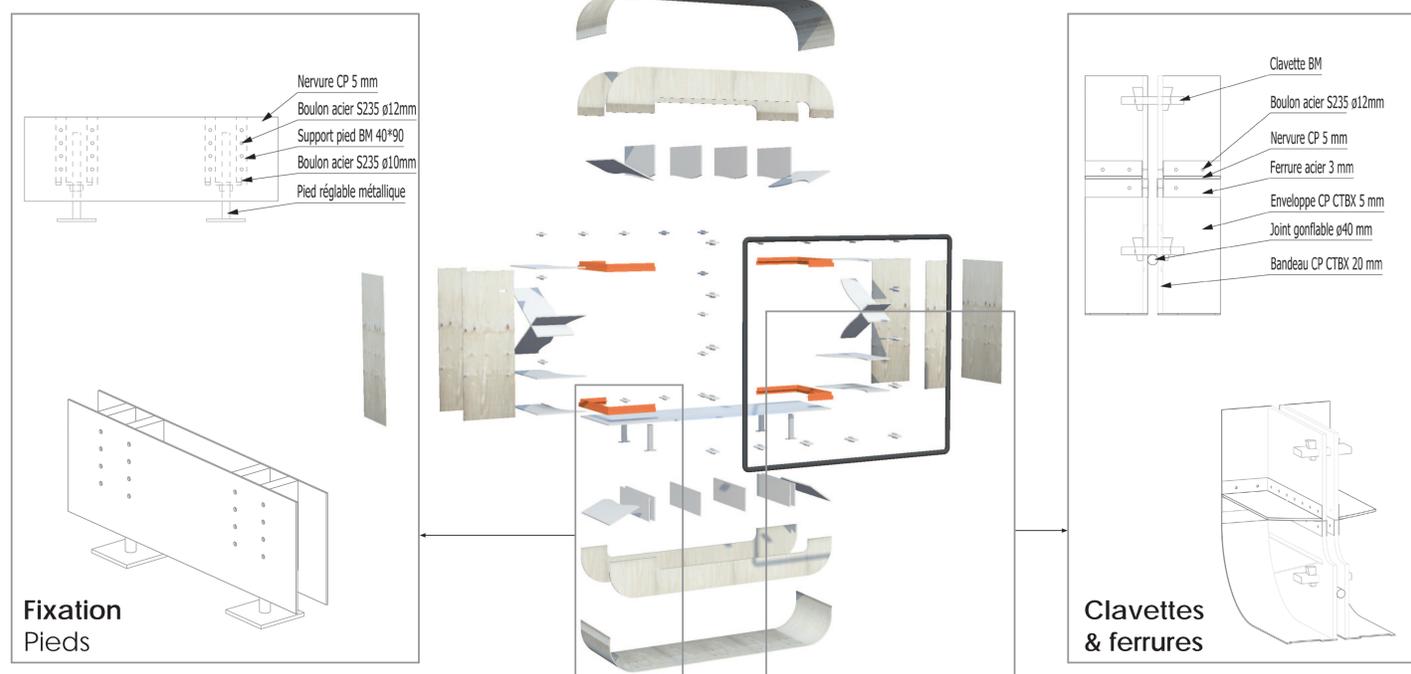
ETAPE de montage

Schéma



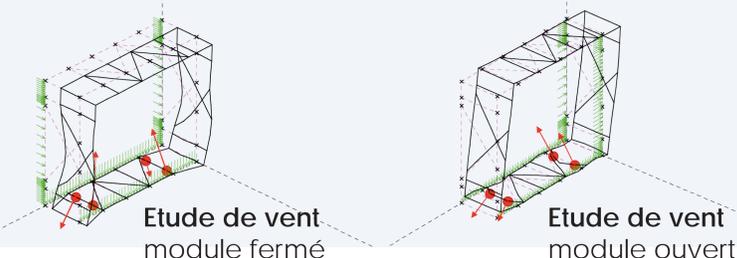
DÉTAILS de la structure

Schéma



DÉTAILS techniques

Schéma



Poids total maquette : 3863 Kg
 Prix total : 6841 €

Nombre de personnes : 3
 Volume total 71m³
 3 Camions de 22m³ avec hayon + remorque

