



**HAL**  
open science

## L'orée du SAS

Léa Bagny, Julie Bienaimé, Lika Kovaleva, Simon Perdereau, Simon Perot

► **To cite this version:**

Léa Bagny, Julie Bienaimé, Lika Kovaleva, Simon Perdereau, Simon Perot. L'orée du SAS. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2013. hal-01867627

**HAL Id: hal-01867627**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01867627>**

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)

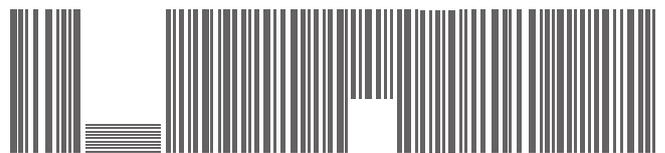
## LIENS

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>



ESPACE SAS FOOTBALL

L'ORÉE DU SAS  
NOTICE ARCHITECTURALE

GROUPE A

Léa BAGNY  
Julie BIENAIMÉ  
Lika KOVALEVA  
Simon PERDEREAU  
Clément PEROT

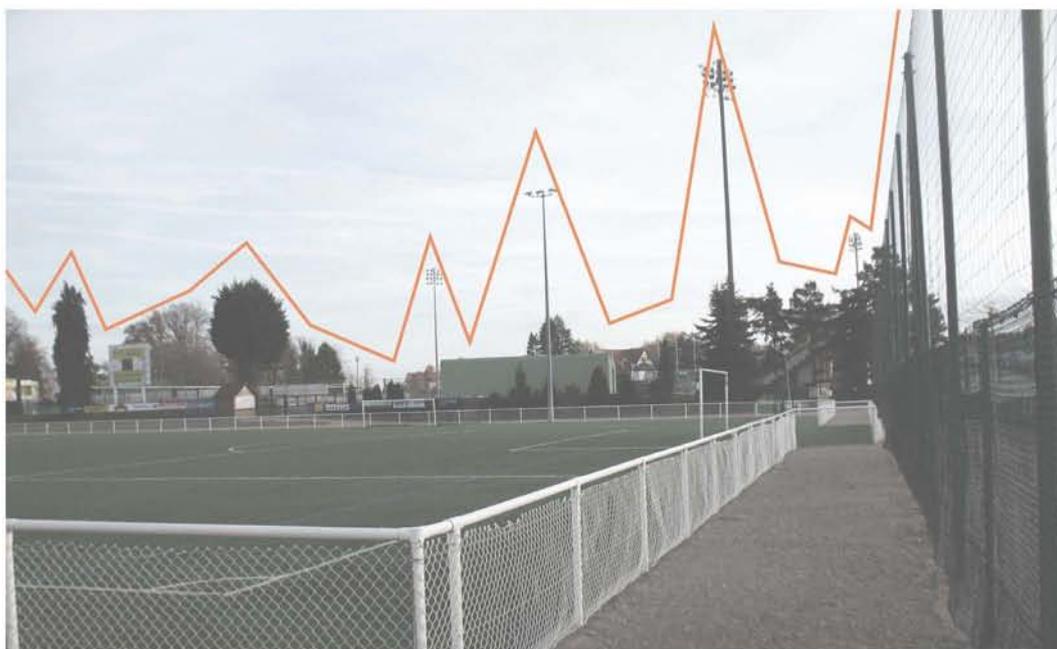


## LE SITE

Le site du projet se situe au sud est d'Epinal. Il est vaste et regroupe plusieurs bâtiments, deux terrains de football, deux estrades, divers espaces de circulation et quelques espaces arborés. Malgré une situation privilégiée (site en hauteur, proximité du parc du château), le site présente quelques inconvénients. Le premier est la manque de hiérarchie entre les espaces, les accès et les hauteurs. Le site est également fragmenté, découpé, parsemé de constructions diverses qui ont des typologies différentes.



[ Plan du site



[ Photographie du site

## LA PARCELLE DU PROJET

La parcelle du projet se situe à un endroit clé, entre le terrain d'entraînement à l'ouest et le terrain d'honneur à l'est. C'est une parcelle allongée, qui s'étend du nord au sud avec un dénivelé de 2 mètres.

La parcelle du projet est un endroit visible facilement de l'entrée qui se fait au sud ouest (du parking principal). Le bâtiment devient alors un élément fort, une icône représentant le renouveau du club (et ses nouvelles victoires).

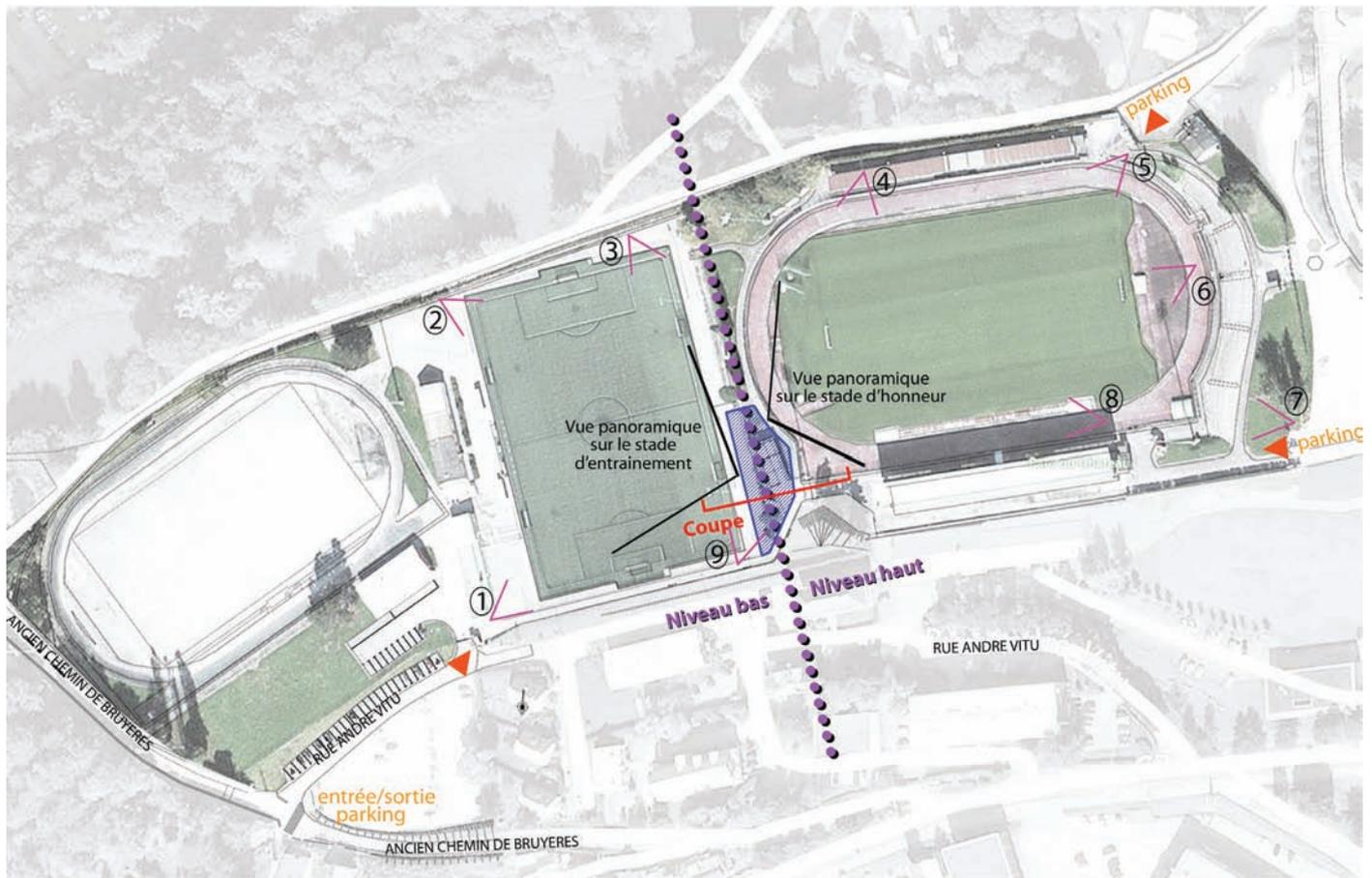
Un bâtiment d'environ 80 mètres carré, en structure métallique est construit sur le site ; il est réservé pour les engins d'entretien de la pelouse. Une cabane en bois a également été installée pour abriter la billetterie.



[ Photo aérienne



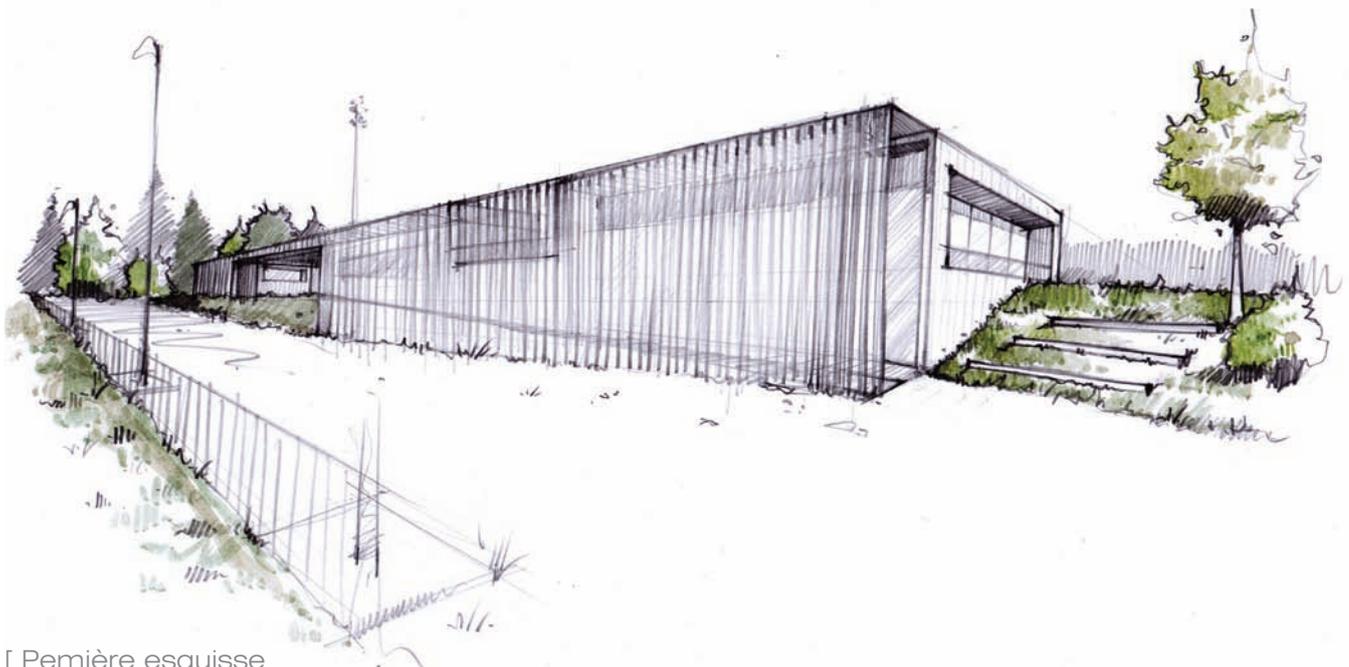
[ Coupe du site



[ Photo aérienne ]

## LE PROJET

Le projet prend la place de ces deux constructions. Il doit à la fois régler les problèmes de niveau et rendre le terrain accessible aux personnes à mobilité réduite. Il respecte le programme établi et y ajoute une nouvelle billetterie, deux accès (un pour chaque terrain) et une grande terrasse qui se développe au sud pour profiter de la chaleur estivale. Le bâtiment vient s'asseoir sur la pente. Il utilise le relief non comme un inconvénient mais pour générer des espaces double hauteur et des rampes, constituantes fortes d'une promenade architecturale et paysagère.



[ Première esquisse ]

Dans un site fragmenté et hétéroclite, le projet s'installe en contraste avec une simplicité affirmée. Elle est notamment due à la volumétrie épurée du bâtiment.

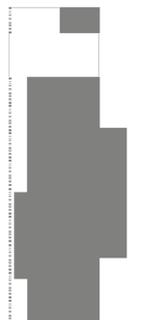
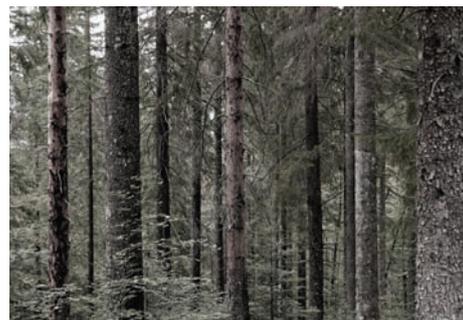
Mais cette simplicité n'est qu'apparente car en s'approchant du bâtiment, on s'aperçoit des nombreux percements qui ponctuent la façade, les jeux de plein et vide, le travail sur la double peau. Cette façade, composée de différentes sections de bois dynamisent la totalité de la façade ouest. En plus d'être un élément structurel, elle sert également de brise soleil tout en protégeant la façade des éventuels tirs au but mal cadrés venant du terrain d'entraînement. C'est aussi un moyen d'homogénéiser, d'unifier la façade, de la simplifier pour contraster avec son environnement fragmenté.



[ Perspective extérieure, vue du terrain d'entraînement

## LE NOM

Le nom du projet « L'orée du bois » représente à la fois l'entrée dans l'espace qui abrite les tribunes et du terrain d'honneur, il représente la limite, l'entrée. Ce nom est également donné par le rendu graphique de ces poteaux qui fait référence aux troncs des nombreux arbres qui bordent le site.

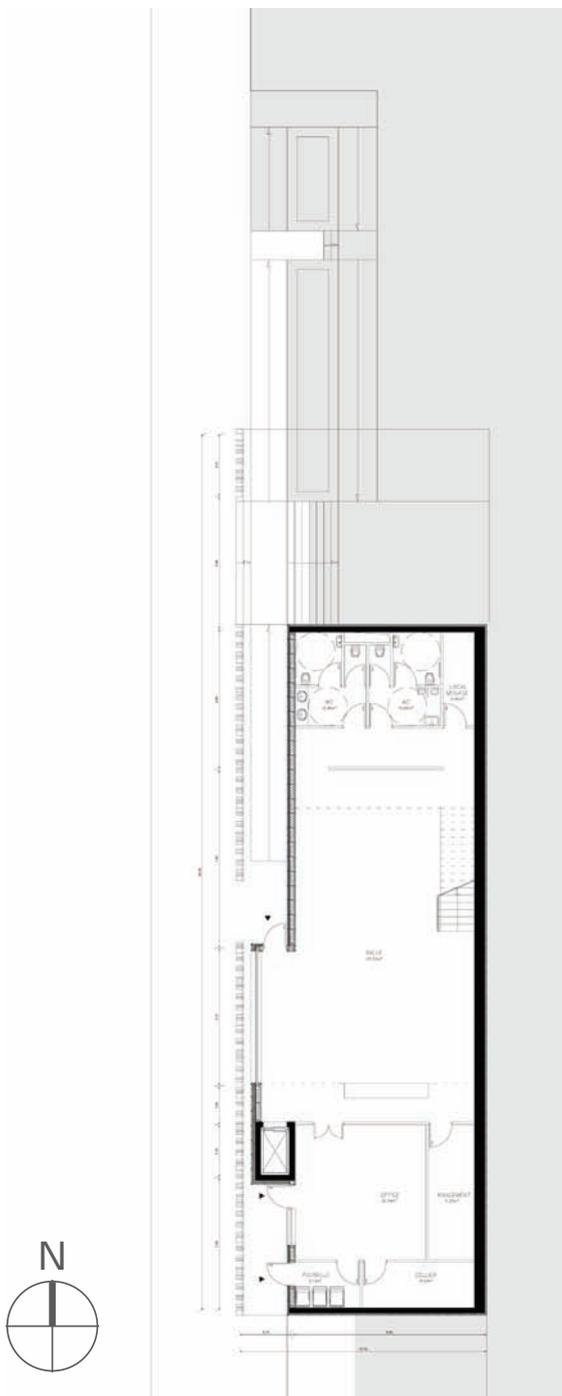


[ Références

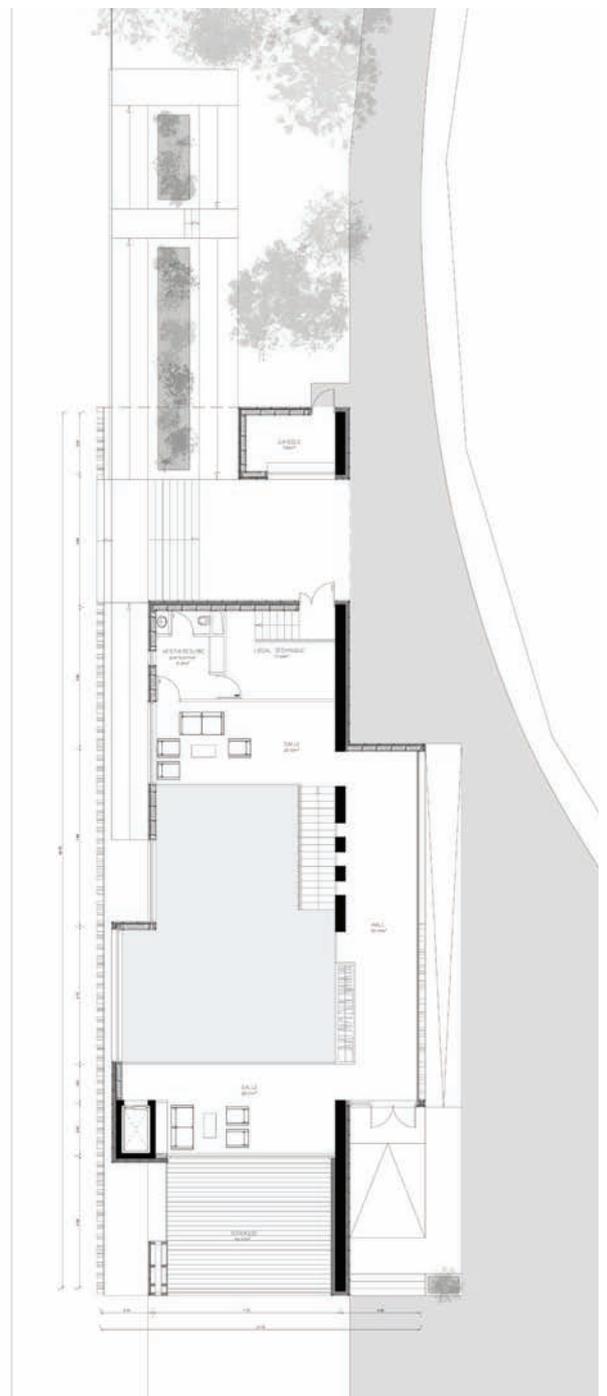
# VOLUMETRIE

Pour contraster avec son environnement, la volumétrie du bâtiment est simple et va à l'essentiel. Il est constitué de 2 parallélépipèdes rectangles de taille différente. Ils sont séparés par un mur en béton brut de double hauteur. A la légèreté de la peau vient s'opposer la massivité du mur en béton.

