



**HAL**  
open science

## La tribune

Antoine Cochenec, Anne-Céline Deschizeaux, Simon Himpens, Pierre Palma,  
Jennifer Rein

► **To cite this version:**

Antoine Cochenec, Anne-Céline Deschizeaux, Simon Himpens, Pierre Palma, Jennifer Rein. La tribune. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2013. hal-01867642

**HAL Id: hal-01867642**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01867642>**

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](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>

# LA TRIBUNE

Projet pour le SAS Football // Epinal // Master ABC

## NOTICE ARCHITECTURALE ET TECHNIQUE



### Groupe C

Antoine COCHENNEC // Ingénieur

Anne-Céline DESCHIZEAUX // Ingénieure

Simon HIMPENS // Architecte

Pierre PALMA // Ingénieur

Jennifer REIN // Architecte

# NOTICE ARCHITECTURALE

## ANALYSE DU SITE ET PROBLEMATIQUE

Suite à une sollicitation de la part du SAS Football d'Epinal, nous nous sommes vu confié le projet de créer un espace de "Bodega" sur le site du SAS afin d'accueillir les partenaires et les sponsors de l'équipe durant les matches, mais également de créer un espace polyvalent permettant l'installation de bureaux et à plus long terme, d'une salle de sport et d'entraînement. Ce projet viendrait prendre place sur un lieu bien particulier sur le site et permettrait non seulement d'établir une articulation entre les différents équipements, sportifs ou non, mais également de venir requalifier l'ensemble du SAS Football.

### 1/ Analyse de site



*Plan actuel de l'organisation du site*

Lors de notre première visite sur le site de projet, un des premiers constats a été de remarquer l'hétérogénéité du lieu et de ses équipements. Le site est relativement étendu, différents niveaux de terrain sont à noter et les équipements sportifs sont éloignés les uns des autres, différents et à diverses échelles. Tous ces constats nous permettent dès lors de noter un fort potentiel sur ce site, ou le projet demandé par le SAS Football aurait véritablement à vocation de réunifier un lieu déjà fort de sa complexité. Nous notons également

que l'accès principal et l'emplacement du parking ne sont pas facilement reconnaissable lors de l'arrivée sur le site. Voilà donc encore des aspects qu'il nous faudra prendre en compte.

Dès lors, nous redessignons un plan global de réaménagement du site afin de pouvoir poser nos premières idées de projet. Notre idée première est de venir s'implanter contre la tribune Wassmer et de venir y greffer notre projet. Ce lieu représente pour nous une véritable charnière sur l'ensemble du site du SAS Football. Contre les anciennes tribunes Wassmer, il permettrait une requalification de ces tribunes en béton que nous savons être une idée de futur projet pour le SAS. Ainsi, le projet de bodega sur ces tribunes apporterait avec lui la résolution d'une des problématique du site, à savoir la requalification d'anciens équipements. De plus, le lieu en lui même nous situe entre le terrain d'entraînement et le stade, articulation majeure du site complet. Sa proximité avec les grandes tribunes et l'espace VIP permet ainsi un accès facile et rapide à la bodega, et les soirs ou il n'y a pas de match, la visibilité offerte par ce site de projet permet tout autant (par exemple pour les parents des enfants venant aux entraînements) de pouvoir observer l'entraînement sur le terrain synthétique que sur le terrain du stade.

Enfin, nous avons pour idée de redessiner l'organisation et l'accès global au site. L'accès principal se verrait décalé afin de pouvoir accéder plus facilement à la bodega, créant ainsi une nouvelle zone de stationnement pour les parents ou les VIP. L'accès secondaire pourrait être réservé aux équipes, et l'ancien accès principal aux abonnés et visiteurs les soirs de match.



*Plan projeté de la future organisation du site*

## 2/ Références de projets existants

Notre lien direct de greffe avec la tribune nous permet à ce moment de nous pencher vers des références de projets se déclinant sous forme de gradins ;



*Projet de l'hippodrome de Fontainebleau, Architectes : Joly&Loiret*

Ce projet nous a particulièrement séduit car il s'agit là d'une réhabilitation de gradins existants en les requalifiant à l'aide du bois comme matériau principal de construction.



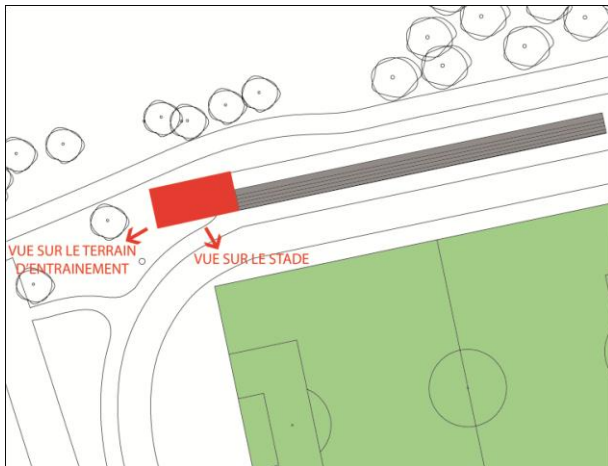
*Projet de terminal de ferry, Architecte : Yokohama*



*La maison gradin, Architecte : Y+M*

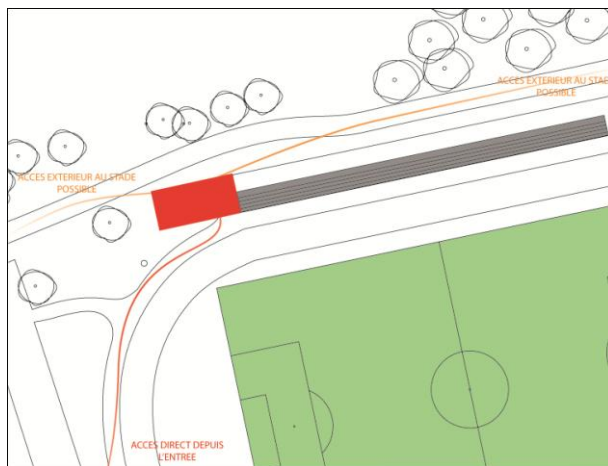
Enfin, le projet de terminal de ferry de Yokohama et la maison gradin du cabinet Y+M nous ont également permis d'avancer notre réflexion sur le jeu de strates qu'ils mettent en avant et la création d'espaces de qualité dessinés grâce à ses tribunes.

### 3/ Problématique, réflexion et mise en place du projet.



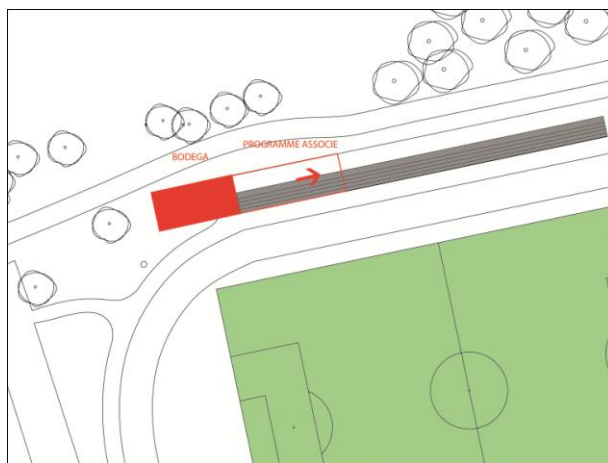
1/

Notre première réflexion sur ce terrain a été celle de l'emplacement, que nous avons choisi central au bout des gradins Wassmer. Cette position nous permet d'une part un point de vue privilégié et direct sur le stade et d'autre part un second point de vue sur le terrain d'entraînement. Enfin cette position le rend accessible par tous les acteurs du SAS Football.



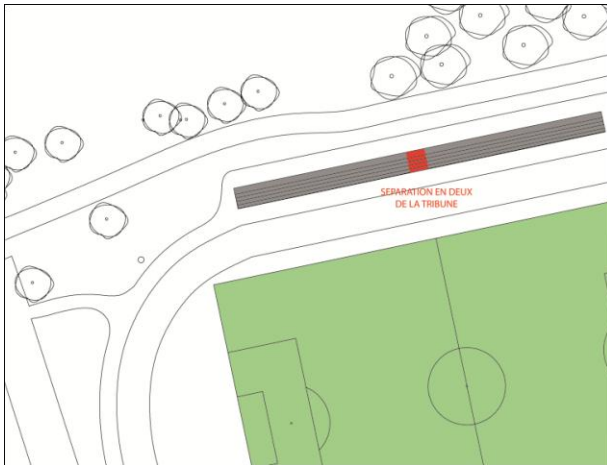
2/

Pour ce qui est des accès, cet emplacement nous permet également de revaloriser un chemin déjà existant à l'arrière des gradins en en faisant donc l'accès principal à la Tribune. L'accès depuis les grandes tribunes du stade est quand à lui déjà présent sur les abords du stade.



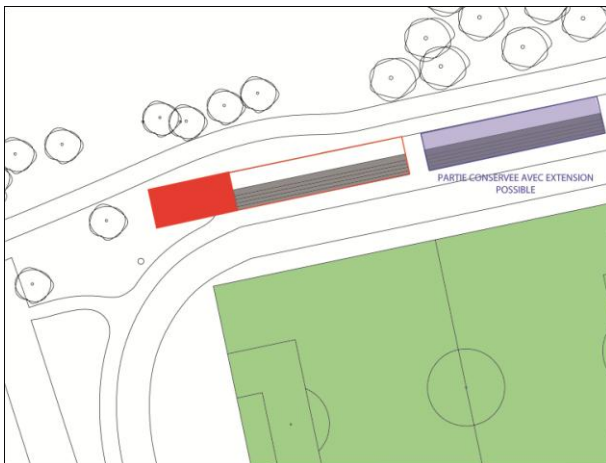
3/

Le programme principal de ce projet, à savoir la bodega, nous semble alors prendre naturellement place en extrémité de ces gradins. Puis, notre réflexion nous pousse à envisager le développement du programme associé à cette bodega vers ces mêmes gradins, sous la forme d'une greffe qui viendrait revaloriser les tribunes existantes.



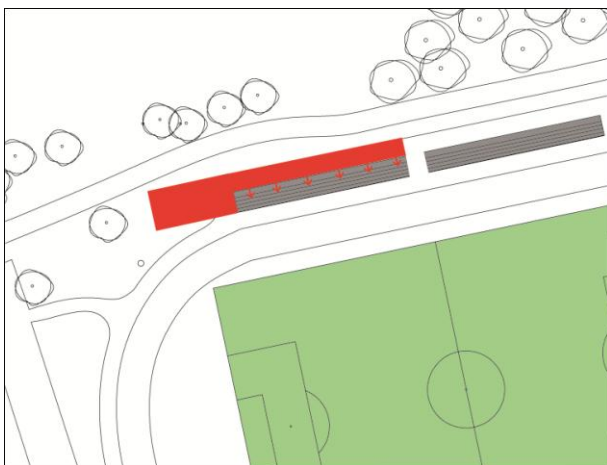
4/

Afin de pouvoir organiser un phasage dans ce projet, nous décidons de scinder les tribunes actuelles en deux parties. La partie Ouest nous servira d'accroche principale du projet, tandis que la partie Est pourra voir dans un second temps le développement ultérieur du projet complet.



5/

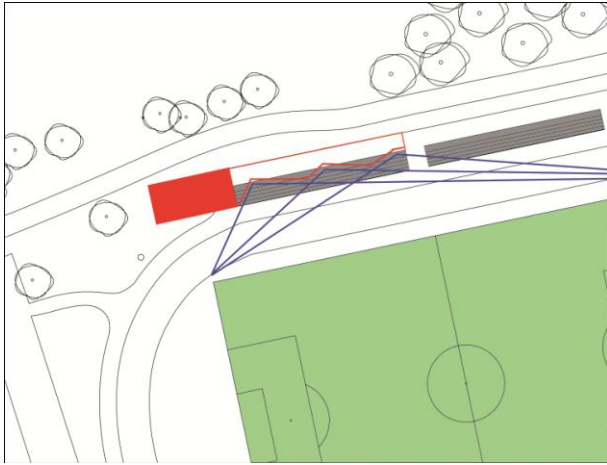
Le projet s'établit donc dans sa première phase sur la revalorisation des tribunes Ouest, les tribunes Est étant conservées pour le moment, dans l'éventualité d'une seconde phase de projet les englobant entièrement.



6/

Une fois ce découpage et phasage effectué, nous mettons en place le programme associé à la bodega qui aura pour idée de se placer à l'arrière des tribunes et de se tourner vers le stade, vers le Sud, dans le but de venir chercher vues et apports solaires.





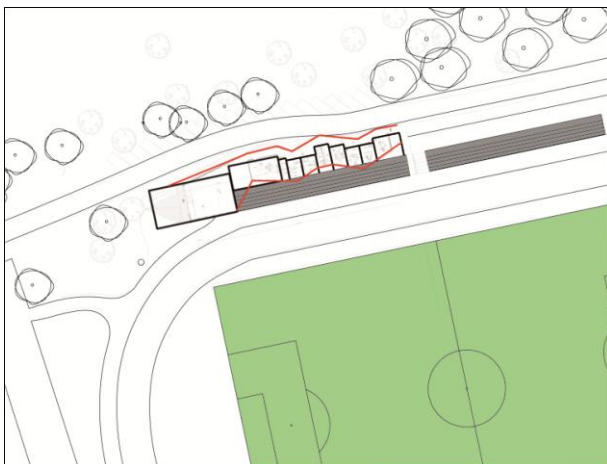
7/

Toujours dans cette optique de venir chercher des vues et de l'apport solaire au Sud, le projet va monter au dessus des gradins actuels et se découper selon les angles de vues du public. En effet, ces derniers doivent pouvoir observer le match et la totalité du terrain, peu importe leur emplacement sur les gradins.



8/

Suite à ce découpage et à ces vues mises en place, le programme du projet vient donc prendre place sous les tribunes existantes et se déroule à l'arrière, toujours avec ce souci de venir chercher la lumière par dessus les gradins.

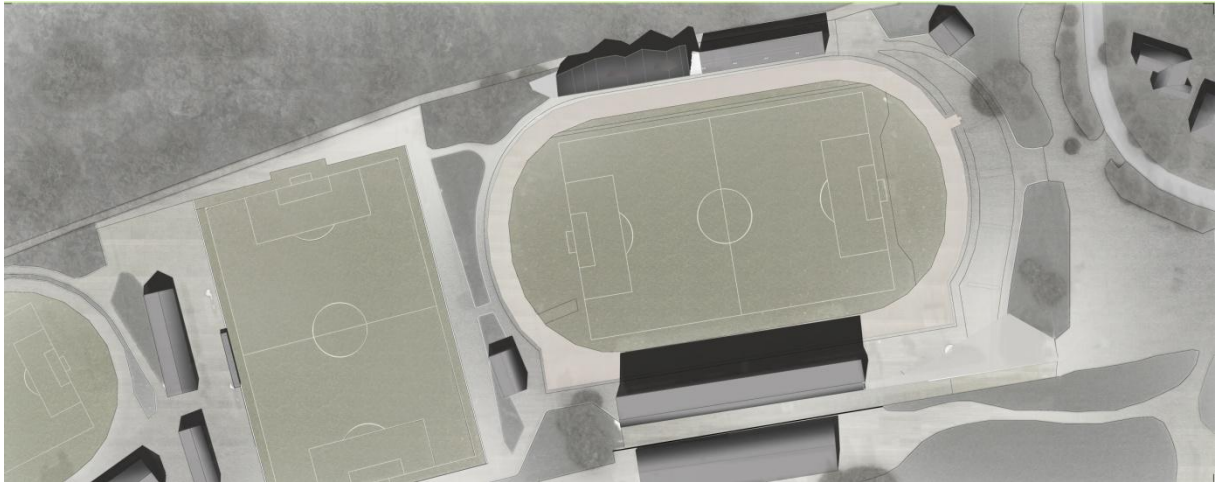


9/

Finalement, c'est ainsi que vient se mettre en place la totalité du projet. La ligne cassée de la façade Sud vient donner son dessin à celle de la Façade Nord dans un souci d'équilibre du projet. Les lignes cassées donnent son identité au projet, son volume, sa richesse.

# PRESENTATION DU PROJET

## 1/ Requalifier les espaces existants



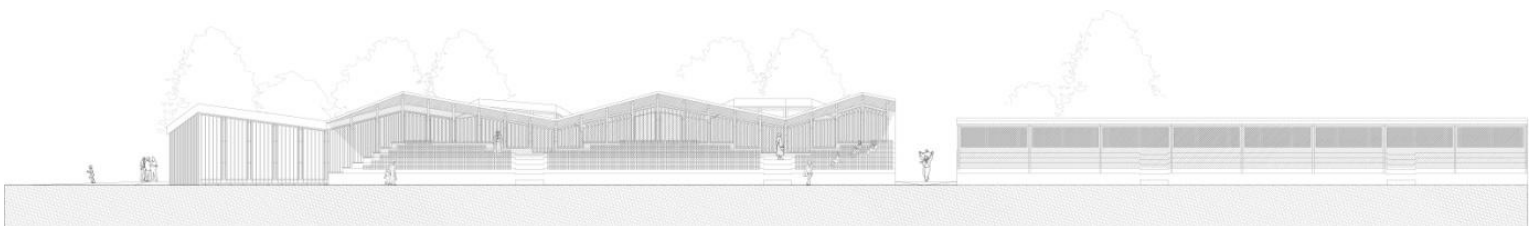
*Plan masse de l'insertion du projet dans son site*

*« Dans un monde où tout est séparé et divisé, il faut REUNIR car si cette division est accentuée nous ne pourrions aller que vers une situation de démente. »*

Patrick BOUCHAIN.

Le parti pris architectural du projet de La Tribune n'est pas de proposer un nouvel objet singulier de 'Bodega' sur un territoire déjà chargé de diversité mais de réunir, par une requalification des gradins Wassmer, les différents acteurs qui font le SAS d'aujourd'hui: les partenaires, les utilisateurs du quotidien et bien sur les supporters des soirs de match.

La commande d'une Bodega, lieu d'accueil pour les partenaires, nous paraît être l'occasion de requalifier les gradins Wassmer afin de les moderniser et d'en faire une nouvelle tribune. Ces gradins paraissent en désaccord avec la volonté du SAS de faire du site de la Colombière un stade exemplaire. L'investissement considérable d'une telle rénovation pourrait alors être absorbé en partie par l'apport des subventions privées liées aux partenaires. De plus, la localisation de ces gradins, orientés plein Sud, favorise l'implantation d'un bâtiment basse consommation sur ce site de la Colombière. Au-delà des questions écologiques que pose la création architecturale de nos jours, le projet bois de La Tribune est un acte exemplaire pour le développement du SAS Football.



*Elévation Sud des nouvelles tribunes depuis les grandes tribunes du stade*

Le projet propose donc de scinder les gradins en deux parties en y adossant une partie administrative et de services et en y greffant un espace de festivités. On distingue clairement sur l'élévation la différenciation entre le projet et les tribunes existantes.



*Plan de l'organisation interne du projet*

Trois interventions architecturales se distinguent :

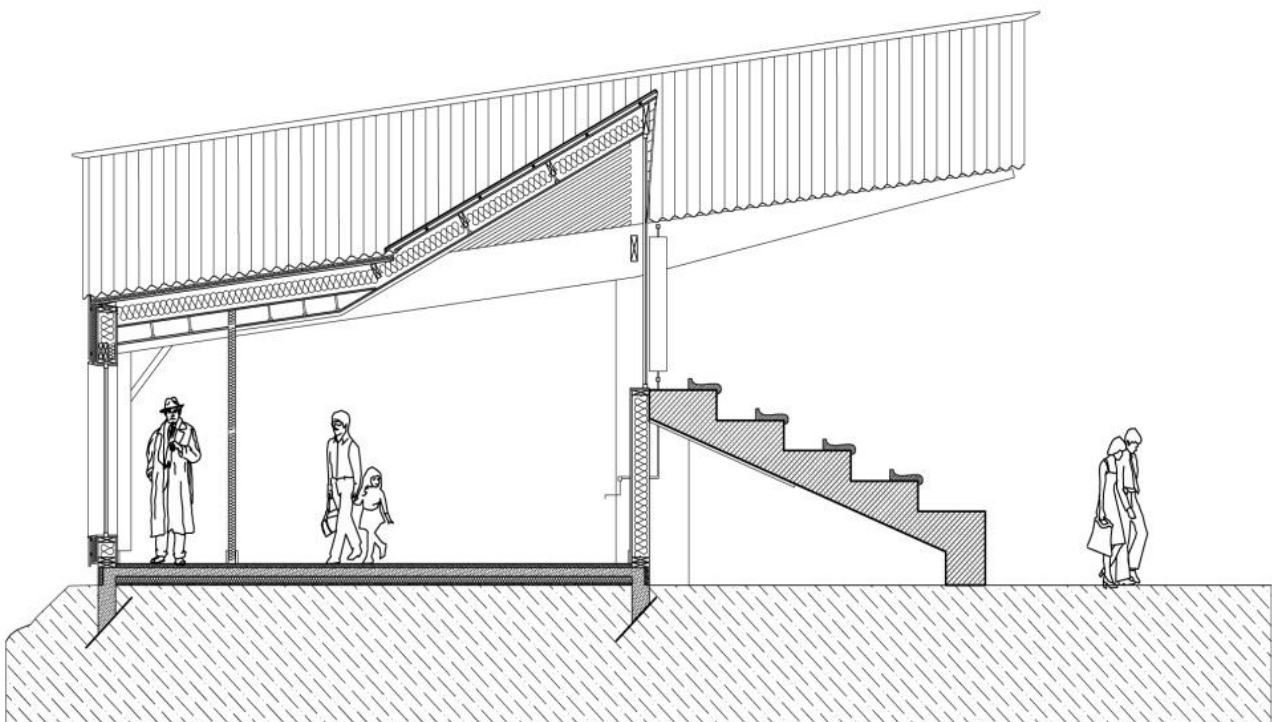
**- LA BODEGA**



*Vue intérieure de la bodega*

L'espace Bodega qui vient se loger en prolongement direct des gradins, s'ouvre sur le terrain d'honneur et offre une vue sur le synthétique. Sa position répond donc à la modularité désirée par le SAS: un lieu de réception les soirs de match et un espace d'accueil pour les utilisateurs du club au quotidien, dont l'activité s'articule sur le terrain synthétique. Cet espace est donc constitué de simples portiques pour offrir un lieu généreux, simple et modulable. Accessible par un cheminement extérieur, il peut accueillir des activités multiples : une réception de la Mairie, une salle des fêtes pour un mariage... L'usage hors saison doit être pensé dès la conception et peut représenter une forme de financement. Quelques places de parking sont donc aménagées pour faciliter cet accès extérieur. Cet espace Bodega, comme l'ensemble du projet Tribune est fermé au Nord et s'ouvre vers le Sud pour répondre aux contraintes énergétiques et profiter pleinement de l'orientation des gradins Wassmer. Son dessin en plan ainsi que sa toiture en pans cassés participent à créer une identité forte ainsi qu'une continuité avec l'ensemble du projet.

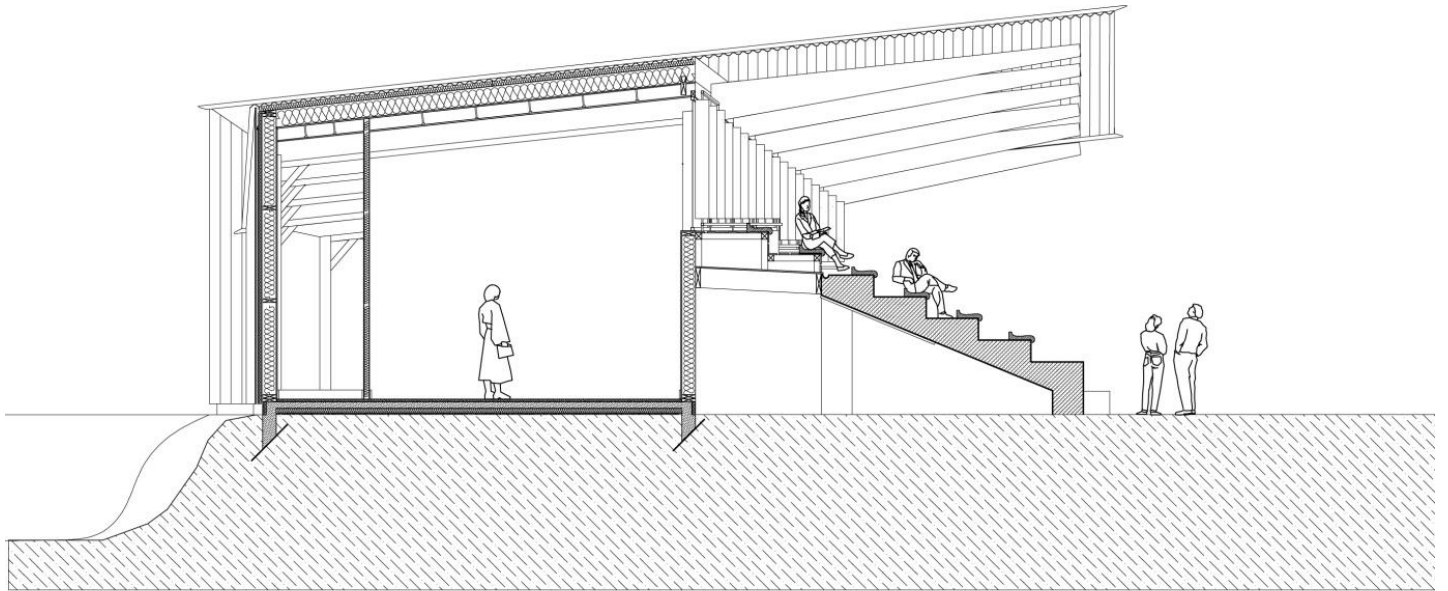
### **- L'ESPACE DE SERVICE**



*Coupe sur un des espaces de service avec ouverture en chien assis*

Dans la continuité de la Bodega vient s'adosser aux gradins Wassmer l'espace de services: Une bande programmatique derrière la structure béton préservée qui accueille, depuis l'espace de réception : l'office, des espaces de rangements, les toilettes et 4 bureaux pour l'administration. Les espaces généreux proposés par le projet, jusqu'à 4 mètres sous plafond, favorisent l'installation de l'administration du SAS Football dans ce corps de bâtiment. On profite de l'orientation des gradins existants : la circulation se situe au Nord, la bande programmatique est adossée aux gradins pour profiter par surélévation des apports naturels, et les réseaux et espaces techniques se développent sous le gradin. Un système de volets en bois par commandes manuelles ou électriques permet la protection des baies vitrées lors des soirs de matchs, tout en servant de pare-soleil pour l'espace Bodega.

La toiture en bac acier de cette bande programmatique, adossée à la structure béton existante, permet, par le prolongement des éléments porteurs en bois, de proposer une nouvelle couverture aux supporteurs. L'apport de lumière dans les espaces de services est géré par un système de rampants et de chien assis. Ce dessin fait appel au langage vernaculaire du chalet et de sa toiture à rampants pour redonner une échelle plus petite à ce long élément linéaire des gradins. Depuis la tribune d'honneur, on peut alors distinguer deux petites collines en zinc qui viennent se loger dans les noues de la toiture.



*Coupe sur un des espaces de service avec rajout de gradins bois*

### **- L'ESPACE SUPPLEMENTAIRE**

L'espace supplémentaire se développe dans la continuité de l'espace de services, sur la 2<sup>ème</sup> partie des gradins. Il accueillera les futurs éléments nécessaires à la vie du SAS : salle de musculation etc... Le programme exceptionnel de la Bodega n'est que prétexte à la rénovation générale des gradins. En plus d'être un élément identitaire du stade, il est conçu comme une projection dans le futur.



