



AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

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

NOTICE ARCHITECTURALE & TECHNIQUE



Quentin Goetz, ingénieur master ABC /
Marion Lannon, ingénieur 3A /
Fanny Mougeolle, architecte master ABC /
Fanny Pinchon, ingénieur 3A /
Marion Stenger, architecte master ABC
Master ABC 2011-2012 - projet décembre 2011



Sommaire

Introduction	3
Partie 1 : Notice architecturale	4
• Contexte	5
• Concept	6
• Implantation	7
• Références	8
• Programme	9
• Ambiances	10
Partie 2 : Notice technique	11
• Calculs	12
• Caissons	14
• Note thermique	15
• Montage	15
• bâtiment BBC	15
• Modelisation Acord Bat	17
• Domotique et ventilation	17
• Principe constructif	18
• Quelques points clés	19
Conclusion	21
Annexes	

Introduction

L'entreprise Rubner a lancé un concours pour la réalisation d'un bâtiment-showroom. Pour ce, ils avaient bien insisté sur le fait que cela devait être innovant et retenir l'attention. Partant de ces indications, ce projet a été conçu pour être un événement dans le paysage.

Une explication du nom s'impose pour comprendre le projet. Lors de la phase de conception, qui a d'ailleurs fait l'objet d'un travail très important en maquette, beaucoup étaient interpellés par la forme. Ils se demandaient tous ce que cela pouvait être. Ce projet UWO pourrait être qualifié de non conventionnel par rapport à ce qu'il peut être fait aujourd'hui tant par sa forme, que par son principe constructif.

De ces remarques, l'une fut récurrente : celle de la référence à l'OVNI. Par déformation, le V est devenu B pour le bois. Le projet doit être réalisé en Italie, dans une région où ils parlent allemand, l'anglais s'est alors imposé de fait.

UWO signifie donc Unknown Wooden Object, dérivé de UFO : Unknown Flying Object. Cependant, il est possible de l'utiliser dans n'importe quelle langue, le français et l'italien sont assez proches, de même que pour l'anglais et l'allemand.

L'architecture de ce bâtiment relève donc davantage de la sculpture. Un système constructif basé sur des modules triangulaires a dû être pensé pour venir à bien

de ce projet. Cependant, ce système vise à dépasser la stricte utilisation pour ce projet. Il s'agit davantage de promouvoir un nouveau système qui permettrait de réaliser toute forme architecturale.

D'un point de vue technique, un tel bâtiment soulève de nombreux problèmes : étanchéité à l'eau, à l'air, stabilité structurel, montage... Le fait que le bâtiment n'ait pas une forme conventionnelle nous oblige à repenser les systèmes constructifs existants pour les adapter à notre forme.

Nous nous sommes intéressés à ces problèmes afin de trouver des solutions techniques appropriées. Entre autres, nous avons étudié : le raccordement des caissons, les assemblages au sein d'un caisson, le positionnement de fenêtres, la fixation des poteaux en bas du bâtiment qui permettent la reprise des charges. Les solutions trouvées ne sont peut-être pas les plus simples et les plus rentables à réaliser mais elles nous ont paru pertinentes au vu de notre projet.

Au-delà des solutions techniques, nous nous sommes intéressés à la stabilité globale du bâtiment. Une fois les hypothèses de calculs établies : sa situation géographique, les zones de neige et vent auxquelles il appartient, un modèle a pu être établi et un pré-dimensionnement a pu être effectué.

Partie 1 : Notice architecturale



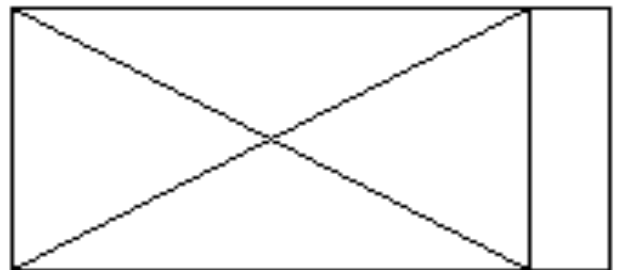
en haut : photographie du bâtiment de bureaux
en bas : vue aérienne du site