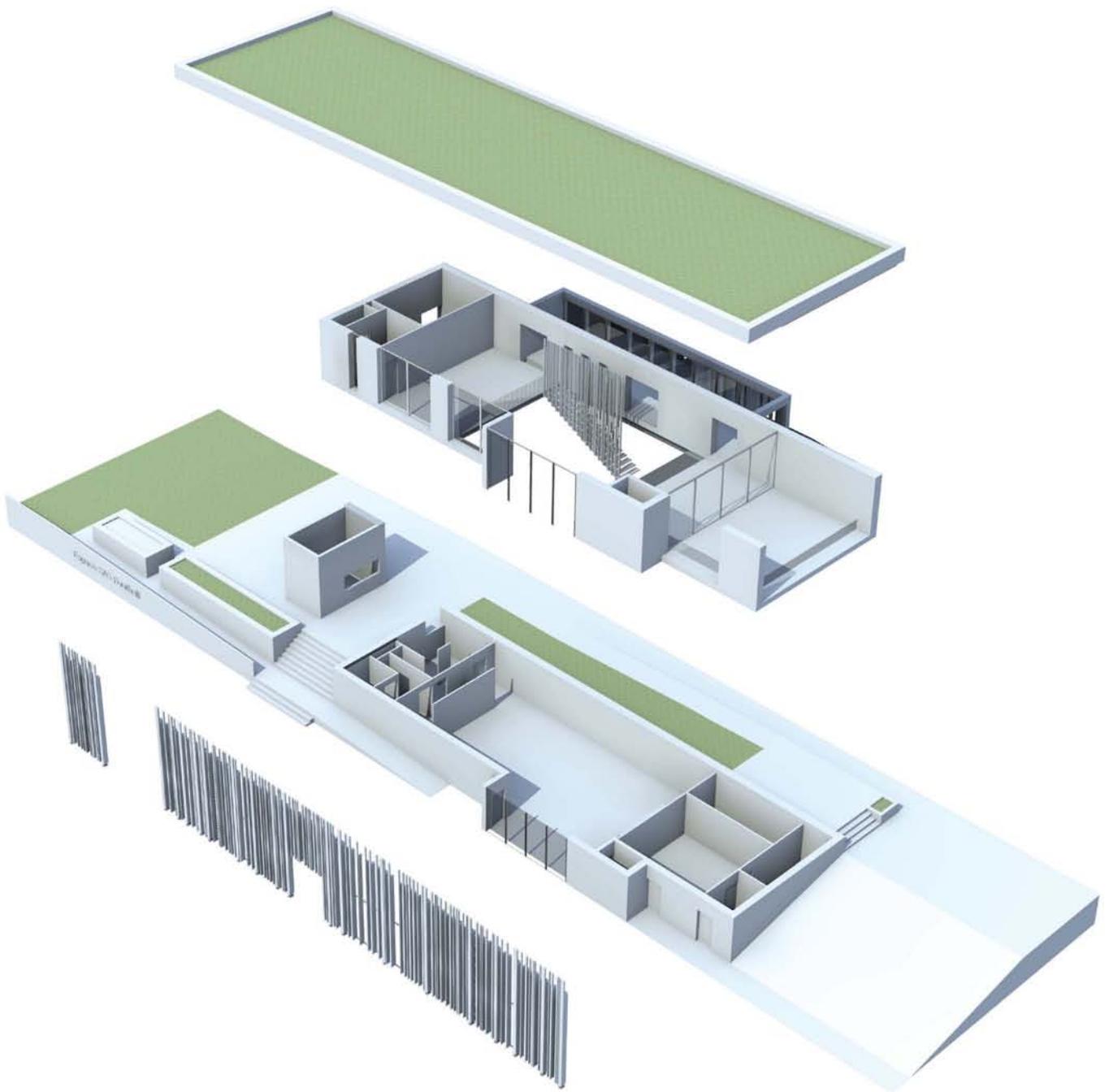
Le plus grand regroupe la majorité du programme : la salle (sur deux niveaux), l'office, les vestiaires et sanitaires. Le plus petit regroupe l'entrée au bâtiment. Ce bâtiment est étiré en longueur avec une grande partie vitrée à l'ouest. Plus qu'une zone d'accueil, cet espace peut être utilisé pour regarder le match à l'abri et chauffé. C'est l'entrée principale du bâtiment. Après avoir vu le match, le public repart dans la direction du parking et s'arrêtent à l'Orée du SAS.



[ Plan Rez de chaussée



[ Plan Etage



A partir de ce premier volume, il est possible de se rendre sur la gauche où se situent l'ascenseur et une première mezzanine en lien avec une grande terrasse au sud, protégée des rayons du soleil en été par un débord de toiture. Cet espace qui surplombe la grande salle permet également d'accéder à l'ascenseur. En passant par la droite, on accède à une deuxième mezzanine qui domine la salle à l'étage du dessous.

L'arrivée à la grande salle se fait en deux temps : ce balcon est la première partie de la réception, c'est ici qu'on boit le champagne en fêtant la victoire. Cet espace donne accès au vestiaire et au local technique. En descendant l'escalier, on arrive à la grande salle de réception. Cet escalier est un élément important du projet. Il s'appuie sur le mur en béton d'un côté, et de l'autre, des tasseaux en bois réinterprète la résille de façade. Un escalier entre massivité du béton et légèreté des tasseaux de bois.

Le mur de béton est omniprésent dans le bâtiment. Il est visible dans les deux volumes et sur double hauteur. En plus d'être un élément de soutènement et d'apporter de l'inertie dans le bâtiment, il dialogue avec le bois utilisé tout autour.



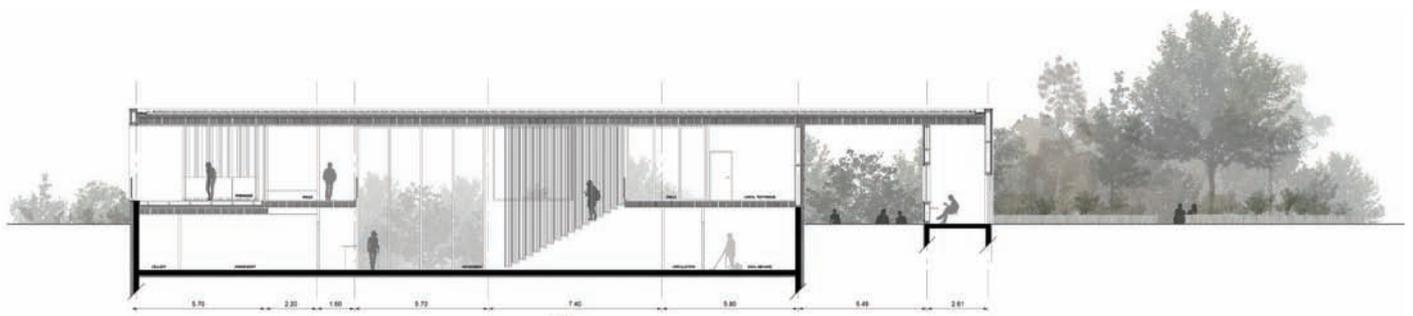
[ Façade ouest



[ Façades nord & sud



[ Façade est



[ Coupe longitudinale



[ Perspective intérieure, vue de la grande salle

La salle bénéficie d'une double hauteur. Un grand vitrage donnant sur le terrain d'entraînement apporte un maximum de lumière. La sous face des poutres caissons est réalisée en tasseaux de bois qui garantissent une acoustique de qualité dans cet espace. La billetterie placée au nord n'est seulement liée au bâtiment que par la toiture. Le vide laissé entre les deux est l'espace d'attente et l'accès au terrain

## M A T E R I A U X

Le projet utilise principalement 3 matériaux : le bois, le béton et le verre. Le béton est utilisé comme élément de soutènement, pour la cage d'ascenseur et comme dalle. Le grand mur de soutènement est visible à l'intérieur. Le bois est utilisé en grande partie dans le bâtiment, à la fois pour la structure, les murs, la toiture et le bardage. Utilisé en structure, il l'est également comme ornementation (murs et plafond acoustique). Enfin, le verre permet d'ouvrir le bâtiment sur son environnement et d'apporter de la lumière. Les gardes corps pour limiter leur impact et presque disparaître tout en jouant sur les reflets sont également verre.

## LA LUMIERE

La lumière est omniprésente dans le bâtiment qui s'ouvre à la fois sur les façades ouest, sud et est. La résille en façade filtre la lumière qui se découpe sur le sol de la grande salle et vient effleurer le mur de béton. La nuit (après les soirs de match), c'est l'effet inverse, la lumière sort du bâtiment tel un phare et se projette sur le parvis et le terrain d'entraînement.



[ Perspective exntérieure, vue du terrain d'entraînement



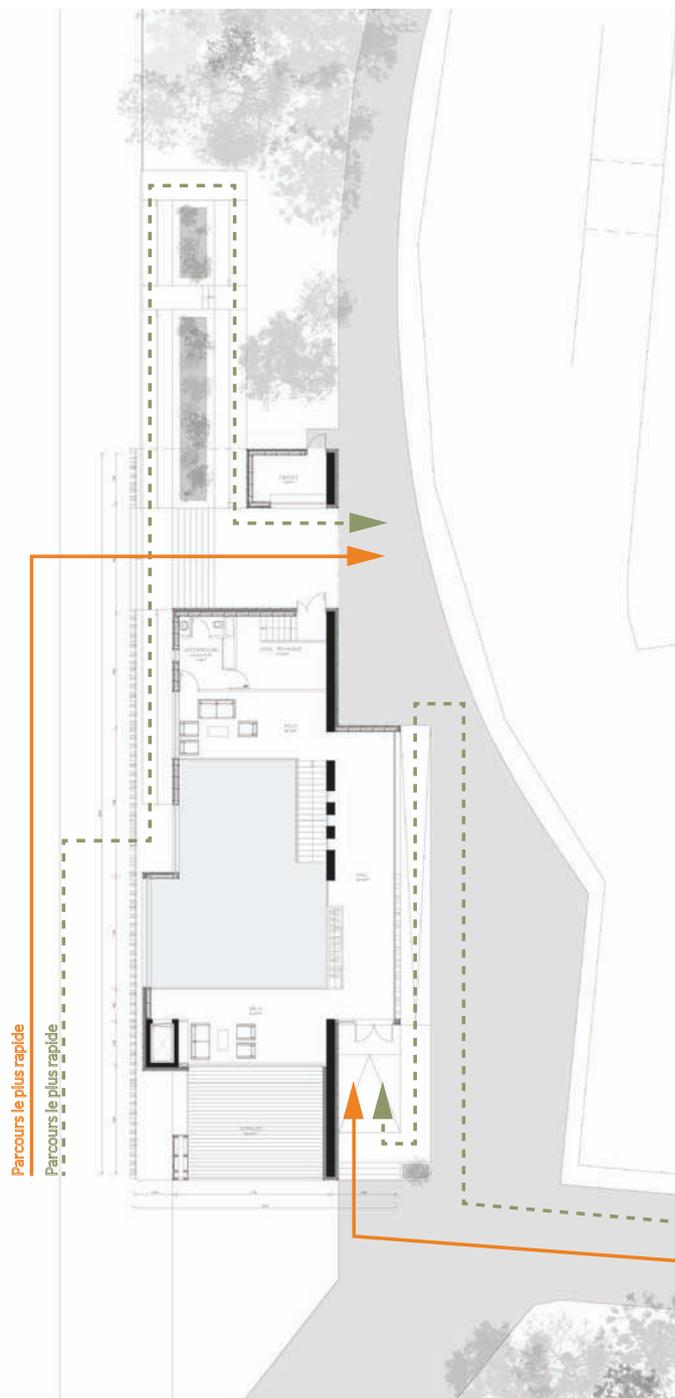
[ Perspective exntérieure, vue du terrain d'entraînement

## TOITURE VÉGÉTALE

Une toiture végétale est installée sur le bâtiment. Elle ajoute un minimum d'inerte thermique. Mais c'est surtout sa capacité à s'intégrer dans son environnement qui justifie sa présence. En effet, du haut des gradins, la toiture de l'édifice est visible. La végétation en toiture se juxtapose à la pelouse du terrain d'entraînement et assure une harmonie entre la nouvelle construction et le site environnant.



[ Plan masse



[ Plan de circulation

## CHEMINEMENT

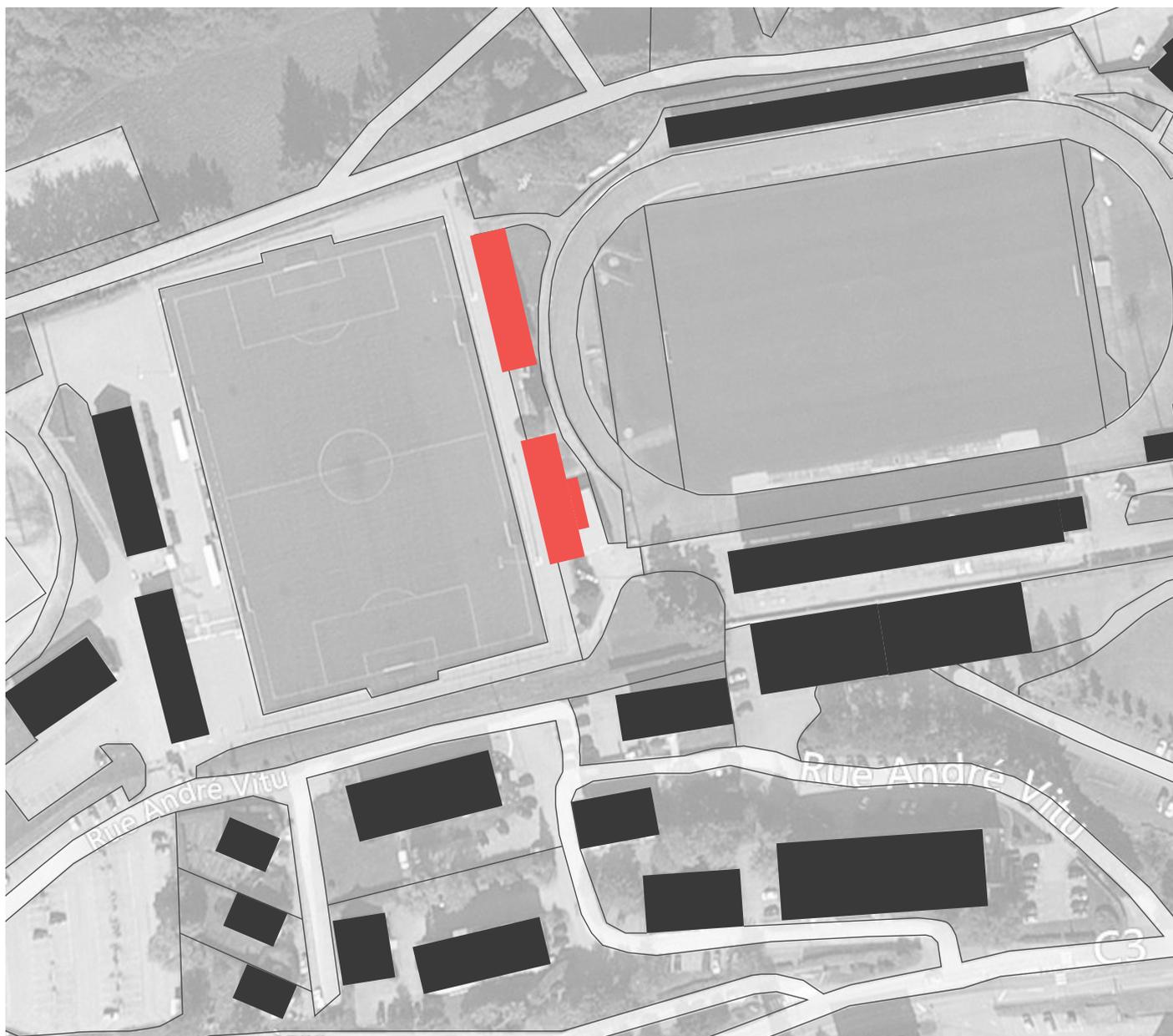
Le cheminement piéton à l'intérieur du stade reste inchangé, le spectateur garde donc les mêmes habitudes qu'auparavant.

Mais on peut dès lors remarquer la présence de 2 parcours :

Le premier, le plus rapide, consiste à longer le bâtiment et de s'introduire dans la faille de la façade, par les escaliers qui mènent directement à la billetterie et comme à son habitude, le spectateur contourne le stade d'honneur pour rejoindre les tribunes.

Le deuxième parcours, d'abord créé pour répondre aux normes d'accessibilité, offre une promenade architecturale qui permet d'aborder le stade d'honneur ainsi que le bâtiment d'un autre point de vue. Il conduit l'utilisateur vers une rampe qui se situe entre les deux façades du bâtiment et qui l mène tout aussi directement devant la billetterie.

A la fin du match, le public concerné pourra continuer les festivités dans l'Orée du bois en empruntant directement l'entrée située côté terrain d'honneur en utilisant soit la rampe d'accès soit les escaliers.