# NOTICE TECHNIQUE

## ANALYSE CONSTRUCTIVE

### 1/ Hypothèses de calcul

L'étude neige et vent de notre structure va nous permettre de définir nos charges s'appliquant sur notre structure lors de chute de neige ou de présence de vent. Cela nous permettra d'établir nos combinaisons de charges et de dimensionner notre structure pour le cas le plus défavorable.

#### - Etude neige

Pour l'étude de neige nous avons posé des hypothèses sur le bâtiment. Premièrement l'ensemble du bâtiment sera soumis à la même charge de neige. Pour les zones d'accumulation de neige nous avons considérés que ces sont ces zones qui dimensionnerons la charge maximale. Nous allons ainsi dans le sens de la sécurité et nous compensons notre seconde hypothèse : notre toiture est en pente selon deux directions et qui plus est selon des angles variables. Pour simplifier le calcul, nous choisirons donc la pente unique la plus défavorable et calculerons avec cette pente. Cette simplification impacte peu les calculs car les pentes réelles sont très proches les uns des autres et en considérant une accumulation sur toute la toiture nous approximations au maximum de la réalité.

Nous avons effectué nos calculs à l'aide de l'Eurocode 1 (Actions sur les structures) et l'Eurocode 5 (Calcul des structures bois).

#### Hypothèses de calcul :

$$\text{Zone B1 : } s_{k,0} = 0.55 \text{ kN/m}^2$$

$$S_{ad} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Altitude du projet : entre 500 et 1000 m  $1.5 \cdot A / 1000 - 0.4$  avec  $A =$  hauteur projet = 700m

$$\text{Donc } s_k = 1.15 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Charge de neige } S_d = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k + s_1$$

$$\text{Charge de neige accidentelle } S_{ad} = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{ad} + s_1$$

$C_t = 1.0$  ;  $C_e = 1.25$  ;  $\mu_i = 0.8$  avec accumulation de neige dans les zones protégées on prendra une majoration de 50% de cette valeur, donc  $\mu_i = 1.2$

$$s_1 = 0.2 \text{ kN/m}^2 \text{ car notre pente de toiture est inférieure à 3\%}$$

Finalement :

$$S_d = 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.25 \cdot 1.15 + 0.2 = \underline{\underline{19.3 \text{ daN/m}^2}}$$

$$S_{ad} = 1.2 \cdot 1.0 \cdot 1.25 \cdot 1.00 + 0.2 = \underline{\underline{17.0 \text{ daN/m}^2}}$$

## - Etude vent

Pour l'étude de vent nous avons divisé notre structure en trois parties. L'étude de la toiture du gradin (demi-portique), le reste de la toiture (toiture des salles) et l'étude de vent sur les murs de notre bâtiment.

### Toiture du gradin

L'étude des gradins est particulière car il ne s'agit pas d'une étude classique de toiture avec des coefficients de pression intérieurs et extérieurs mais d'une structure de toiture isolée définie par norme NF EN 1991-1-4 sur les bâtiments ouverts caractérisés par l'existence d'ouverture supérieure à 30% de l'aire. Ce calcul ne prend pas en compte l'existence de coefficient de pression intérieure et extérieure mais directement un coefficient de pression net.

Le calcul de la pression dynamique de pointe s'effectue de manière classique :

- Vitesse de référence  $v_{b,0} = 24$  m/s car Epinal se situe ne zone de région 2.

$$V_b = C_{dir} * C_{saison} * v_{b,0}$$

$$\text{Avec } C_{dir} = 1,0 ; C_{saison} = 1,0$$

$$\text{Donc } V_b = 24 \text{ m/s}$$

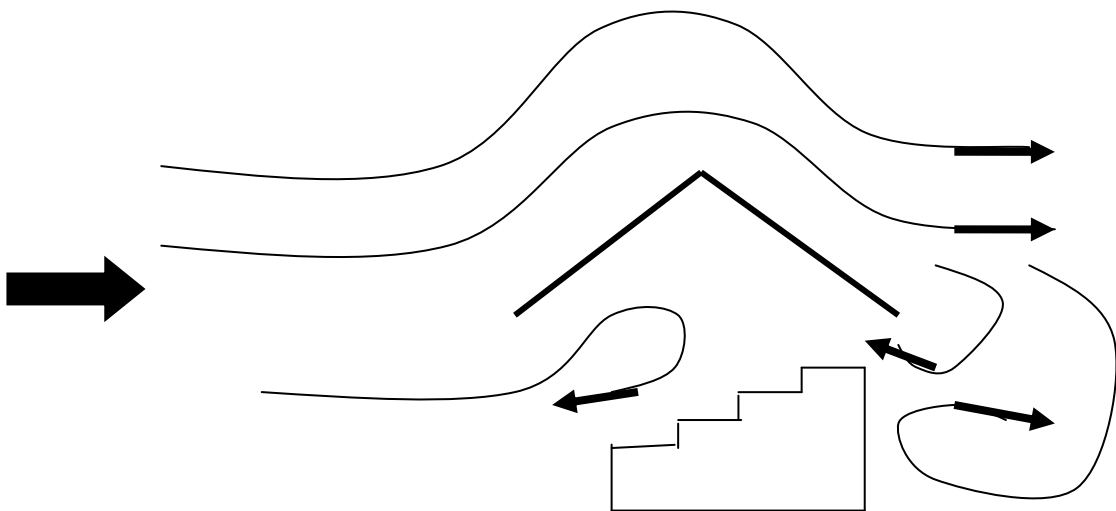
- Pression dynamique de pointe  $q_{p(z)} = C_{e(z)} * \frac{1}{2} * \rho * v_b^2$

Avec catégorie de rugosité du terrain de type IIIa pour un  $z_0 = 0,2$  m et  $z_{min} = 5$  m donc  $C_{e(z)} = 1,4$  ;  $\rho = 1,225$  kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Donc } q_{p(z)} = 1,4 * \frac{1}{2} * 1,225 * 24^2 = 49,3 \text{ daN/m}^2.$$

- Coefficient de pression net  $C_{pnet}$

Notre toiture isolé ce comportera de manière schématisé ci-dessous :

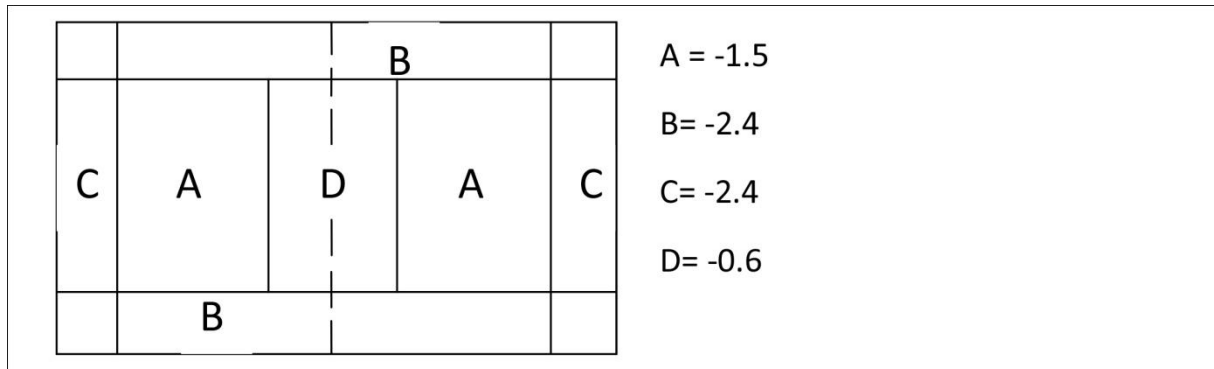


*Schéma de comportement au vent de la toiture du projet*

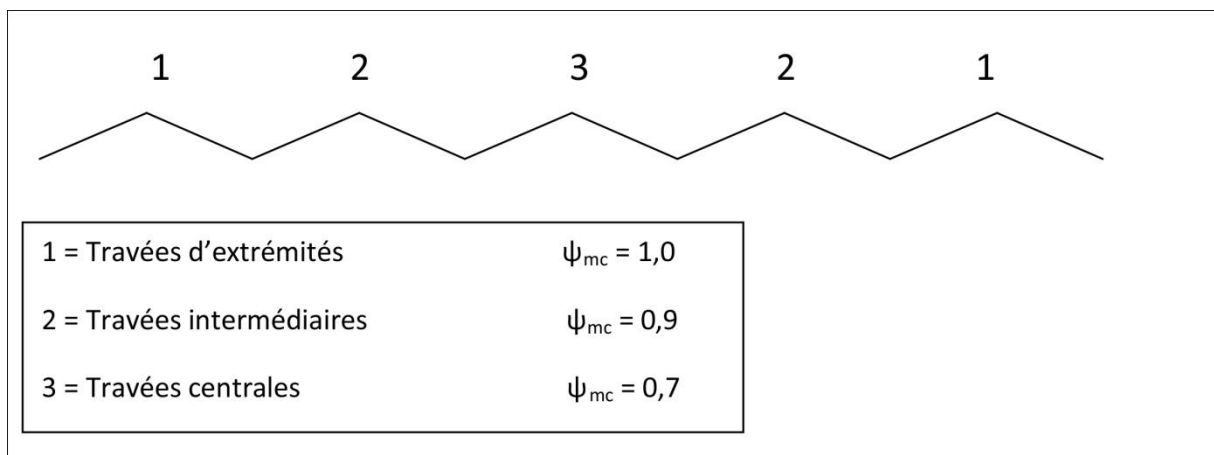
Pour ce type de configuration, il est nécessaire de définir le pourcentage d'obstruction que représentent les éléments situés sous la toiture isolée. En général l'Eurocode préconise de choisir une valeur d'obstruction  $\phi$  soit égale à 0 soit égale à 1. Dans notre cas et pour notre projet les gradins occupent un espace important sous la toiture. Et l'espace arrière des gradins est soit comblé par les bâtiments soit comblé par un bardage bois semi fermé. Nous prendrons donc un coefficient  $\phi=1$ .

Nous avons une toiture à deux versants avec un angle de toiture variable de 10 à 15°. Pour aller dans le sens de la sécurité et dimensionner de manière suffisante nos éléments avec des charges réelles nous appliquerons le calcul en considérant un angle de 10° sur l'ensemble de la toiture.

Nous obtenons le schéma de chargement suivant avec les valeurs de  $C_{pnet}$ :



Nous devons également appliquer un coefficient de réduction de ces valeurs car nous avons une toiture multiple :



Nous prendrons comme hypothèse simplificatrice un coefficient de réduction de vent constant sur l'ensemble de la toiture, ce qui engendrera une augmentation des charges sur les travées centrales et intermédiaires et ira dans le sens de la sécurité.

Nous pouvons maintenant calculer l'effort de vent qui s'appliquera sur la toiture :

$$W = Q_b * (C_{pnet})$$

Nous posons comme hypothèse une simplification par moyenne des zones de chargement sur la toiture. Ainsi nous prendrons le cas où le coefficient est le plus grand positivement (pression vers l'intérieure de la toiture) et le plus grand négativement (pression de soulèvement).



Donc  $W = 49,3 * (-1.7) = 83.9 \text{ daN/m}^2$  (Surpression)

$W = 49,3 * (+1.7) = 19.8 \text{ daN/m}^2$  (Dépression)

### Toiture des salles

Le reste de la toiture se divise en la toiture de la grande salle à deux pentes et la toiture de l'arrière des gradins et des bâtiments ajoutés aux gradins à une pente. Nous effectuerons le calcul de vent pour une toiture à deux versants et considérerons que le versant allant vers les gradins gardera sa charge de vent sur toute la longueur. Ceci est d'autant plus vrai que les pentes de toiture diminuent vers les gradins et que donc les efforts de vent seront même moindres.

- Vitesse de référence  $v_{b,o} = 24 \text{ m/s}$  car Epinal se situe ne zone de région 2.

$$V_b = C_{dir} * C_{saison} * v_{b,o}$$

Avec  $C_{dir} = 1,0$  ;  $C_{saison} = 1,0$

Donc  $V_b = 24 \text{ m/s}$

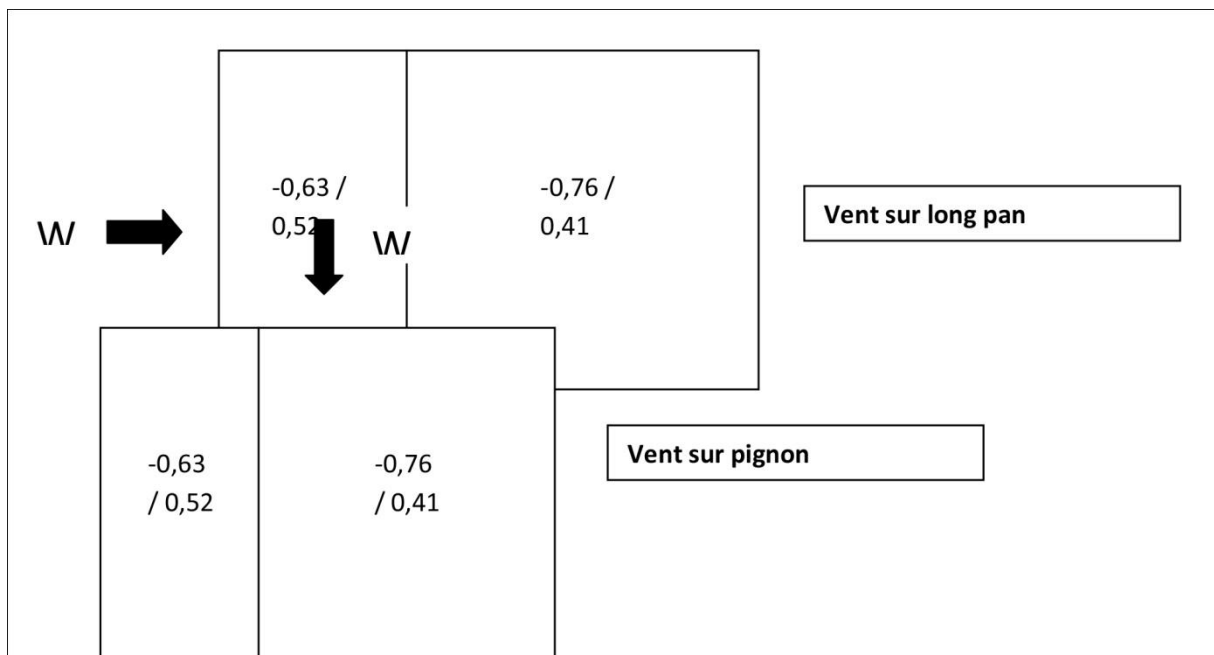
- Pression dynamique de pointe  $q_{p(z)} = C_{e(z)} * \frac{1}{2} * \rho * v_b^2$

Avec catégorie de rugosité du terrain de type IIIa donc  $C_{e(z)} = 1,55$  ;  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$

Donc  $q_{p(z)} = 1,4 * \frac{1}{2} * 1,225 * 24^2 = 54,83 \text{ daN/m}^2$ .

- Coefficient de pression net  $C_{pint} - C_{pext}$

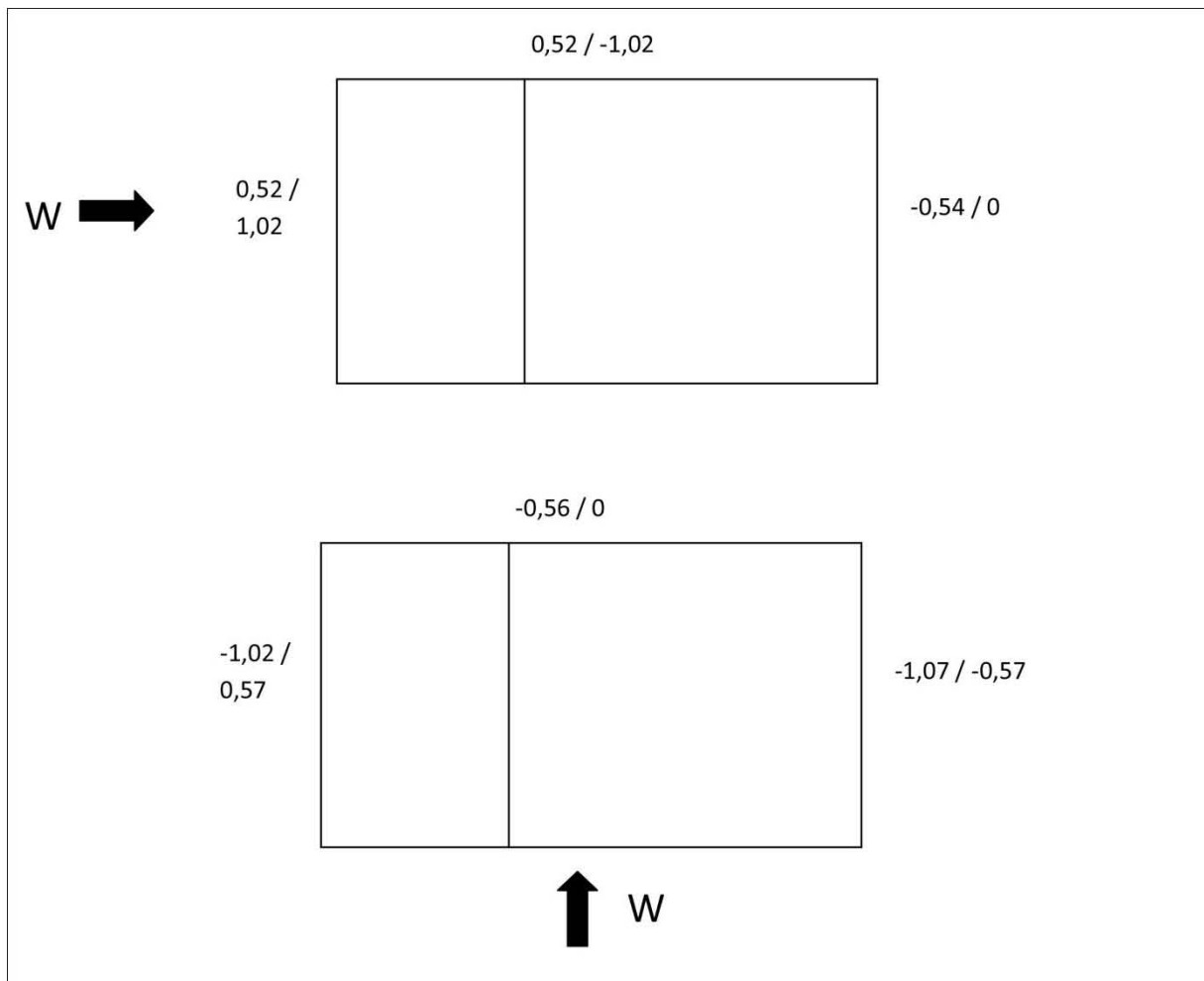
Nous obtenons le schéma de coefficient suivant :



Les valeurs négatives représentent la surpression sur le bâtiment tandis que les valeurs positives représentent la dépression sur le bâtiment.

### Murs du bâtiment

L'étude vent sur les murs du bâtiment est également complexe car la forme du bâtiment et les variations de celui-ci en font une structure unique. Nous avons ainsi calculé notre bâtiment comme un élément plein, de forme simplifiée en prenant en compte les effets des renforcements et des hauteurs variables. Pour le calcul de vent nous obtenons :

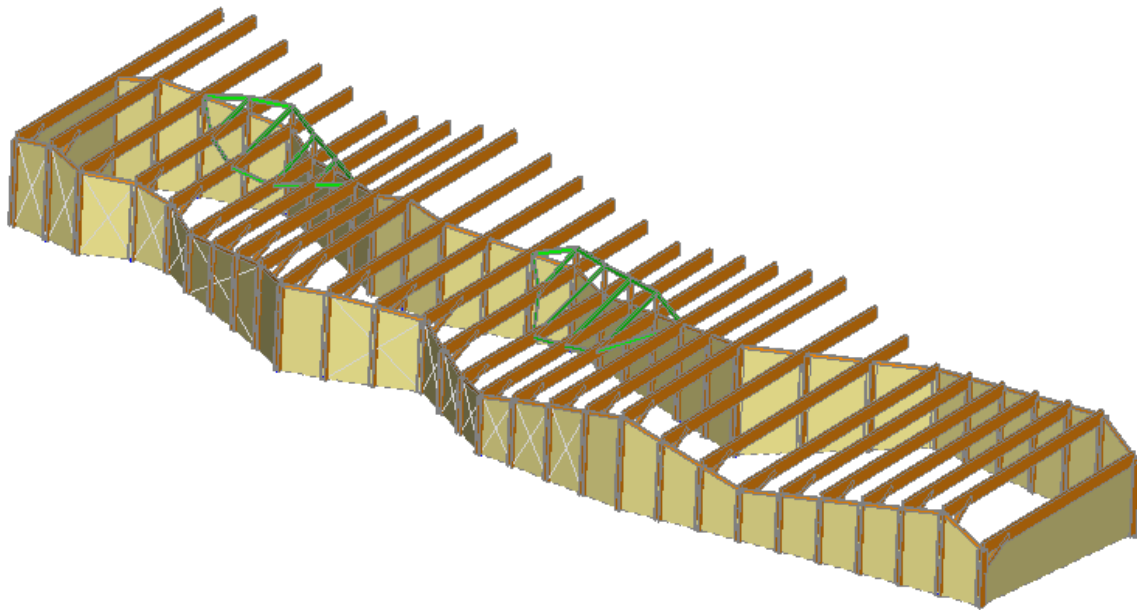


## 2/ Etude Structurelle

Nous avons modélisé notre structure sur le logiciel Acord Bat3D. Dans notre modélisation, nous avons appliqué nos différents cas de charge (vent, neige, charges permanentes, charges d'exploitation correspondant à une manutention en toiture et aux charges amenés par le faux plafond, fluides et divers). Nos hypothèses fortes sont :

- des liaisons articulées sur l'ensemble des liaisons entre pièces de bois
- une fixation articulée sans déplacement selon X et Y pour les appuis des poteaux
- le contreventement de la structure se fera par le biais d'un OSB de 22mm sur l'ensemble de l'ossature bois- le contreventement en toiture se fera par le biais de volige fixé sur les pannes
- la stabilité au feu de la structure sera d'une demi-heure
- la vérification au séisme sera négligée

Les schémas complets représentant la modélisation sont disponibles en annexe.



*Schéma représentant la modélisation sous Acord Bat3D*

Une fois notre modélisation terminée, nous avons pu réaliser nos combinaisons de charges et étudier les résultats fournis par le logiciel. La liste complète des résultats est disponible en annexe.

Les résultats nous permettent de définir si nos sections sont correctes et si le pré dimensionnement effectué est valable.

## a/ Calculs de dimensionnement d'un portique

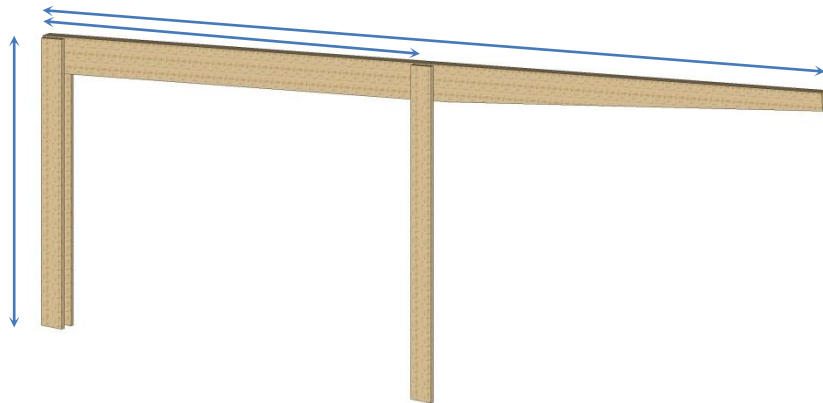


Schéma de fonctionnement d'un portique

La structure est réalisée par une série de portiques de dimensions variables. Nous avons donc fait notre étude sur le cas le plus défavorable :

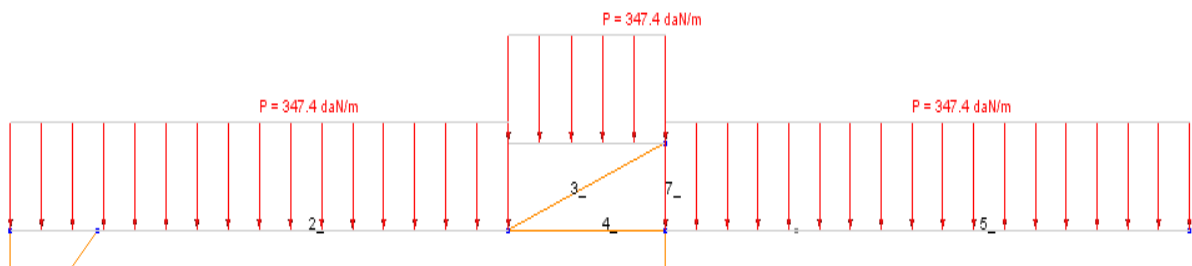
Longueur du port- à-faux : 6 m  
Longueur entre poteaux : 7,50 m  
Longueur des poteaux : 4,90 m

Les sections retenues seront donc appliqués pour toute la structure. Dans un souci d'économie il pourrait être intéressant de dimensionner chaque poutre en Lamellé-Collé afin de réduire le volume de bois utilisé à son minimum.