Contexte

Le site de l'entreprise Rubner est situé à Kiens en Italie. Il comprend les usines et le siège social. Afin de montrer leur savoir-faire, un ensemble de maisons-témoins a été construit. L'une d'elle se situe à un endroit stratégique, puisqu'elle se trouve à l'intersection de deux routes passantes et le long d'une rivière. De l'autre côté de la voie se trouve le bâtiment de bureaux de l'entreprise. Ce dernier a lui-même fait l'objet d'un concours, il présente une architecture contemporaine et introduit une dynamique en façade. L'entreprise Rubner est assez fière de

ce bâtiment. Ainsi, son image est très diffusée dans leurs opérations de communication.

La commande relative au concours lancé récemment pour remplacer la maison témoin poursuit cette volonté de montrer une image résolument contemporaine de l'entreprise Rubner. Fort du constat de l'emplacement et de la commande, le bâtiment conçu pour ce projet résulte d'une synergie entre sculpture et technique. Cette dernière donnée étant très importante puisque c'est avant tout un savoir faire que l'entreprise souhaite diffuser.



*ci dessus : Découpe du panneau
à gauche : photographie de la conception de maquette*

Concept

Dès les premières esquisses, il était question de faire un bâtiment objet qui interpelle avant tout le passant comme il l'avait été mentionné par l'entreprise Rubner. Il fallut alors trouver un système constructif nous permettant de réaliser une forme non conventionnelle. Le triangle s'est avéré être une bonne solution pour réaliser toute surface non plane. A partir de l'assemblage de ces triangles est générée une forme stable, permettant de libérer un grand espace exempt de poteaux à l'intérieur.

Ce projet a fait l'objet d'un important travail en maquette, nécessaire pour apprendre à maîtriser au mieux les combinaisons de triangles possibles. Le dimensionnement des triangles résulte du découpage d'un panneau type Nordpan 3S de 500*250*1,8cm, dans lequel sont découpés deux triangles isocèles et deux équilatéraux. Le fait d'avoir deux triangles différents permet de faire des assemblages intéressants que l'utilisation d'un seul triangle n'aurait pas permis car la sphère s'imposait de fait dans ce cas-là. Afin d'organiser davantage la réflexion menée sur la conception de ce projet, il a été question de chercher des formes géométriques simples. Celles-ci sont pensées pour être des assemblages stables en 3 dimensions, ce qui est également bénéfique pour l'édification du bâtiment s'il venait à être réalisé.

Ces triangles découpés dans le panneau servent à la fois de contreventement et de finition pour le parement intérieur.

Rubner propose d'ores et déjà une gamme de caissons rectangulaires pour les murs et les toitures. Les caissons mis en œuvre dans ce projet enrichissent le panel existant de Rubner, et ce, en proposant un système alternatif qui peut être à la fois un mur et une toiture.

Dans l'optique de pouvoir utiliser ce système dans d'autres bâtiments, c'est avant tout l'idée des triangles qui est à retenir. Le fait d'utiliser des triangles permet de créer toutes formes en discrétisant une surface. Une forme courbe peut alors être faite à partir de ces éléments. Dans le cadre de ce projet, les nervures sont volontairement assumées afin d'avoir une transparence et une lecture aisée du système constructif. A travers ce projet est promue l'idée que l'on peut réaliser n'importe quelle forme architecturale à partir d'éléments modulaires en forme de triangle. Pour des raisons d'optimisation de la matière, seulement deux tailles de triangles ont été utilisées dans ce projet. Ce sont les angles entre chaque module qui permettent de générer telle ou telle forme.