Génie Civil Spécialité Architecture
 Bois Construction 2012-2013 –
 Un stand d'exposition démontable –
 Novembre 2012



Anne-Sophie ACOMAT // Architecte
 Léa BAGNY // Ingénieur
 Aurèle CHARLET // Ingénieur
 Gabriel GOZZO // Architecte
 Pierre PALMA // Ingénieur



Le Stand Démontable

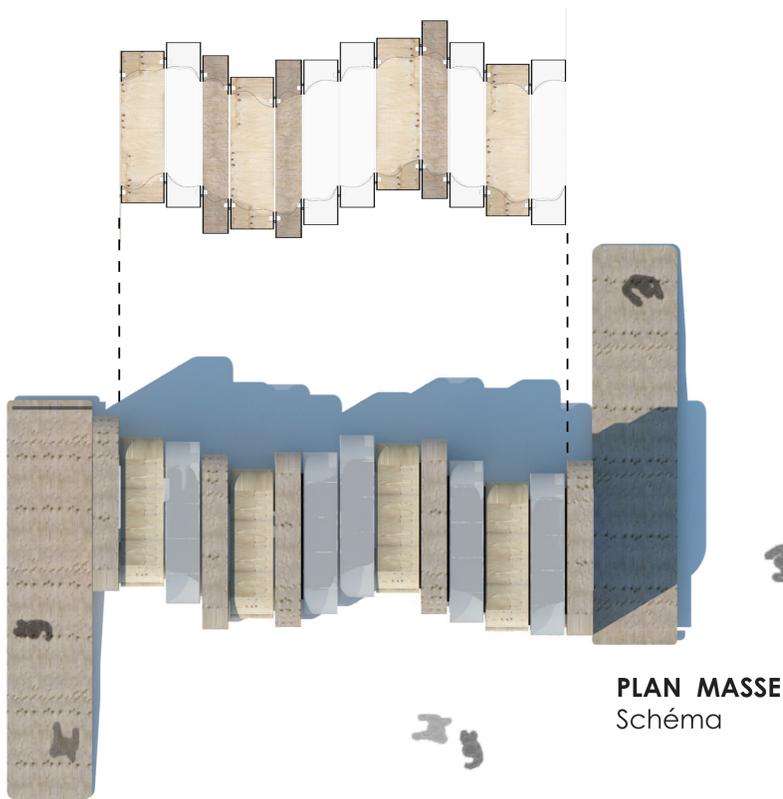


MODULE fonctionnement

Schéma

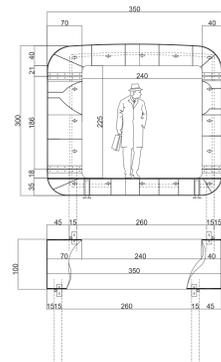
ELEMENTS d'architecture

Schéma



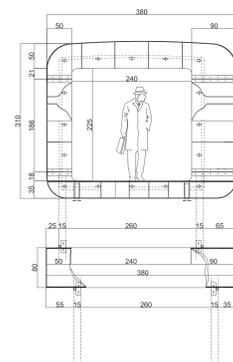
MODULE 1

Ech 1/50



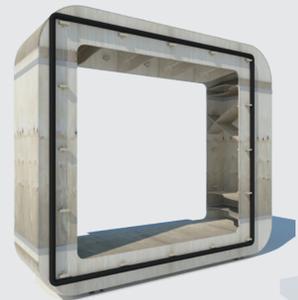
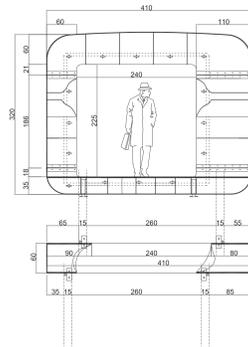
MODULE 2