[ Plan de situation

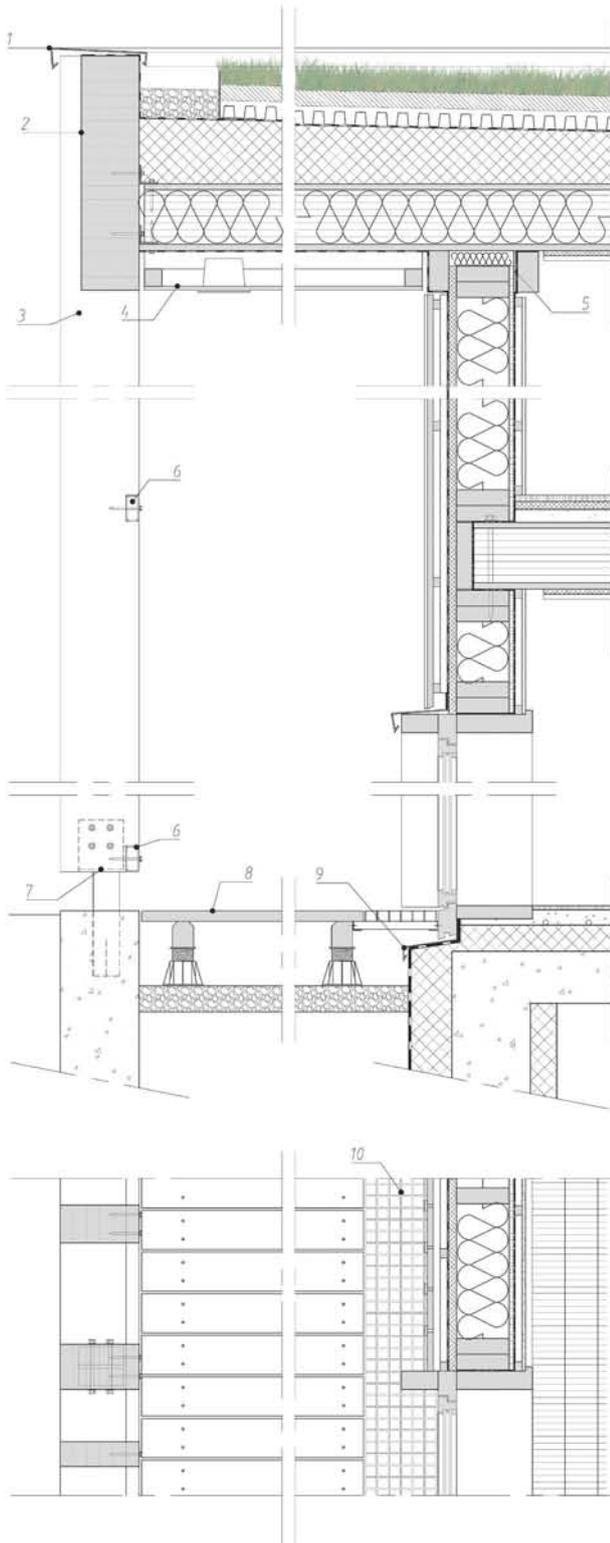
## L'EXTENSION

A l'endroit du bâtiment à construire, il existe déjà un bâtiment, structure acier, qui regroupe le matériel d'entretien du stade et des espaces verts.

Le scénario consiste à le déplacer dans un premier temps à côté des tribunes nord. Il sera par la suite intégré dans l'extension de 300 m<sup>2</sup>.

Cette extension viendra se placer tel un miroir dans le prolongement de l'Orée du bois, avec le même principe constructif et les mêmes matériaux.

L'ensemble permettra, à terme, de redonner une échelle humaine au terrain d'entraînement, qui est le site le plus fréquemment utilisé, remettra en valeur le terrain d'honneur et donnera au stade de la Colombière plus de cohérence.



### coupe sur la toiture (int vers ext)

- poutre caisson isolée type Lignotrend ou équivalent avec rainures acoustiques et absorbant (320 mm)
- isolant incompressible donnant la forme de la pente de 2%
- revêtement d'étanchéité anti-racine
- couche de drainage
- couche filtrante 70mm
- couche de plantation (substrat 60 mm)
- végétation

### coupe sur le plancher intermédiaire

- poutre caisson type Lignotrend ou équivalent avec rainures acoustiques et absorbant 320 mm
- chape sèche 50 mm
- isolant acoustique 30 mm
- parquet chêne collé sur chant + liège 25 mm

### coupe sur le plancher bas

- dalle béton armé 200 mm
- isolant incompressible 100mm
- chape + chauffage au sol 60mm
- parquet chêne collé sur chant 15 mm

### coupe sur la paroi (int vers ext)

porteuse des planchers intermédiaires

- BA 13 sur ossature bois
- pare-vapeur
- voile travaillant OSB 18 mm
- ossature bois 200 mm avec isolant type laine de bois
- isolant incompressible type fibre de bois travaillant 40 mm
- latte 27 mm + contre latte 27 mm
- bardage vertical 22 mm avec couvre joint

- 1- couverture zinc protégeant le relevé d'étanchéité
- 2- poutre de rive BLC 900X220mm
- 3- poteau porteur BLC 300X200mm
- 4- faux plafond trespa suspendu avec spot intégré
- 5- plaque de contre plaqué protégeant le pare vapeur de la façade non porteuse
- 6- élément raidisseur 100X50mm
- 7- platine poteau scellée dans les fondations
- 8- terrasse sur plot lame de châtaignier 150X40
- 9- bavette en alu thermolaqué
- 10- caillebotis en acier galvanisé sur son support

[ Coupe détail

## CONCLUSION

En plus de respecter le programme initial, l'Orée du SAS assure de nombreux rôles. Un bâtiment reconnaissable de loin et identifiable aisément grâce à sa résille de bois. C'est une véritable entrée pour le terrain d'honneur, une entrée majestueuse cadrant le terrain, la dernière étape avant de s'accéder aux tribunes. Il répond également aux problèmes posés concernant l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite en incorporant des rampes intégrées à leur environnement. De nombreuses thématiques telles que la matérialité, le travail de l'épaisseur (double peau), la lumière, l'intégration, le paysage, sont mises en valeur dans l'Orée du SAS faisant du bâtiment un réel emblème, marquant le renouveau du club de foot d'Epinal.

# L'OREE DU SAS

## *NOTICE TECHNIQUE*

GROUPE A

LEA BAGNY

JULIE BIENAIME

LIKA KOVALEVA

SIMON PERDEREAU

CLEMENT PEROT

# SOMMAIRE

Groupe A .....	1
Léa Bagny .....	1
Julie Bienaimé.....	1
Lika Kovaleva.....	1
Simon Perdereau.....	1
Clément Pérot.....	1
Sommaire .....	2
Principe constructif.....	3
Composition de l'enveloppe .....	5
<b>Le mur béton</b> .....	5
<b>Le mur ossature bois</b> .....	5
<b>La toiture</b> .....	6
Calculs.....	6
<b>Neige</b> .....	6
<b>Vent</b> .....	6
<b>Charges permanentes</b> .....	8
<b>Charges d'exploitation</b> .....	8
<b>Dimensionnement du mur béton</b> .....	8
Modèle structurel.....	11
Etude thermique.....	13
<b>L'isolation : le choix des isolants et du type d'isolation</b> .....	13
Généralités .....	13
Les isolants choisis .....	14
Isolation du mur ossature bois.....	15
Isolation du mur béton.....	15
Isolation de la toiture et du plancher intermédiaire .....	16
<b>La simulation thermique dynamique</b> .....	17
Chiffrage du projet.....	20
<b>Annexe I : Calcul détaillé du flambement des montants du mur ossature bois et poteaux de facade bois</b> .....	21
<b>Annexe II : Schémas thermiques</b> .....	24
<b>Annexe III : Résultats de la simulation thermique dynamique sur Pléaïdes</b> .....	26

## PRINCIPE CONSTRUCTIF

Le bâtiment est construit sur deux niveaux, car il fallait utiliser la pente du terrain. Le dénivelé du terrain de deux mètres a permis de créer une salle de réception à double hauteur. Le sas d'entrée du bâtiment sera une "boîte" accolée au bâtiment au niveau du premier étage.

Le mur du bâtiment situé à l'est est un mur béton sur les deux niveaux ; les murs sud et nord du rez-de-chaussée sont également en béton. Leur épaisseur est de 400 mm (voir *Dimensionnement du mur béton*). En effet, il est nécessaire d'utiliser ce matériau car le bâtiment étant en contact avec la terre au rez-de-chaussée, l'utilisation du bois est fortement déconseillée. En revanche, le mur nord du premier niveau est en ossature bois.

La façade principale, à l'ouest, est également en ossature bois, avec des montants de 45\*200 mm, section nécessaire pour résister au flambement (voir *Dimensionnement du mur ossature bois*). Ce mur reprend uniquement les efforts du plancher intermédiaire.

Pour la toiture, nous avons porté notre choix sur une toiture plate végétalisée, avec acrotères. Cette toiture sera composée de poutres caissons isolées de 300 mm d'épaisseur. Cette épaisseur est nécessaire car la portée est importante (8.7 m)

Cette toiture est portée par le mur béton à l'est et par des poteaux porteurs à l'ouest. Ces poteaux se situent devant le mur ossature bois à l'ouest, à 1,8 m de celui-ci, et continuent jusqu'à la billetterie. Ce sont des poteaux de 20\*30 cm, de 6 m de haut, situés tous les trois mètres (voir *Dimensionnement des poteaux porteurs*). Des poteaux intermédiaires, de sections plus petites complètent l'espace entre les poteaux porteurs. Des tirants métalliques en haut, en bas, et intermédiaire permettent de les maintenir et d'éviter le flambement. Le contreventement sera assuré par des croix de Saint André métalliques. Les poteaux sont ancrés au sol par une ferrure métallique. Ils sont entaillés et fixés en haut à une poutre de rive en lamellé-collé qui devra faire au minimum 700\*220 mm.

La toiture ne pouvait pas être portée par le mur ossature bois car le porte-à-faux devant la billetterie aurait été trop important. Il fallait donc que la toiture soit portée jusqu'à son extrémité, c'est pour cela que le mur ossature bois de la façade ne pouvait pas convenir.

Le mur ossature bois ne portant pas la toiture, il reprend uniquement les charges du plancher intermédiaire. Celui-ci est constitué de poutres caissons de 300 mm d'épaisseur, pour la même raison que les poutres de la toiture.

Au sud, une terrasse en robinier est installée, fermée au niveau des murs latéraux et du toit.

Un sas d'accueil est prévu côté « terrain d'honneur » celui sera réalisé sur une fondation type « plot béton » avec longrine filante. Le plancher du sas sera de type préfabriqué : poutrelle/hourdis (polystyrène), celui-ci recevra par la suite un plancher en hêtre. Les élévations du sas seront en ossature bois, de même section que celle employée pour le bâtiment. La charpente de type « chevron » sera fixé à la fois sur le mur béton et sur la poutre de rive (au-dessus de la face vitrée). La charpente recevra une toiture isolée en zinc. La finition du plafond pourra être des lames bois épaisseur 30mm avec un espace entre deux lames d'environ 18mm. (Ou de type faux-plafond sur ossature métallique). La surface vitrée sera composée de poteaux en LC ainsi qu'une poutre LC servant de linteau. Cette surface recevra un vitrage anti-effraction, pour limiter les incidents (jets d'objet) liés aux supporters.

La billetterie est située à la hauteur du premier niveau. Elle est composée d'un mur béton à l'est, est de murs ossature bois pour le reste. Le mur béton sert à reprendre les efforts de la toiture qui sera posée dessus.

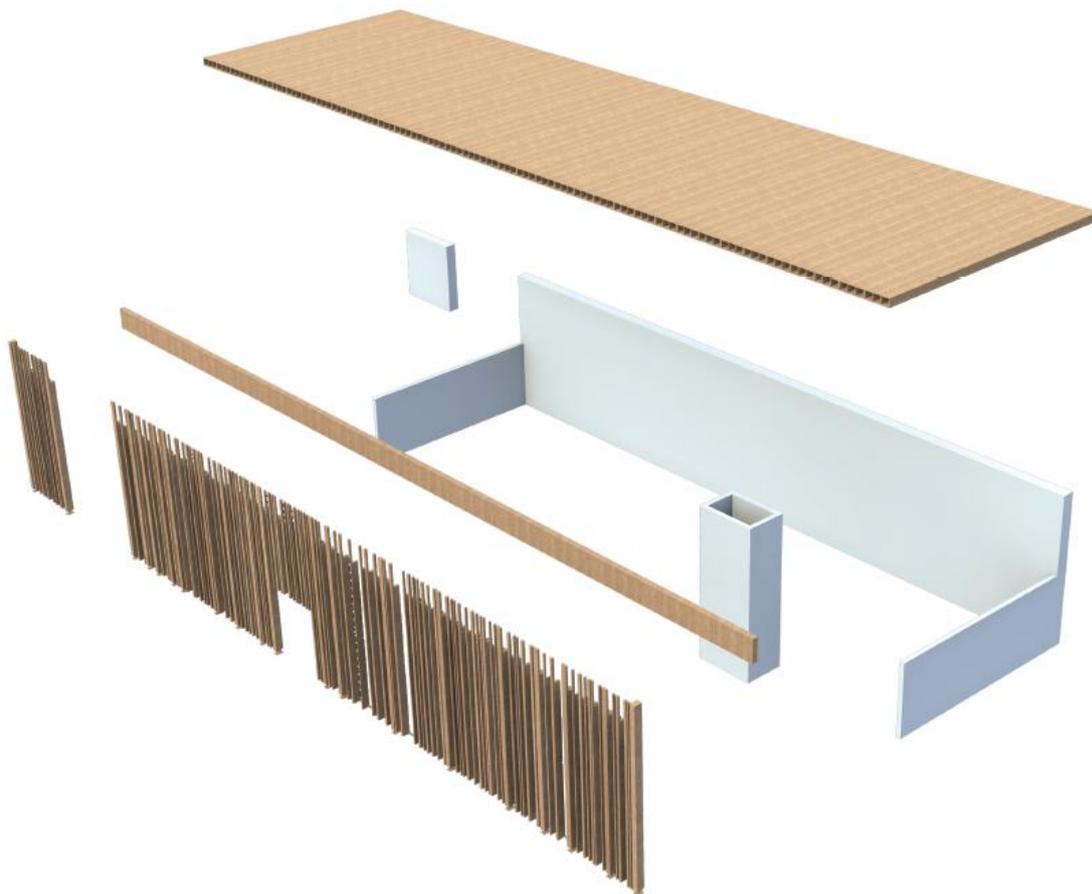


Figure 1: Principe constructif du bâtiment

# COMPOSITION DE L'ENVELOPPE

## LE MUR BETON

Le mur béton se calcule comme un poteau d'une longueur de 1 ml. On va donc chercher à trouver ce que reprend un 1ml de mur. L'épaisseur qui sera donné au mur est aussi un choix architectural. Descente de charge sur 1ml de mur côté Est. Nous souhaitons avoir un mur de 40cm d'épaisseur, nous avons donc réalisé une vérification de section pour le mur et nous avons déterminé son ferrailage. (cf. dimensionnement mur béton).

## LE MUR OSSATURE BOIS

La structure du mur ossature bois est composée de montants de 45\*200 mm en C24 et de panneaux d'OSB 3 de 12 mm d'épaisseur qui assurent le contreventement à l'intérieur.

De l'extérieur vers l'intérieur, le mur est composé de bardage bois vertical en Chêne de 22 mm avec couvre-joint, qui est fixé sur des lattes et contre-lattes de 27 mm. On met ensuite un panneau de fibres de bois rigide de 40 mm d'épaisseur, qui peut également servir de pare-pluie, ou alors on met un pare-pluie puis le panneau de fibres de bois. Puis viennent les montants d'ossature et l'isolation en laine de bois entre ces montants. On fixe ensuite le voile travaillant en OSB et le pare-vapeur. Enfin, des plaques de plâtre type BA 13 sont installées sur des tasseaux en bois fixés au mur.

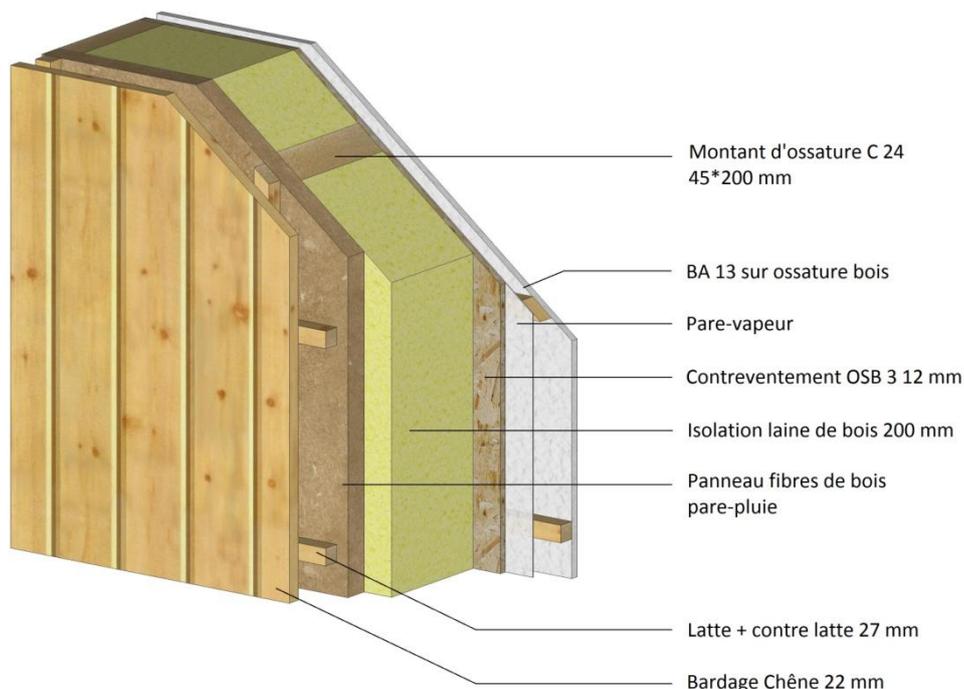


Figure 2: Composition du mur ossature bois

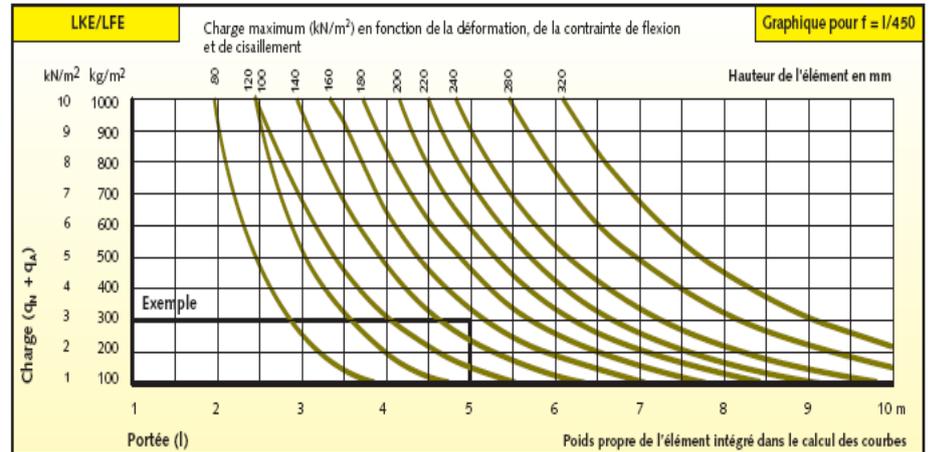
## LA TOITURE

La toiture est une toiture plate végétalisée. Sa composition est détaillée dans la coupe dans la notice architecturale.