En résumé, deux lignes directrices ont orienté ce projet. D'une part la volonté de créer un bâtiment signal, qui se vaudrait d'être l'image de l'entreprise Rubner, tel que le serait un logo. D'autre part, la mise en place d'un principe constructif à partir de modules triangulaires qui

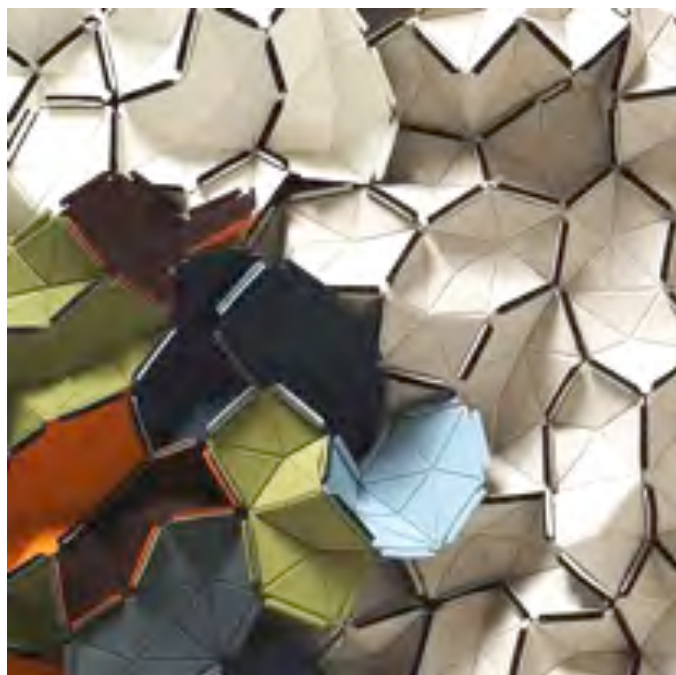
permet de réaliser une forme architecturale non standard.

Références

L'entreprise Rubner avait mentionné qu'il ne s'agissait pas là de réaliser une maison témoin. Ils veulent un bâtiment-sculpture. Le projet UWO s'est totalement développé à partir de cette idée de sculpture. Ainsi, les références du projet sont allées au-delà de l'architecture. La recherche d'une forme générée par des triangles n'est pas sans rappeler le travail des frères Bouroullec, ou bien encore un système efficace pour l'assemblage des caissons à travers l'art du pliage : l'origami et la réalisation de patron, comme en est le cas pour la Tea House de UnStudio à Vreeswijk aux Pays-Bas.



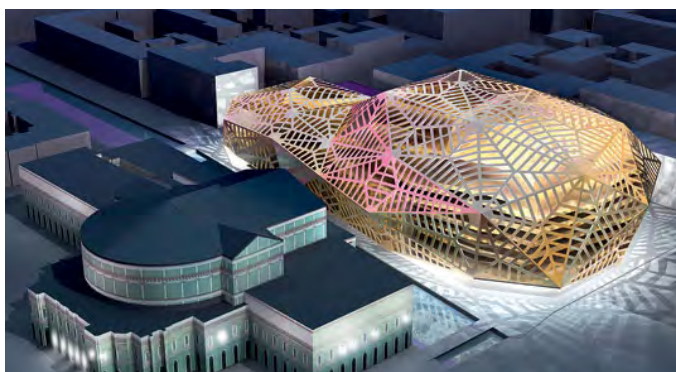
Grue en origami



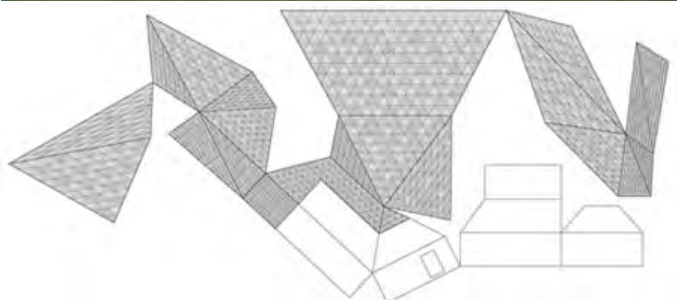
Clouds, Frères Bouroullec



Clouds, Studio Iwamoto-Scott



Projet Opéra Mariinsky, St Petersburg, Perrault



Tea House, UnStudio, Vreeswijk, Pays-Bas (patron en bas)



à droite : DIY Reykjavik pavilion, Shift Architects



Vue depuis la route principale

Implantation

Le projet réalisé s'implante exactement sur les fondations de l'ancienne maison, ce qui évite des travaux trop conséquents. L'accès se fait côté Sud-Ouest vers le parking afin de garder la centralité existante dues aux entrées des bâtiments déjà présents.