Ech 1/50



MODULE 3

Ech 1/50

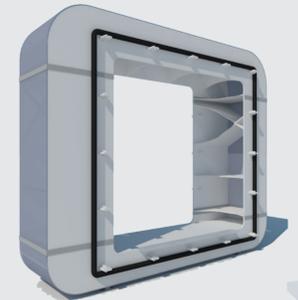


MODULE 1

MODULE 1bis

// Western red Cédar

Poids 287 Kg
Prix 489 €
Nombre pour un stand de 25m² : 4



MODULE 2

MODULE 2bis

// Polycarbonate

Poids 308 Kg
Prix 557 €
Nombre pour un stand de 25m² : 5



MODULE 3

MODULE 3bis

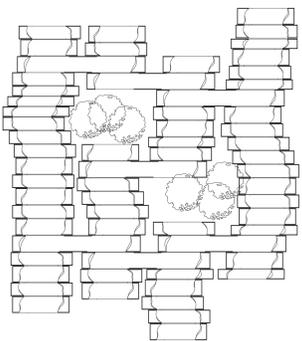
// Pin maritime

Poids 299 Kg
Prix 525 €
Nombre pour un stand de 25m² : 4

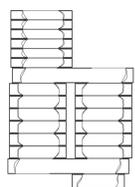
COMBINAISON et modularité

Schéma

Module environnemental

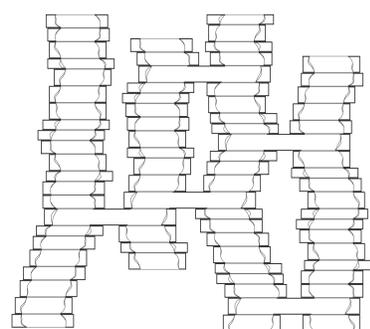
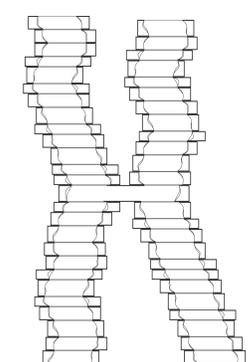


Module pour jardin privé

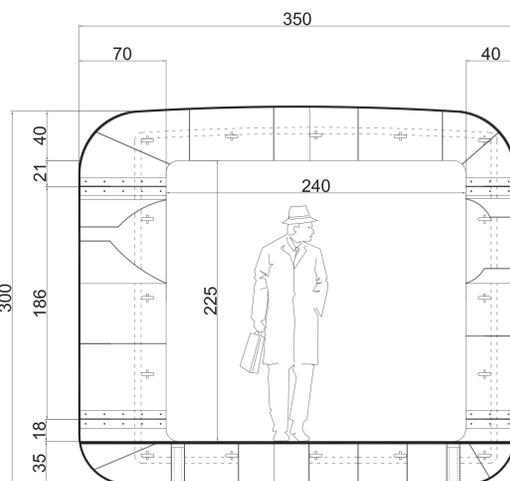


Module d'exposition

Module d'ateliers créatifs



Module pour jardin public



MODULE 1

Ech 1/20

Génie Civil Spécialité Architecture
Bois Construction 2012-2013 –
Un stand d'exposition démontable –
Novembre 2012