### Hypothèses de calcul

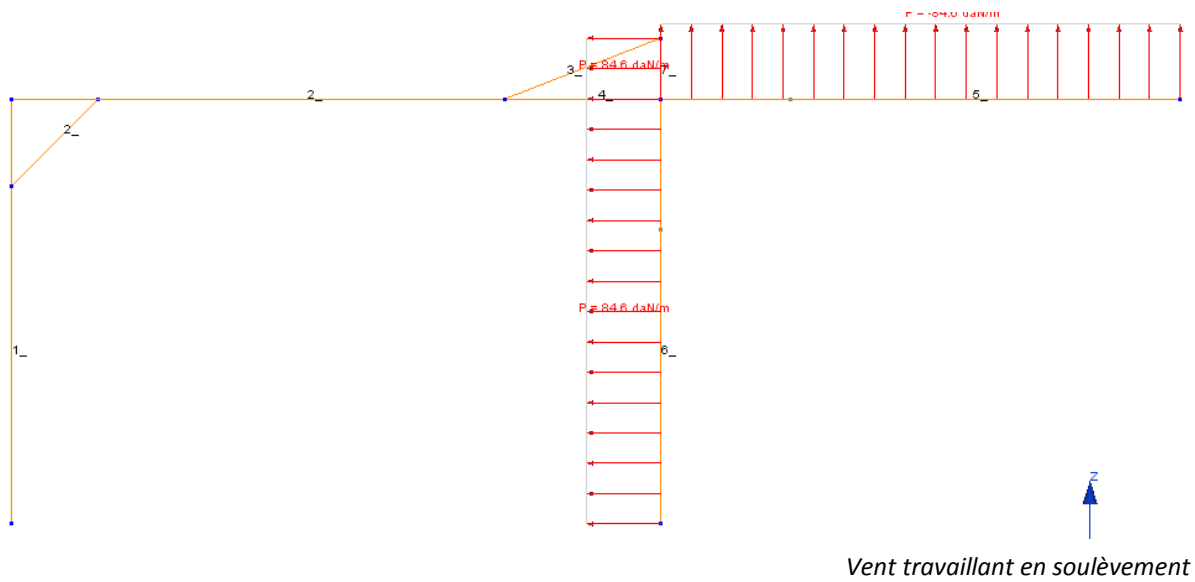
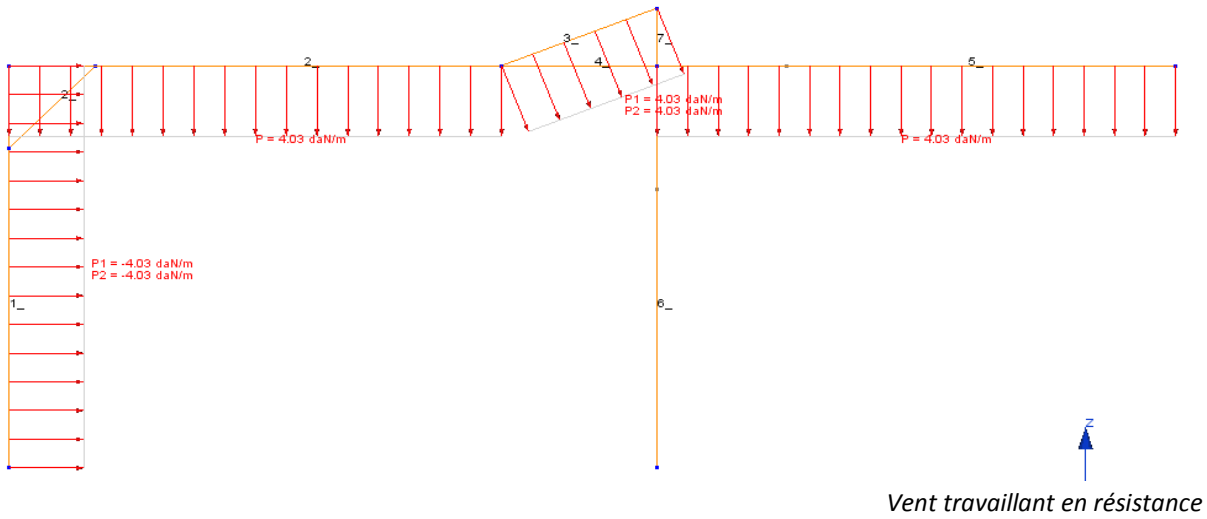
#### Charges de neige

Cette toiture étant particulièrement complexe, les accumulations de neiges étant nombreuses, nous avons décidé de simplifier le modèle et de considérer une charge uniforme égale à la charge maximum avec accumulation. Cette solution conduit à un surdimensionnement évident de la structure mais permet de ne dimensionner qu'un seul portique et permet de gagner un temps de calcul non négligeable.



Chargement de neige

## Charges de vent



## Charges permanentes

Bac acier	7 daN.m-2
Panneau OSB 15	10 daN.m-2
Isolation	10 daN.m-2
Solives faux plafond	5 daN.m-2
BA 13	15 daN.m-2
Divers	10 da N.m-2
<b>Total</b>	<b>57 da N.m-2</b>

*Détail des charges permanentes*

La charge permanente appliquée sur la poutre porteuse est de 60 daN (cf. tableau 1) sur la partie avec plafond et de 32 sur le débord de toiture sans plafond en plâtre.

Nous avons donc appliqués le chargement défini dans ce tableau.

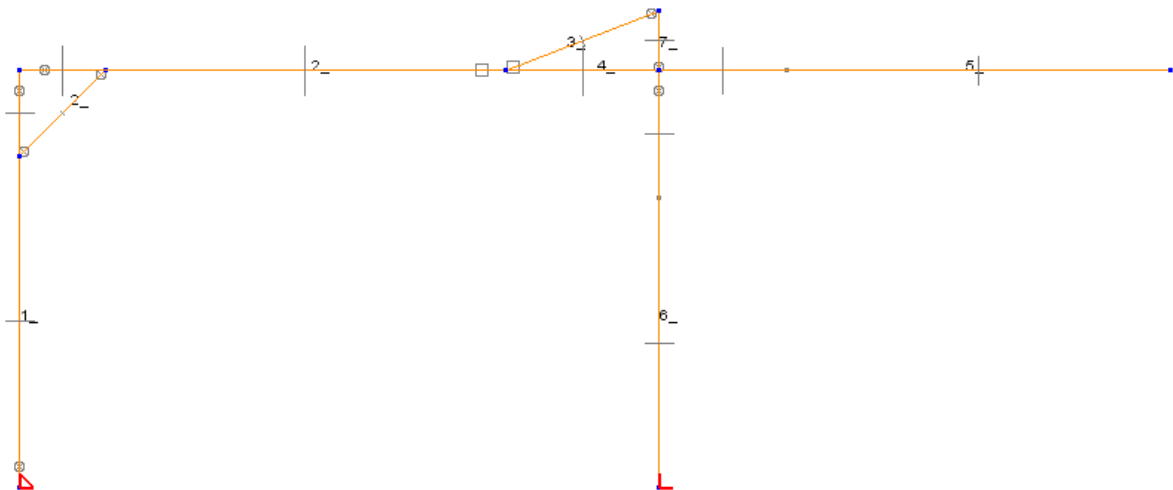
Neige	Sn	193 daN.m-2		
Vent soulèvement	V1	47 daN.m-2		
Vent dépression	V2	2,24 daN.m-2		
Charges permanentes	G	60 daN.m-2		
Charges d'exploitation	Q	150 daN.m-2	q	80daN*

*Récapitulatif des charges considérées*

\* appliquée au plus défavorable de la structure ici à l'extrémité du débord de toiture et au milieu de la poutre.

### Prédimensionnement sous Acord Bat 3D

Une première modélisation nous a permis de calculer les efforts à reprendre dans les assemblages (Tableau 2). Une seconde modélisation sera réalisée ensuite avec les assemblages et leurs raideurs afin d'affiner le calcul.



*Modélisation des liaisons*

Nous avons choisi de modéliser (Figure 4) cette poutre par une poutre en lamellé-collé (GL28h) de section initiale 150x600 mm et une autre à inertie variable en 150x600 mm puis 150x200 mm. Cette solution est à la fois esthétique et technique. On peut ainsi limiter le poids propre au bout du porte-à-faux.

La modélisation a été réalisée dans le cas de liaisons rotules entre poteau et poutre porteuse. Le poteau nord a été modélisé comme encasturé dans le sol et le poteau sud avec une rotule. La double pente a été ici négligée pour le cas de neige, ce qui est défavorable pour la neige (ici dimensionnant) et favorable pour le vent.

## Résultat du prédimensionnement

NOM	SECTION	AXIAL-FLEXION	CISAILLEMENT	FLAMBEMENT	FLECHES
Poteau nord	6x35 moise 15	31,80 %	23,40 %	39 %	25 %
Contre fiche	15x8.5	12,20 %	0,20 %	17,60 %	0,50 %
Poutre porteuse	15x60	27 %	21,20 %	18,70 %	3 %
Arbalétrier chien assis	15x15	34,80 %	16,50 %	35,70 %	6,40 %
Poutre porteuse	15x60	62,10 %	27,20 %	62,10 %	9,20 %
Poutre porteuse	15x60	62,10 %	27,40 %	55,90 %	24,40 %
Poteau Sud	6x35 moise 15	11,10 %	4,70 %	60,20 %	8,30 %
Poteau Sud	6x35 moise 15	0,50 %	0,70 %	0,50 %	0,10 %

Résultat du prédimensionnement

## Dimensionnement d'un assemblage

Les différents assemblages seront réalisés par boulons  $\varnothing 16$ . Un seul calcul sera détaillé et la partie 2.4 récapitulera le nombre d'organes nécessaires, les pinces et les raideurs d'assemblage correspondantes. Nous allons détailler le dimensionnement d'un seul assemblage.

	Effort normal (daN)	Effort tranchant (daN)	Moment (daN.m)
Poteau nord / poutre porteuse	935	1 375	2 335
Poteau nord / contre fiche	1 665	0	0
Poutre porteuse / Contre fiche	935	1 375	2 335
Poutre porteuse/ poteau sud	1 665	0	0
Poutre porteuse / chien assis	170	370	170
Chien assis /Poteau Sud	207	30	0

Récapitulatif des efforts dans les assemblages

## Détermination du nombre de boulon - Dimensionnement à l'ECS

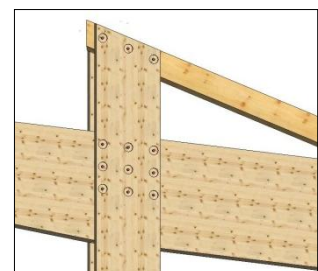
- Rappel des données

$$F_{v,Ed} = 38\,066 \text{ N}$$

$$F_{v,Ed} = 38\,066 \text{ N}$$

	Poteau moisé	Poutre porteuse
Matériaux	Lamellé Collé	Lamellé collé
Classe de résistance	GM 24h	GL 28h
$\rho_k$	350 Kg/m <sup>3</sup>	410 Kg/m <sup>3</sup>
$F_c,90$	2.4	3
t1	-	60 mm
t2	150mm	-
Classe de service	2	1
Charge de plus courte durée	instantanée	Instantanée
$K_{mod}$	1.1	

Diamètre organe	$\varnothing 16 \text{ mm}$
Classe de résistance	4.6
$F_{u,b}$	400 Mpa



Assemblage considéré

- Portance locale

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k = 24,1 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

$$K_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,59$$

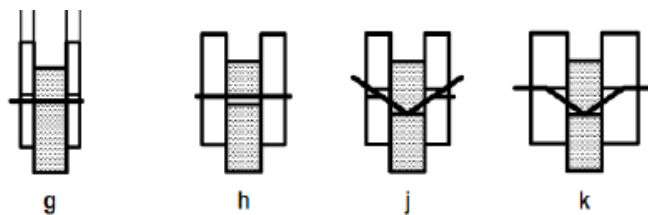
$$f_{h,5,4^\circ,k} = \frac{f_{h,0,k}}{K_{90} \cdot \sin 5,4^\circ + \cos 5,4^\circ} = 24,0 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$$

- Moment d'écoulement plastique

$$M_{y, Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 162\,141 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

- Effort de cisaillement maximal admissible pour un organe et nombre d'organes.

Il s'agit d'un assemblage bois-bois double cisaillement. Les équations considérées sont les suivantes :



$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 0.57$$

Partie de Johansen :

$$F_{v, Rk,J} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \text{(g)} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 36\,369 \text{ N} \\ \text{(h)} 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 25\,782 \text{ N} \\ \text{(j)} 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot \left( \sqrt{2\beta \cdot (\beta + 1) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right) = 13\,695 \text{ N} = 13\,695 \text{ N} \\ \text{(k)} 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 13\,739 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$\text{Effet de corde} = \min \left( \frac{F_{ax,Rk}}{4}; 0,25 \cdot F_{v, Rd,J} \right) = 3\,424 \text{ N}$$

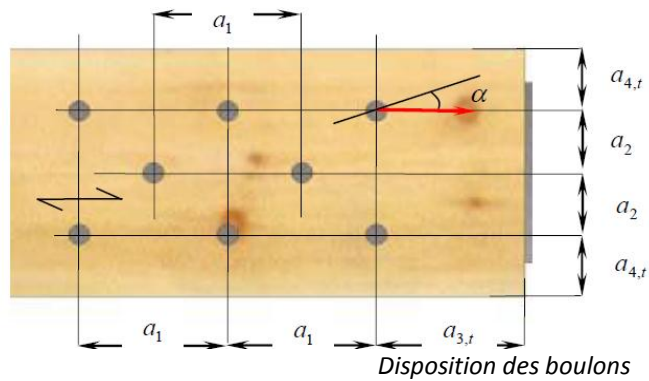
$$F_{v, Rk} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \text{(g)} = 36\,369 \text{ N} \\ \text{(h)} = 25\,782 \text{ N} \\ \text{(j)} + \text{effet de corde} = 17\,119 \text{ N} \\ \text{(k)} + \text{effet de corde} = 17\,163 \text{ N} \end{array} \right. = 17\,119 \text{ N}$$

$$F_{v, Rd} = K_{mod} \cdot \frac{F_{v, Rk}}{\gamma_M} = 14\,486 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Il est donc nécessaire de placer 3 boulons  $\varnothing 16$  ;



**- Dispositions des boulons et nombre effectif de boulons**



$$a_1 = d(3 + |2 * \cos(\alpha)|) =$$

**35mm**

$$a_2 = 3d =$$

**48 mm**

$$a_{3,t} = \max(80 ; 7d) =$$

**112 mm**

$$a_{4,t} = \max(d(2 + 2\sin(\alpha)) ; 3d) =$$

**48 mm**

On retiendra ici une file de 3 files de 1 boulon.

Nombre effectif d'organes

$$n_{ef} = 3 \cdot n_{ef}(1) = 3 \cdot \min\left(1^{0.9} \times \sqrt[4]{\frac{5d}{13d}} ; 1\right) =$$

**2.36 broches**

**- Rupture de bloc**

La géométrie de l'assemblage est telle que le calcul de la rupture de bloc n'est pas pertinent : l'assemblage se fait en milieu de pièce et non en extrémité.

**Vérification de l'assemblage à l'EC3**

Pour simplifier les notations, nous garderons celle de l'EC5 pour la géométrie de l'assemblage on redéfini donc :  $a_1 = p_1$ ,  $a_2 = p_2$ ,  $a_3 = e_1$  et  $a_4 = e_2$ .

**- Résistance au cisaillement du boulon**

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} =$$

**38 592 N**

$$\tau_{cisaillement} = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \cdot 100 =$$

**98%**

**- Résistance à la pression diamétrale**

Dans le cadre d'un assemblage bois-bois ce calcul n'est pas pertinent (la tête de boulon sera de toute manière plus résistante que le bois. On pourra toutefois observer un phénomène de matage).

**- Résistance en traction du boulon**

Il n'y a aucun effort en traction appliqué sur le boulon, le taux de travail est donc de 0%.

## Raideur d'assemblage et glissement

### - À L'ELS

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \times \frac{d}{23} =$$

$$7\,088 \text{ N. mm}^{-1}$$

$K_{type} = 1$  car nous sommes dans le cadre d'un assemblage bois-bois

$$K_{ser,assemblage} = n_{plan} \times n_{boulons} \times K_{ser} \times K_{type} =$$

$$14\,176 \text{ N. mm}^{-1}$$

### - À L'ELU

On considèrera ici que  $\psi_2 = 1$ , cas le plus défavorable.

Nous sommes en classe de service 2, donc  $K_{def}=0.8$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser,Jt}}{1 + \psi_2 \times k_{def}} =$$

$$7\,876 \text{ N. mm}^{-1}$$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser,Jt}}{1 + \psi_2 \times k_{def}} =$$

$$7\,876 \text{ N. mm}^{-1}$$

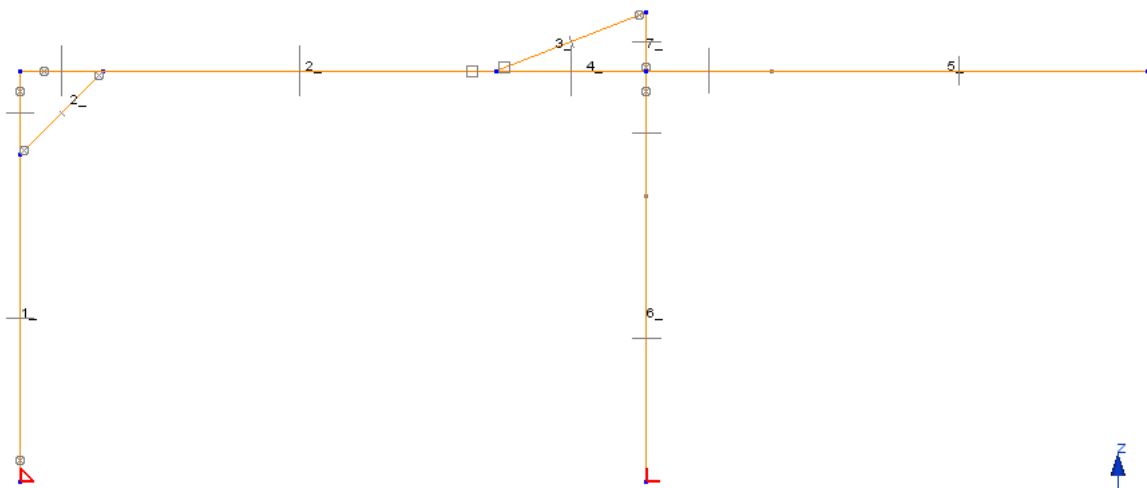
$$K_u = \frac{2}{3} \cdot K_{ser,fin} =$$

$$5\,251 \text{ N. mm}^{-1}$$

## Autres assemblages

	Nombre de boulons
Poteau 1 / poutre porteuse	2
Poteau 2 / contre fiche	1
Poutre porteuse / Contre fiche	1
Poutre porteuse/ poteau sud	3
Poutre porteuse / chien assis	2
Chien assis /Poteau Sud	2

## Dimensionnement de la poutre sous Accord



Modélisation dimensionnement

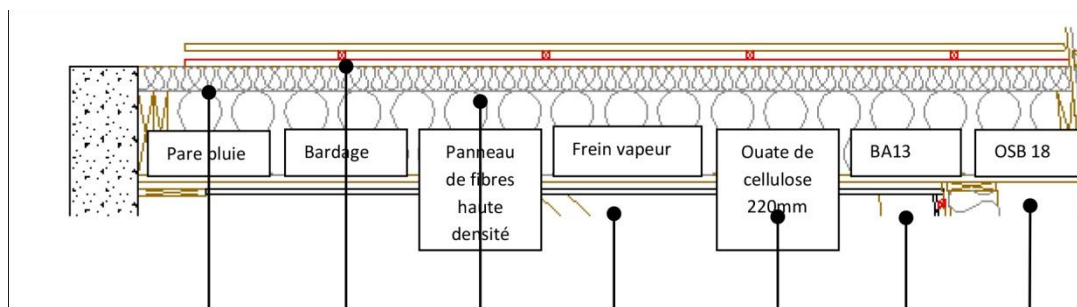
Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Flèches
1_	RR6x35x15	GL24H	23,50%	9,70%	30,20%	19,20%
2_	R15x8.5	C24	5,70%	0,20%	8,30%	0,50%
2_	R15x60	GL28H	24,60%	21,20%	15,30%	3,80%
3_	R15x15	C24	49,20%	17,40%	3,70%	5,90%
4_	1-3- R15x60	GL28H	52,90%	22,70%	53,90%	7,60%
5_	R15x60	GL28H	62,10%	27,40%	49,10%	24,40%
6_	RR6x35x15	GL24H	15,70%	6,80%	70,30%	17,20%
7_	RR6x35x15	GL24H	28,30%	31,40%	29,70%	2,90%

Résultat du dimensionnement

Le critère de flèche retenue ici est L/300. Dans la mesure où l'on vient fixer sur ces portiques les plafonds en BA13, il aurait été souhaitable de dimensionner les flèches au 1/400 (plus contraignant que la valeur normative) pour éviter tout risque de fentes des dits plafonds. Toutefois, puisque les taux de travail des flèches sont très bas (16% pour la partie où repose le faux plafond), on peut raisonnablement estimer qu'elle la condition du 400<sup>ème</sup> sera elle aussi vérifiée. On ne cherchera pas à pallier l'impossibilité de choisir le critère de flèche appliqué dans Acord bat 3D.

## b/ Plans détails techniques

### Détail des murs

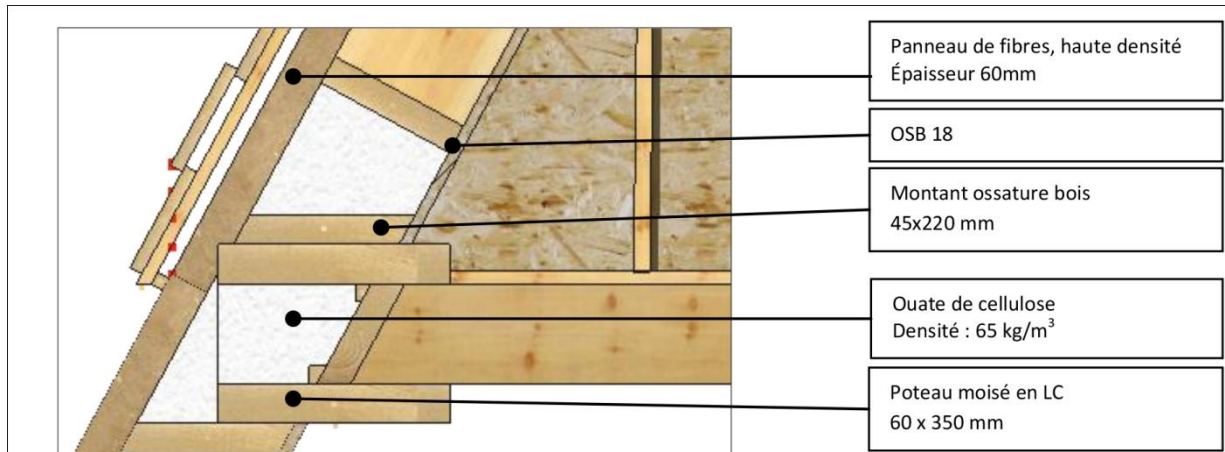


### Détail des poteaux

#### Isolation

Le problème principal au niveau des poteaux réside dans l'isolation. Pour garantir les mêmes performances thermiques sur cette partie que sur les murs, nous avons choisi de réaliser un caisson (figure 8) dans les éléments de portiques pour l'insufflation de la ouate de cellulose et de faire filer les panneaux de fibres haute densité.

Une attention toute particulière devra être portée sur la réalisation des raccords de frein vapeur et l'insufflation, pour garantir l'étanchéité à l'air et l'isolation thermique.

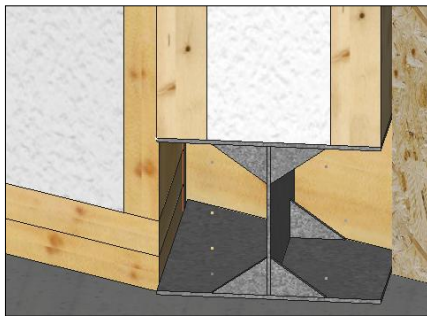


*Détail d'isolation*

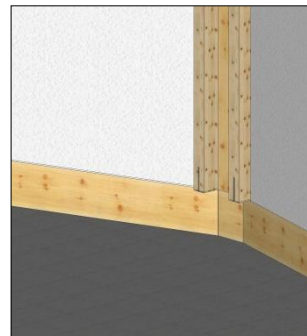
### **Ferrure en pied**

Un impératif important est que l'on souhaite laisser apparaître la structure porteuse à l'intérieur du bâtiment (figure 9). Mais cela créait deux contraintes : comment isoler proprement ces pieds de poteau et comment rendre la ferrure invisible.

La ferrure est fixée aux poteaux par 2 fois 2 boulons de Type M14. Et au sol par 5 chevilles Ø10 de longueur 90mm.



*Ferrure pied de poteau*

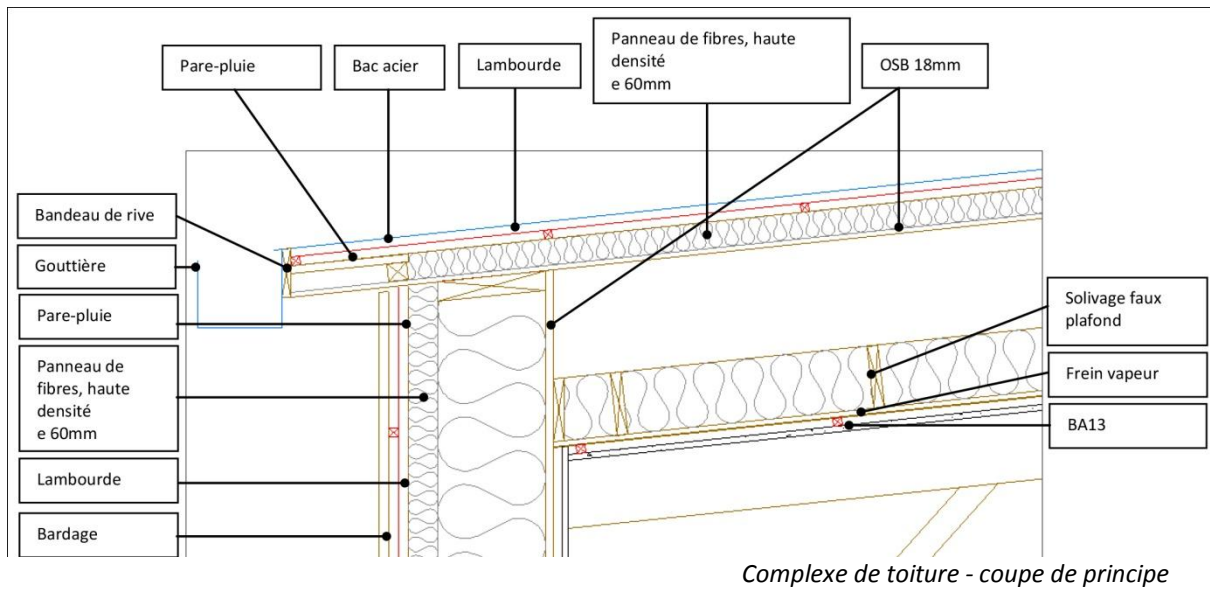


*Finition intérieure*

### **Détail de la toiture**

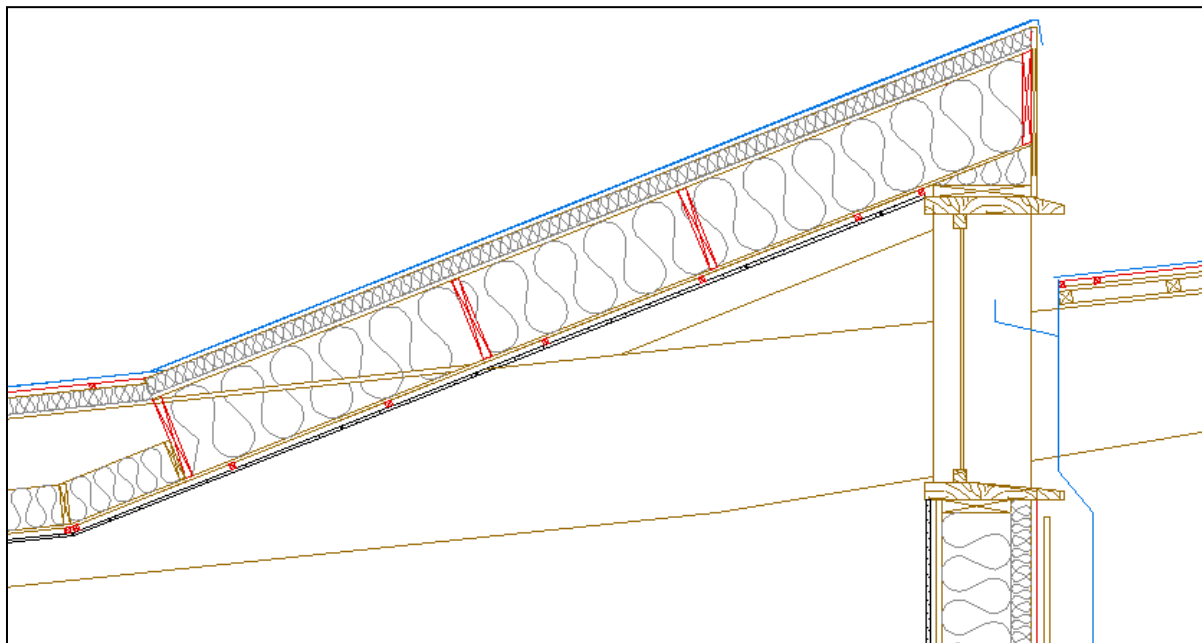
#### **Complexe de toiture**

La toiture est réalisée en bac acier pour la rapidité de pose et le coût compétitif. Du fait des conditions climatiques peu rigoureuses (altitude inférieure à 1000m) il est envisageable de poser une étanchéité bitumineuse, moins onéreuse et très simple de mise en œuvre.