Un parvis serait alors créer devant le bâtiment côté parking. En conséquence, la haie existante et le portail permettant d'accéder à l'Expo-Park sont déplacés vers l'Est. Cela permet au bâtiment de constituer une vraie vitrine accessible et un lieu ouvert au public.

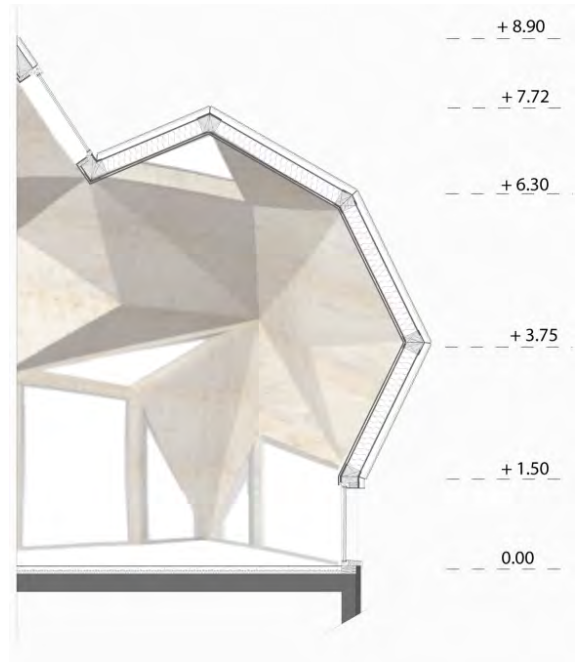
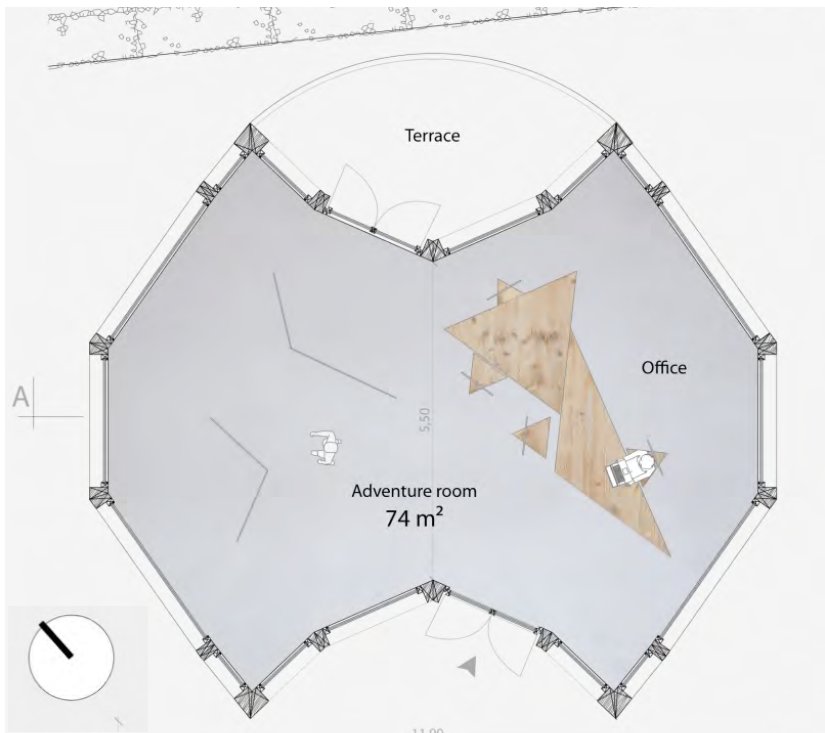
Le bâtiment a donc deux orientations importantes, d'une part depuis la route principale, où il se doit d'être très visible de loin. Puis, offrir un espace au sud pour créer une entrée majestueuse à l'entrée de l'Expo-Park.