### Dimensionnement sur une déformation $f \leq l/450$

- Planchers dans la construction d'habitations, de bâtiments commerciaux et industriels
- Toits plats jusqu'à une inclinaison de  $5^\circ$

Abaque de dimensionnement des planchers et toitures caissons (Lignatur)



## CALCULS

### NEIGE

La ville d'Epinal est située en région B1.

La valeur caractéristique de la charge de neige à 200 m est donc de 55 daN/m<sup>2</sup>.

Comme le stade d'Epinal est à 450 m d'altitude environ, on obtient une charge de neige de :

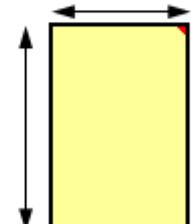
$$s_{k,450} = 55 + (0.1 * (450 - 200) / 100), \text{ soit une charge de neige de } 80 \text{ daN/m}^2.$$

Avec un coefficient de toiture de 0.8 (pente de toit de 5%), on obtient finalement une charge de neige de **64 daN/m<sup>2</sup>**.

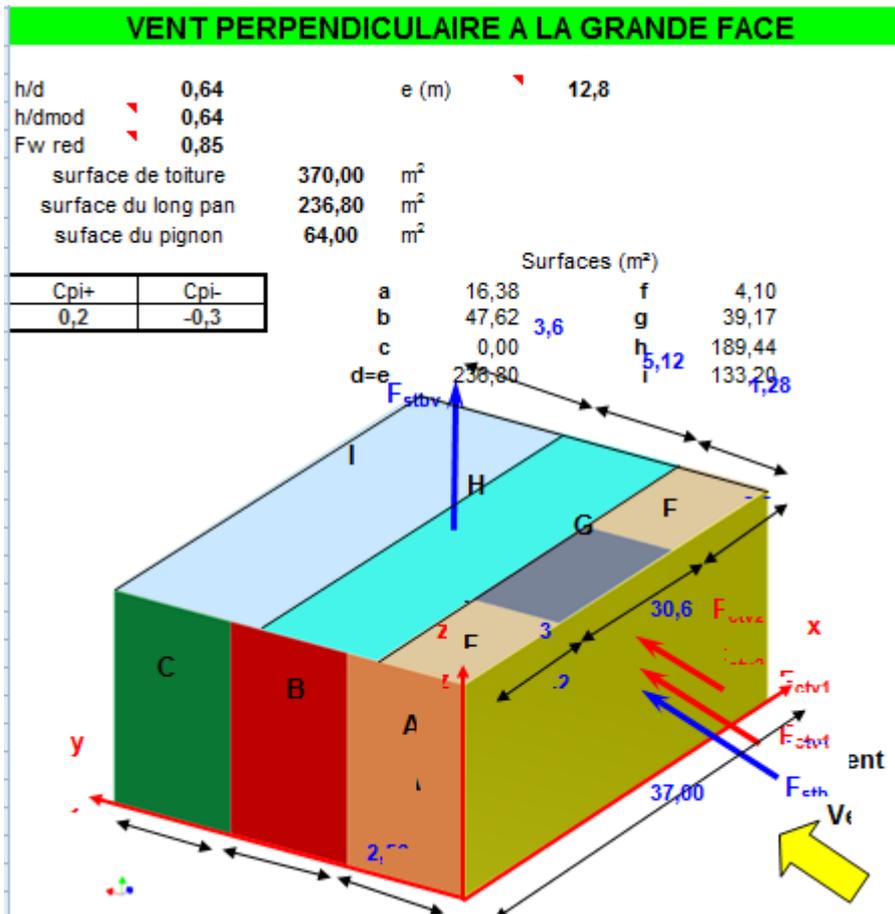
### VENT

Le vent n'est pas dimensionnant dans notre structure par rapport aux autres charges que l'on a, de plus la façade la plus exposé au vent (façade avec les poteaux bois), ne peut être considérée comme une paroi opaque. Cependant nous tiendrons compte du vent dans le dimensionnement des poteaux.

# Hypothèses:

Situation de l'ouvrage		Effet global $\nabla$	
Ste sigolène 43			
Altitude de la construction			
H	6,40	m	
			Vb,0 (m/s) $\nabla$ 24
			Vb (m/s) $\nabla$ 19,2
Hauteur de l'acrotère		400	mm
catégorie de terrain IV - Zone urbaine (15% surface recouverte h>15 m)			
surface Lisse			
cfr	0,01		
C season	0,8		
C dir	1		
Pression du vent en vitesse maximum		Dimensions de la construction en (m)	
kr	0,23	10	
z <sub>a</sub> (m)	15,00	37	
cr (z)	0,63		
c <sub>o</sub> (z)	1,00		
Vm(z)	12,18		
ki	0,85		
lv (z)	0,32		
qp(z)	292	Pa	

exemple « VENT » :



## Vent sur le long pan

<b>Forces résultantes</b>		Vent normal au long pan: en pression	Vent normal au long pan: en dépression	
Effort de vent horizontale pour	1 <sup>er</sup> étage ( <b>Fctv1</b> )	39,85	39,85	kN
Effort de vent horizontale et position point application de la charge pour <b>STABILITE ( Fstbh)</b>		79,70	79,70	kN
	position sur z	6,20	6,20	m
Effort vent verticaux et des positions point application charge pour <b>STABILITE (Fstbv)</b>	Supression intérieure	-66,45	-81,99	kN
	position sur y	3,03	4,01	m
	Dépression intérieure	-12,49	-28,03	kN
	position sur y	-5,46	2,12	m

## Vent sur le pignon

<b>Forces résultantes</b>		Vent normal au pignon: en pression	Vent normal au pignon: en dépression	
Effort de vent horizontale	1 <sup>er</sup> étage ( <b>Fctv1</b> )	9,33	9,33	kN
Effort de vent horizontale et position point application de la charge pour <b>STABILITE ( Fstbh)</b>		18,67	18,67	kN
	position sur z	3,20	3,20	m
Effort vent verticaux et des positions point application charge pour <b>STABILITE (Fstbv)</b>	Supression intérieure	-14,45	-51,79	kN
	position sur y	2,32	15,79	m
	Dépression intérieure	39,51	2,17	kN
	position sur y	24,42	83,25	m

## CHARGES PERMANENTES

Poids propre du mur ossature bois : 50 daN/m<sup>2</sup>

Poids propre du mur béton : 10kN/m<sup>2</sup>

Poids propre du plancher : 100 daN/m<sup>2</sup> (poids propre des cloisons : 25 daN/m<sup>2</sup>)

Poids propre de la toiture : 225 daN/m<sup>2</sup>

## CHARGES D'EXPLOITATION

Charges d'exploitation sur la toiture : **80 daN/m<sup>2</sup>** (toiture inaccessible sauf entretien et réparation).

Charges d'exploitation sur le plancher : **500 daN/m<sup>2</sup>** (bâtiments destinés aux réunions publiques).

## DIMENSIONNEMENT DU MUR BETON

Charges permanentes reprises par 1ml de mur béton côté Est :

Toiture: 5m<sup>2</sup> x 225 = 1125 daN

Plancher: 5m<sup>2</sup> x 100 = 500daN

1.35G = 21.90KN

Charges d'exploitation reprises par 1ml de mur béton côté Est :

Toiture : 5m<sup>2</sup> x 80 = 400 daN

Plancher : 5m<sup>2</sup> x 500 = 2500 daN

1.5Q = 43.5 KN

<b>CHANTIER : SAS EPINAL</b>		
<b>Données</b>		
Dimensions du poteau	Grand coté du poteau	b = 1,00 m
	Petit coté du poteau	a = 0,40 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 500 MPa
Contrainte du béton a 28 jours		Fcj = 30 MPa
Hauteur d'étage		Lo = 6,2 m
Poteau de rive : ( 1 ) oui ; ( 2 ) non		Type : 1
Effort ultime= 1.35 G + 1.5 Q		Nu = 0,065 MN
Nu/2 appliq. avt 28 j ==>>> K= 1.2 ==>>	On remplace Fc28 par Fcj	Coefficient réducteur K = 1,1
Nu/2 appliq. avt 90 j ==>>> K= 1.1		
Nu/2 appliq. aps 90 j ==>>> K= 1		
<b>Résultats</b>		
Périmètre de la section	$( 2 \times a ) + ( 2 \times b )$	u = 2,80 m
Moment quadratique de la section	$( b \times a^3 ) / 12$	I.mini = 0,005333 m <sup>4</sup>
Aire de la section	$( a \times b )$	B = 0,4000 m <sup>2</sup>
Aire de la section - 2 cm périphérique	$( a - 0.02 ) \times ( b - 0.02 )$	Br = 0,3724 m <sup>2</sup>
Longueur de flambement	si poteau de rive : Lf = Lo , sinon Lf = 0,7 Lo	Lf = 6,20 m
Rayon de giration	$( I.mini / B ) ^{1/2}$	i = 0,1155 m
Elancement	$( Lf / i )$	$\lambda = 53,69$
Control : Elancement <70		Control : vérifié
Coefficient d'élancement	si $\lambda > 50 : \alpha = ( 0.6 ( 50 / \lambda )^2 ) / K$ si $\lambda < 50 : \alpha = ( 0.85 / ( 1 + 0.2 ( \lambda / 35 )^2 ) ) / K$	$\alpha = 0,473$
Section théorique d'acier	$[ ( Nu / \alpha ) - ( Br \times Fc28 ) / 1.35 ] \times ( 1.15 / Fe$	Ath = -187,18 cm <sup>2</sup>
Section maximale d'acier	$( 5 \% B )$	A.maxi = 200,00 cm <sup>2</sup>
Section de calcul minimale	maxi ( 0.2 % B ; 4 x u ; Ath )	Asc = 11,20 cm <sup>2</sup>
Control : Asc < A.maxi		Control : vérifié
Choix d'une section commerciale	Choix des filants dans les angles Choix des filants intermédiaires sur b Choix des filants intermédiaires sur a	Choix 1 : 4 HA 12 Choix 2 : Choix 3 :
Diamètre des armatures comprimées		$\phi_l = 12$ mm
Diamètre des aciers transversaux	$\phi_t < ( \phi_l / 3 )$	$\phi_t = 6$ mm
Espacement des aciers transversaux	si Ath < Asc : St = mini ( a+10 cm ; 40 cm ) sinon : St = mini ( a+10 cm ; 15 $\phi_l$ ; 40 cm )	St = 40 cm
Jonctions par recouvrement	lr = 0.6 ls ( soit 24 $\phi_l$ pour HA 400 ) ( soit 30 $\phi_l$ pour HA 500 et RL 235 )	Lr = 36 cm

(Mur ferrailé qu'avec la section minimale étant donné son épaisseur : 40cm)

### Dimensionnement du mur bois : Calcul du flambement des montants

*Les détails des calculs sont en annexe*

Le montant d'ossature a une section de 45\*200 mm, et une hauteur de 3.00 m. Les assemblages haut et bas sont tous deux articulés (cas n°2 du tableau 1 ci-dessus). Le montant est en résineux C 24.

La charge normale s'appliquant sur le montant est de 4.2 kN (combinaison la plus défavorable 1.35 Gk)

Risque de flambage si l'élancement relatif  $\lambda_{rel,max} > 0.3$

$\lambda_{rel} = 3.92 > 0.3$  donc il y a risque de flambage.

Calcul du coefficient  $k_{c,z}$  réducteur de la résistance du bois :

$$k_{c,z} = 0.062$$

Calcul de la contrainte induite par la charge

$$\sigma_{c,0,d} = N/A = 0.47 \text{ MPa}$$

Calcul de la contrainte de résistance en compression axiale

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * k_{mod} / \gamma_m = 9.69 \text{ MPa}$$

Justification

$$\text{Taux de travail} = \sigma_{c,0,d} / (k_{c,z} * f_{c,0,d}) = 0.78 \leq 1$$

La section choisie pour les montants d'ossature est donc satisfaisante.

Dimensionnement des poutres LC entre la billetterie et la bodega (reprenant la toiture)

The screenshot shows a software interface for structural design. On the left, there are dropdown menus for 'Forme du Profilé' (Profilé Rectangulaire), 'Matériau' (GL32c (Certifié FF)), 'Classe de Service' (1), and 'Profilé' (140\*630). Below these, the material properties are listed: 'MATERIAU: GL32c (Certifié FF)', 'profilé: Rectangle', 'LARGEUR B: 140 mm', and 'HAUTEUR H: 630 mm'. A diagram of a rectangular profile is shown with dimensions 140 mm width and 630 mm height. At the bottom, there are buttons for 'Trouver un Profilé Valide', 'Précédent', and 'Suivant'. On the right, there is a list of verification checks, all of which are checked and marked with a green circle. The checks include: 'Vérification Résistance (ELU)', 'Vérification Flambement', 'Vérification Déversement', 'Vérification Flèche (ELS)', and 'Vérification Vibration'. Below these, there is a summary of the 'ETAT LIMITE ULTIME: (63 %)' with sub-items: 'Cisaillement (Vy): 16.85 kN, (19 %), x = 4348 mm', 'Flexion (Mz): 28.50 kNm, (20 %), x = 2500 mm', '(Sans kcrit): 28.50 kNm, (20 %), x = 2500 mm', 'Capacité Portante, appui 1: (63 %)', and 'Capacité Portante, appui 2: (63 %)'. Below that is 'ETAT LIMITE DE SERVICE: (14%)' with 'Portée 1 (14%)'. Finally, 'VERIFICATION VIBRATION: (16 %)' with 'portée 1 (16%)'. Each item has a green circle icon and a percentage value.

Les deux poutres en LC feront donc 90cmx22cm, à travers le logiciel nous avons validé des poutres de 63cmx14cm.

## MODELE STRUCTUREL

Nous avons modélisé le bâtiment sur le logiciel ACORD BAT, afin de voir la déformation du bâtiment sous les différentes charges: permanentes, d'exploitation, de vent et de neige. Il faut modéliser le bâtiment en indiquant le type et la composition des parois, les matériaux utilisés, les sections, et déterminer les appuis.

Voici la modélisation initiale du bâtiment, sans les charges :

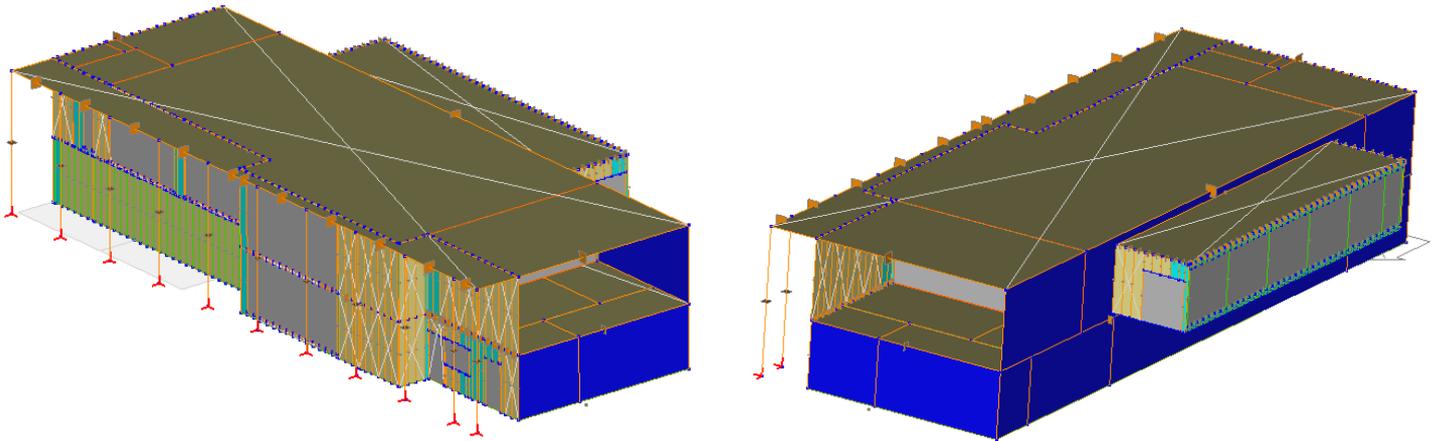


Figure 3: Modélisation sans charge du bâtiment sur Acord Bat

Les charges appliquées sur les différents éléments de la structure, permanentes, d'exploitation, de neige et de vent, sont les charges calculées précédemment dans la partie Calcul.