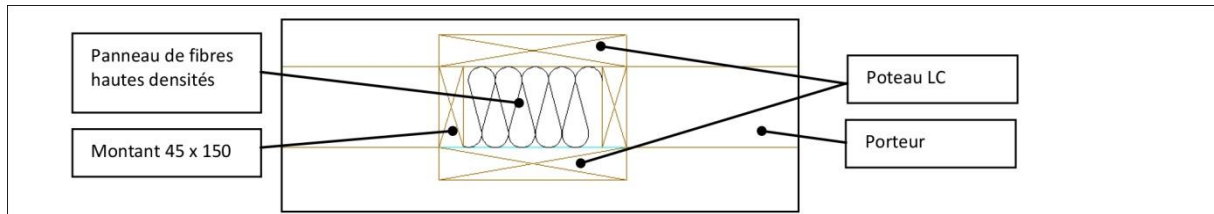
### Chiens assis

Cette partie est la partie la plus sensible de la toiture car elle est en milieu de pente et les problèmes d'étanchéités sont nombreux.



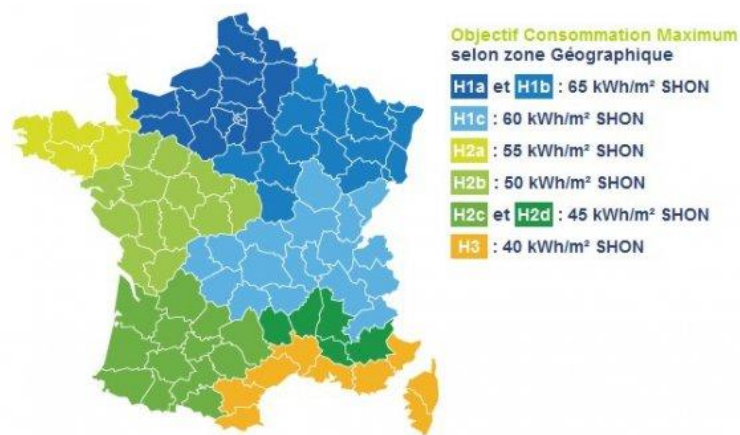
L'étanchéité est réalisée avec une couverture en zinc, pour pouvoir s'adapter aux formes complexes du chien assis. La feuille de zinc repose sur des lambourdes pour permettre l'évacuation de l'eau en cas de condensation. Ces lambourdes doivent être traité classe 4 pour une bonne stabilité dans le temps. Un pare pluie vient protéger l'isolation et le complexe de toiture. Le raccord entre la casquette et le chien assis se fait via une gouttière don la descente se fait le long d'un poteau.

Les poteaux étant exposés aux intempéries il est indispensable que le lamellé collé soit traité classe 4 ou protéger (éléments de bardages).



### 3/ Etude Thermique

Souhaitant créer un bâtiment exemplaire pour le SAS Epinal, nous apporterons une attention particulière aux performances thermiques. Nous avons l'objectif d'attendre le niveau BBC Effinergie. Epinal se situe en zone H1b. Cette région est l'une des plus froides de France. La réglementation thermique 2012 nous impose une consommation maximale à ne pas dépasser de 65 kWh/m<sup>2</sup>/an. Nous souhaitons néanmoins nous placer en dessous de cette valeur. Nous chercherons à bénéficier au maximum des apports bioclimatiques, et utiliserons des isolants bio-sourcés.



Carte de France des zones de consommation maximum

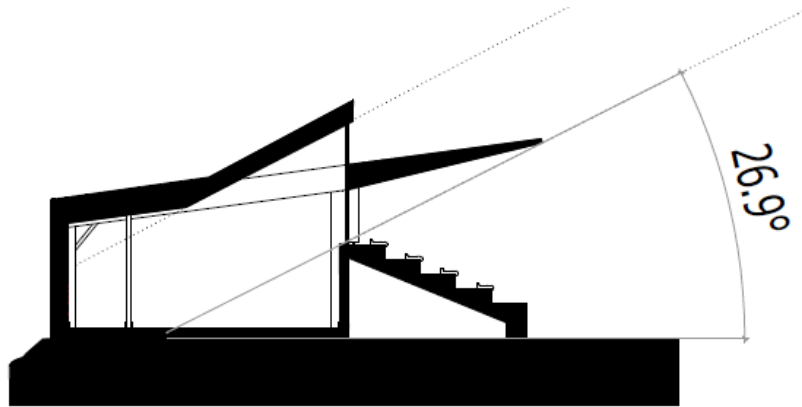
### RT 2012

La RT 2012, dans la suite logique de la RT 2005, exige plus de performance et fait apparaître des nouvelles valeurs garde-fou, le Bbio et le CEP<sub>max</sub>. Pour nous donner une idée des valeurs maximum à ne pas dépasser, nous avons calculé ces deux valeurs. On obtient les résultats suivants :



## Emplacement et orientation

Le bâtiment est placé au niveau des gradins visiteur. Il s'étend sur un axe Est-Ouest, greffer à l'arrière des tribunes. Notre emplacement nous permet d'ouvrir notre bâtiment au sud, sur le stade en bénéficiant des apports solaires. Au nord, on note la présence d'un sentier pédestre et d'un camping sans aucun lien avec le SAS. La façade nord, est constitué d'un épais mur, ne présentant que quelques fenêtres. La façade Sud quant à elle est entièrement vitrée.



Angles d'ouverture des baies

Pour se prémunir du risque de surchauffe en été et protéger les spectateurs de la pluie, la toiture ce prolonge au-dessus des gradins, elle joue donc le double rôle de toiture et de casquette solaire. Epinal ce situe à une latitude de 48°. A partir du diagramme solaire propre à cette latitude, on peut connaitre l'exposition du bâtiment au soleil. L'angle de pénétration solaire maximal est de 27°. En ce référant au diagramme solaire suivant nous pouvons constater les apports en hiver et les masques en été.

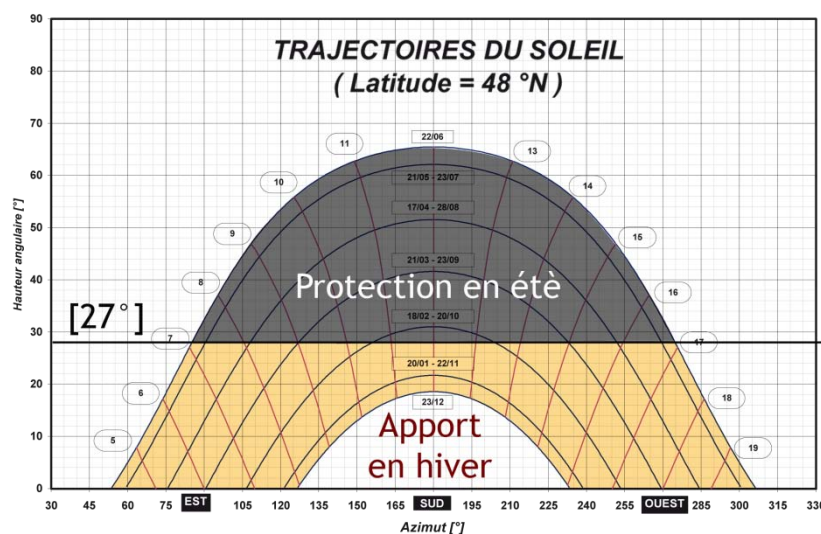


Diagramme solaire

Pour permettre l'occultation totale et protéger les vitres, nous avons installé des lamelles verticales en bois. En pivotant sur l'axe vertical elles permettent de servir de volet. On pourra utiliser ces volets pour ajouter une protection au soleil en été. En hiver, fermer les volets la nuit permettra de diminuer les pertes par les surfaces vitrées.

## Étanchéité à l'air

Dans le but d'améliorer les performances thermiques, une attention particulière devra être portée pour assurer une bonne étanchéité. Le pare vapeur, appliqué sur la face extérieure des murs, joue un rôle de frein. Les menuiseries et liaisons entre les éléments de plancher, mur et toiture sont des points sensibles. La structure du bâtiment consiste en une succession d'arches, le contreventement est assuré par des panneaux OSB. On appliquera une bande adhésive pour assurer la liaison arche-OSB. Pour s'assurer de la conformité aux réglementations, un test « blow door » devra être réalisé sur le bâtiment une fois terminé. La réglementation pour les bâtiments à bureaux, impose un débit de fuite maximum de  $1,2 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ .

## Choix des matériaux pour l'isolation

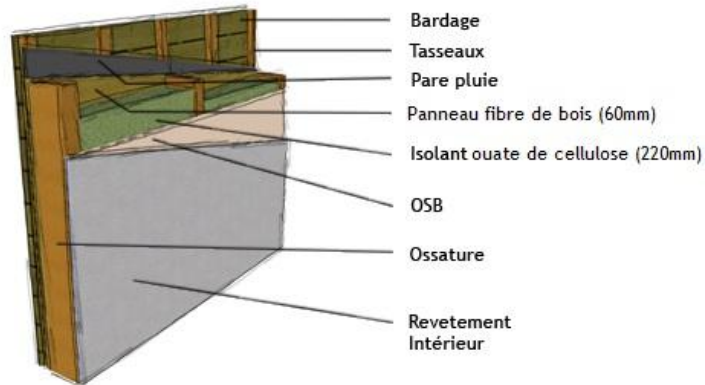
Comme l'encourage la démarche HQE, nous avons fait le choix de sélectionner des matériaux naturels et locaux. La ouate de cellulose NRGaïa s'est imposée comme une évidence. Cet isolant à base de journaux recyclés est produit tout proche, sur le site de Norse Skog. Nous avons opté pour la ouate insufflée, avec des épaisseurs de parois respectivement de 220 mm et 350 mm pour les murs et la toiture. Seront appliqués par l'extérieur, sur les murs ossature bois, des panneaux rigides en fibre de bois de 60 mm. On augmente ainsi la largeur d'isolant, en évitant les ponts thermiques dûs aux montants d'ossatures. Pour la toiture on a fait le choix d'un panneau sandwich bac acier.



Les isolants naturels ont deux avantages majeurs. D'une part l'énergie grise émise à la fabrication est plus faible, mais leur comportement hygrométrique est meilleur. En effet lors des transferts d'humidité qui ont lieu dans les murs, le matériau de par sa nature peut absorber l'eau en période humide et la restituer en période sèche. Il joue le rôle de tampon dans les variations hygrométriques.

Nous avons fait le choix d'un double vitrage 4/16/4 haute performance. Étant donnée la surface de vitrage, un verre « sécurité » est obligatoire. Pour éviter des ponts thermiques par les montants, les dalles de verre seront portées par des équerres. Nous avons fait le choix de vitrages sans argon, car nous avons jugé que le prix était trop élevé comparativement au bénéfice thermique.



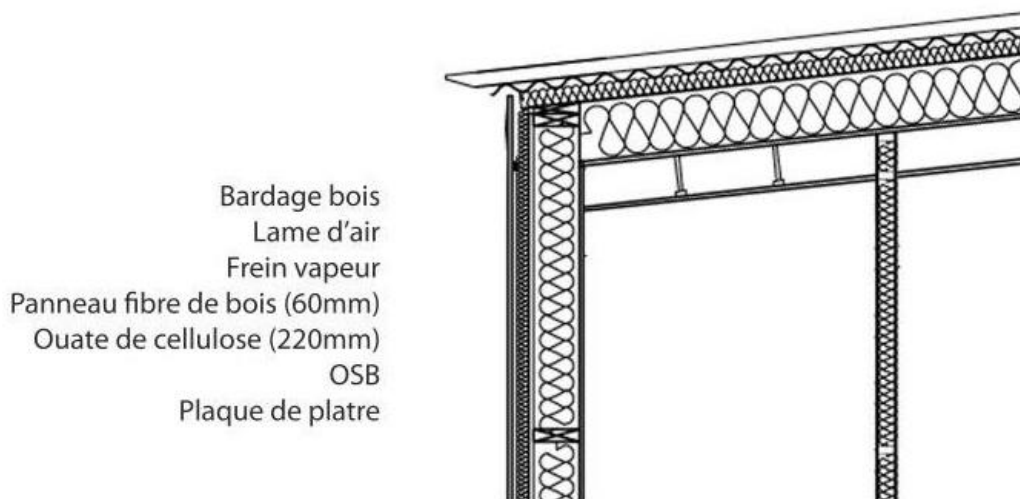


*Coupe transversale de cloison*

**Composition des parois**

Du fait de la structure en arches, l'isolation est placée entre la trame. Nous allons décrire la composition des murs de l'intérieur vers l'extérieur. Une structure légère maintient le panneau d'OSB ce qui assure une partie du contreventement. Sur la face intérieure de l'osb on vise une plaque de plâtre sur des tasseaux. Une seconde structure légère supporte les panneaux en fibre de bois. Un vide de 30cm entre les panneaux est rempli avec de la ouate insufflée. Sur les panneaux durs on vient appliquer un pare pluie, sur lequel est fixé le bardage.

Complexe bac acier sandwich isolé (60mm)  
 Frein vapeur  
 Ouate de cellulose (350mm)  
 OSB  
 Faux plafond

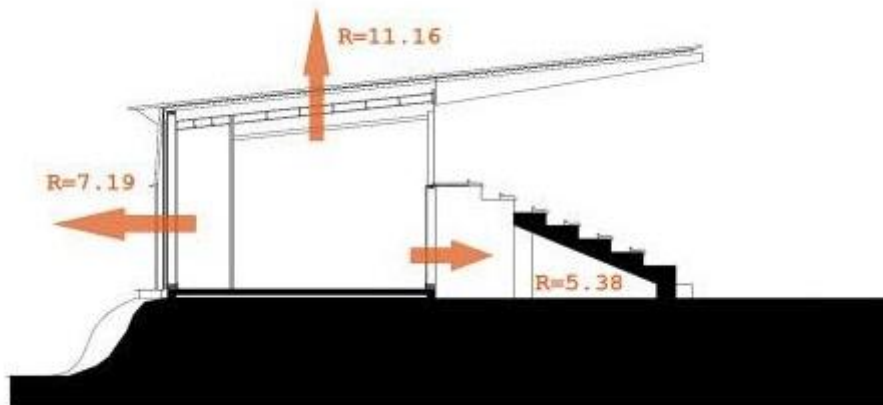


*Coupe de principe de la composition du mur*

Le complexe de toiture fonctionne de façon similaire. Sur la face intérieure on fixe des panneaux OSB. Le panneau joue le rôle de frein vapeur, pour assurer une bonne étanchéité on traite la liaison panneau-poutre avec un pare vapeur autocollant. Sur le dessus de la charpente on fixe des panneaux sandwich isolés avec un revêtement en bac-acier. Un vide de 40cm sera rempli de ouate de cellulose. Un film pare pluie est placé entre l'isolation et le panneau sandwich.

On obtient ainsi différentes résistances thermique pour le mur Nord, la toiture et le mur Sud.

- Mur nord :  $R = 7.19 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Toiture :  $R = 11.16 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Mur sud :  $R = 5.38 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Double vitrage 4/16/4 :  $U_g = 2,8$



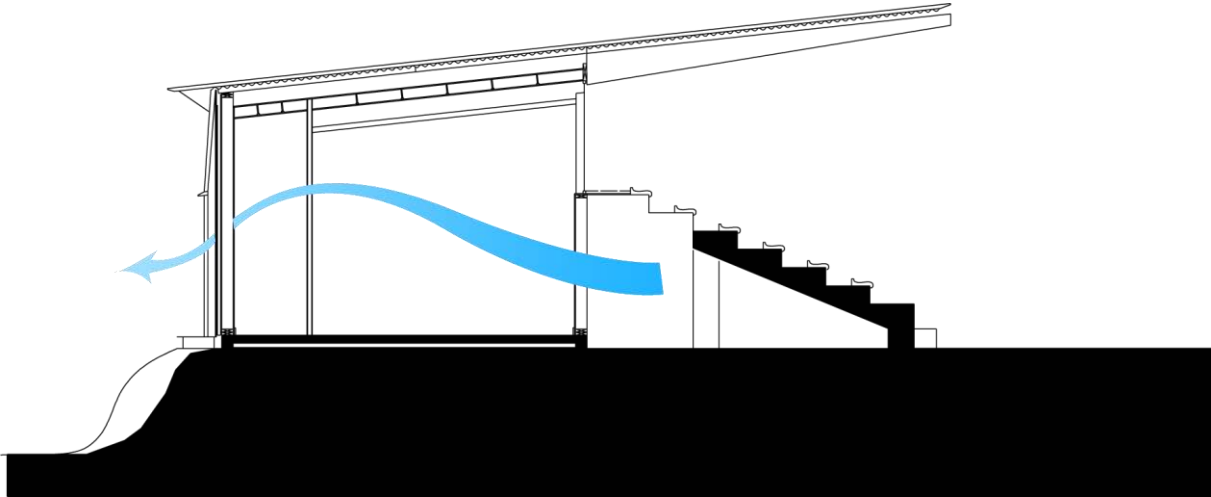
*Résistance thermique du bâtiment*

### Contrainte de l'existant et ventilation naturelle

Notre projet se greffe à la tribune existante, le mur Sud est donc en contact direct avec le gradin en béton. Du point de vue du thermicien, cette configuration serait plus intéressante si le gradin était au Nord. Pour tirer avantage de cette situation, nous souhaitons bénéficier de l'effet de masse de cette structure.

On espère l'utiliser un peu comme un puit canadien. En hiver l'air situé sous les gradins va bénéficier de trois apports de chaleurs. Le béton qui va chauffer la journée au soleil va transmettre des calories à l'air. La présence de la chaudière et des chauffe-eau, ainsi que les pertes thermiques du mur vont apporter de la chaleur à l'air.

Cette hypothèse n'est ni vérifiable ni quantifiable mais elle nous a semblé pertinente d'en prendre en compte. Une chose est sûre, le contact avec un local non chauffé va considérablement améliorer les performances du bâtiment. On note néanmoins qu'elle ne sera pas prise en compte dans la simulation numérique.



*Circulation de l'air depuis les gradins au Sud, vers le mur Nord*

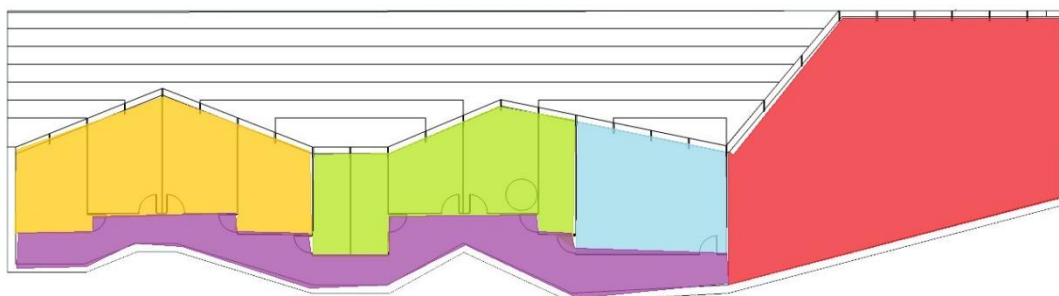
### Scénario d'occupation

Le scénario d'occupation est d'une grande importance puisque c'est lui qui va conditionner l'usage et les besoins en énergie du bâtiment. Le maître d'ouvrage ne nous a pas clairement défini un scénario d'occupation. Cela nous a permis de prendre plus de liberté. Le scénario doit néanmoins être en accord avec le programme. L'intérêt principal du bâtiment est d'accueillir la bodega, qui sera utilisée 1 à 2 fois par mois. Il est donc essentiel d'optimiser son utilisation. Le programme en lui-même ne facilite pas la tâche, puis qu'il s'agit principalement de salle d'eau, située trop loin du stade d'entraînement pour être utilisée par tout le monde. L'emplacement sur le site est excentré du centre social du club. Le scénario doit donc permettre un bon fonctionnement dans le cas d'une faible utilisation de manière générale, mais également permettre d'accueillir un grand nombre de personnes le soir de match.

On a posé des hypothèses quant à l'utilisation qui pourra en être faite. Nous avons pour cela établi un planning des activités du SAS. Dans le cas des entraînements des jeunes, on considère que les parents pourront rester au chaud dans la bodega. A cela s'ajoute les bureaux qui fonctionneront durant les heures des administrations. Le bâtiment sera faiblement chauffé, on estime que la qualité de l'isolation et les apports solaires permettront d'avoir une ambiance agréable.

### Zone d'occupation

La bodega est décomposée en plusieurs zones en fonction de scénario d'occupation et de leur utilisation. On a défini en tout cinq zones, la salle d'accueil, l'office, les salles d'eau, les bureaux et le couloir. On attribue à chaque zone une température de consigne, et un scénario d'occupation. La bodega est utilisée les soirs de match, mais doit permettre d'accueillir du public aux heures d'ouverture du SAS. L'office ne fonctionne que les soirs de match. Les douches seront également utilisées les soirs de match et de temps à autre en semaine. Enfin les bureaux sont utilisés aux horaires classiques, 8h-17h.



Organisation générale du bâtiment

### Modélisation thermique du bâtiment sur cyclone

Avant de faire une simulation sur pléiade, il nous a fallu dessiner la géométrie du bâtiment sur le logiciel Cyclone. On a commencé par attribuer des propriétés à chacune des parois puis on a dessiné une esquisse du bâtiment. Etant donnée la complexité de géométrie du bâtiment et les faibles outils graphiques, nous avons dû simplifier le modèle. La toiture en vogue, les chiens assis ainsi que les gradins ne sont pas pris en compte. On a cherché à se rapprocher le plus possible de la réalité.

### Simulation avec Pléiade

Zones	Besoins Chauffage kWh	Besoins Chauffage kWh/m <sup>2</sup>	Besoins Climatisation kWh	Puiss. Chauffage W	Puissance Climatisation W	T° Min °C	T° Moyenne °C	T° Max °C	Apports solaires bruts kWh
Bodega / Office	4772	25	10545	34812	20887	7	21	30	25 003
Local Menage / Toilette Vestiaire / Rangement / Toilette	1541	28	1824	7970	6078	10	20	30	8 600
Bureaux	3074	48	1317	8711	5547	15	22	30	4 654
Couloir	1341	20	0	7759	0	11	20	29	1 146
<b>Total</b>	<b>10728</b>	<b>28</b>	<b>13685</b>	<b>59252</b>	<b>32512</b>	<b>10</b>	<b>21</b>	<b>30</b>	

Nous avons réalisé une simulation sur le logiciel Pleiade. Après avoir dessiné la géométrie du bâtiment et attribuée des propriétés thermiques, nous devons renseigner le scénario d'occupation, les différentes zones de chauffages et un ensemble de paramètres liés à l'environnement (ensoleillement, température extérieure,...). Le logiciel va ensuite calculer le besoin de chauffage, ainsi que les températures intérieures et l'ambiance dans le bâtiment.

Cette simulation nous donne les résultats suivants. Le besoin de chauffage est de 35 kWh/m<sup>2</sup>/an. Cette valeur est très faible, mais cohérente avec la conception. La température maximale en été ne s'élève pas au-delà de 27 °C. Ces résultats confirment et quantifient le bon comportement thermique du bâtiment.

### Choix de la chaudière et du système de chauffage

Pour répondre à la faible demande en énergie, nous avons fait le choix d'une chaudière gaz à condensation et d'un réseau de chauffage par le sol. Ce type de chaudière permet de répondre à une demande fortement fractionnée et elle est adaptée au système de chauffage par le sol. D'un point de vue environnemental la chaudière à condensation est intéressante puisqu'elle présente des rendements supérieurs

à 100%. Nous avons étudié d'autres solutions telles qu'une chaudière bois ou raccorder le bâtiment au réseau de chaleur présent sur le site de la Colombières. Le premier cas ne permet pas assez de flexibilité pour répondre aux variations de la demande, et notre consommation est trop faible pour être intéressante de se raccorder au réseau. D'après la simulation sur Pleiade, on estime la puissance de la chaudière à environ 50 kWh. Cette puissance peut paraître forte pour les besoins actuels, mais elle doit répondre à une forte demande en eau chaude lors des périodes de douche, ainsi que les soirs d'utilisation de la bodega pour la cuisine. Enfin elle permettra de fournir en énergie la suite du programme, c'est-à-dire l'extension de 300 m<sup>2</sup>.

#### 4/ Etude de prix

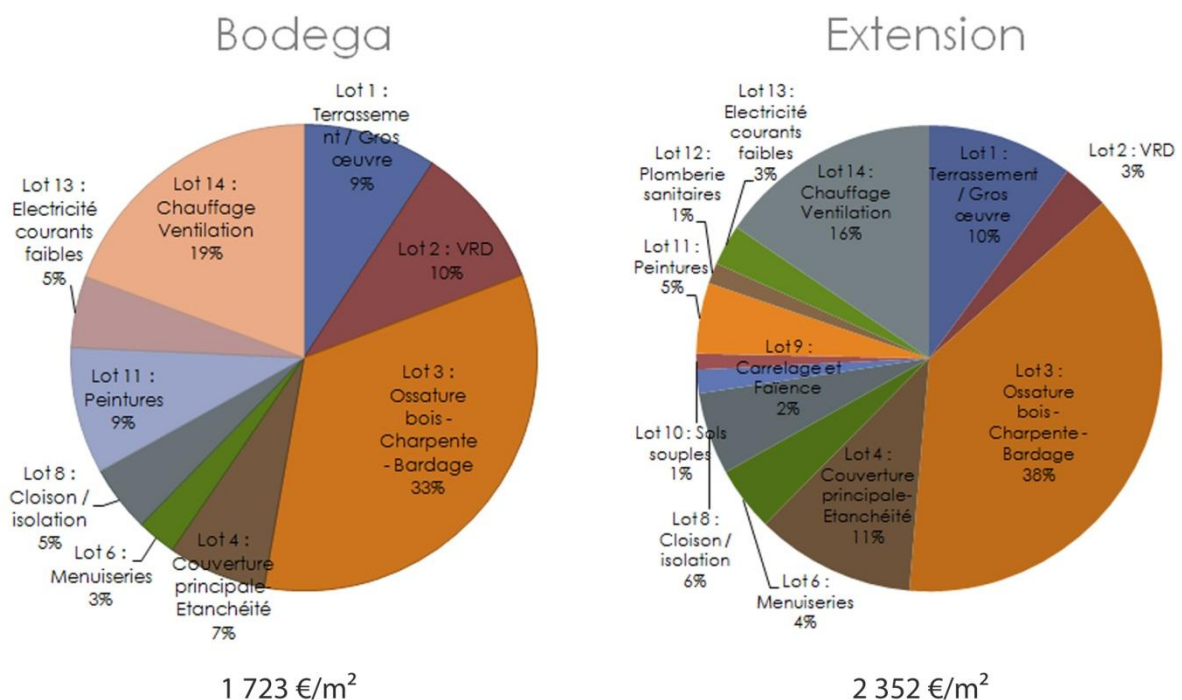
Pour notre étude de prix nous avons comme objectif de définir un prix global aux mètres carrés. Pour cela nous avons décomposé le projet en suivant le phasage des travaux comme l'est une décomposition des prix global et forfaitaire. Cette décomposition du projet est définie en annexe.