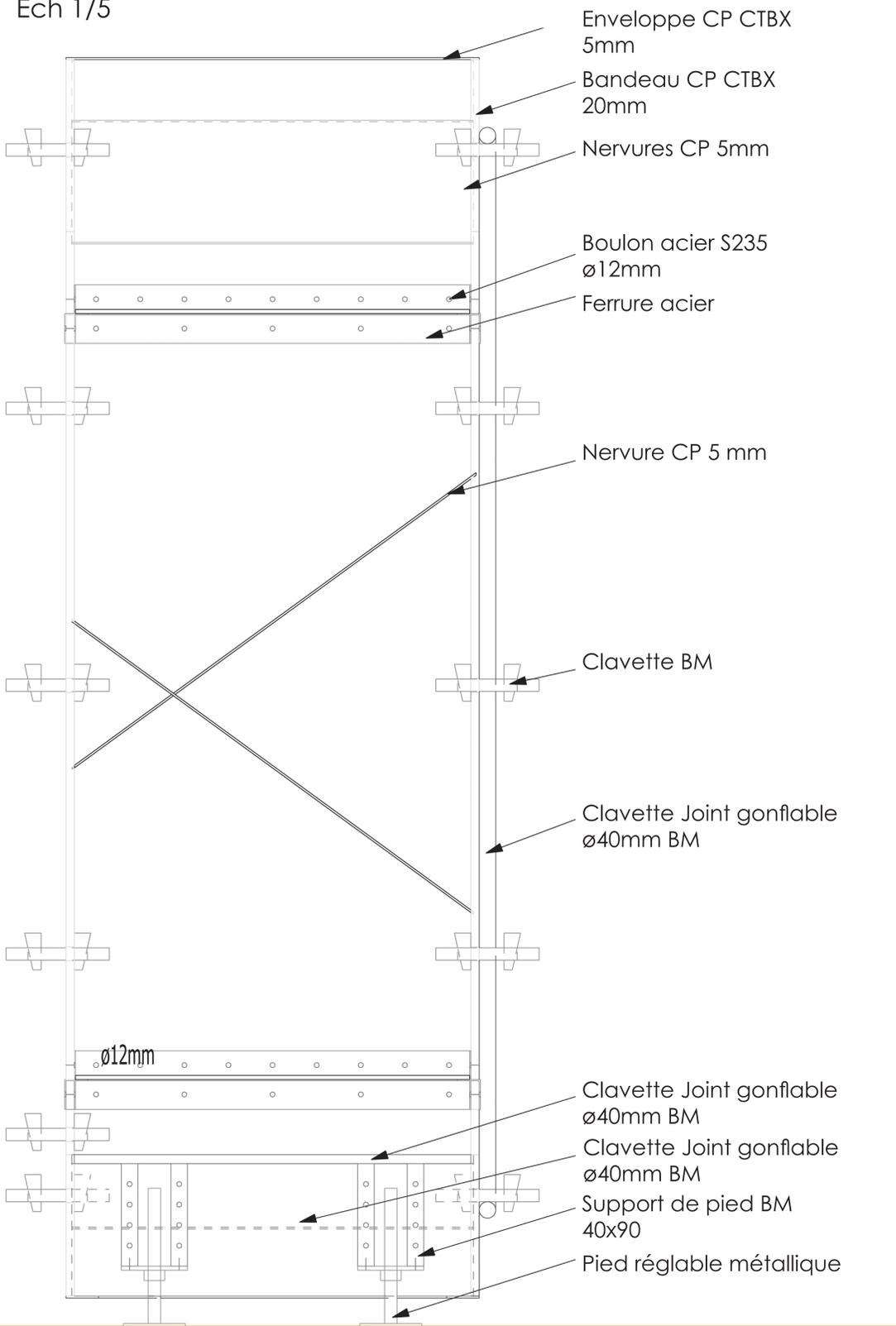


Anne-Sophie ACOMAT // Architecte
Léa BAGNY // Ingénieur
Aurèle CHARLET // Ingénieur
Gabriel GOZZO // Architecte
Pierre PALMA // Ingénieur