Voici la modélisation obtenue avec les différentes charges appliquées sur la structure:

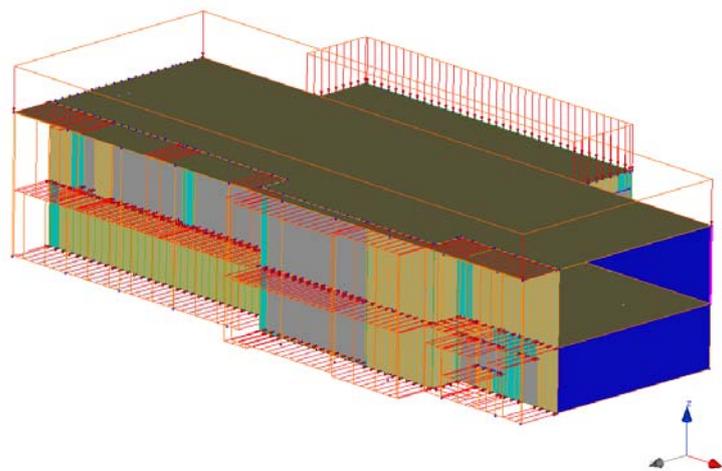
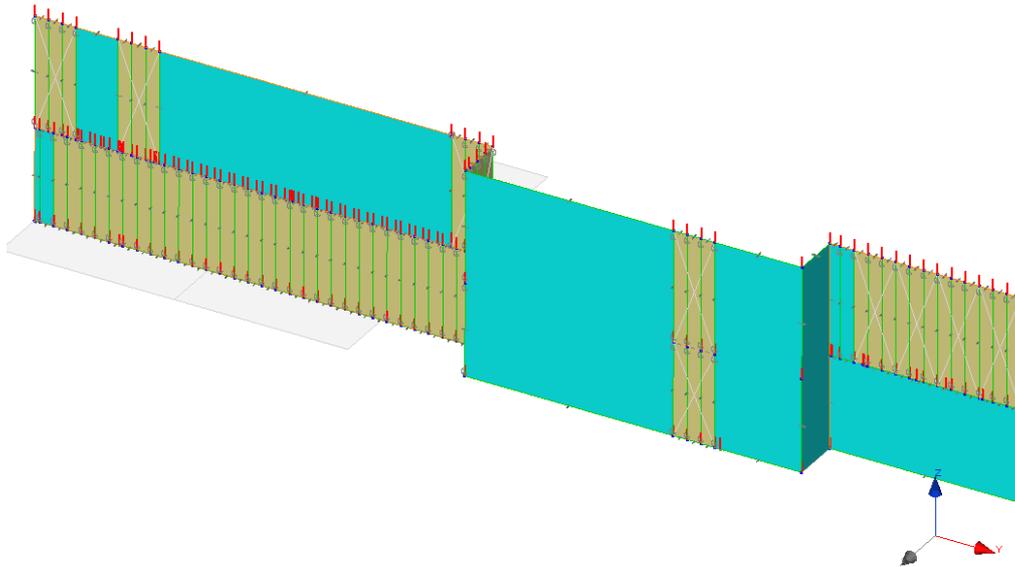


Figure 4: Modélisation du bâtiment avec les charges sur Acord Bat

Cependant, le modèle étant trop complexe à gérer pour le logiciel, les calculs n'ont pas pu être exécutés. Nous avons donc décidé de modéliser uniquement le mur ossature bois. En effet, c'est cette partie du bâtiment qui est la plus défavorable: elle porte le plancher intermédiaire en poutres caisson et est soumise aux charges de vent d'ouest. De plus, elle contient de nombreuses parties vitrées, la grande baie vitrée de toute la hauteur du mur de 5 m de large, et la baie vitrée du premier niveau de 8 m de large.

Voici donc la modélisation obtenue sur le logiciel:



**Figure 5: Modélisation du mur ossature bois sur Acord Bat**

Mais nous n'avons pas réussi à obtenir un résultat satisfaisant. Le calcul à la main du flambement des montants d'ossature nous a donc permis de justifier la section des montants (voir Dimensionnement du mur ossature bois).

Nous avons également réalisé une modélisation du bâtiment sur le logiciel Md Bat, afin d'observer les déplacements de la structure dus au vent. Voici un exemple de déplacement du rez-de-chaussée dû au vent. (Tous les résultats ne sont pas présents dans cette notice, étant donné la quantité de pages que cela représente).

DÉPLACEMENT GLOBAL DU BÂTIMENT (cm)	
Axe horizontal (x) :	0.0367
Axe vertical (y) :	0.0000
Rotation angulaire (w) :	0.000729° (1.27214281 e-5 rad)

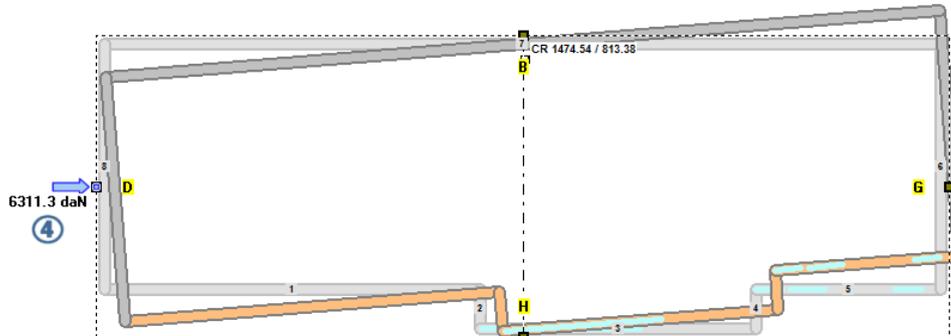


Figure 6: Exemple de modélisation du bâtiment sur MD Bat

On voit donc que le déplacement est minime (3.6 mm maximum). Les efforts sur le mur ossature bois dus au vent sont repris par le plancher intermédiaire et les murs latéraux en béton.

Ce logiciel permet également d'évaluer les efforts d'ancrage nécessaires.

## ÉTUDE THERMIQUE

### L'ISOLATION : LE CHOIX DES ISOLANTS ET DU TYPE D'ISOLATION

#### GENERALITES

La réglementation thermique RT 2012 qui doit être appliquée à notre bâtiment prévoit les exigences suivantes pour l'isolation des murs et des toitures :

- mur :  $R \geq 4 \text{ K.m}^2/\text{W}$ , soit  $U \leq 0.25 \text{ W/K.m}^2$
- toiture :  $R \geq 8 \text{ K.m}^2/\text{W}$ , soit  $U \leq 0.125 \text{ W/K.m}^2$

Avec  $U$  le coefficient de transmission surfacique, qui exprime la conductance de la paroi,  $R$  la résistance thermique ( $R=1/U$ )

Pour déterminer la résistance thermique d'une paroi entière, il faut additionner les résistances thermiques de chaque matériau ainsi que les résistances superficielles  $R_{se}$  et  $R_{si}$ .

La résistance thermique  $R$  d'un matériau est égale à  $e/\lambda$ ,  $e$  étant l'épaisseur du matériau et  $\lambda$  sa conductivité thermique.

Nous devons donc choisir les isolants en fonction de  $\lambda$ , puis déterminer l'épaisseur de chacun, afin d'obtenir une résistance thermique des murs supérieur à  $4 \text{ K.m}^2/\text{W}$ , et une résistance thermique de la toiture supérieure à  $8 \text{ K.m}^2/\text{W}$ .

## LES ISOLANTS CHOISIS

Nous avons à isoler des murs en ossature bois, des murs béton et une toiture en poutres caissons. Selon les choix architecturaux et la volonté de réduire les ponts thermiques, nous avons utilisé soit l'isolation par l'intérieur, soit par l'extérieur, soit les deux à la fois.

Pour l'isolation intérieure, nous avons choisi de la laine de bois, ou panneaux souples en fibre de bois. Cet isolant naturel est vendu en panneaux souples, ce qui permet de bien calfeutrer tout l'espace entre les montants de l'ossature bois. La conductivité thermique  $\lambda$  de la laine de bois est égale à 0.039 W/m.K, pour une masse volumique de 50 kg/m<sup>3</sup>, ce qui est satisfaisant pour un isolant naturel. L'énergie grise pour ce matériau est de 58 kWh/m<sup>3</sup>, contre 98 pour la ouate de cellulose insufflée, ou 242 pour la laine de verre en rouleaux.

On peut trouver ce type d'isolant chez Pavatex, panneaux PAVAFLEX ou PAVATHERM par exemple (<http://www.pavatex.fr/fr/produits/mur/>). Cette entreprise est une entreprise locale ; située à Golbey (88190), un partenariat pourrait être effectué avec elle.



Figure 7: Panneau PAVATHERM de chez Pavatex



Figure 8: Panneau PAVAFLEX de chez Pavatex

Pour l'isolation extérieure, nous avons choisi des panneaux de fibres de bois rigides. La conductivité thermique  $\lambda$  de cet isolant est de 0.047 W/m.K, pour une masse volumique de 210 kg/m<sup>3</sup> minimum. Certains panneaux de fibre de bois ont l'avantage de pouvoir servir de contreventement pour le mur ossature bois, ou de pare-pluie. Les panneaux de fibre de bois sont fabriqués à partir de résidus de bois de scierie, la lignine du bois pouvant servir de liant. Comme ils sont faits de composants naturels (s'ils ne contiennent pas de liants synthétiques), il est facile de les recycler ou de les utiliser pour la production de l'énergie en fin de vie.

Comme pour l'isolation intérieure, ce type d'isolant se trouve chez Pavatex, le panneau DIFFUBOARD par exemple.



Figure 9: Panneau DIFFUBOARD de chez Pavatex

## ISOLATION DU MUR OSSATURE BOIS

Les montants du mur ossature bois ont une section de 45mm \* 200mm. Nous isolons à l'intérieur, entre les montants de l'ossature. Nous aurons donc une épaisseur d'isolant de 200 mm. Cependant, afin de limiter les ponts thermiques dus aux liaisons montant-isolation, nous mettons également une isolation par l'extérieur. Celle-ci ne servira que pour les ponts thermiques, car l'isolation de 200mm est suffisante pour obtenir  $R_{mur} \geq 4 \text{ K.m}^2/\text{W}$ . Avec cette configuration, nous obtenons une performance du mur ossature bois  $U = 0.182 \text{ W/m}^2.\text{K}$ .

1 Mur ossature bois							
Nr. de la paroi		Description de la paroi		Résistance superficielle [m <sup>2</sup> K/W]			
				intérieure R <sub>si</sub> :	0,13		
				extérieure R <sub>se</sub> :	0,04		
Section 1	λ [W/m.K]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/m.K]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/m.K]	Epaisseur [mm]	
1	laine de bois		0,039	montant	0,120		200
2	OSB		0,130				12
3	BA 13		0,250				13
4							
5							
Pourcentage de surface de la section 2				Pourcentage de surface de la section 3		Total	
7,0%						22,5 cm	
Valeur U:		0,207		W/(m <sup>2</sup> K)		R	
						4,820	

Figure 10: Performance du mur ossature bois sans isolant extérieur

1 Mur ossature bois avec isolant extérieur							
Nr. de la paroi		Description de la paroi		Résistance superficielle [m <sup>2</sup> K/W]			
				intérieure R <sub>si</sub> :	0,13		
				extérieure R <sub>se</sub> :	0,04		
Section 1	λ [W/m.K]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/m.K]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/m.K]	Epaisseur [mm]	
1	fibre de bois		0,047				30
2	laine de bois		0,039	montant	0,120		200
3	OSB		0,130				12
4	BA 13		0,250				13
5							
Pourcentage de surface de la section 2				Pourcentage de surface de la section 3		Total	
7,0%						25,5 cm	
Valeur U:		0,182		W/(m <sup>2</sup> K)		R	
						5,498	

Figure 11: Performance du mur ossature bois avec isolant extérieur

## ISOLATION DU MUR BETON

Selon un choix architectural (voir notice architecturale), le béton doit être apparent à l'intérieur du bâtiment. Il faut donc mettre obligatoirement une isolation thermique par l'extérieur. On utilisera donc des panneaux de fibre de bois. La conductivité thermique du béton étant de 1.75 W/m.K, on doit mettre une épaisseur

d'isolant de 200 mm minimum. On obtient ainsi une performance du mur béton  $U = 0.218 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

3 Mur béton		Résistance superficielle [m <sup>2</sup> /W]		interieure R <sub>si</sub> : 0,13		exterieure R <sub>se</sub> : 0,04	
Nr. de la paroi	Description de la paroi						
Section 1	λ [W/m·K]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/m·K]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/m·K]	Epaisseur [mm]	
1.	béton	1,750				300	
2.	panneau fibre de bois	0,047				200	
3.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
						50,0 cm	
						Valeur U: 0,218 W/(m <sup>2</sup> ·K) R 4,597	

Figure 12: Performance du mur béton

### ISOLATION DE LA TOITURE ET DU PLANCHER INTERMEDIAIRE

Le plancher intermédiaire est composé de poutres caissons, qui sont préfabriquées. Elles contiennent donc directement un isolant à l'intérieur. D'après le dimensionnement des poutres, on aura une épaisseur d'isolant de 230 mm.

La toiture végétalisée est supportée par des poutres caissons. Ces poutres caissons sont également préfabriquées directement avec un isolant à l'intérieur. Les critères mécaniques imposent une épaisseur des poutres de 300 mm. On aura donc une épaisseur d'isolant égale à 230 mm. Cela n'étant pas suffisant pour obtenir une résistance thermique de la toiture supérieure à  $8 \text{ K.m}^2/\text{W}$ , on ajoutera une couche d'isolation en panneau de fibre de bois (il faut une certaine rigidité de l'isolant pour supporter la toiture) entre les poutres caissons et la toiture végétalisée. Ce panneau aura une épaisseur de 90 mm. La végétation ne rentre pas en compte dans le calcul du coefficient U car la terre humide possède une conductivité thermique trop élevée. On obtient ainsi une performance de la toiture  $U = 0.119 \text{ W/K.m}^2$ .

2 toiture		Résistance superficielle [m <sup>2</sup> /W]		interieure R <sub>si</sub> : 0,13		exterieure R <sub>se</sub> : 0,04	
Nr. de la paroi	Description de la paroi						
Section 1	λ [W/m·K]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/m·K]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/m·K]	Epaisseur [mm]	
1.	bois	0,140				31	
2.	isolant	0,039				230	
3.	bois	0,140				31	
4.	isolant	0,047				90	
5.							
		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total	
						38,2 cm	
						Valeur U: 0,119 W/(m <sup>2</sup> ·K) R 8,425	

Figure 13: Performance de la toiture

## LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

Grâce au logiciel Pléiades + Comfie, nous avons réalisé une simulation thermique dynamique de notre bâtiment.

Pour cela, il faut en premier lieu déterminer la composition des parois, de la toiture, des planchers et le type de vitrage. Nous avons donc créé, à partir de la bibliothèque de matériaux Pléiades ou de matériaux ajoutés, les éléments de notre bâtiment : mur béton, mur ossature bois, plancher en poutres caissons, toiture végétalisée avec poutres caissons, et les vitrages doubles ou triples (déjà existants dans la bibliothèque).

Ensuite, grâce au logiciel Alcyone, qui est relié à Pléiades, nous avons défini le site de la construction, notamment pour la météo ; on trouve dans la liste des propositions le site « Nancy, RT 2012 ». C'est donc celui-ci qui sera choisi car il se rapproche le plus de notre situation. Puis nous avons dessiné le plan 2D de chaque étage du bâtiment à partir des plans élaborés sur Autocad. Une fois que tous les murs extérieurs et parois intérieures sont dessinés, il faut modéliser les ouvertures, que ce soit les portes, les fenêtres, ou les ouvertures de mur ou de plancher. On attribue ensuite à chaque mur et à au plancher leur composition (faite précédemment dans Pléiades). Lorsque ces plans sont achevés, il reste à dessiner la toiture, et à lui attribuer ses caractéristiques. On a également ajouté les ponts thermiques dans l'enveloppe.

Le bâtiment est ensuite automatiquement modélisé en 3D à partir des plans.

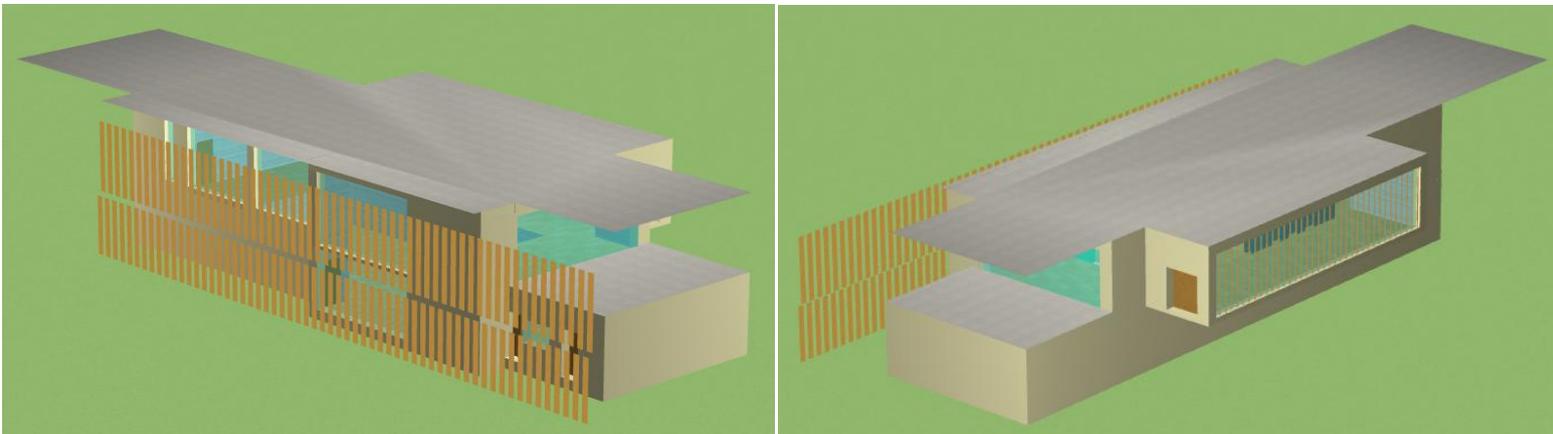


Figure 14 : Modélisation du bâtiment sur Alcyone

On peut également y voir l'ombre que le bâtiment apporte, mais aussi comment vont évoluer les apports solaires au fil de la journée.