Pour le calcul du prix du projet, nous avons divisé le bâtiment en deux parties distinctes. En effet, de part la complexité du projet et les différences de traitement entre la grande salle et les bureaux s'incluant dans une restauration des gradins, le prix varie d'une partie à l'autre.

Pour chacune de ces parties nous avons calculés les éléments constitutifs (mètres linéaires de mur, vitrages, dallage, isolation, réhabilitation, structure...) que nous avons divisés par la superficie.

Nous obtenons les résultats suivants :

- Grande salle : 1 900 €/m<sup>2</sup>
- Bureau et rénovation des gradins : 2 400€/m<sup>2</sup>



## ANNEXE

# ETUDE STRUCTURELLE

## Modélisation Accord Bat

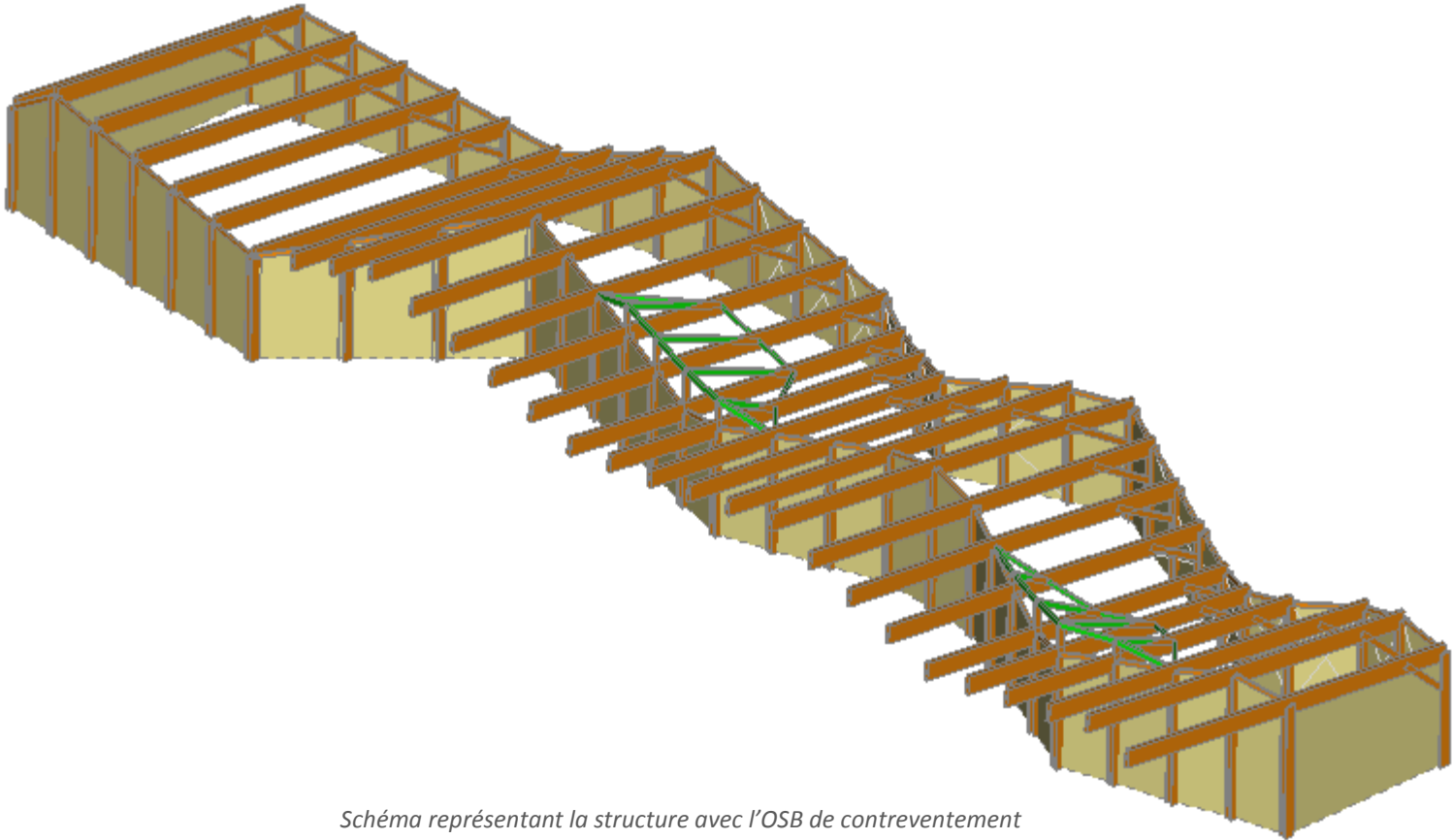


Schéma représentant la structure avec l'OSB de contreventement

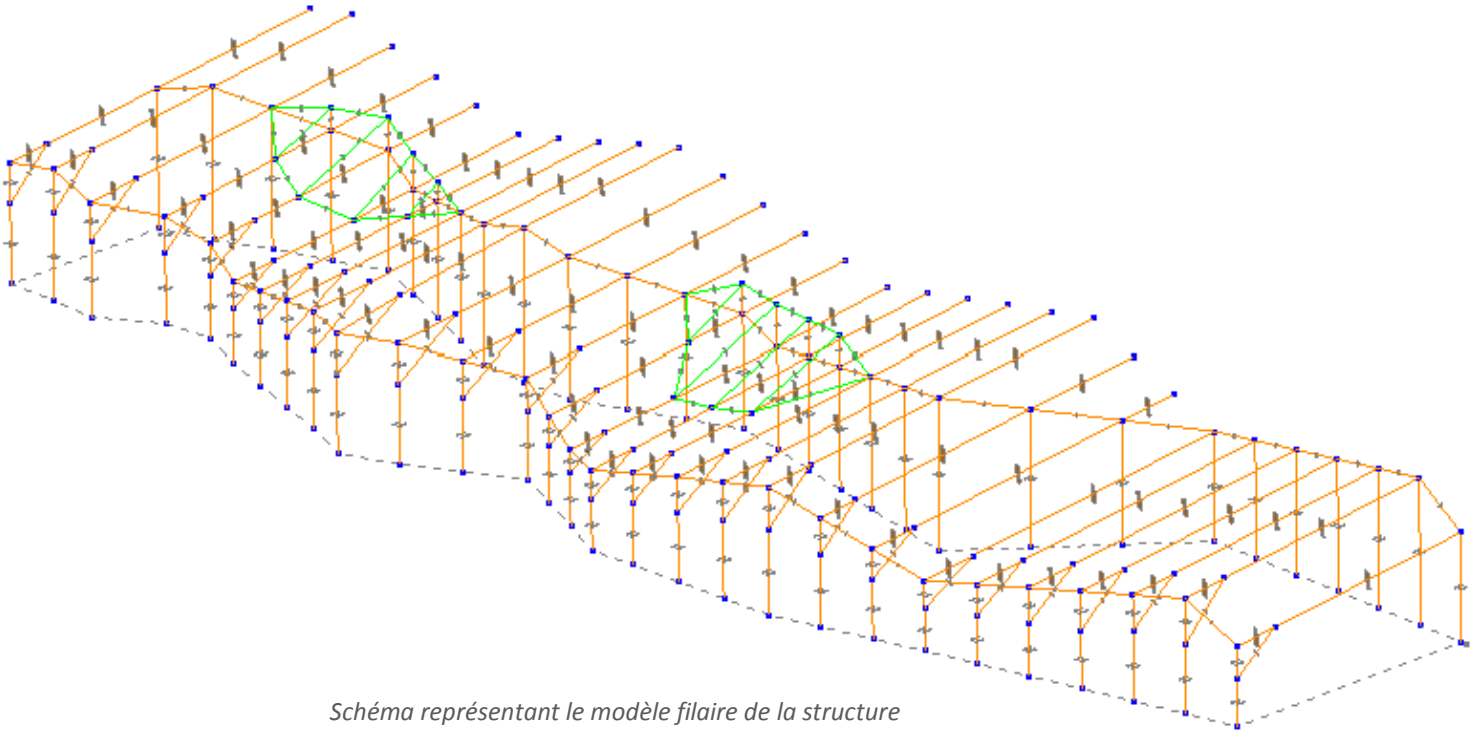
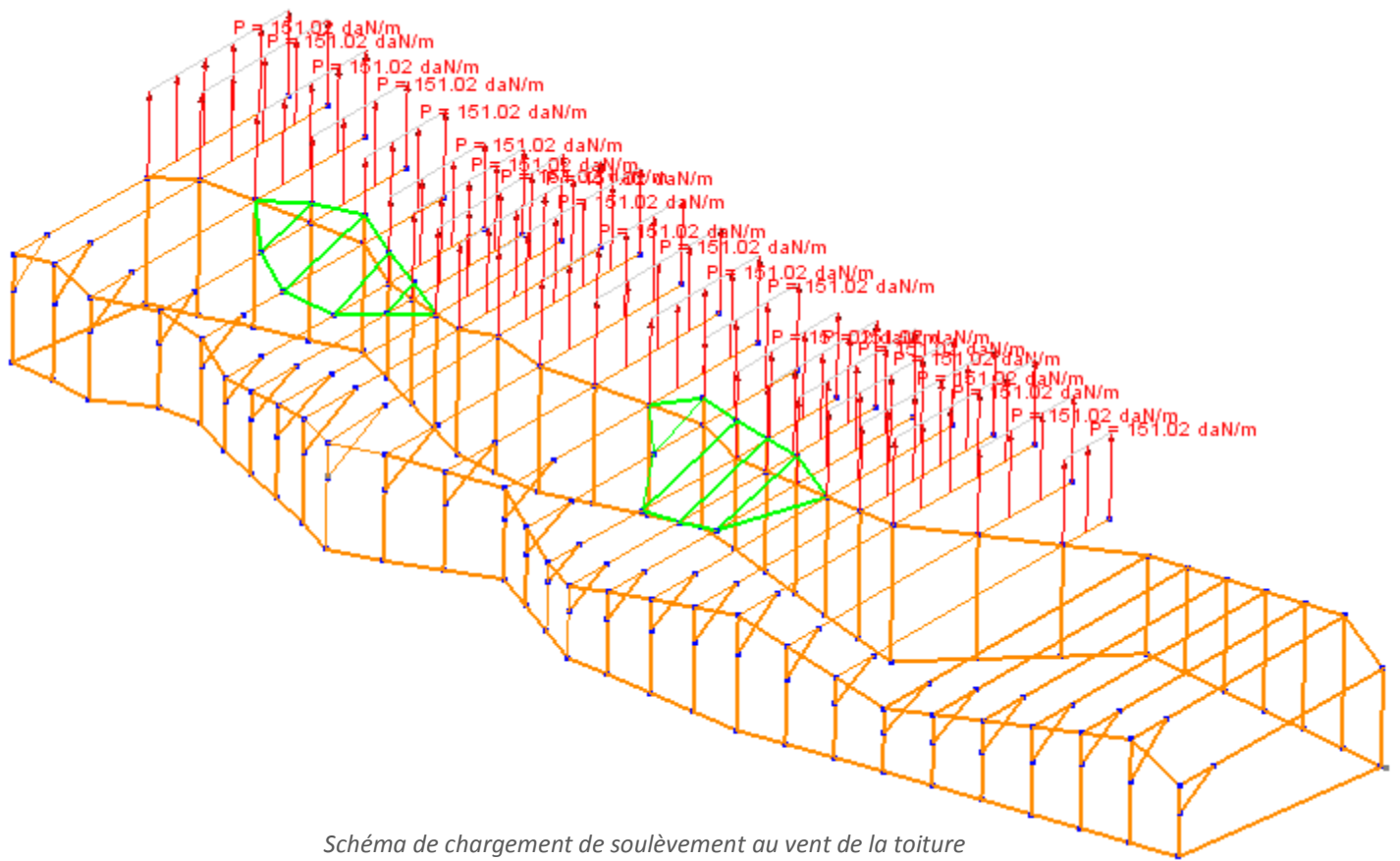
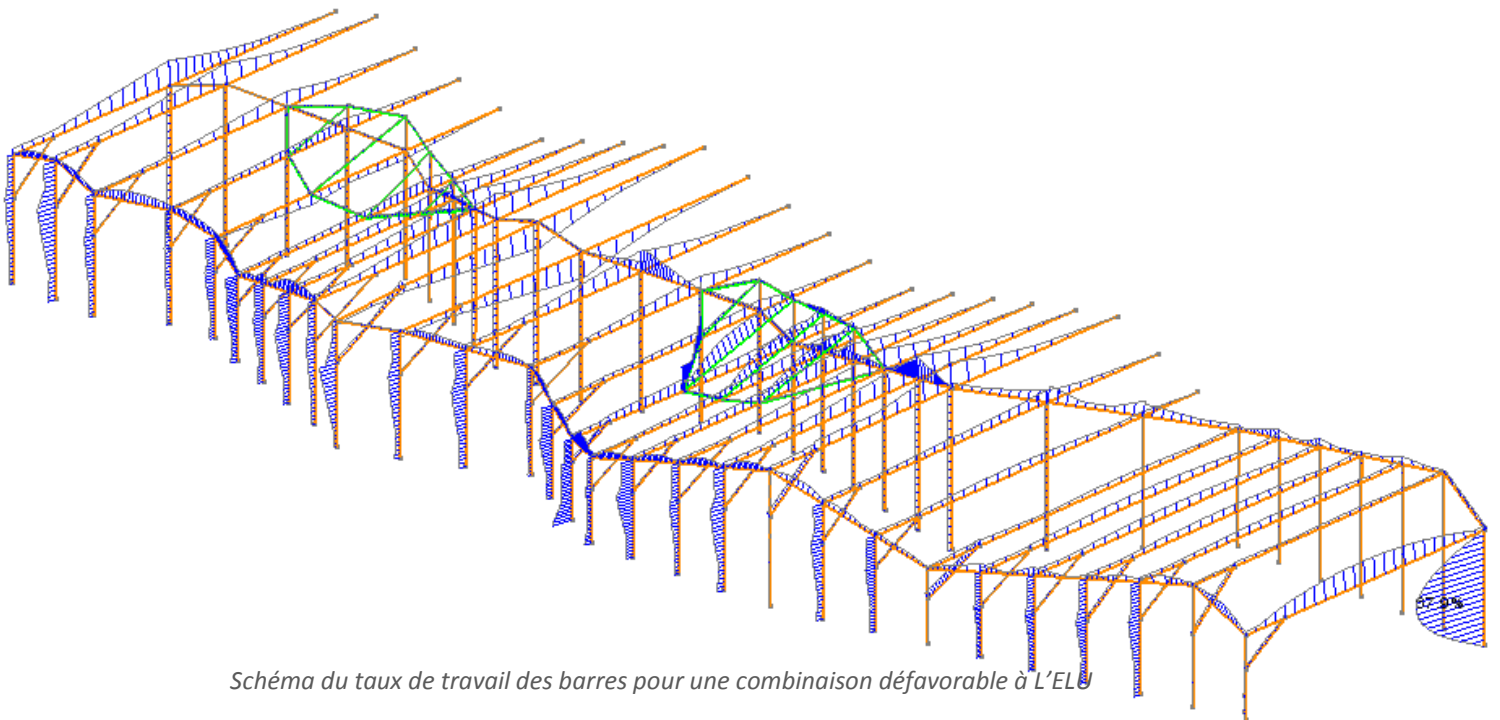


Schéma représentant le modèle filaire de la structure



*Schéma de chargement de soulèvement au vent de la toiture*



*Schéma du taux de travail des barres pour une combinaison défavorable à L'ELU*



## Résultats Eurocode 5

Notations		
Matériau		
$\bar{\sigma}$	MPa	Contrainte admissible en traction axiale
$\bar{\sigma}'$	MPa	Contrainte admissible en compression axiale
$\bar{\sigma}_f$	MPa	Contrainte admissible en flexion
$\bar{\tau}$	MPa	Contrainte admissible en cisaillement
$C_{ht}$	-	Coefficient correcteur des résistances en traction et flexion en fonction de l'humidité
$C_{hc}$	-	Coefficient correcteur des résistances en compression et cisaillement en fonction de l'humidité
$C$	-	Coefficient correcteur fonction des dimensions de la section
$C_e$	-	Coefficient de limite élastique conventionnelle
Contraintes		
$\sigma$	MPa	Contrainte axiale due à l'effort normal N
$\sigma_{fy}$	MPa	Contrainte axiale due au moment fléchissant My
$\sigma_{fz}$	MPa	Contrainte axiale due au moment fléchissant Mz
$\tau$	MPa	Contrainte de cisaillement
Flambement-Déversement		
$\lambda_y$	m	Elancement y
$\lambda_z$	m	Elancement z
$K$	-	Coefficient de flambement
Vérification des flèches		
$\theta$	-	Coefficient de fluage
$w_{cd}$	mm	Flèche courte durée
$w_{ld}$	mm	Flèche longue durée
$w_{cf}$	mm	Valeur de la contre flèche
$w_{total}$	mm	Flèche totale courte durée + longue durée
$w_{adm}$	mm	Flèche admissible

### Equations vérifiées

#### Résistance contraintes axiales

$\frac{\sigma}{C_{ht} \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \leq 1$	Flexion et traction axiale combinées - Combinaisons du premier genre
$\frac{\sigma}{C_e C_{ht} \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_e C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_e C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \leq 1$	Flexion et traction axiale combinées - Combinaisons du second genre
$\left[ \frac{\sigma}{C_{ht} \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \right] \cdot \frac{1}{2.25} \leq 1$	Flexion et traction axiale combinées - Combinaisons de type Feu - épaisseur résiduelle supérieure à 30 mm
$\left[ \frac{\sigma}{C_{ht} \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \right] \cdot \frac{1}{1.75} \leq 1$	Flexion et traction axiale combinées - Combinaisons de type Feu - épaisseur résiduelle inférieure à 30 mm
$\frac{\sigma}{C_{hc} \cdot \bar{\sigma}'} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \leq 1$	Flexion et compression axiale combinées - Combinaisons du premier genre
$\frac{\sigma}{C_e C_{hc} \cdot \bar{\sigma}'} + \frac{\sigma_{fy}}{C_e C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_e C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \leq 1$	Flexion et compression axiale combinées - Combinaisons du second genre
$\left[ \frac{\sigma}{C_{hc} \cdot \bar{\sigma}'} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \right] \cdot \frac{1}{2} \leq 1$	Flexion et compression axiale combinées - Combinaisons de type Feu - épaisseur résiduelle supérieure à 30 mm
$\left[ \frac{\sigma}{C_{hc} \cdot \bar{\sigma}'} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \right] \cdot \frac{1}{1.5} \leq 1$	Flexion et compression axiale combinées - Combinaisons de type Feu - épaisseur résiduelle inférieure à 30 mm
Résistance cisaillement	
$\frac{\tau}{C_{hc} \cdot \bar{\tau}} \leq 1$	Cisaillement - Combinaisons du premier genre
$\frac{\tau}{C_e C_{hc} \cdot \bar{\tau}} \leq 1$	Cisaillement - Combinaisons du second genre
Résistance au flambement	
$K \frac{\sigma}{C_{hc} \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \leq 1$	Compression flexion avec prise en compte des effets de flambement - Combinaisons du premier genre
$K \frac{\sigma}{C_e C_{hc} \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_e C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_e C_{ht} \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \leq 1$	Compression flexion avec prise en compte des effets de flambement - Combinaisons du second genre
$\left[ K \frac{\sigma}{C_h \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_h \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_h \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \right] \cdot \frac{1}{2} \leq 1$	Compression flexion avec prise en compte des effets de flambement - Combinaisons de type feu - épaisseur résiduelle supérieure à 30 mm

$\left[ K \frac{\sigma}{C_h \cdot \bar{\sigma}} + \frac{\sigma_{fy}}{C_h \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} + \frac{\sigma_{fz}}{C_h \cdot C \cdot \bar{\sigma}_f} \right] \cdot \frac{1}{1.5} \leq 1$	Compression flexion avec prise en compte des effets de flambement - Combinaisons de type feu - épaisseur résiduelle inférieure à 30 mm
Résistance au déversement	
$3 \frac{\sigma_{fy}}{\sigma_{f,crit}} \leq 1$	Flexion avec prise en compte des effets de déversement - Combinaisons du premier genre
$3 \frac{\sigma_{fy}}{C_e \sigma_{f,crit}} \leq 1$	Flexion avec prise en compte des effets de déversement - Combinaisons du second genre
$1.4 \frac{\sigma_{fy}}{\sigma_{f,crit}} \leq 1$	Flexion avec prise en compte des effets de déversement - Combinaisons de type feu
Vérification des flèches	
$\frac{w_{cd} + \theta \cdot w_{id} - w_{cf}}{w_{adm}} \leq 1$	Vérification des flèches avec prise en compte du fluage

## Résultats détaillés pour différents éléments (pannes, poteaux)

Groupe : Pannes								
Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
25	-	R15x60	C18_(ST3)	17,7 %	17 %	14,9 %	-	14,4 %
46	-	R15x60	C18_(ST3)	31,6 %	21 %	21,5 %	-	26,2 %
219	-	R15x60	C18_(ST3)	34,3 %	18,2 %	34,5 %	-	44,8 %
222	-	R15x60	C18_(ST3)	39,6 %	20,2 %	38,6 %	-	55,5 %
225	-	R15x60	C18_(ST3)	43,5 %	21,5 %	41,1 %	-	64,3 %
228	-	R15x60	C18_(ST3)	44,5 %	20,7 %	44,8 %	-	68,2 %
519	-	R15x60	C18_(ST3)	47,5 %	20,4 %	47,6 %	-	49,6 %
520	-	R15x60	C18_(ST3)	41,7 %	20,3 %	42,3 %	-	40 %
522	-	R15x60	C18_(ST3)	24,4 %	18,9 %	23,9 %	-	23,2 %
523	-	R15x60	C18_(ST3)	52,5 %	22,5 %	53,3 %	-	54,6 %
524	-	R15x60	C18_(ST3)	37,1 %	19 %	37 %	-	38,7 %
525	-	R15x60	C18_(ST3)	32,2 %	18,3 %	32,1 %	-	38,3 %
526	-	R15x60	C18_(ST3)	31,9 %	17,5 %	27,6 %	-	45,1 %
527	-	R15x60	C18_(ST3)	23 %	17 %	23,5 %	-	21,5 %
528	-	R15x60	C18_(ST3)	31,8 %	17 %	31,7 %	-	25 %
529	-	R15x60	C18_(ST3)	42,1 %	19,1 %	41,8 %	-	40,3 %
530	-	R15x60	C18_(ST3)	52,4 %	21,6 %	53,3 %	-	59,5 %
531	-	R15x60	C18_(ST3)	53,3 %	21,7 %	54,3 %	-	61,7 %
532	-	R15x60	C18_(ST3)	52,7 %	21,6 %	53,6 %	-	60,5 %
533	-	R15x60	C18_(ST3)	42,7 %	19,4 %	43,2 %	-	45,1 %
534	-	R15x60	C18_(ST3)	32,5 %	18,2 %	33,1 %	-	26,2 %
535	-	R15x60	C18_(ST3)	24 %	17,2 %	24,4 %	-	37,8 %
536	-	R15x60	C18_(ST3)	27,1 %	15,1 %	23,6 %	-	54,4 %
537	-	R15x60	C18_(ST3)	23,9 %	16,1 %	24,2 %	-	36,3 %
538	-	R15x60	C18_(ST3)	31,7 %	17,9 %	32,1 %	-	24,6 %
539	-	R15x60	C18_(ST3)	42,6 %	19,4 %	43,3 %	-	42,7 %
540	-	R15x60	C18_(ST3)	51,5 %	21,4 %	52,3 %	-	56,8 %
541	-	R15x60	C18_(ST3)	34 %	19,1 %	34,3 %	-	44,3 %

Groupe : Poteaux								
Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
24	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,8 %	3,9 %	5 %	-	1,5 %
26	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	1,9 %	0 %	40,1 %	-	0 %
31	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5,7 %	1,3 %	5,7 %	-	0,1 %
45	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	2 %	1,9 %	2,1 %	-	0,4 %
47	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	2,3 %	0 %	26,5 %	-	0 %
51	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	0,7 %	2,4 %	1 %	-	0 %
72	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,6 %	0 %	44,7 %	-	0 %
77	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	9,4 %	6,9 %	28,5 %	-	4,1 %

80	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,9 %	0 %	70,7 %	-	0 %
102	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	24 %	16,4 %	37,9 %	-	14,5 %
116	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	17,6 %	12,3 %	24,8 %	-	11 %
123	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	23,3 %	22,8 %	31,1 %	-	11,1 %
130	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,3 %	0 %	45,3 %	-	0 %
135	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	21,5 %	18,5 %	26,2 %	-	13 %
146	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	3,9 %	0 %	54,1 %	-	0 %
148	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	10,5 %	9 %	28,2 %	-	7,3 %
153	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,3 %	0 %	69,8 %	-	0 %
163	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5 %	0 %	93 %	-	0 %
168	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	18,5 %	13,2 %	41,9 %	-	11,1 %
182	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	37,4 %	23,4 %	39,2 %	-	24,8 %
191	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5,6 %	0 %	93,8 %	-	0 %
206	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5,5 %	0 %	85,3 %	-	0 %
218	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	24,6 %	18,7 %	28,5 %	-	15,3 %
220	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	2,7 %	0 %	49,9 %	-	0 %
221	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	21,3 %	15,4 %	24,6 %	-	11,1 %
223	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	2,9 %	0 %	47,8 %	-	0 %
224	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	3 %	0 %	44,3 %	-	0 %
226	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	17 %	12,9 %	19,2 %	-	7,6 %
227	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	15,9 %	13,5 %	17,5 %	-	8,6 %
229	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	3 %	0 %	39,2 %	-	0 %
230	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	3,6 %	0 %	52,3 %	-	0 %
231	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,6 %	0 %	82,5 %	-	0 %
232	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	23,1 %	20,3 %	25,5 %	-	13 %
234	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	21,8 %	16,5 %	25,5 %	-	12 %
261	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	27,3 %	20,9 %	34,4 %	-	16,4 %
263	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5,3 %	0 %	86,6 %	-	0 %
264	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	32,6 %	17,8 %	35,3 %	-	13,4 %
267	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	20,3 %	16,9 %	25,5 %	-	10,1 %
270	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,9 %	0 %	63,5 %	-	0 %
293	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	23,8 %	17,1 %	30,2 %	-	8,2 %
335	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5,1 %	0 %	71,6 %	-	0 %
337	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	5,1 %	0 %	60,6 %	-	0 %
427	-	R15x20	C24_(ST2)	19,2 %	0,7 %	23,5 %	-	0,7 %
445	-	R15x20	C24_(ST2)	4,1 %	0,6 %	4,5 %	-	0,4 %
459	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	4,4 %	0 %	54,2 %	-	0 %
494	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	37 %	23,5 %	43,5 %	-	14,3 %
501	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	24,1 %	13,1 %	30,4 %	-	10,3 %
508	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	27,6 %	19 %	27,7 %	-	16 %
513	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	35,4 %	8,9 %	58,4 %	-	16,7 %
542	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	24,2 %	13,3 %	32,6 %	-	9,7 %
543	-	RR6x35x15	C24_(ST2)	45,2 %	20,7 %	48 %	-	8 %