Plan masse

Croquis d'intention depuis le parvis créé





Plan



Coupe longitudinale

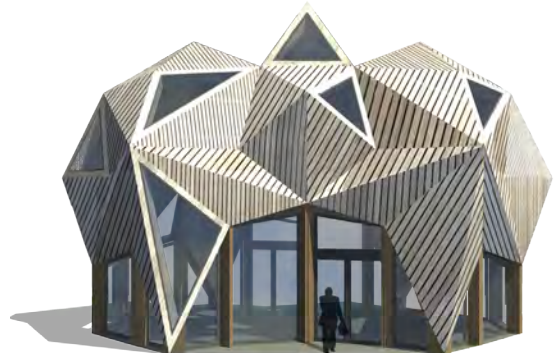
Programme

Dans ses plus grandes dimensions au sol, le bâtiment mesure 10*11,90m. Cependant la dimension maximale due au porte-à-faux des pointes des pentagones dans le plan Est-Ouest va jusqu'à 13,40m. Le bâtiment culmine à 8,90m de haut.

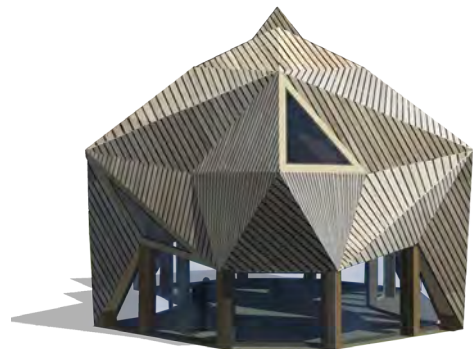
L'espace dégagé au sol est de 74 m². Il était demandé dans la commande d'avoir un espace « aventure » d'au moins 50 m² et un point info pouvant accueillir un bureau et quatre chaises. De la forme architecturale du bâtiment résulte un grand espace exempt de poteaux au sol. L'aménagement intérieur est donc très libre, ce qui est un avantage afin de pouvoir moduler chaque exposition différemment. Le bâtiment abrite ainsi un seul espace, facilement accessible de plain-pied. Ce lieu d'exposition se trouve sous le volume surprenant créé par la structure faite de caissons triangulaires. Ce lieu généreux se veut donc d'être ouvert, et permet diverses organisations de l'espace (on peut imaginer des panneaux hauts de plusieurs mètres, des écrans incrustés en hauteur dans des caissons,...). Grâce à son ample volume et à son plan libre, toute scénographie est envisageable dans l'UWO. Du découpage des panneaux subsiste des chutes de 67*250cm qui seront par exemple utilisées comme cimaises pouvant créer des espaces cloisonnés, comme présentoirs sur lesquels reposent divers objets, outils domotiques, comme banquettes, ou bien encore comme support pour des affiches d'expositions, ou des explications de la domotique mise en place dans les habitations.

Ce bâtiment se veut être le point de départ et de fin de la visite des maisons-témoins. Il serait d'une part un lieu de rencontre afin d'introduire la visite et à la fois un lieu où l'on puisse trouver de la documentation, mais également les maquettes des murs à l'échelle 1 : 1 présentes dans chaque maison et dans le bâtiment de bureaux. Le programme de ce bâtiment est davantage un lieu permettant d'accueillir du public plutôt que le bâtiment de bureaux qui est davantage privé.

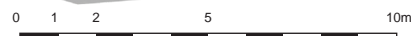
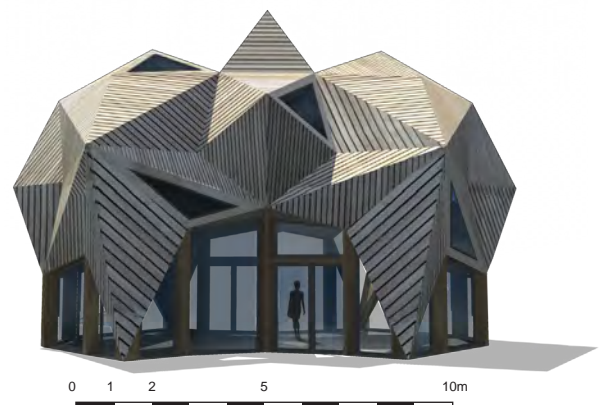
Sud