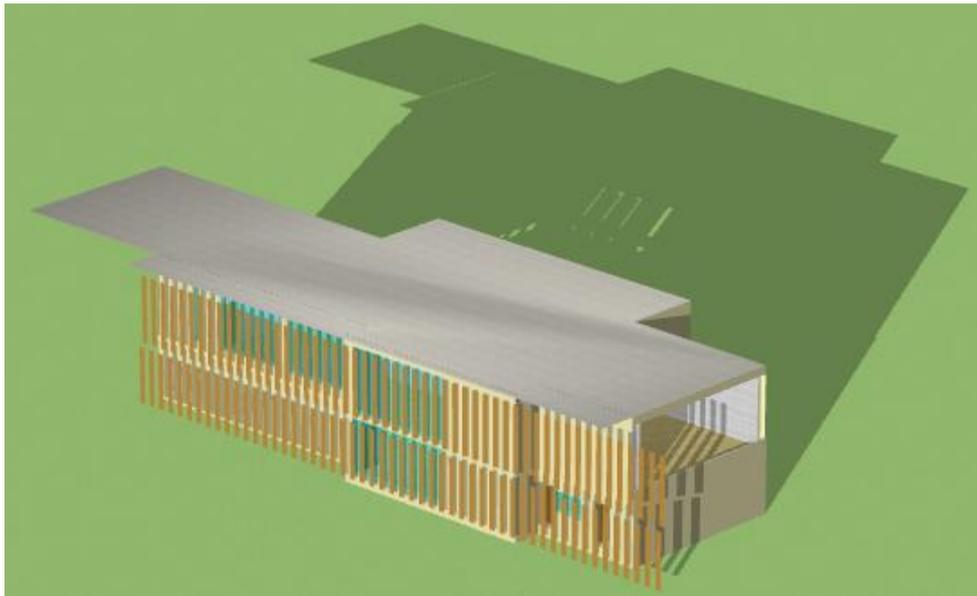


Figure 15 : Modélisation du bâtiment avec les ombres sur Alcyone

Une fois que le bâtiment est dessiné, nous avons attribué une zone à chaque pièce, pour pouvoir y mettre les scénarios. Il y a donc trois zones : la zone « bodéga » pour la salle de réception et le sas d'entrée, la zone « locaux techniques », et la zone « sanitaire » pour les vestiaires, les toilettes et l'office.

Quand le travail est achevé sur Alcyone, on définit les différents scénarios sur Pléiades. Pour chaque zone, il faut définir un scénario de température, de ventilation et d'occupation, par semaine et par heure, et par année si nécessaire.

- Température d'utilisation :

Nous avons affecté une température d'utilisation de 19°C dans la zone « Bodéga », 17°C dans la zone « sanitaire » et 15°C dans la zone « service ».

- Ventilation :

Une ventilation double-flux a été mise en place, avec un système de by-pass. Ceci nous a permis d'obtenir une température moyenne idéale. Nous avons essayé d'autres systèmes de ventilation (ventilation simple flux, ventilation double-flux sans système de by-pass, ...), mais les résultats n'ont été satisfaisants qu'avec le système ventilation double-flux et by-pass. Nous avons défini un scénario de ventilation annuel, car elle ne sera pas la même en hiver et en été, grâce au système de by-pass. Celui-ci permettra de limiter les surchauffes en été.

- Occupation :

Nous avons d'abord défini le scénario d'occupation du bâtiment selon les jours de match et d'entraînement, le mercredi, le vendredi et le samedi soir, et le dimanche pendant la journée. Mais comme nous utiliserons un système de chauffage par le sol, nous devons avoir comme scénario un bâtiment tout le temps occupé. Comme la salle de réception a une grande hauteur sous plafond et une grande superficie, il faut que ce soit chauffé en continu (plus ou moins fort) pour avoir une température moyenne de 19°C lorsque le bâtiment est occupé.

- Vitrage :

Nous avons utilisé du double vitrage. Après la simulation réalisée sur Pléiades, nous avons vu que ce type de vitrage était suffisant pour notre bâtiment.

- Les apports solaires et le système de chauffage :

Le bâtiment possède une grande surface vitrée à l'ouest : une grande baie vitrée sur les deux niveaux de 11 mètres de large, et une surface vitrée de 11 mètres de large au premier niveau. Les apports solaires sont donc importants dans l'après-midi par cette façade. Les poteaux porteurs servent de brise-soleil sur cette façade, ce qui permet de réguler les apports solaires pour ne pas surchauffer le bâtiment. Il y a également l'avancée de toit au-dessus du passage à l'ouest pour éviter la surchauffe due au soleil. A l'est, on a également une surface vitrée importante sur la "boite" servant de sas. Il y aura donc des apports solaires le matin par cette façade. Elle est également protégée par un brise-soleil. La terrasse au sud est protégée par une avancée de toit et par les murs de chaque côté.

Le bâtiment est chauffé par un système de chauffage au sol au niveau du rez-de-chaussée. Les pièces du premier niveau seront chauffées en plus par des convecteurs.

Nous avons donc affecté à chaque zone les scénarios qui leur étaient destinés, puis nous avons lancé la simulation sur Pléiades. Voici les résultats finaux obtenus:

Zones	Besoins Chauff.	Puissance Chauff.	T° min	T° moy	T° max
	kWh/m <sup>2</sup>	W	°C	°C	°C
1: Salle de réception	41	15636	14.99	19.3	33.7
2:Sanitaires	28	2996	14.96	17.0	25.9
3: Locaux techniques	49	2562	14.96	16.3	22.7
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>21194</b>	<b>14.98</b>	<b>18.5</b>	<b>30.94</b>

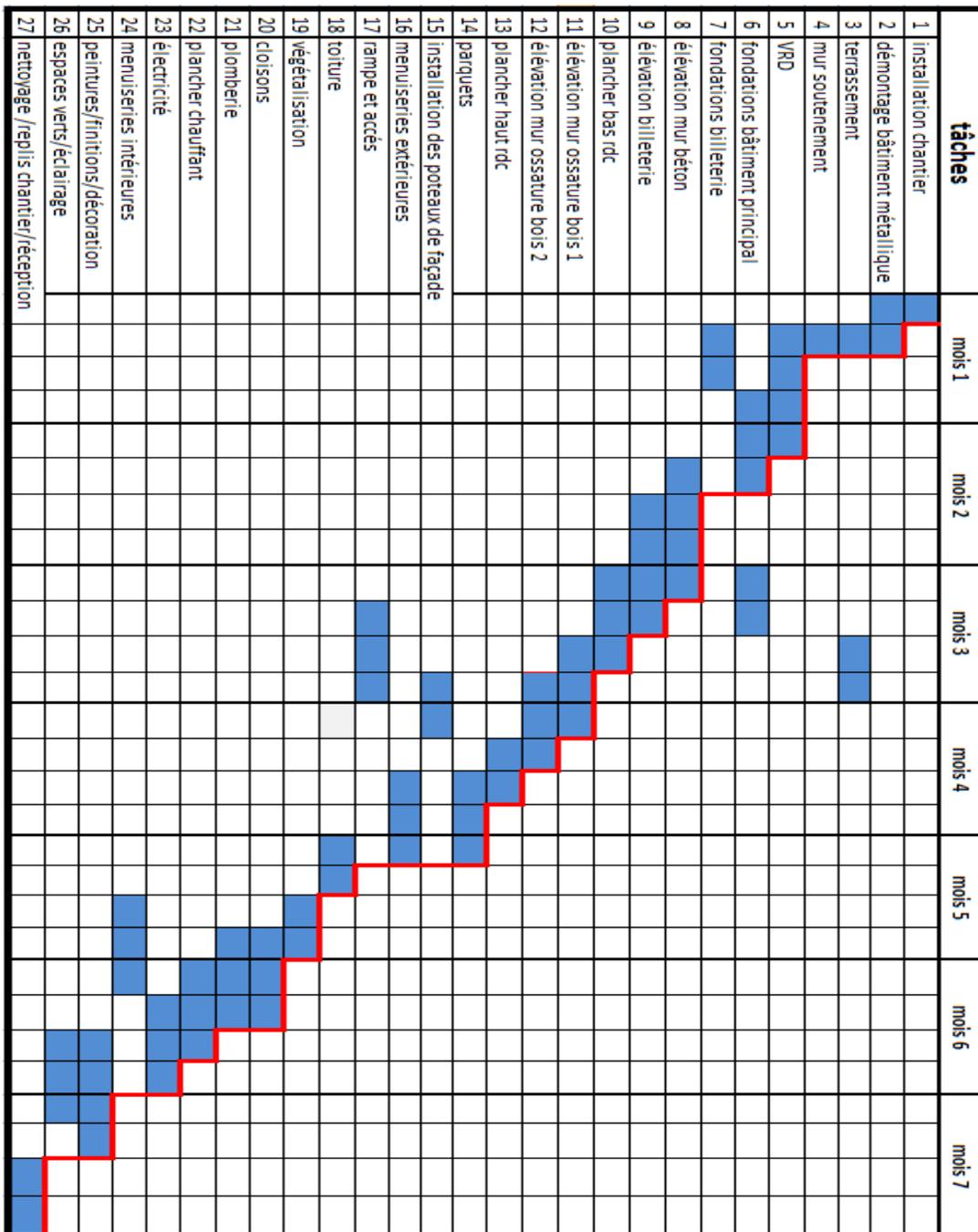
Zones	Apports solaires	Heures > T° inconfort	Amplification T° ext	Taux d'inconfort	Surface
	kWh	h	%	%	m <sup>2</sup>
1	10100	239	92.7	6.57	253
2	921	0	26.14	0	61
3	307	0	7.88	0	49

Tableau 1: Résultats obtenus avec le logiciel Pléiades

En prenant les paramètres détaillés ci-dessus, nous obtenons donc des résultats satisfaisants pour notre bâtiment (les résultats complets sont en annexe).

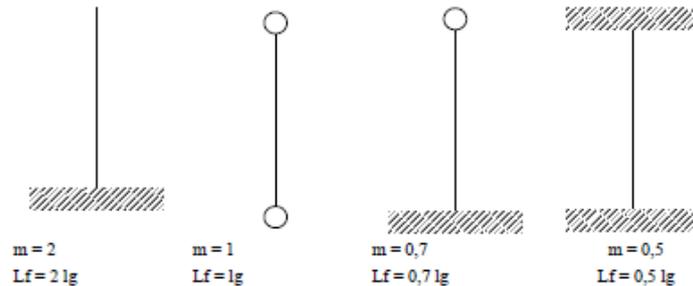
# CHIFFRAGE DU PROJET

Le chiffrage du projet n'a pas été seulement la phase finale du projet, où l'on n'a que quantifié économiquement nos idées. Le chiffrage était pour notre équipe un des critères à respecter dans ce projet, où la situation était réaliste. Avec une enveloppe financière de 1800€/m2, nous avons fait des choix en concordance avec l'architecture et l'ingénierie, que chacun des membres du groupe a su respecter. La symbiose qui régnait dans ce groupe a fait ses preuves, étant donné qu'à la fin du projet lors du décompte final nous sommes arrivés à un prix JUSTIFIÉ de 1795€/m2, en ayant quand même des contraintes liées au terrain naturel, et à la démolition d'un bâtiment type structure métallique. (joint aussi un planning)



## ANNEXE I : CALCUL DETAILLE DU FLAMBEMENT DES MONTANTS DU MUR OSSATURE BOIS ET POTEAUX DE FACADE BOIS.

Tableau 1 : influence des assemblages des extrémités sur la longueur de flambement

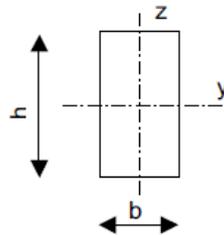


Le montant d'ossature a une section de 45\*200 mm, et une hauteur de 3.00 m. Les assemblages haut et bas sont tous deux articulés (cas n°2 du tableau 1 ci-dessus).

La charge normale s'appliquant sur le montant est de 4.2 kN (combinaison la plus défavorable 1.35 Gk)

Le montant est en résineux C 24.

Risque de flambage si l'élongement relatif  $\lambda_{rel,max} > 0.3$



L'élongement le plus important se calcule par rapport à l'axe z car il sera l'axe de rotation si le poteau flambe.

$$\lambda_{rel} = \frac{m \cdot l_g \cdot \sqrt{12}}{b \cdot \pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{avec } f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa et } E_{0,05} = 7400 \text{ MPa pour du résineux C 24}$$

$$= \frac{1 \cdot 3000 \cdot \sqrt{12}}{45 \cdot \pi} * \sqrt{\frac{21}{7400}}$$

Soit  $\lambda_{rel} = 3.92$

$\lambda_{rel,max} > 0.3$  donc il y a risque de flambage.

Calcul du coefficient  $k_{c,z}$  réducteur de la résistance du bois :

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0.3) + \lambda_{rel}^2]$  avec  $\beta_c = 0.2$  pour le bois massif

$$= 0.5 [1 + 0.2 (3.92 - 0.3) + 3.92^2]$$

Soit  $k_z = 8.55$

$$k_{c,z} = \frac{1}{8.55 + \sqrt{8.55^2 - 3.92^2}}$$

Soit  $k_{c,z} = 0.062$

Calcul de la contrainte induite par la charge

$$\begin{aligned}\sigma_{c,0,d} &= \frac{N}{A} \\ &= \frac{3600}{45 \cdot 200}\end{aligned}$$

Soit  $\sigma_{c,0,d} = 0.47 \text{ MPa}$

Calcul de la contrainte de résistance en compression axiale

$$\begin{aligned}f_{c,0,d} &= f_{c,0,k} * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \quad \text{avec } k_{mod} = 0.6 \text{ et } \gamma_m = 1.3 \\ &= 21 * \frac{0.6}{1.3}\end{aligned}$$

Soit  $f_{c,0,d} = 9.69 \text{ MPa}$

Justification

$$\begin{aligned}\text{Taux de travail} &= \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} \leq 1 \\ &= \frac{0.47}{0.062 * 9.69} \leq 1\end{aligned}$$

Soit  $0.78 \leq 1$

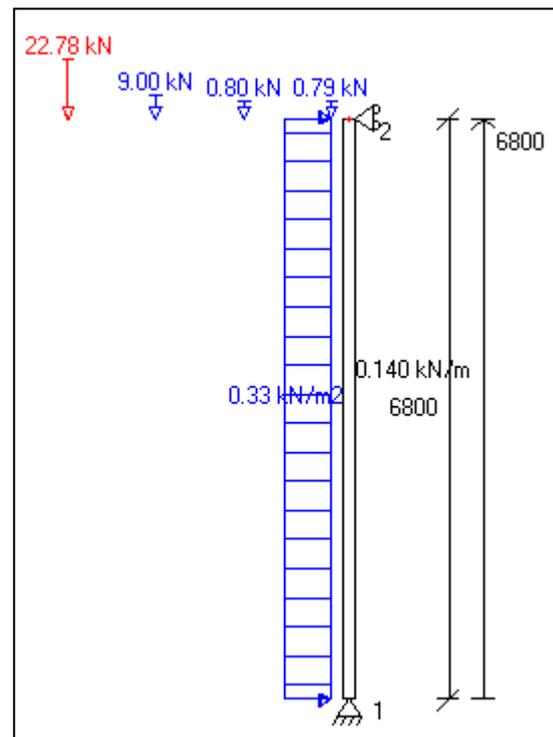
La section choisie pour les montants d'ossature est donc satisfaisante.

## POTEAUX DE FACADES.

Utilisation du logiciel Finnwood

The screenshot shows the FINNWOOD 2.1 SR1 software interface. The menu bar includes 'Fichier', 'Base de profils', 'Réglages', and 'Aide'. The 'Projet Actif' is 'C:\finnforest\finnwood\_fr\France\modules'. The 'Modèle' tab is selected, showing 'Forme du Profilé' as 'Profilé Rectangulaire', 'Matériau' as 'GL28h (Certifié FF)', and 'Classe de Service' as '2'. The 'Profilé' is '115\*270'. The material properties are: 'MATERIAU: GL28h (Certifié FF)', 'profilé: Rectangle', 'LARGEUR B: 115 mm', and 'HAUTEUR H: 270 mm'. A diagram shows a yellow rectangle with dimensions 115 mm by 270 mm. The 'Calcul' tab is active, showing a list of checks: 'Vérification Résistance (ELU)', 'Vérification Flambement', 'Vérification Déversement', 'Vérification Flèche (ELS)', and 'Vérification Vibration'. The results show 'ETAT LIMITE ULTIME: (98 %)' with values for 'Cisaillement (Vy): 0.34 kN, (1 %), x = 0 mm', 'Compression: 45.54 kN, (98 %), x = 0 mm', 'Flexion (Mz): 0.57 kNm, (2 %), x = 3400 mm', '(Sans crit): 0.57 kNm, (2 %), x = 3400 mm', and 'Flexion+compression: 0.74, (74 %), x = 777 mm'. The 'ETAT LIMITE DE SERVICE: (6%)' shows 'Portée 1 (6%)'.