**Groupe : 0**

Pièce	Nom	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
40	-	R8x15	GL28C	5,1 %	1,9 %	5,1 %	-	18,6 %
41	-	R8x15	GL28C	2,4 %	0,3 %	6,4 %	-	0,8 %
50	-	R8x15	GL28C	9,6 %	2,2 %	9,2 %	-	61,9 %
59	-	R8x15	GL28C	10,1 %	2,8 %	9,6 %	-	63,3 %
97	-	R8x15	GL28C	17 %	1,6 %	31,1 %	-	34,1 %
100	-	R8x15	GL28C	5,6 %	1,9 %	19,5 %	-	29,7 %
110	-	R8x15	GL28C	1,1 %	0,3 %	2,2 %	-	0,7 %
117	-	R8x15	GL28C	1 %	0,3 %	2 %	-	0,6 %
122	-	R8x15	GL28C	11,7 %	2,9 %	25 %	-	35,3 %
136	-	R8x15	GL28C	6,5 %	1,7 %	7,7 %	-	15,2 %
143	-	R8x15	GL28C	2,2 %	0,3 %	1,2 %	-	0,8 %
149	-	R8x15	GL28C	5,7 %	1,6 %	6,2 %	-	10,9 %
152	-	R8x15	GL28C	2,1 %	0,3 %	1 %	-	0,8 %
162	-	R8x15	GL28C	2,1 %	0,3 %	2,2 %	-	0,8 %
167	-	R8x15	GL28C	6,7 %	2,1 %	7,5 %	-	23,2 %
174	-	R8x15	GL28C	4 %	1,7 %	0,7 %	-	11,8 %
175	-	R8x15	GL28C	0,4 %	0,3 %	0,4 %	-	0,7 %
192	-	R8x15	GL28C	18,7 %	1,6 %	42,8 %	-	60,7 %
193	-	R10x20	GL28C	1,5 %	0,3 %	2,3 %	-	0,4 %
195	-	R10x20	GL28C	5,6 %	0,6 %	14,5 %	-	18,5 %
201	-	R10x20	GL28C	0,6 %	0 %	0,5 %	-	0 %
202	-	R8x15	GL28C	1,1 %	0,3 %	2,1 %	-	0,6 %
209	-	R8x15	GL28C	6,7 %	0,9 %	7,8 %	-	12,7 %
210	-	R10x20	GL28C	0,2 %	0 %	0,2 %	-	0,5 %
211	-	R10x20	GL28C	0,3 %	0 %	0,1 %	-	0,1 %
215	-	R10x20	GL28C	1,2 %	0,3 %	1,7 %	-	0,4 %
216	-	R10x20	GL28C	1,3 %	0,3 %	1,9 %	-	0,5 %
289	-	R8x15	GL28C	4,2 %	1,8 %	4,2 %	-	12,4 %
308	-	R8x15	GL28C	6 %	1,7 %	8,5 %	-	14,9 %
330	-	R8x15	GL28C	17,6 %	3 %	29,8 %	-	18 %
338	-	R10x20	GL28C	0,8 %	0 %	0,1 %	-	0 %
339	-	R10x20	GL28C	0,5 %	0 %	0,4 %	-	0 %
375	-	R10x20	GL28C	1,4 %	0,3 %	2 %	-	0,4 %
377	-	R10x20	GL28C	1,6 %	0,3 %	2,5 %	-	0,4 %
379	-	R10x20	GL28C	10,7 %	4,8 %	10,7 %	-	31,6 %
389	-	R10x20	GL28C	2 %	0,6 %	3,7 %	-	3 %
392	-	R8x15	GL28C	1,6 %	0,3 %	3,4 %	-	0,7 %
393	-	R8x15	GL28C	1,4 %	0,3 %	3 %	-	0,7 %
394	-	R8x15	GL28C	1,1 %	0,3 %	2,3 %	-	0,7 %
395	-	R8x15	GL28C	1,7 %	0,3 %	1,4 %	-	0,7 %
396	-	R8x15	GL28C	3,3 %	0,4 %	2,1 %	-	1,5 %
397	-	R10x20	GL28C	0,5 %	0,4 %	0,5 %	-	0,8 %

398	_	R10x20	GL28C	1,3 %	0,3 %	1,9 %	-	0,5 %
399	_	R10x20	GL28C	0,6 %	0,4 %	0,6 %	-	1,1 %
400	_	R10x20	GL28C	0,2 %	0 %	0,2 %	-	0 %
405	_	R10x20	GL28C	0,1 %	0 %	0,1 %	-	0 %
406	_	R10x20	GL28C	1,2 %	0,3 %	1,8 %	-	0,4 %
407	_	R10x20	GL28C	1,2 %	0,3 %	1,8 %	-	0,4 %
408	_	R10x20	GL28C	0,2 %	0,2 %	0,1 %	-	0,2 %
410	_	R8x15	GL28C	1,7 %	0,6 %	9,6 %	-	4,8 %
411	_	R8x15	GL28C	1,1 %	0,3 %	0,5 %	-	0,5 %
412	_	R8x15	GL28C	0,6 %	0,3 %	0,5 %	-	0,5 %
413	_	R10x20	GL28C	9,3 %	4,5 %	9,8 %	-	25,6 %
414	_	R10x20	GL28C	7,7 %	4,1 %	7,6 %	-	19,6 %
422	_	R15x20	GL28C	3,9 %	0,3 %	4,8 %	-	0,5 %
423	_	R15x20	GL28C	2,2 %	1,6 %	2,2 %	-	4 %
424	_	R8x20	GL28C	1,9 %	0,3 %	5,9 %	-	0,5 %
425	_	R15x20	GL28C	1 %	0,3 %	1,1 %	-	0,5 %
426	_	R15x20	GL28C	1,1 %	0,3 %	1,3 %	-	0,6 %
428	_	R15x20	GL28C	1,4 %	0,3 %	1,6 %	-	0,4 %
429	_	R15x20	GL28C	1,1 %	0,2 %	1,2 %	-	0,3 %
430	_	R15x20	GL28C	2,9 %	0,3 %	3,6 %	-	0,5 %
436	_	R15x20	GL28C	1,7 %	0,3 %	0,7 %	-	0,6 %
437	_	R15x20	GL28C	0,7 %	0,4 %	0,8 %	-	0,8 %
438	_	R15x20	GL28C	1,4 %	0,4 %	1,8 %	-	0,9 %
439	_	R15x20	GL28C	1,2 %	0,4 %	1,7 %	-	1 %
441	_	R15x20	GL28C	1 %	0,4 %	1,3 %	-	1 %
442	_	R15x20	GL28C	1,8 %	0,4 %	0,8 %	-	1 %
443	_	R15x20	GL28C	1,1 %	0,3 %	1,3 %	-	0,6 %
444	_	R15x20	GL28C	1,3 %	0,3 %	1,5 %	-	0,5 %
446	_	R15x20	GL28C	0,7 %	0,3 %	0,7 %	-	0,4 %
447	_	R15x20	GL28C	0,8 %	0,3 %	0,9 %	-	0,6 %
448	_	R15x20	GL28C	1,6 %	0,3 %	1,9 %	-	0,5 %
450	_	R15x20	GL28C	1,2 %	0,3 %	1,4 %	-	0,4 %
455	_	R8x15	GL28C	0,4 %	0,3 %	0,4 %	-	0,7 %
460	_	R8x15	GL28C	3,1 %	0,3 %	1,9 %	-	0,7 %
461	_	R8x15	GL28C	3,3 %	0,3 %	2 %	-	0,7 %
465	_	R10x20	GL28C	0,1 %	0 %	0,1 %	-	0 %
474	_	R8x15	GL28C	6,2 %	2,1 %	7,8 %	-	16,4 %
475	_	R15x20	GL28C	2,2 %	0,2 %	0,7 %	-	0,3 %
486	_	R15x20	GL28C	1,2 %	0,3 %	1,3 %	-	0,4 %
487	_	R8x15	GL28C	9,5 %	3,5 %	10,6 %	-	28,2 %
492	_	R8x15	GL28C	4,7 %	1,9 %	5,2 %	-	11,8 %
497	_	R15x20	GL28C	1,5 %	0,3 %	1,7 %	-	0,4 %
500	_	R8x15	GL28C	4,9 %	1,8 %	5,6 %	-	14 %
502	_	R15x20	GL28C	1,3 %	0,3 %	0,8 %	-	0,6 %
504	_	R8x15	GL28C	5 %	1,9 %	5,7 %	-	14,4 %

506	-	R8x15	GL28C	4,5 %	1,9 %	4,5 %	-	15 %
509	-	R15x20	GL28C	1,2 %	0,3 %	1,5 %	-	0,6 %
516	-	R8x15	GL28C	1 %	0,3 %	2,1 %	-	0,8 %
517	-	R8x15	GL28C	1 %	0,3 %	2 %	-	0,8 %
545	-	R15x20	GL28C	5,5 %	1,4 %	6,1 %	-	5,7 %
546	-	R15x20	GL28C	0,8 %	0,3 %	1 %	-	0,4 %
547	-	R10x20	GL28C	20,6 %	3,1 %	2,9 %	-	12,6 %
548	-	R10x20	GL28C	7,4 %	1,1 %	3,6 %	-	4,7 %
549	-	R10x20	GL28C	4,1 %	0,6 %	2,3 %	-	2,9 %



# ETUDE THERMIQUE

## Scénario d'occupation du bâtiment

### Stabilisé

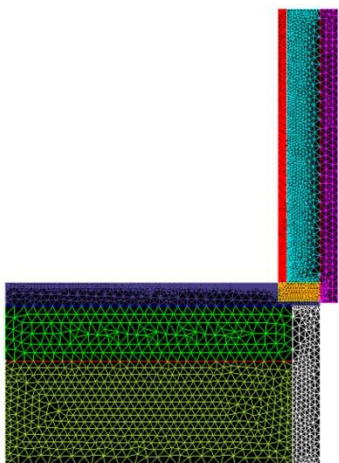
	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
7 h							
8 h							
9 h							
10 h							
11 h							
12 h							
13 h			SAS Football U11				
14 h							
15 h							
16 h	SAS Football section sportive	SAS Football section sportive	SAS Football U15	SAS Football section sportive			
17 h							
18 h	SAS Football U13 U17	Entente sportive	SAS Football U17	SAS Football U13 U17	Entente sportive		
19 h							
20 h				A.S. franco turque	Fc Chantraîne		
21 h							
22 h							
23 h							
24 h							

### Synthétique

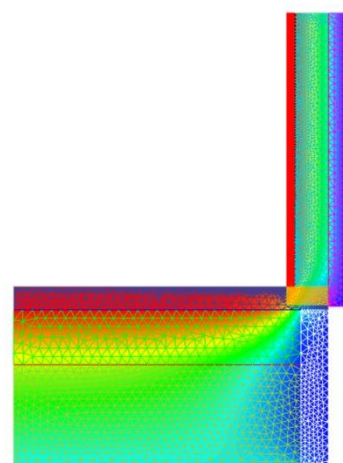
	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
7 h							
8 h							
9 h							
10 h			SAS Football seniors				
11 h							
12 h							
13 h			SAS Football U9 U11				
14 h					Rencontres FFSU ENSTIB		
15 h							
16 h	SAS Football section sportive	SAS Football section sportive	SAS Football U13	SAS Football section sportive			
17 h					SAS Football U15		
18 h	SAS Football U15 U11	SAS Football U17 U19	A.S.F.F.E A et B	SAS Football CFA U15 U19	SAS Football U17 U 19		
19 h							
20 h	ENSTIB	As franco-turque	SAS Football vétérants	fc intersports	A.S.F.F.E		
21 h							
22 h							
23 h							
24 h							

## Honneur (de avril à Octobre)

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
7 h							
8 h		UFRSTAPS					
9 h							
10 h					SAS	Entente sportive	
11 h							
12 h							
13 h							
14 h							
15 h							
16 h	Section sportive Athlétisme			Section sportive Athlétisme			
17 h		Entente sportive	Entente sportive		Entente sportive		
18 h	Entente sportive					Entente sportive	
19 h							
20 h							
21 h							
22 h							
23 h							
24 h							



Maillage d'un contact mur/sol



Flux de chaleur

# ETUDE DE PRIX

## Gradins

Etude de prix bureau / gradins				
Bordereau quantitatif estimatif			Unité	Prix (€)
<b>Lot 1 : Terrassement / Gros œuvre</b>				
<b>Fondation</b>				
	Installation de chantier			6000
	Décapage terre végétale	0	m <sup>2</sup>	0
	Terrassement pleine masse	233	m <sup>3</sup>	12000
	Remblai	57	m <sup>3</sup>	570
	Semelles de fondation isolées sous poteaux	4	U	500
	Semelles de fondation filantes	80	ml	8160
<b>Dallage</b>				
	Muret de soubassement intérieurs sous refends	90	ml	8990
	Dallage isolé sur vide sanitaire	233	m <sup>2</sup>	11 180
	Canalisation sous dallage	120	ml	6500
<b>Aménagement / Rehabilitation gradins</b>				
	Decoupe et destruction partie gradin	30	ml	3300
	Ajout structure gradins extérieurs bois	40	ml	2900
<b>Réhabilitation</b>				
	Pose lame bois en couverture gradins existants	190	ml	5000
	Garde corps	20	ml	1500
<b>Lot 2 : VRD</b>				
<b>Réseaux</b>				
	Reseau EP	30	ml	1200
	Regard EP	2	U	190
	Branchement sur attente publique EP	1	U	170
	Reseau EU	40	ml	1600
	Regard EU	2	ml	200
	Branchement sur attente publique EU	1	U	170
	Réseau EDF	130	ml	6500
	Pose coffret EDF	1	U	180
	Réseau Gaz	50	ml	3000
	Pose coffret Gaz	1	U	200
	Réseau téléphone	100	ml	3000
	Réseau eau potable	70	ml	3500
<b>Voiries</b>				
	Voirie d'accès	50	ml	1250
	Portillon accès	2	U	300
<b>Lot 3 : Ossature bois - Charpente - Bardage</b>				
<b>Pavillon</b>				
	Murs de façades ossature bois avec isolation	246	m <sup>2</sup>	47724
	Isolation complémentaire extérieure	200	m <sup>2</sup>	33400
<b>Plancher</b>				
	Poutre support de plancher (solivage)	400	ml	19000
	Platine métallique pour solives	60	U	4200
<b>Charpente</b>				
	Poteaux en résineux traité moisant	40	U	18800
	Platine en acier galvanisé sous poteau	40	U	2800
	Poutre droite support de charpente	330	ml	11560
	Jambe de force	40	ml	6300
	Panneaux de toiture	491	m <sup>2</sup>	51064
<b>Bardage bois</b>				
	Bardage vertical en bois rétifé sur ossature	246	m <sup>2</sup>	25370
	Bavette en tôle zinc pour appui de fenêtre	30	U	180
<b>Structure extérieure</b>				
	Poteaux et poutres traité	150	ml	12350
	Platine métallique sous poteaux bois	20	U	2300
	Platine galvanisé pour poutres	20	U	1400
	Platelage ajouré en lame traité autoclave et rainuré	0	m <sup>2</sup>	0
	Planche brise soleil verticales mécanisés rotatives	110	m <sup>2</sup>	13750
<b>Lot 4 : Couverture principale- Etanchéité</b>				

<b>Isolation toiture</b>				
	Complexe d'isolant de toiture	491	m <sup>2</sup>	39280
<b>Couverture / Etanchéité</b>				
	Bac acier double peau	491	m <sup>2</sup>	31460
	Cheneau	14	ml	1560
	Descente eau pluviales	10	ml	400
<b>Lot 6 : Menuiseries</b>				
<b>Menuiseries aluminium</b>				
	Fenêtre aluminium	19	U	21500
	Bavette appui de fenêtre	19	U	3560
	Portes (bloc de porte + porte)	3	U	750
<b>Menuiseries bois</b>				
	Portes (bloc de porte + porte)	16	U	3680
<b>Lot 8 : Cloison / isolation</b>				
<b>Cloison</b>				
	Cloison standards en placostil avec finition 2 faces	320	m <sup>2</sup>	20800
<b>Isolation</b>				
	Panneau isolation phonique	233	m <sup>2</sup>	16776
<b>Lot 9 : Carrelage et Faïence</b>				
<b>Carrelage</b>				
	Carrelage dans les locaux sanitaires	90	m <sup>2</sup>	6660
<b>Faïence</b>				
	Faïence dans les locaux sanitaires	60	m <sup>2</sup>	4080
<b>Lot 10 : Sols souples</b>				
<b>Sols souples</b>				
	Sols intérieur espace bureau	220	m <sup>2</sup>	7260
<b>Lot 11 : Peintures</b>				
<b>Peintures</b>				
	Peinture extérieurs	30	m <sup>2</sup>	2400
	Peintures intérieurs	500	m <sup>2</sup>	30000
<b>Lot 12 : Plomberie sanitaires</b>				
<b>Plomberie</b>				
	Réseau plomberie sanitaire	60	ml	3000
<b>Sanitaires</b>				
	WC	8	U	4536
	Lave mains	6	U	1932
<b>Lot 13 : Electricité courants faibles</b>				
<b>Electricité</b>				
	Réseau intérieurs cablage	500	ml	11000
	Luminaires	70	U	3500
	Réseau électrique de secours	160	ml	3200
	Luminaire de secours et d'évacuation	15	U	900
<b>Lot 14 : Chauffage Ventilation</b>				
<b>Chauffage</b>				
	Réseau chauffage (dalle chauffante + bouche soufflerie)	1	U	56000
<b>Ventilation</b>				
	VMC double flux hygro B	1	U	14000
	Réseau ventilation ( bouche d'extraction et de soufflerie; réseau d'air)	1	U	32000

Prix/m<sup>2</sup>

2352

Somme prix	658492
Surface	280

## Salle

Etude de prix grande salle				
Bordereau quantitatif estimatif			Unité	Prix (€)
<b>Lot 1 : Terrassement / Gros œuvre</b>				
<b>Fondation</b>				
	Décapage terre végétale	150	m <sup>2</sup>	1200
	Terrassement pleine masse	150	m <sup>3</sup>	7725
	Remblai	75	m <sup>3</sup>	750
	Semelles de fondation isolées	0	ml	0
	Semelles de fondation filantes	46	ml	4690
<b>Dallage</b>				
	Muret de soubassement intérieurs sous refends	0	ml	0
	Dallage isolé sur vide sanitaire	150	m <sup>2</sup>	7200
	Canalisation sous dallage	80	ml	2400
<b>Lot 2 : VRD</b>				
<b>Réseaux</b>				
	Reseau EP	20	ml	905
	Regard EP	2	U	190
	Branchement sur attente publique EP	1	U	170
	Reseau EU	25	ml	1500
	Regard EU	2	ml	200
	Branchement sur attente publique EU	1	U	170
	Réseau EDF	220	ml	9900
	Pose coffret EDF	1	U	170
	Réseau Gaz	110	ml	6700
	Pose coffret Gaz	1	U	200
	Réseau téléphone	30	ml	600
	Réseau eau potable	50	ml	3500
<b>Voiries</b>				
	Voirie d'accès	50	ml	1250
	Portillon accès	2	U	300
<b>Lot 3 : Ossature bois - Charpente - Bardage</b>				
<b>Pavillon</b>				
	Murs de façades ossature bois avec isolation	60	m <sup>2</sup>	12000
	Isolation complémentaire extérieure	50	m <sup>2</sup>	8350
<b>Plancher</b>				
	Poutre support de plancher (solivage)	190	ml	9025
	Platine métallique pour solives	36	U	2592
<b>Charpente</b>				
	Poteaux en résineux traité	16	U	7520
	Platine en acier galvanisé sous poteau	16	U	1152
	Poutre droite support de charpente	120	ml	4200
	Jambe de force	10	ml	1575
	Panneaux de toiture	194	m <sup>2</sup>	20176
	Contreventement	60	ml	1650
<b>Bardage bois</b>				
	Bardage vertical en bois rétifé sur ossature	50	m <sup>2</sup>	6790
	Bavette en tôle zinc pour appui de fenêtre	15	U	1200
<b>Structure extérieure</b>				
	Poteaux et poutres traité	0	ml	0
	Platine métallique sous poteaux bois	0	U	0
	Platine galvanisé pour poutres	0	U	0
	Platelage ajouré en lame traité autoclave et rainuré	46	m <sup>2</sup>	5680
	Planche brise soleil verticales mécanisés rotatives	38	m <sup>2</sup>	4750
<b>Lot 4 : Couverture principale- Etanchéité</b>				
<b>Isolation toiture</b>				
	Complexe d'isolant de toiture	121	m <sup>2</sup>	9680
<b>Couverture / Etanchéité</b>				
	Complexe d'étanchéité de toiture	121	m <sup>2</sup>	7260
	Cheneau	11	ml	550
	Descente eau pluviales	3	ml	150

<b>Lot 6 : Menuiseries</b>				
<b>Menuiseries aluminium</b>				
	Fenêtre aluminium	5	U	5655
	Bavette appui de fenêtre	5	U	900
	Portes aluminium (bloc + porte)	2	U	500
<b>Menuiseries bois</b>				
	Portes	0	U	0
<b>Lot 8 : Cloison / isolation</b>				
<b>Cloison</b>				
	Cloison standarts en placostil avec finition 2 faces	40	m <sup>2</sup>	2600
<b>Isolation</b>				
	Panneau isolation phonique	130	m <sup>2</sup>	9360
<b>Lot 9 : Carrelage et Faïence</b>				
<b>Carrelage</b>				
	Carrelage dans les locaux sanitaires	0	m <sup>2</sup>	0
<b>Faïence</b>				
	Faïence dans les locaux sanitaires	0	m <sup>2</sup>	0
<b>Lot 10 : Sols souples</b>				
<b>Sols souples</b>				
	Sols intérieur espace bureau	0	m <sup>2</sup>	0
<b>Lot 11 : Peintures</b>				
<b>Peintures</b>				
	Peinture extérieurs	20	m <sup>2</sup>	1400
	Peintures intérieurs	405	m <sup>2</sup>	21300
<b>Lot 12 : Plomberie sanitaires</b>				
<b>Plomberie</b>				
	Réseau plomberie sanitaire	0	ml	0
<b>Sanitaires</b>				
	WC	0	U	0
	Lave mains	0	U	0
<b>Lot 13 : Electricité courants faibles</b>				
<b>Electricité</b>				
	Réseau intérieurs cablage	160	ml	6400
	Luminaires	24	U	1300
	Réseau électrique de secours	160	ml	4800
	Luminaire de secours et d'évacuation	5	U	300
<b>Lot 14 : Chauffage Ventilation</b>				
<b>Chauffage</b>				
	Réseau chauffage (dalle chauffante + bouche soufflerie)	1	U	29000
<b>Ventilation</b>				
	VMC double flux hygro B	1	U	7000
	Réseau ventilation ( bouche d'extraction et de soufflerie; réseau d'air)	1	U	14000