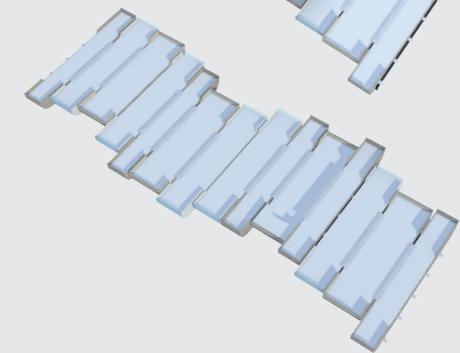
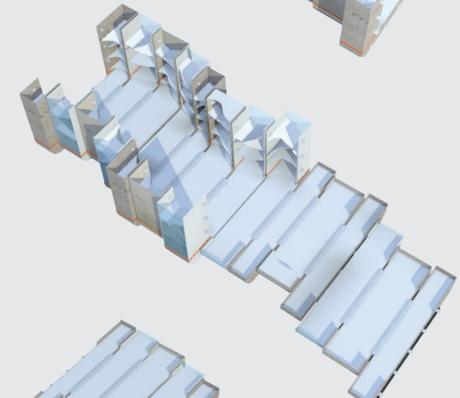
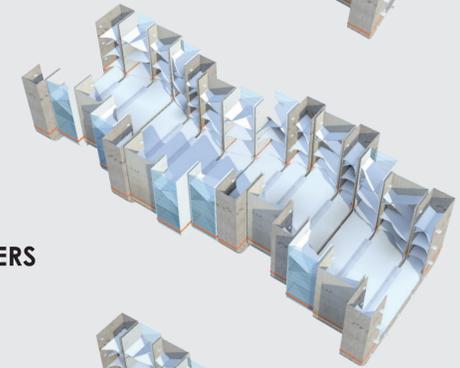
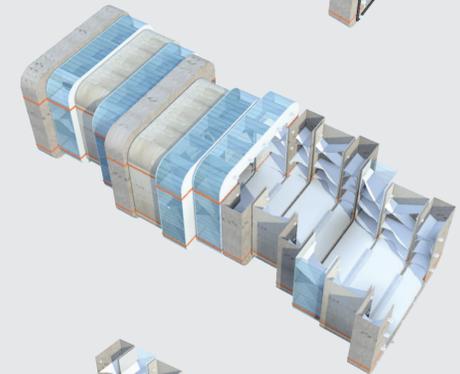
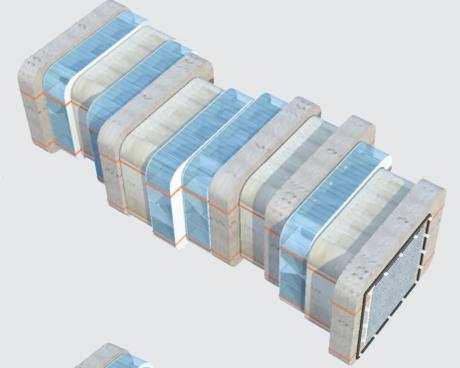
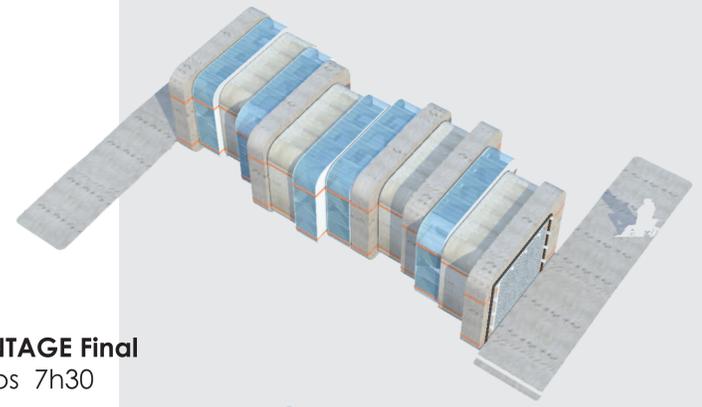
COUPE longitudinale