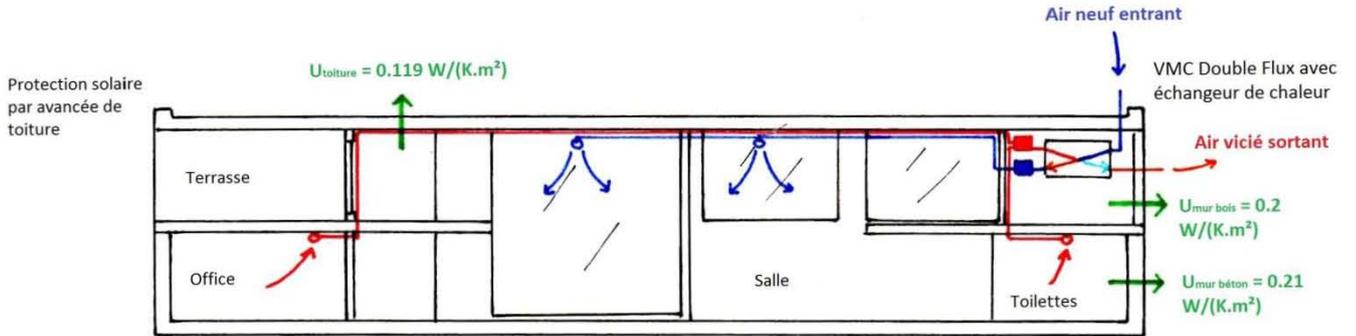
En utilisant des poteaux LC en GL28c on obtient une section minimale de 115x270mm, nous utiliserons dans le projet des poteaux de 200mmx300mm



## ANNEXE II : SCHÉMAS THERMIQUES

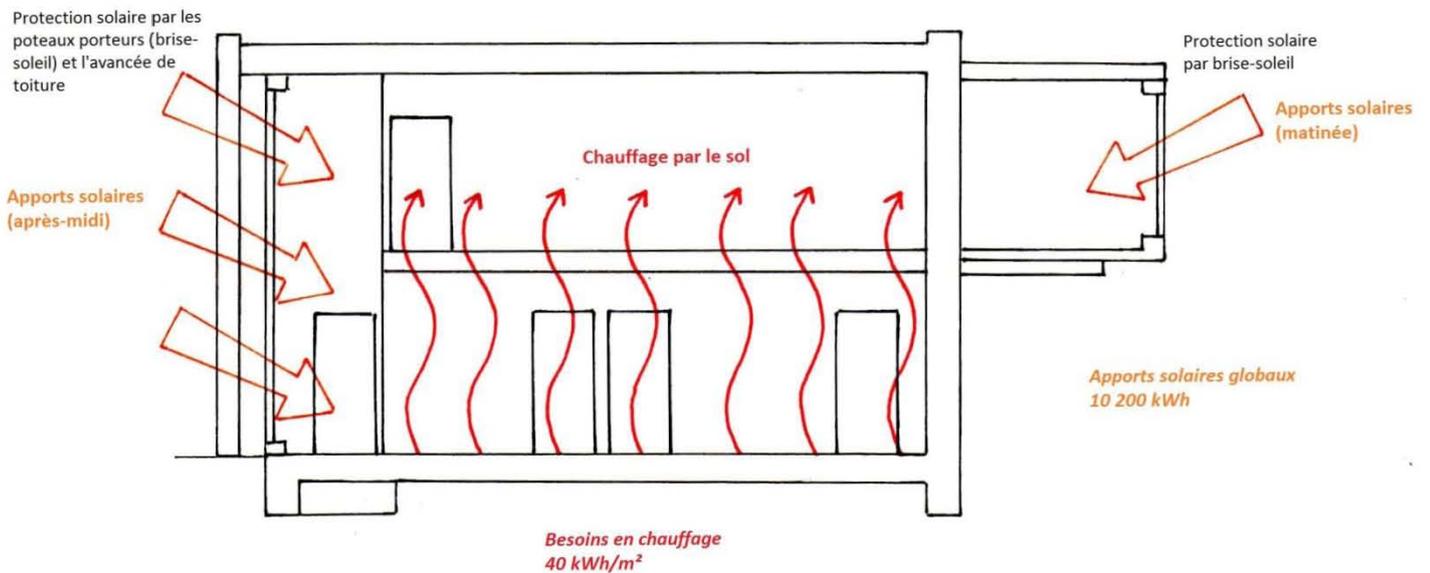
SUD

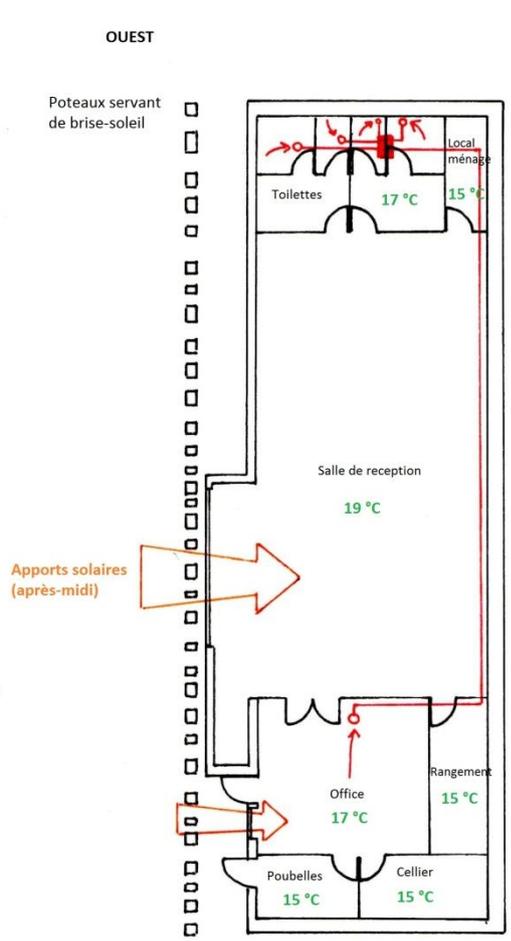
NORD



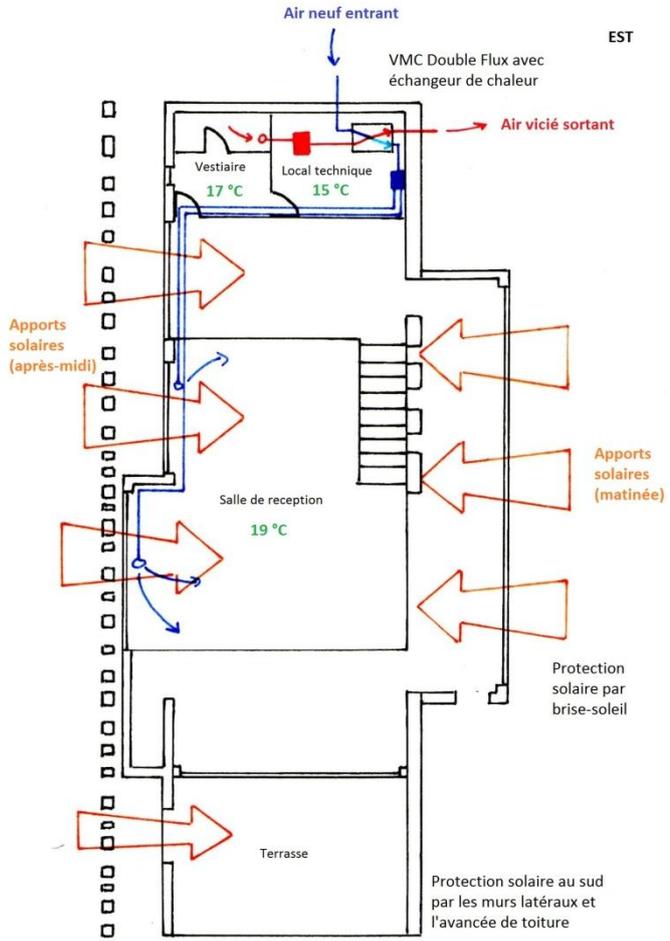
OUEST

EST





RDC



R + 1

### ANNEXE III : RESULTATS DE LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE SUR PLEAIDES

Zones	Besoins Ch. kWh	Besoins Ch. kWh/m <sup>2</sup>	Besoins Clim. kWh	Besoins Clim. kWh/m <sup>2</sup>	Puiss. Chauff. W	Puiss. Clim. W	T° Min °C	T° Moyenne °C	T° Max °C
Bodéga	10351	41	0	0	15636	0	14,99	19,36	33,75
Sanitaires	1709	28	0	0	2996	0	14,96	17,01	25,91
Locaux techniques	2383	49	0	0	2562	0	14,96	16,34	22,73
<b>Total</b>	<b>14443</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21194</b>	<b>0</b>	<b>14,98</b>	<b>18,56</b>	<b>30,94</b>

Zones	Apports solaires bruts kWh	Conso Eclairage kWh	Heures > T°Inconfort h	Amplification de T°Ext %	Taux d'inconfort %	Part de besoin nets %	Besoins bruts kWh	Surface m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>
Bodéga	10100	0	239	92,7	6,57	0	0	253	1044
Sanitaires	921	0	0	26,14	0	0	0	61	170
Locaux techniques	307	0	0	7,88	0	0	0	49	150



4	ml	fondations	béton de propreté		0	M2	98	6,9	676,20					
			armature HA		0	kg	1400	1,12	1 568,00					
			béton à 350kg		0	m3	53	192,24	10 188,72					
			main d'œuvre	160	3924,8					12 432,92	16 357,72			
			<b>Total POSTE</b>				<b>ml</b>					<b>160</b>	<b>102,24</b>	<b>16357,72</b>
5	m2	élévation béton	<b>5.4 les voiles</b>											
			grue				h	25	60,00	1500				
			coffrage ( étais, banche , huiles,...)				m2	260	21,29	5 535,40				
			armatures HA				kg	1512	1,12	1 693,44				
			béton 400kg				M3	100	128	12 800,00				
			isolation rigide				m2	170	23,29	3 959,30				
			aiguille vibrante, avec flexible, Φ50				mois	1	200	200,00				
			main d'œuvre (décoffrage, coulage,...)	160	3924,8					25 688,14	29 612,94			
<b>Total POSTE</b>				<b>M2</b>					<b>252</b>	<b>117,51</b>	<b>29612,94</b>			
6	m2	planchers	<b>5,1 plancher bas</b>											
			poutre en I , isolation, mise en œuvre				m2	220	136,24	29 972,80				
			chape pour plancher chauffant				m2							
											29 972,80			
			<b>5.3 plancher haut type caisson</b>											
			caisson RQ3 lignotrend				m2	132	290	38 280,00				
											38 280,00			
			revêtement terrasse extérieure				m2	47	48	2 256,00	2 256,00			
			divers								1 000,00			
<b>Total POSTE</b>				<b>U</b>					<b>352</b>	<b>203,15</b>	<b>71508,8</b>			
7	M2	voiles ossatures bois	<b>voiles bois épaisseur</b>											
			structure et ossature				m2	210	41	8 610,00				
			isolation				m2	210	14,86	3 120,60				
			accessoires et étanchéité				m2	210	22,9	4 809,00				
			plaque de plâtre				m2	220	4,62	1 016,40				
			système non porteur				ml	30	25	750,00				
			bardage (main d'œuvre comprise)				m2	295	85	25 075,00				
forfait sécurité				U	1	4000	4 000,00							



11	Unité	menuiseries extérieures et intérieurs	vitrages fixes AE			M2	74	177,53	13137,22						
			ossature des vitrages			fft	1	11000	11000						
			porte et vitrage			U	3	705,86	2117,58						
			menuiseries intérieurs portes			U	14	159	2226						
			accessoires divers			fft	1	2000	2000						
			escalier béton interieur			u	1	800	800						
			escalier grande salle			u	1	10840	800						
			total lot								32 080,80				<b>32 080,80</b>
12	m2	parquets	parquets flottants			m2	245	32,1	7 864,50						
			main d'oeuvreTotal	155	3802,15				7 864,50	11 666,65					
			total								245	47,62		<b>11 666,65</b>	
13	fft	ascenseur	ascenseur + pose			u	1	15000	15 000,00	15 000,00			<b>15 000,00</b>		
14	fft	plomberie	forfait pour l'ensemble du lot			fft	1	7500	7 500,00	7 500,00			<b>7500</b>		
15	M2	second œuvre : finition	peinture sur plâtre (préparation)			m2	322	1,22	392,84						
			peinture sur plâtre (couche x2)			m2	644	1,5	966,00						
			main d'œuvre	85	2085,05					1 358,84	3 443,89				
			carrelage			m2	67	44,56	2 985,52						
			main d'œuvre	82	2011,46					2 985,52	4 996,98				
			faïence			m2	96	36,78	3 530,88						
			main d'œuvre	116	2845,48					3 530,88	6 376,36				
			équipement cuisine			U	1	3000	3 000,00	3 000,00					
			electricite générale			U	1	7600	7600	7 600,00					
			<b>meuble sanitaire</b>												
			WC suspendus			U	5	567,46	2837,3	2837,3					
			urinoirs			U	2	247	494	494					
			lave mains			U	2	122,58	245,16	245,16					
			lavabos			U	4	322,26	1289,04	1289,04					
			vasques double			U	1	2048	2048	2048					
			sols souples			m2	43	32,24	1 386,32	1386,32					
accessoires divers			fft	1	600	600	600								
total lot												<b>34317,05</b>			
			plancher poutrelle entre-vous			m2	50,5	65,34	3 299,67	3 299,67					

16	Unité	extension accueil	ossature bois	m2	17	85,12	1 447,04	1 447,04		
			parquet en hêtre	m2	44	63,86	2 809,84	2 809,84		
			bardage (main d'œuvre comprise)	m2	17	85	1 445,00	1 445,00		
			poteaux bois massif résineux C24	m3	1,2	388	465,60	465,60		
			toiture /couverture	m2	54	185	9 990,00	9 990,00		
			vitrage anti effraction	m2	41,04	177	7 264,08	7 264,08		
			ossature des vitrages	u	1	5000	5 000,00	5 000,00		
			<b>Total POSTE</b>							
17	Unité	billeterie	radier ép 20cm	m2	15,3	66,02	1 010,11	1 010,11		
			mur béton maçonnerie	m2	12	58	696,00	696,00		
			mur ossature bois-isolation-finition	m2	55	107	5 885,00	5 885,00		
			bardage (main d'œuvre comprise)	m2	63	47	2 961,00	2 961,00		
			plancher intermédiaire	m2	13	76,08	989,04	989,04		
			accessoires divers	fft	1	400	400,00	400,00		
			porte et vitrage	U	1	705	705,00	705,00		
			baie coulissante + précadre	U	1	3200	3 200,00	3 200,00		
<b>Total POSTE</b>								<b>15 846,15</b>		
18	unité	chauffage/ventilation	ventilo-convecteurs étage	U	5	440				
			plancher chauffant	m2	170	43,45				
			raccords/thermostat	U	1	562				
			divers	U	1	3000				
			VMC double flux, caisson de transfert	U	1	3326				
			conduits aération et grilles	fft	1	2867				
			<b>total POSTE</b>					10 238,45		
19	unité	espaces vert	gazon (préparation terrain comprise)	m2	300	2,42	726,00			
			rampes handicapées	m2	89	48,78	4 341,42			
			bacs fleur	u	2	348	696,00			
			escaliers	u	2	2000	4 000,00			
			finitions rampes	fft	1	1800	1 800,00			
			piste javelot	U	1	220	220,00			
			plantations diverses et massifs	fft	1	1000	1 000,00			
			<b>Total POSTE</b>						12 783,42	
			bungalow réf.	mois	7	300	2 100,00			

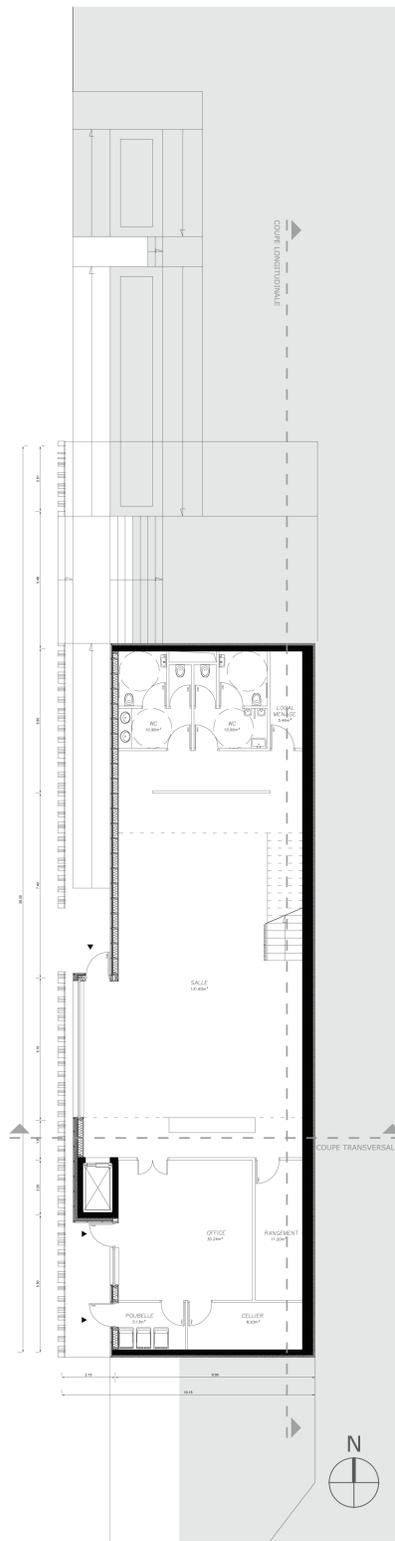
20	fft	installation/repli chantier	bungalow sanitaire		mois	7	456	3 192,00			
			bungalow vestiaire		mois	7	300	2 100,00			
			panneau chantier		U	1	500	500,00			
									7 892,00		<b>7892</b>
21	fft	démolition bâtiment métallique	grue		jour	5	450	2 250,00			
			portiques		fft	1	6000	6000			
			couverture		m2	150	9,62	1443			
			démolition fondation		fft	1	200	200			
			total						9 893,00		<b>9893</b>
<b>TOTAL PROJET SAS HT</b>										<b>580 054 €</b>	
<b>SURFACE PROJET 323m2</b>					<b>COUT PROJET AU m2</b>					<b>1795€/m2</b>	