Prix /m <sup>2</sup>	1723,57
Somme prix	258535
Surface	150



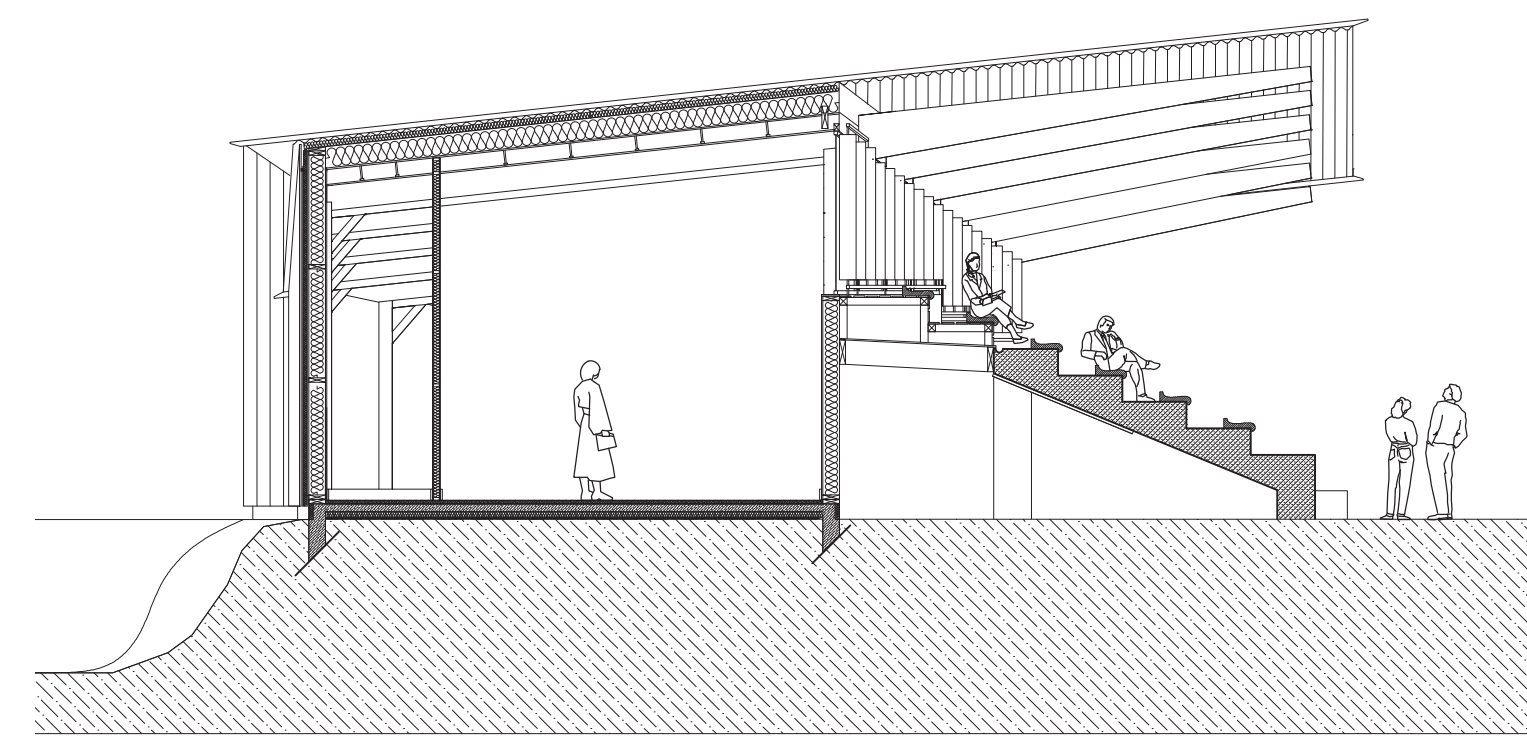
Vue perspective de jour sur les gradins



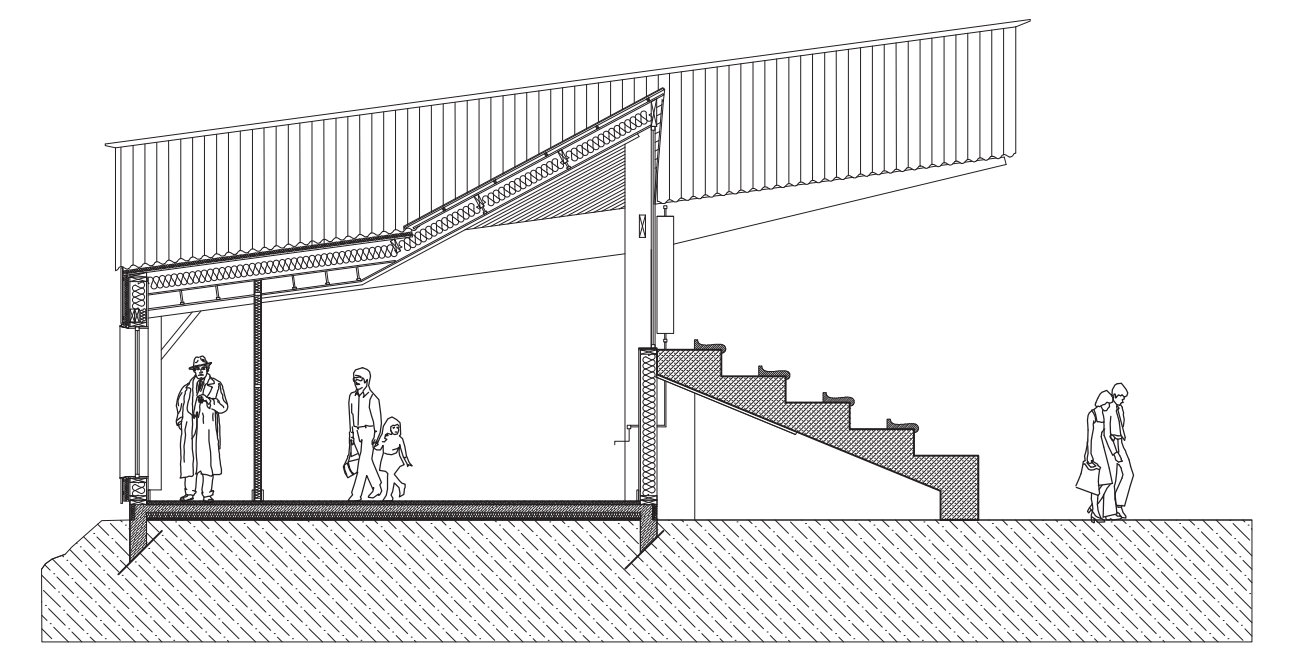
plan masse // échelle 1/500e



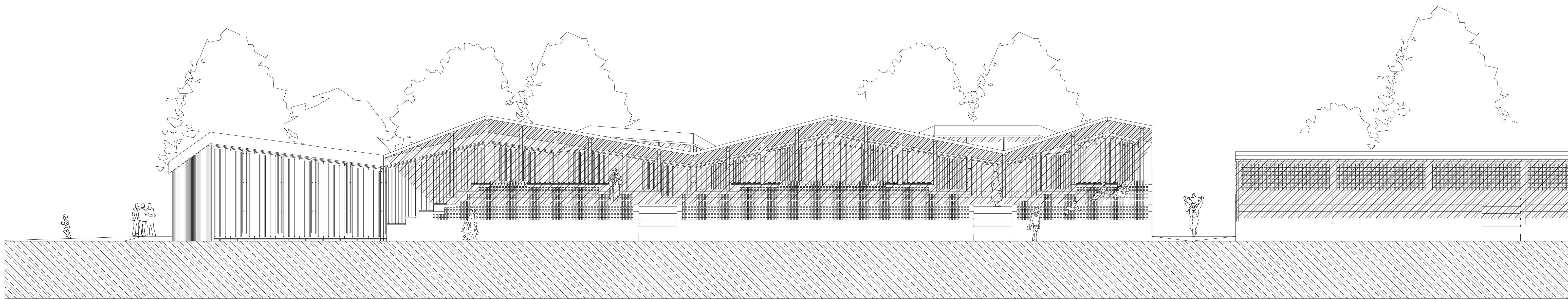
plan du projet // échelle 1/100e



Coupe sur salle // échelle 1/100e



Coupe chien assis // échelle 1/100e



élévation sud // échelle 1/100e

Vue perspective de la grade salle intérieure



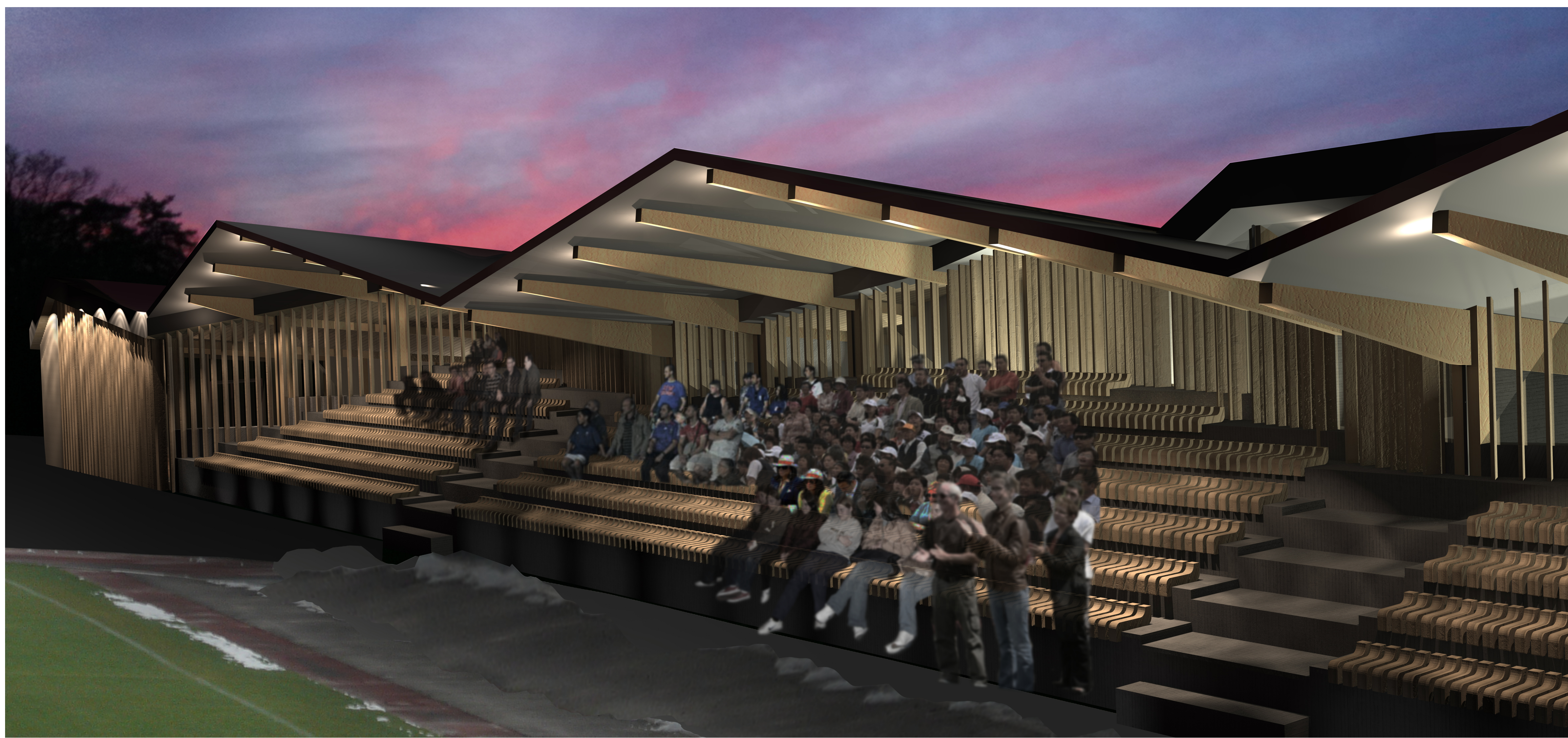
**Master 2 - Génie Civil**  
Spécialité Architecture Bois Construction  
2012 - 2013

**Une bodega pour le SAS d'Epinal**  
Février 2013

## LA TRIBUNE

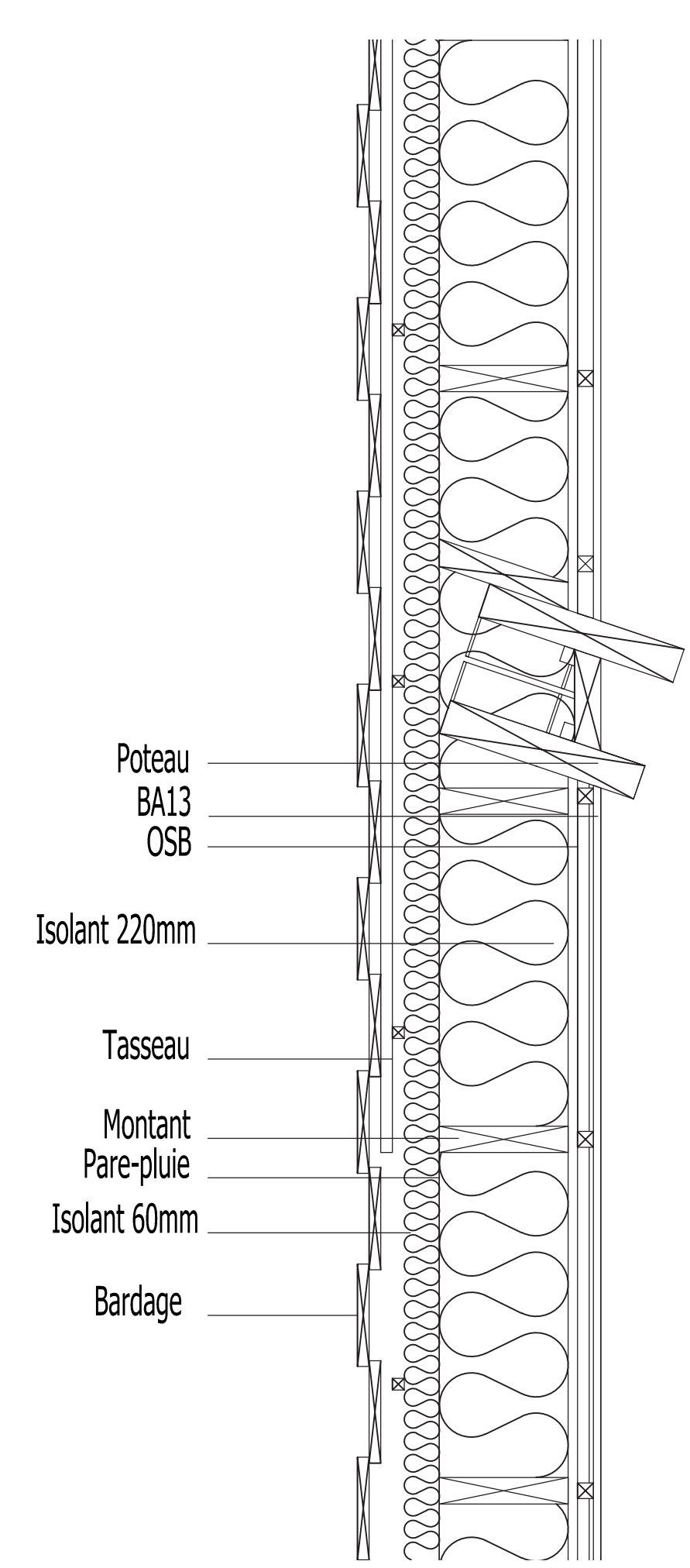
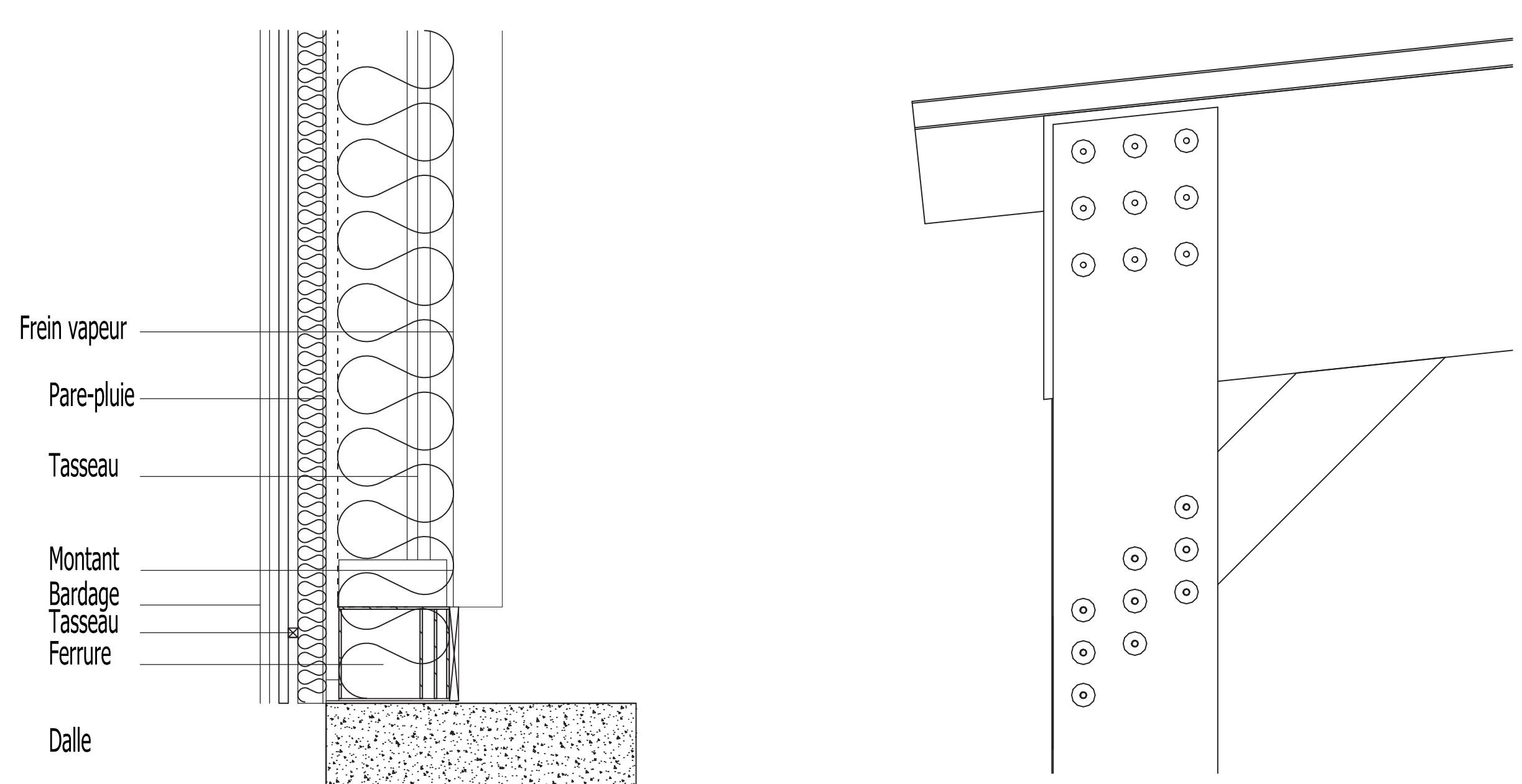
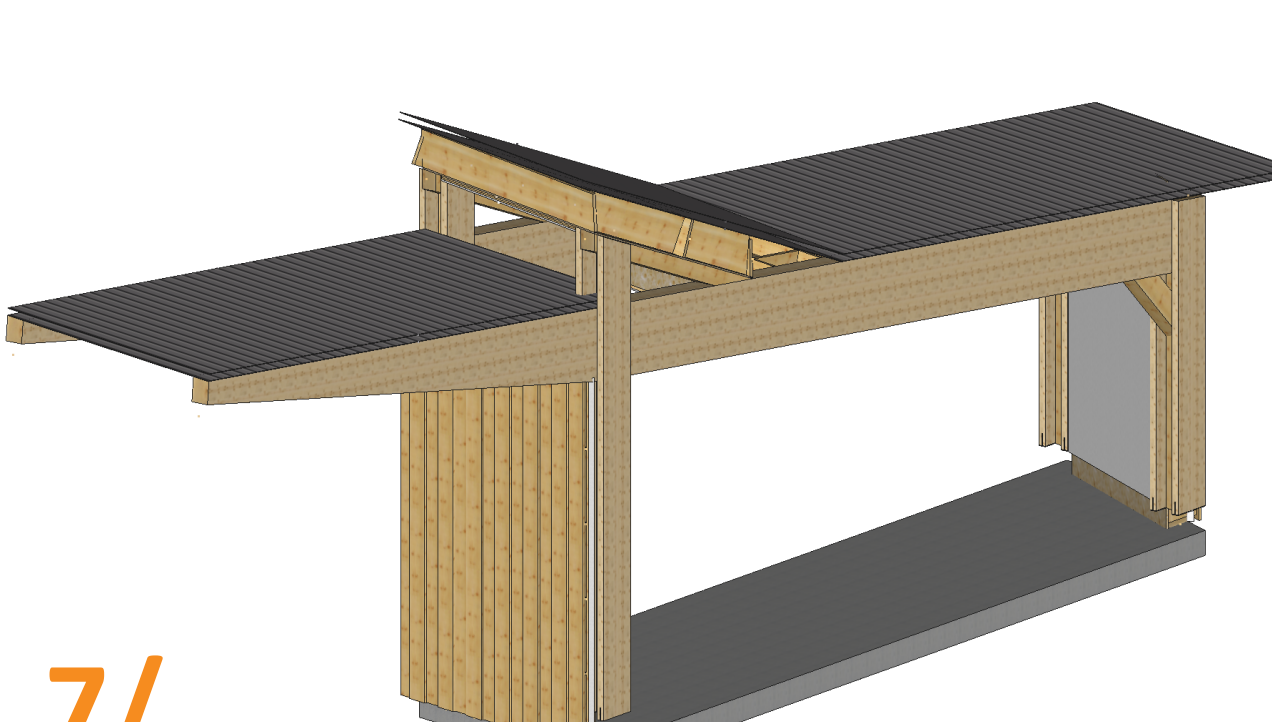
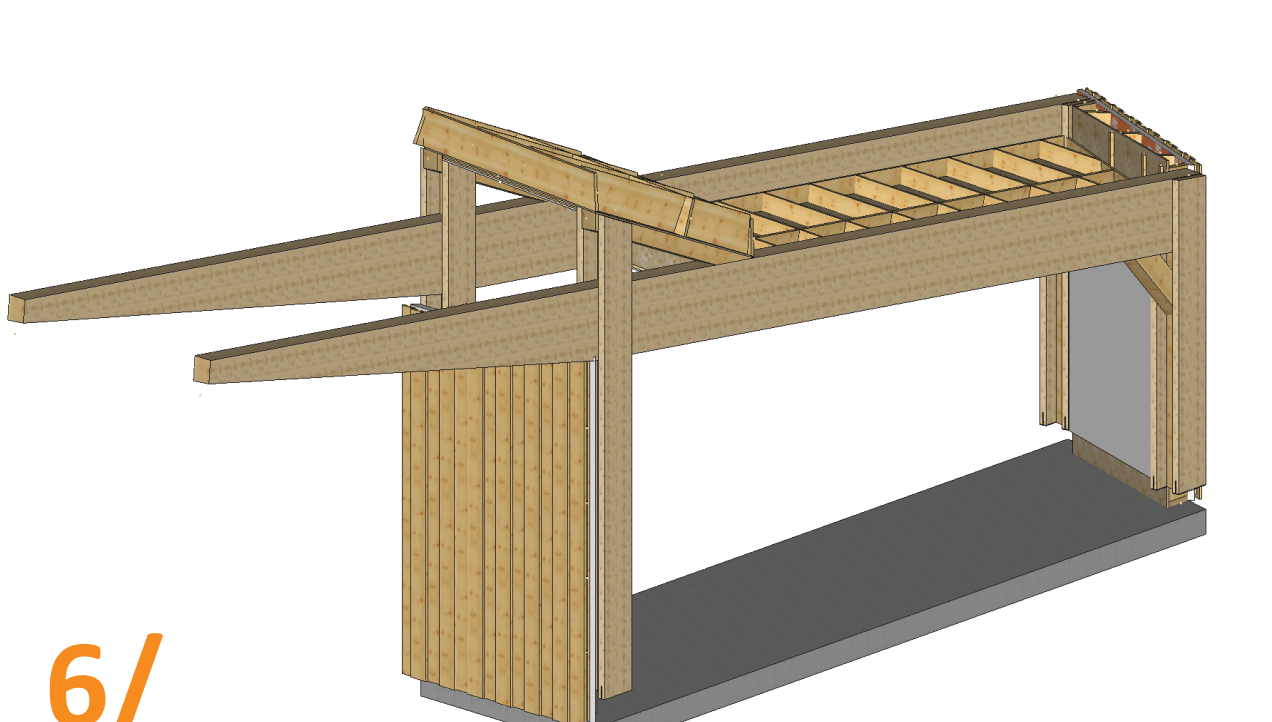
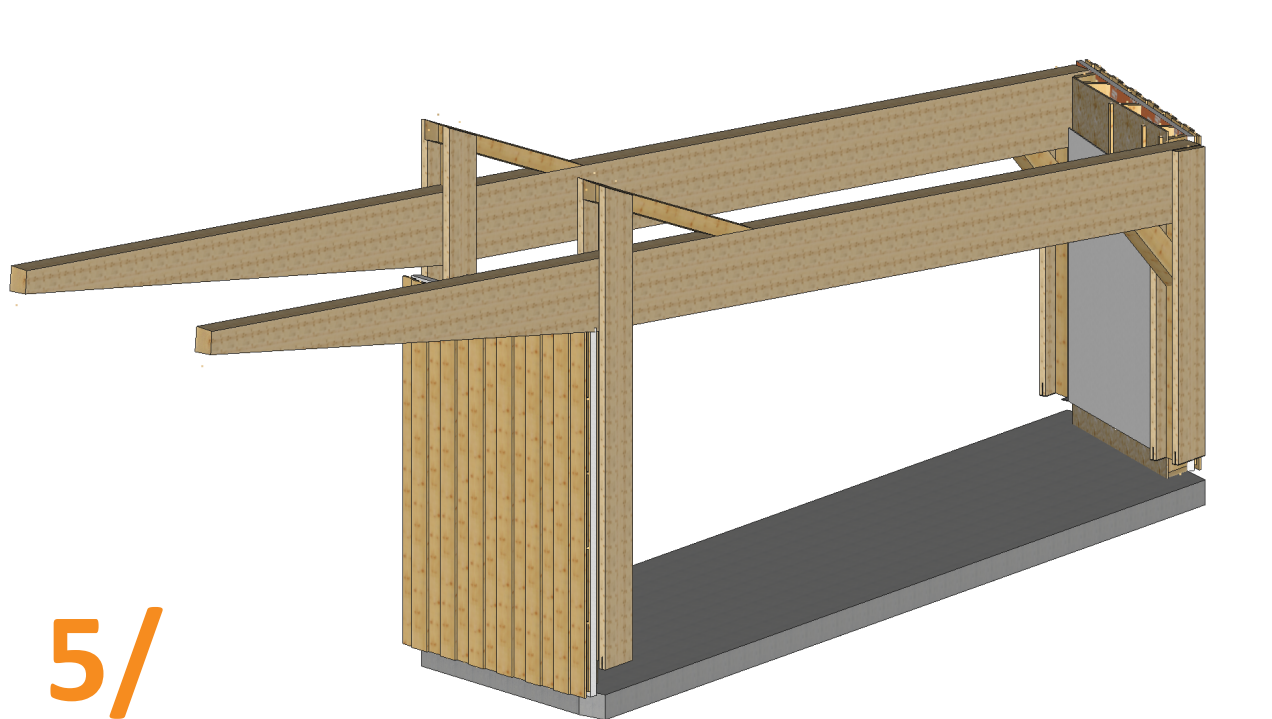
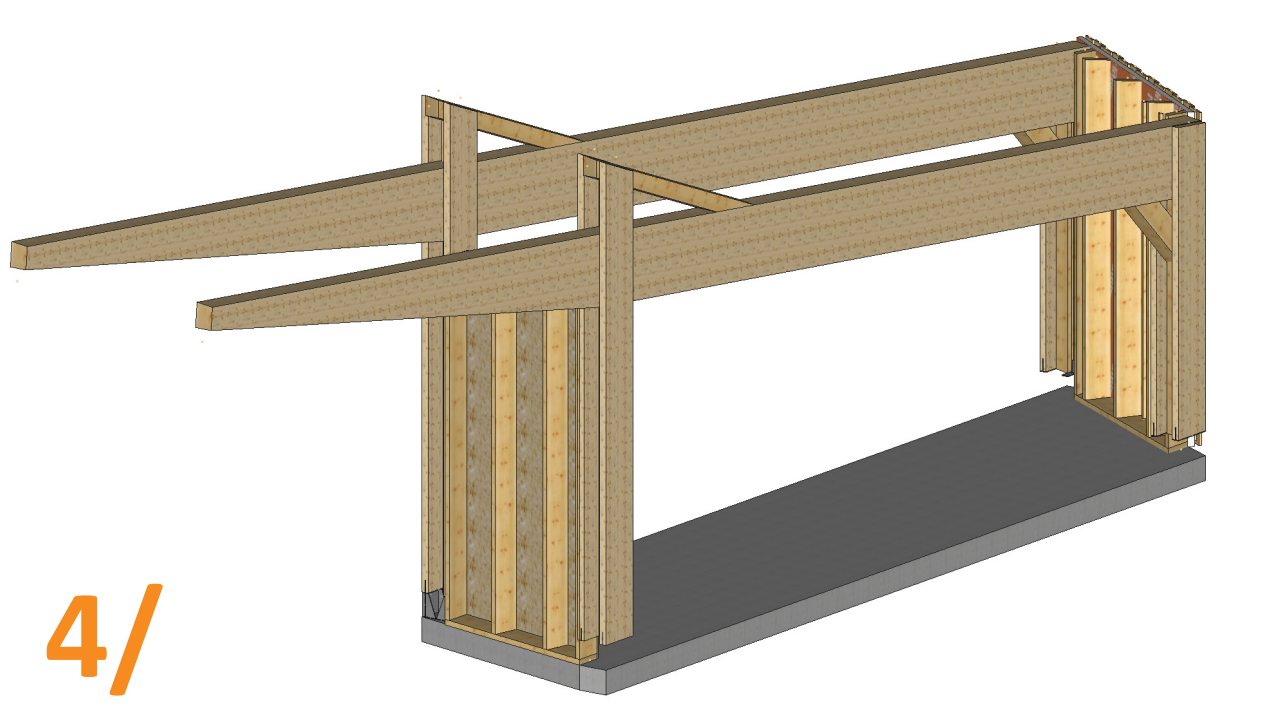
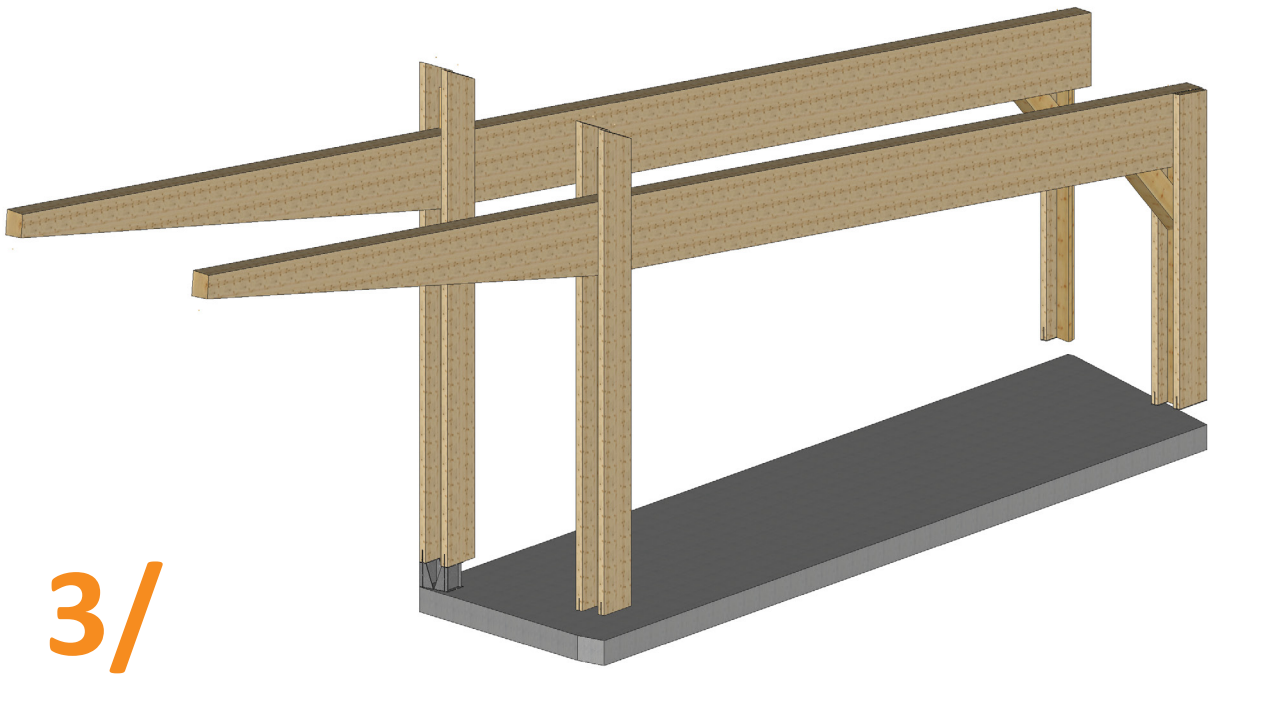
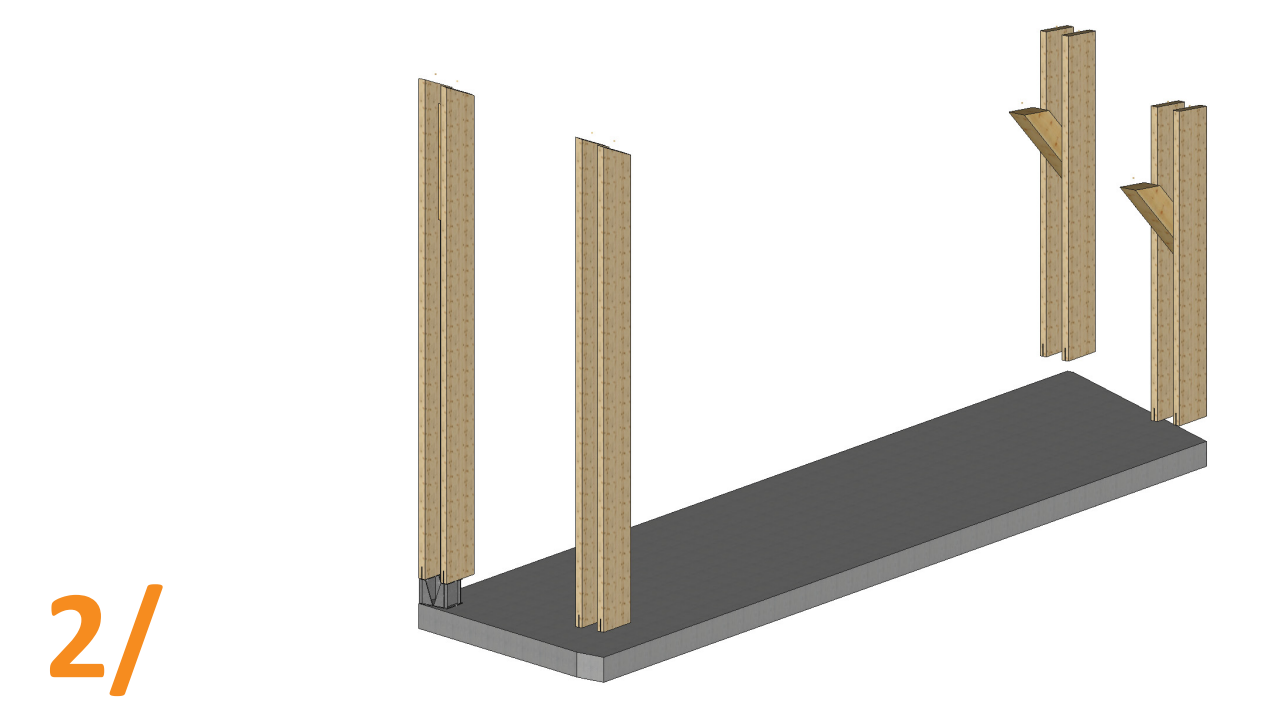
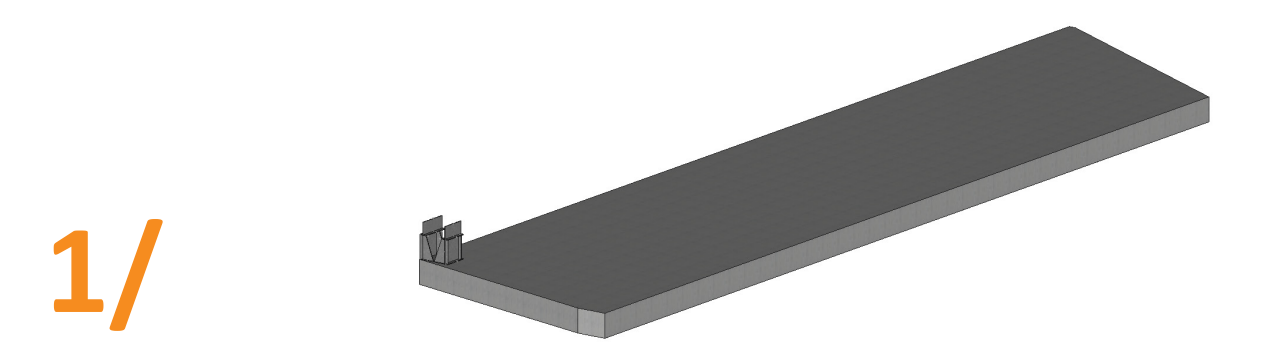
Antoine COCHENNEC - Ingénieur  
Anne-Céline DESCHIZEAUX - Ingénieur  
Simon HIMPENS - Architecte  
Pierre PALMA - Ingénieur  
Jennifer REIN - Architecte