Ech 1/5



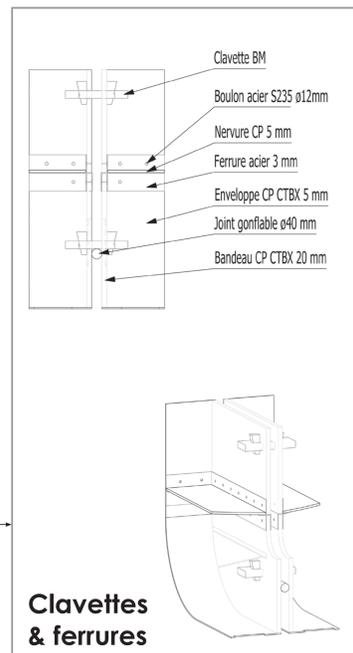
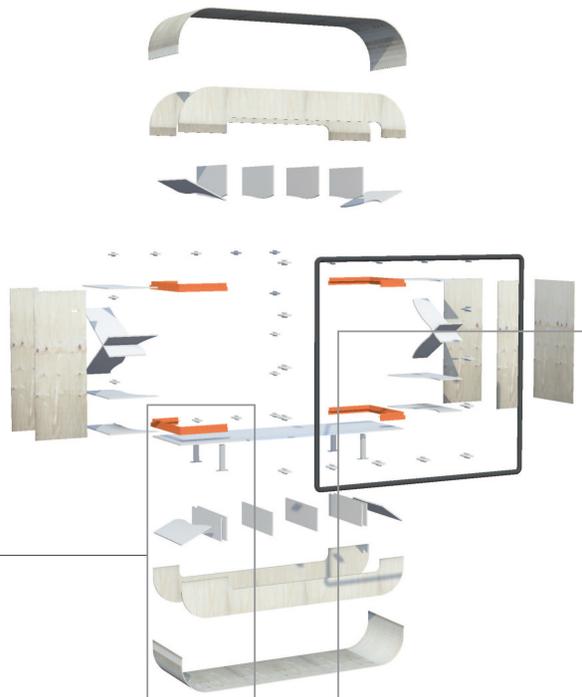
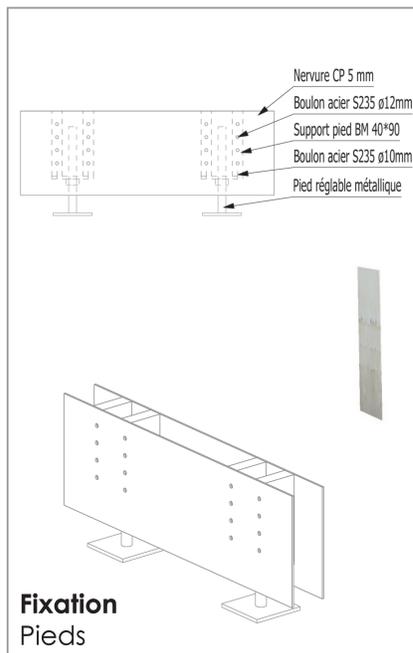
ETAPE de montage

Schéma



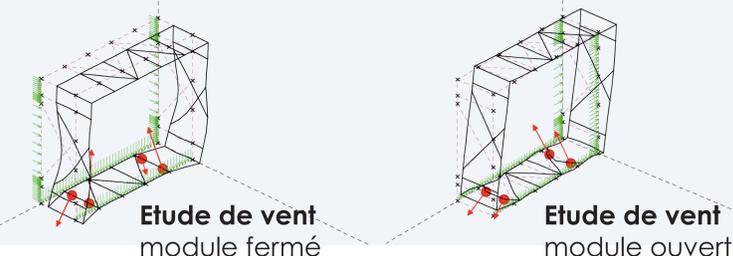
DÉTAILS de la structure

Schéma



DÉTAILS techniques

Schéma



Poids total maquette : 3863 Kg
 Prix total : 6841 €

Nombre de personnes : 3
 Volume total 71m³
 3 Camions de 22m³ avec hayon + remorque

Génie Civil Spécialité Architecture
 Bois Construction 2012-2013 –
 Un stand d'exposition démontable –
 Novembre 2012



Anne-Sophie ACOMAT // Architecte
 Léa BAGNY // Ingénieur
 Aurèle CHARLET // Ingénieur
 Gabriel GOZZO // Architecte
 Pierre PALMA // Ingénieur