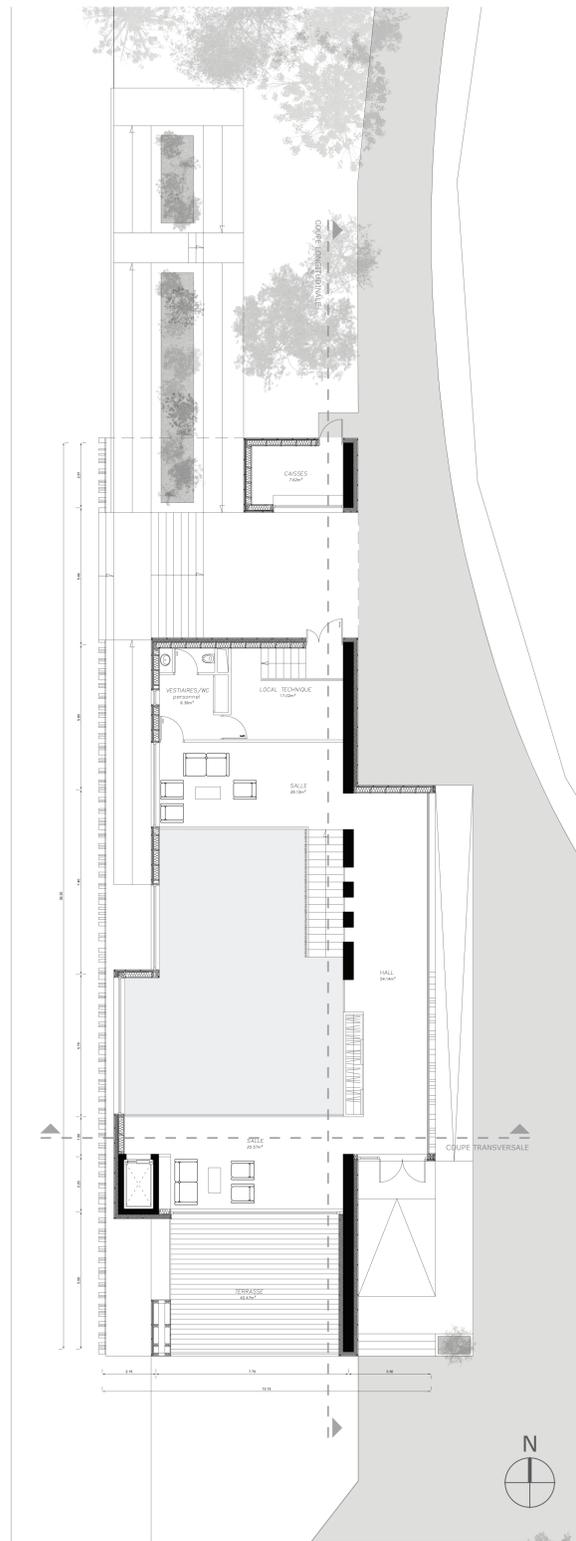
PERSPECTIVE / Vue du terrain d'entraînement



PLAN DE SITUATION / Echelle 1.1000



PLAN REZ-DE-CHAUSSEE / Echelle 1.100



PLAN ÉTAGE / Echelle 1.100



PLAN DE MASSE / Echelle 1.500



PERSPECTIVE DE NUIT / Vue du terrain d'entraînement



CONCEPT / La trame de bois



FAÇADE OUEST / Echelle 1.200



FAÇADE EST / Echelle 1.200



FAÇADE SUD / Echelle 1.200



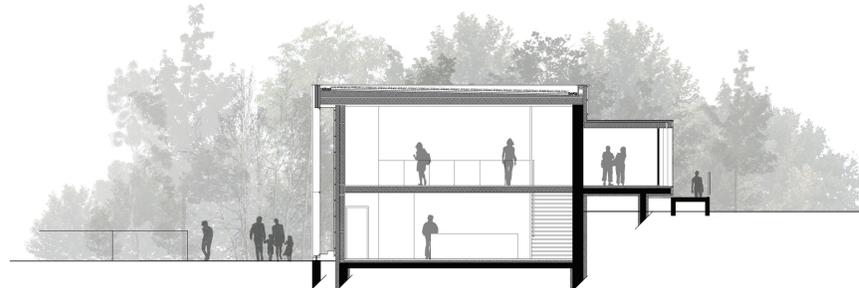
FAÇADE NORD / Echelle 1.200



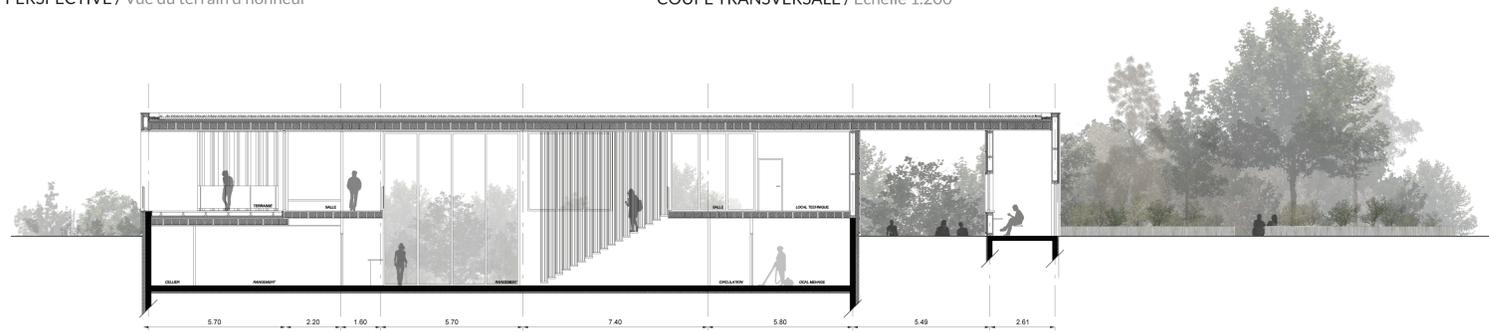
PERSPECTIVE / Vue intérieure de la salle de reception



PERSPECTIVE / Vue du terrain d'honneur



COUPE TRANSVERSALE / Echelle 1.200



COUPE LONGITUDINALE / Echelle 1.100

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

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

**L'ORÉE DU SAS**  
 ESPACE SAS FOOTBALL

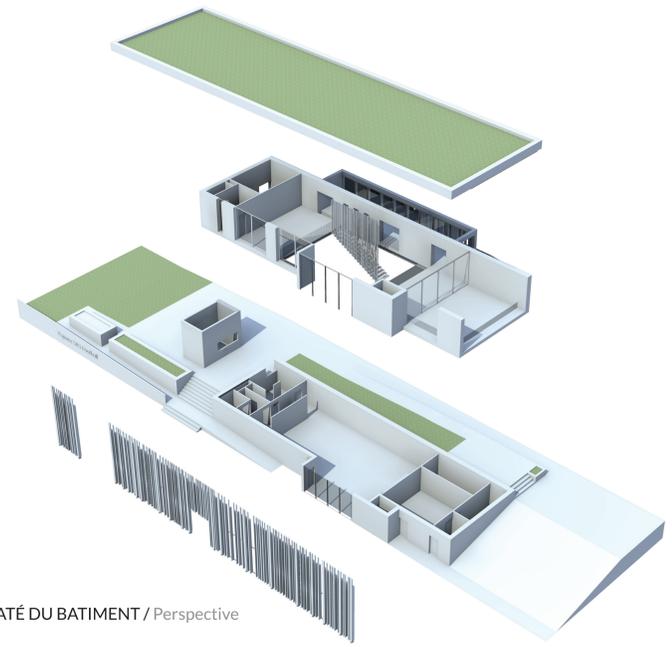
BAGNY Léa      Ingénieur  
 BIENAIMÉ Julie      Architecte  
 KOVALEVA Lika      Architecte  
 PERDEREAU Simon      Architecte  
 PEROT Clément      Ingénieur

**sas football**  
 EPINAL

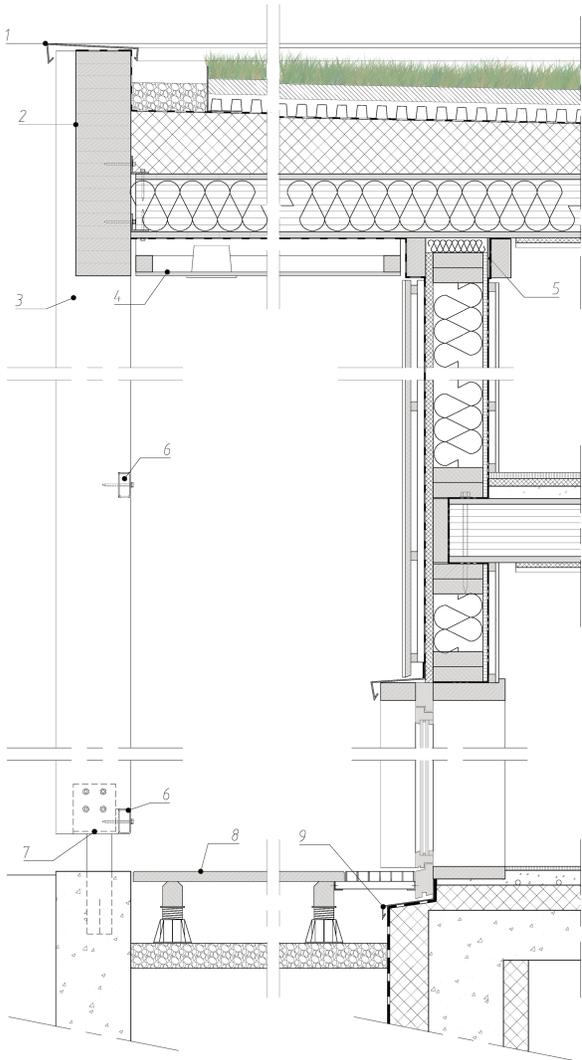
**UNIVERSITÉ DE LORRAINE**      **enstib**      **EPINAL**  
 école nationale supérieure d'architecture de nancy



PERSPECTIVE DE NUIT / Vue du terrain d'entraînement



ÉCLATÉ DU BATIMENT / Perspective



coupe sur la toiture (int vers ext)

- poutre caisson isolée type Lignotrend ou équivalent avec rainures acoustiques et absorbant (320 mm)
- isolant incompressible donnant la forme de la pente de 2%
- revêtement d'étanchéité anti-racine
- couche de drainage
- couche filtrante 70mm
- couche de plantation (substrat 60 mm)
- végétation

coupe sur le plancher intermédiaire

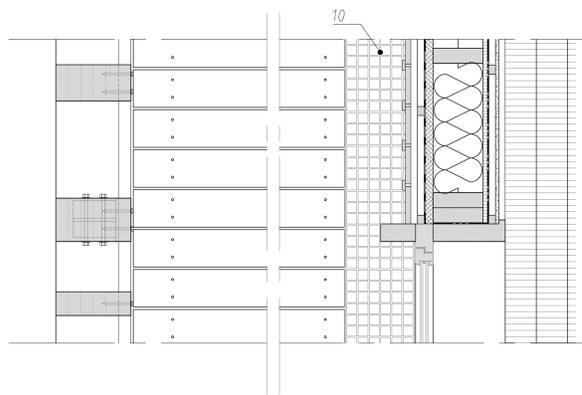
- poutre caisson type Lignotrend ou équivalent avec rainures acoustiques et absorbant 320 mm
- chape sèche 50 mm
- isolant acoustique 30 mm
- parquet chêne collé sur chant + liège 25 mm

coupe sur le plancher bas

- dalle béton armé 200 mm
- isolant incompressible 100mm
- chape + chauffage au sol 60mm
- parquet chêne collé sur chant 15 mm

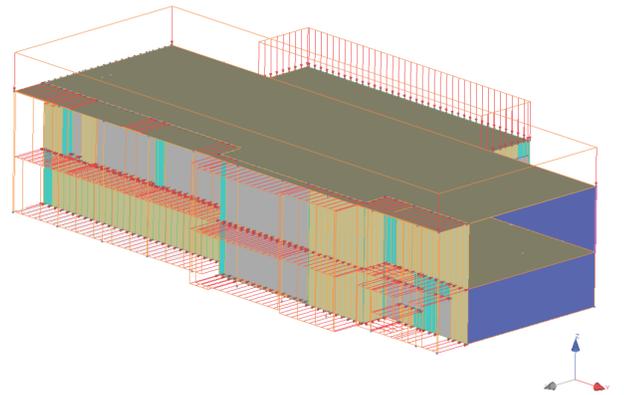
coupe sur la paroi (int vers ext)

- porteuse des planchers intermédiaires
- BA 13 sur ossature bois
- pare-vapeur
- voile travaillant OSB 18 mm
- ossature bois 200 mm avec isolant type laine de bois
- isolant incompressible type fibre de bois travaillant 40 mm
- latte 27 mm + contre latte 27 mm
- bardage vertical 22 mm avec couvre joint

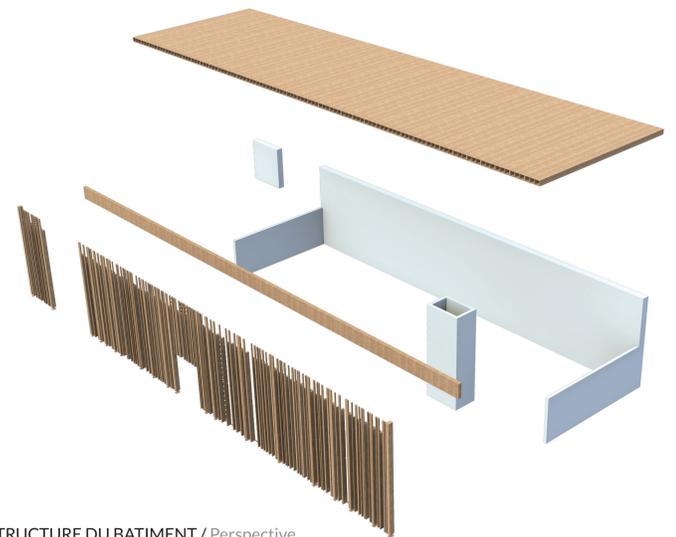


- 1- couverture zinc protégeant le relevé d'étanchéité
- 2- poutre de rive BLC 900X220mm
- 3- poteau porteur BLC 300X200mm
- 4- faux plafond trespas suspendu avec spot intégré
- 5- plaque de contre plaqué protégeant le pare vapeur de la façade non porteuse
- 6- élément raidisseur 100X50mm
- 7- platine poteau scellée dans les fondations
- 8- terrasse sur plot lame de châtaignier 150X40
- 9- bavette en alu thermolaqué
- 10- caillebotis en acier galvanisé sur son support

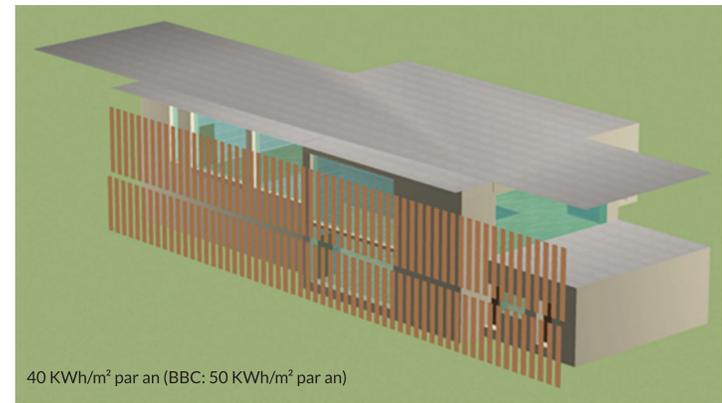
DETAIL TECHNIQUE / Echelle 1.10



MODELE STRUCTUREL ET CHARGEMENTS / Axonométrie

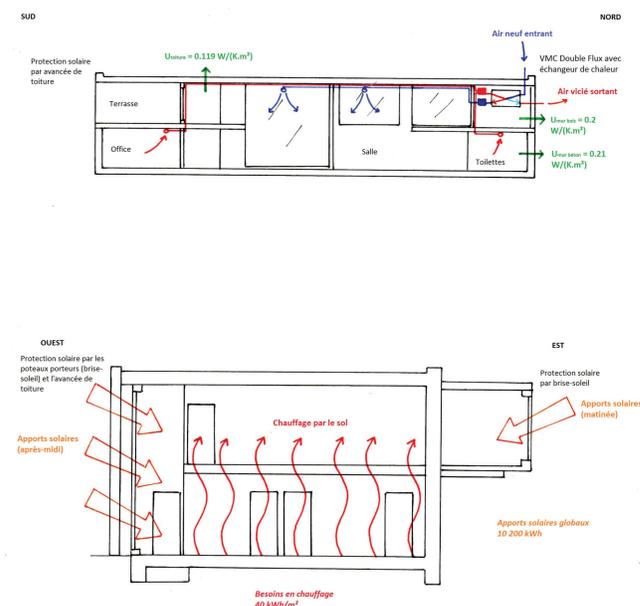


STRUCTURE DU BATIMENT / Perspective

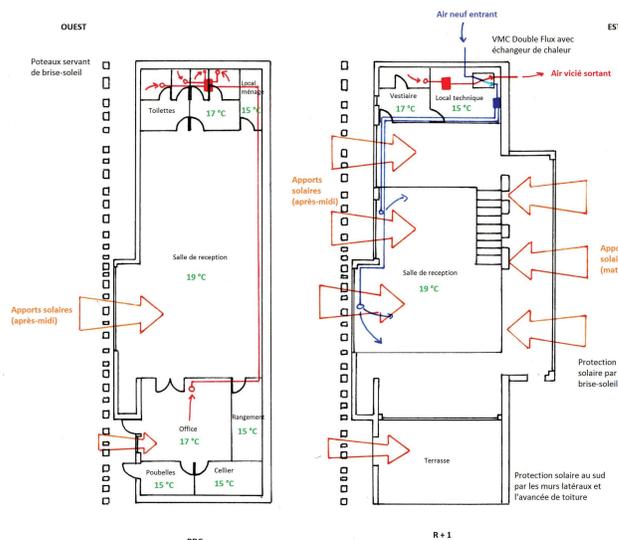


40 kWh/m<sup>2</sup> par an (BBC: 50 kWh/m<sup>2</sup> par an)

MODELISATION THERMIQUE / Axonométrie



THERMIQUE DU BATIMENT / Plans et coupes



DENOMINATION	COUT €
Terrassement/espaces vert/VRD	31 216
Gros Oeuvre (fondations/élévation béton)	50 279
Ossature bois et toiture	352 575
Second oeuvre (plomberie, carrelage, plâtrerie, électricité)	116 391
Chauffage	10238
Démolition (pour sous-sol et bâtiment métallique)	10 739
Installations / frais chantier	8 816
COUT TOTAL BATIMENT	580 054 €
COUT PAR m <sup>2</sup> POUR 323m <sup>2</sup>	1795€/m <sup>2</sup>

ESTIMATION FINANCIERE / Tableau

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

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

**L'ORÉE DU SAS**  
 ESPACE SAS FOOTBALL

BAGNY Léa	Ingénieur	
BIENAIMÉ Julie	Architecte	
KOVALEVA Lika	Architecte	
PERDEREAU Simon	Architecte	
PEROT Clément	Ingénieur	

UNIVERSITÉ DE LORRAINE | **enstib** | École nationale supérieure d'architecture de nancy