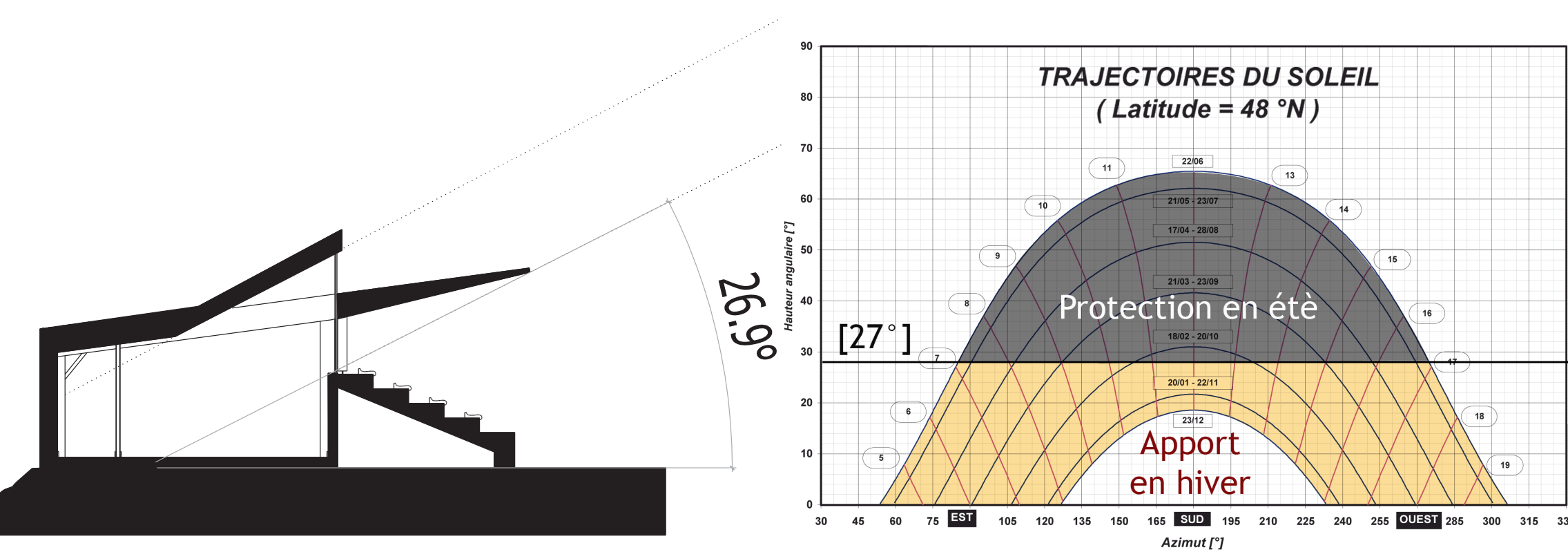
Vue perspective de nuit depuis les gradins

etapes de construction

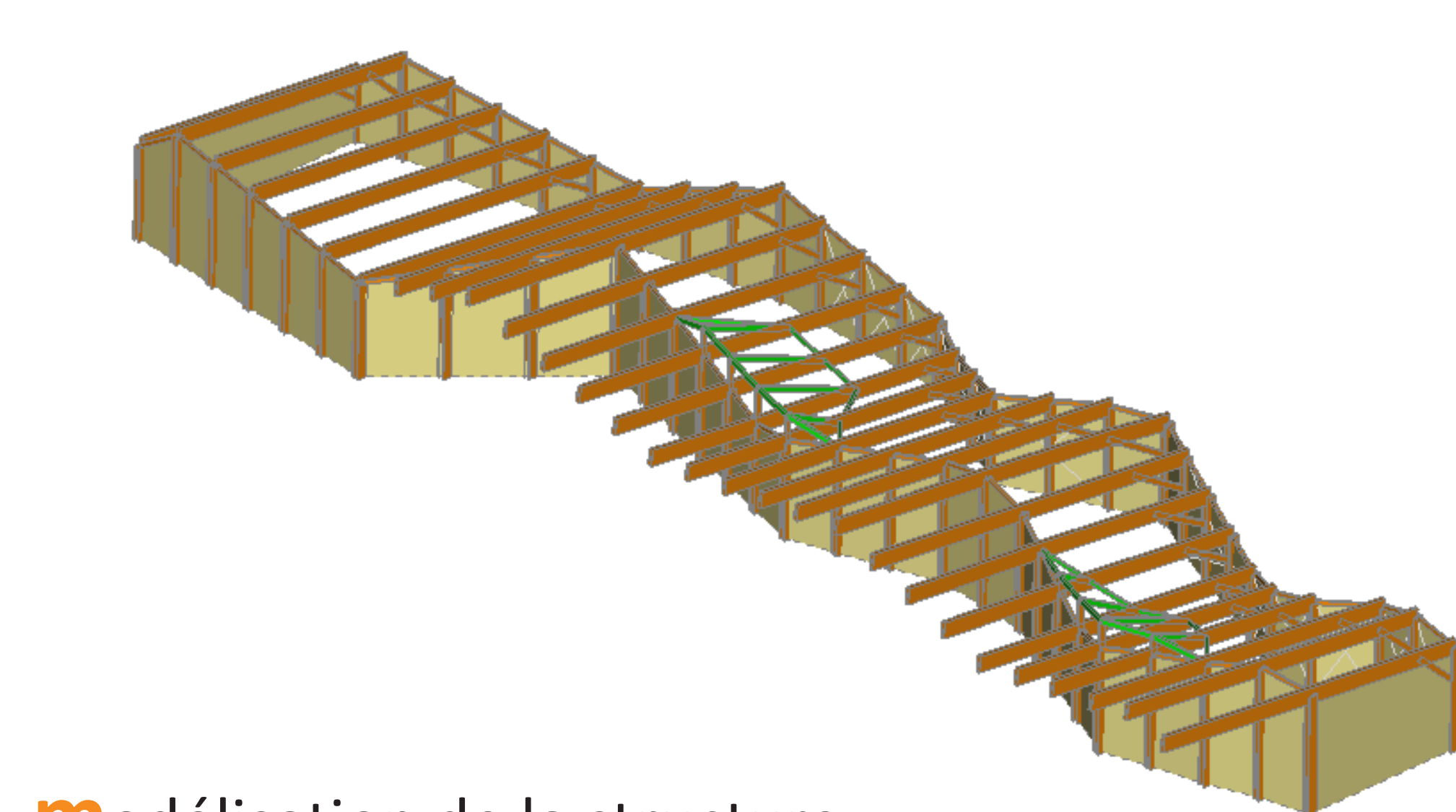
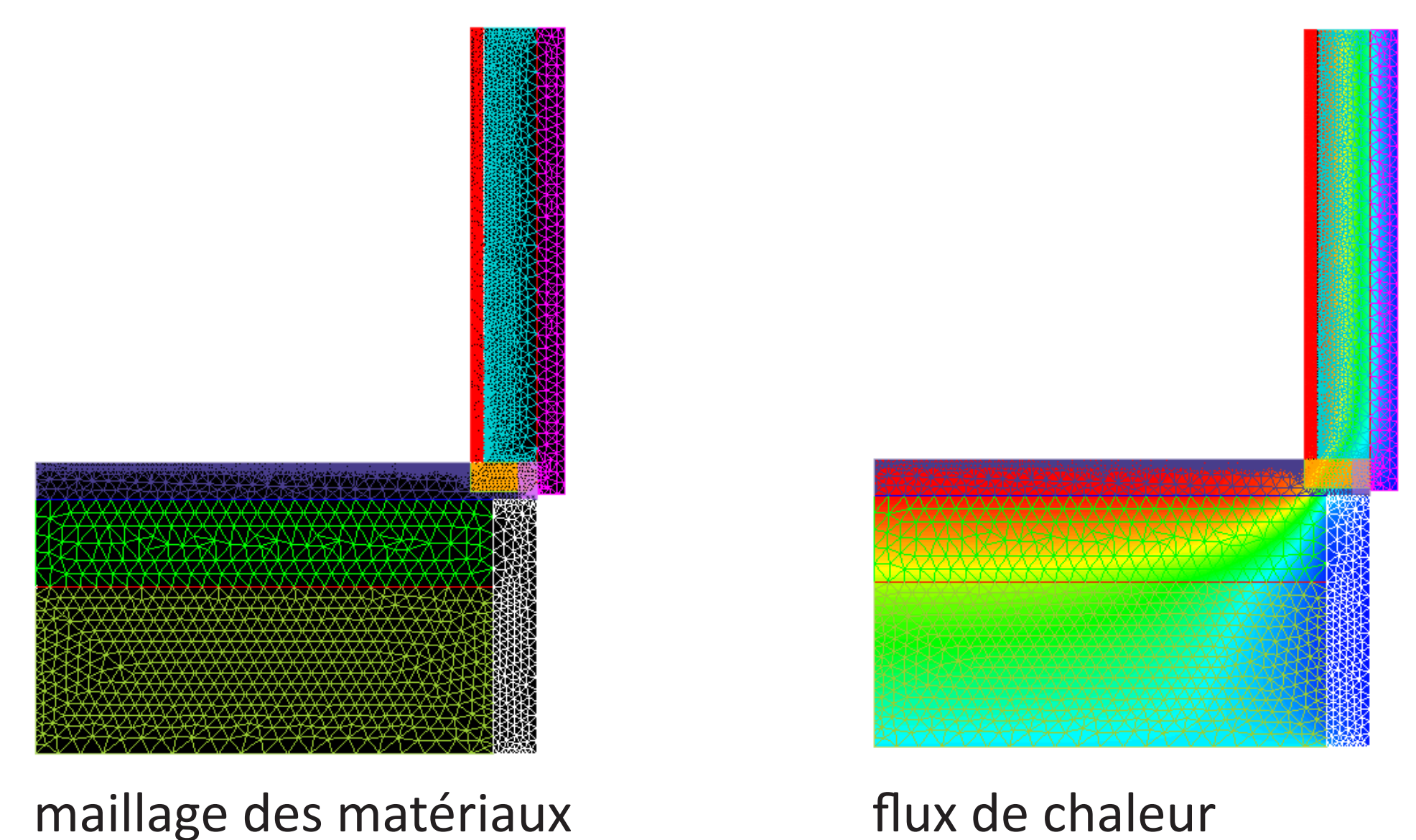


Vue perspective de nuit depuis les gradins

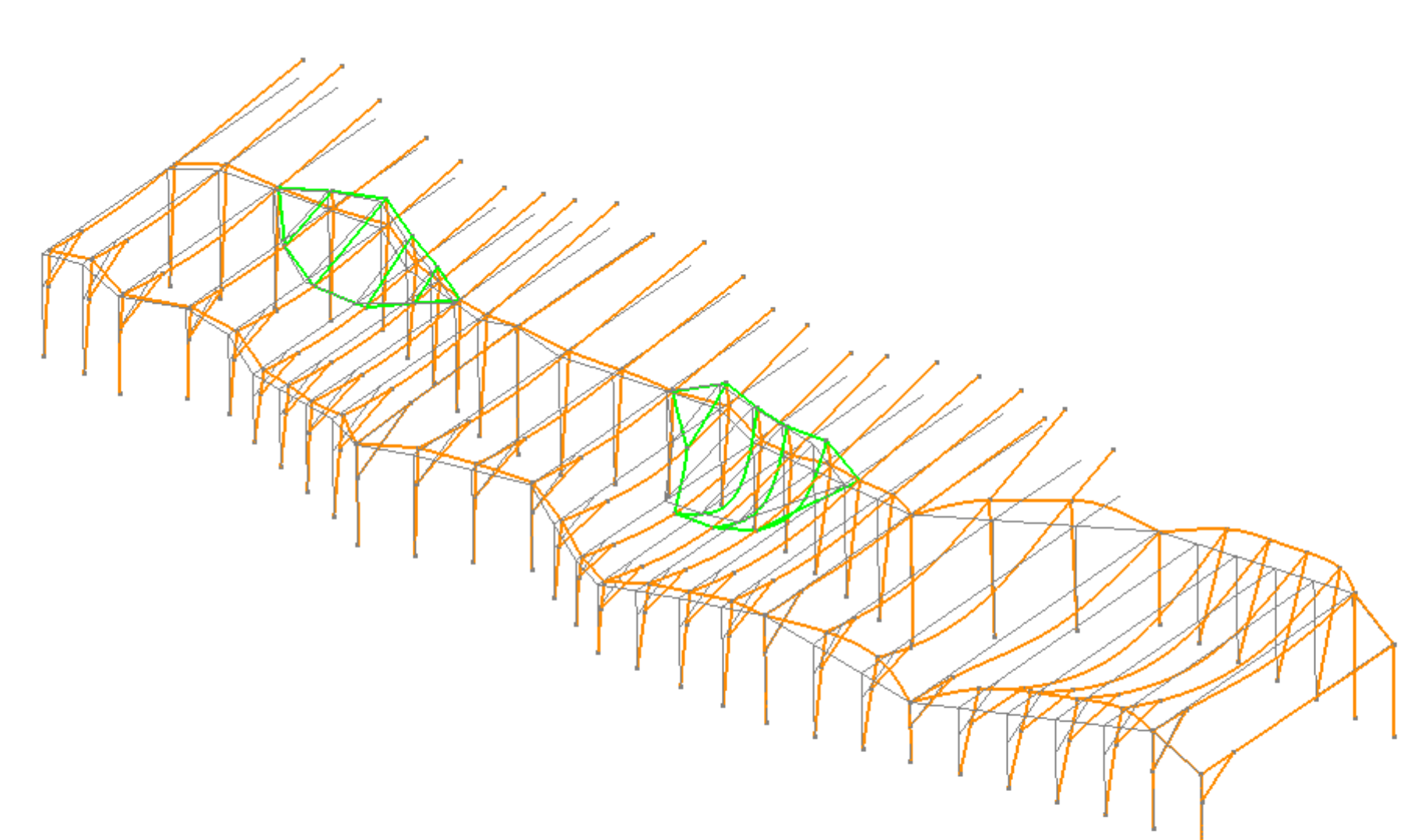
ensoleillement



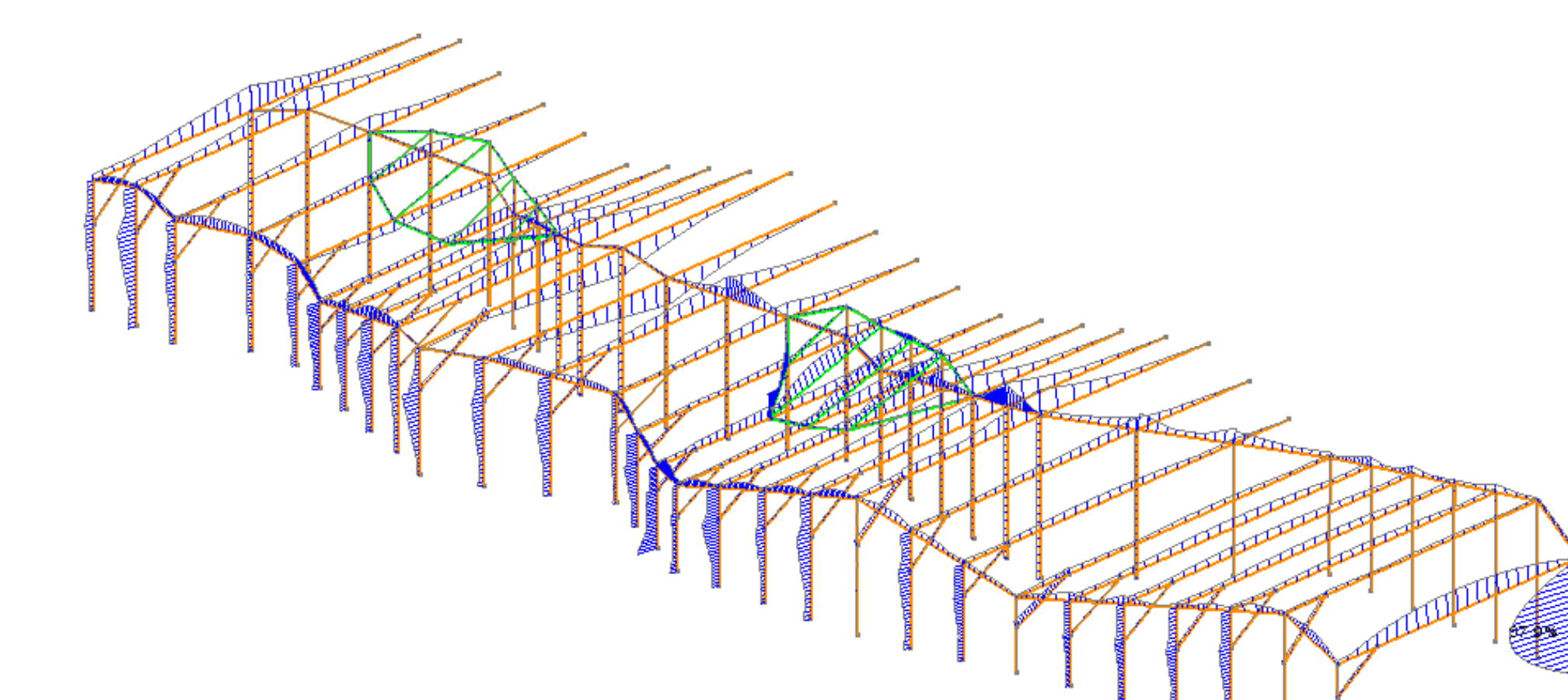
Calcul d'un pont thermique : liaison plancher bas / mur



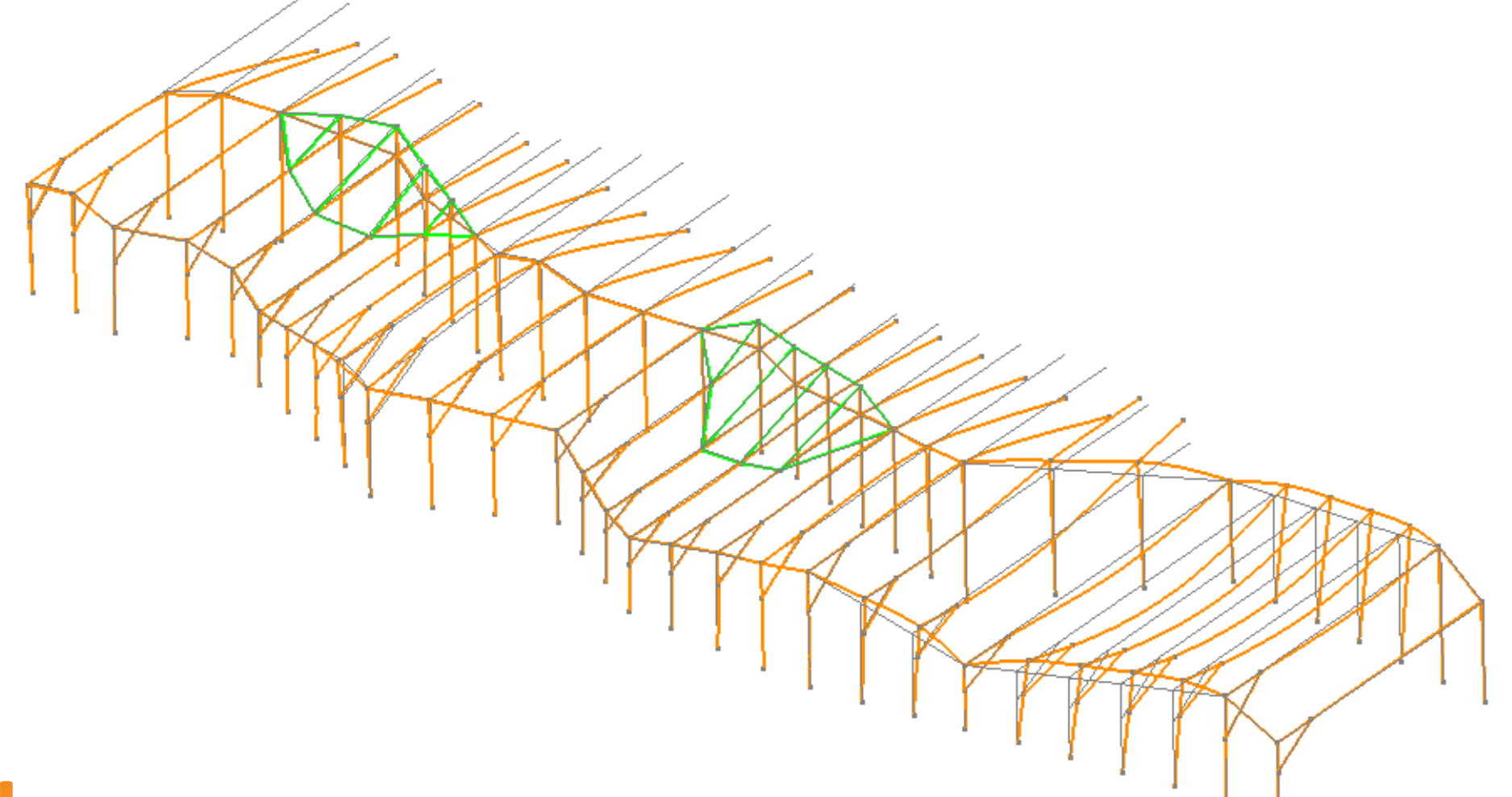
modélisation de la structure



déformée aux efforts de vent



Vérification des sections à l'ELS (critère de flèche)



déformée aux charges de neige

**Master 2 - Génie Civil**  
 Spécialité Architecture Bois Construction  
 2012 - 2013

**Une bodega pour le SAS d'Epinal**  
 Février 2013

**LA TRIBUNE**

Antoine COCHENNEC - Ingénieur  
 Anne-Céline DESCHIZEAUX - Ingénieur  
 Simon HIMPENS - Architecte  
 Pierre PALMA - Ingénieur  
 Jennifer REIN - Architecte