Ouest



Nord



Ambiances architecturales

De jour comme de nuit, le bâtiment doit être un élément remarquable. Lors de la visite du site, il a pu être constaté que tous les éclairages des maisons témoins étaient allumés. L'image du bâtiment de nuit est donc très importante. Le bâtiment repose sur 4 appuis, représentés par un poteau qui constitue une branche de chaque étoile. Ainsi l'ensemble du bâtiment est vitré au sol sur toutes les façades. Ceci génère des vues plus ou moins lointaines en fonction de ce que l'on veut montrer, et assure une bonne luminosité ambiante. Ainsi, le bâtiment qui s'apparente à un volume massif de l'extérieur, crée la surprise lorsqu'on le découvre de l'intérieur : le visiteur se retrouve plongé dans une lumière à la fois douce et régulière, ponctuée de quelques jeux d'ombres. Les ouvertures principales se font au sud-ouest où se trouve le parking et au nord-est où il y a la vue sur la rivière. L'environnement proche du bâtiment est une zone industrielle. Ce qui est intéressant en revanche, ce sont les montagnes alentours. Ainsi, certains percements en hauteur permettent de cadrer sur ces dernières.

Les percements substituent un caisson triangulaire fermé. Ces percements ont été répartis sur l'ensemble du bâtiment. De jour, ils permettent de créer des ambiances dans la salle d'exposition : un jeu d'ombre et de lumière se fera sous le volume et sur le sol, évoluant tout au long de la journée. Cela crée des motifs triangulaires qui seront différents en fonction de l'heure et des saisons. A l'intérieur, le panneau « Nordpan » reste apparent. Chaque caisson est orienté et incliné différemment : la lumière renvoyée n'est alors pas la même et la texture du bois permet d'introduire un jeu de lumière et de perception intéressant à l'intérieur comme à l'extérieur du bâtiment, lequel sera recouvert d'un bardage.

De nuit, on observe un phénomène inverse : la lumière artificielle du bâtiment semble jaillir vers l'extérieur tels des faisceaux lumineux, le bâtiment prend une fonction de lanterneau. De par le socle très majoritairement vitré, le bâtiment renvoie une impression de légèreté et semble flotter. Depuis l'extérieur, le bâtiment qui semblait pourtant massif de jour, se transforme en un objet féerique et aérien après le coucher du soleil, c'est alors que son nom UWO prend tout son sens.



Partie 2 : Notice technique

Hypothèse de calculs

Le bâtiment se situe dans les Alpes, à la frontière entre l'Italie et l'Autriche. Nous travaillons avec les Eurocodes pour le dimensionnement et nous prenons les alpes françaises en référence.

Situation de l'ouvrage :

- Adresse : 39030 Chienes BZ, Italie
- Altitude du lieu d'implantation : 400m
- Implantation : Terrain montagneux zone de rugosité IIIb
- Zone de vent : Zone 1, $v_{b,0} = 22\text{m/s}$
- Zone de neige : Zone E $s_{k,200} = 1.40\text{kN/m}^2$
- Dimension du bâtiment : $11,90 \times 10 \times 8,90\text{m}$ ($L \times l \times h$)

Notre bâtiment est considéré comme un bâtiment recevant du public, il est donc classé C3.

N'ayant pas d'étages, nous ne nous intéressons qu'à la toiture. Nous sommes en classe H : toiture non accessible sauf pour l'entretien, soit $Q_k = 1.5\text{ kN}$ et $q_k = 0\text{kN/m}^2$.



Etude de la neige

On considère que la charge surfacique verticale de neige est de 310 kN/m^2 , qui est la valeur donnée par l'entreprise Rubner.

On considère ensuite les différents angles à la surface de la structure pour calculer précisément la charge de neige sur les facettes. On conserve ensuite la valeur la plus forte : 697.2 kN/m^2 pour dimensionner nos caissons.

Etude du vent

Pour faciliter l'étude du vent, on assimilera notre bâtiment à un dôme. On obtient un q_p de 399 daN/m^2 .

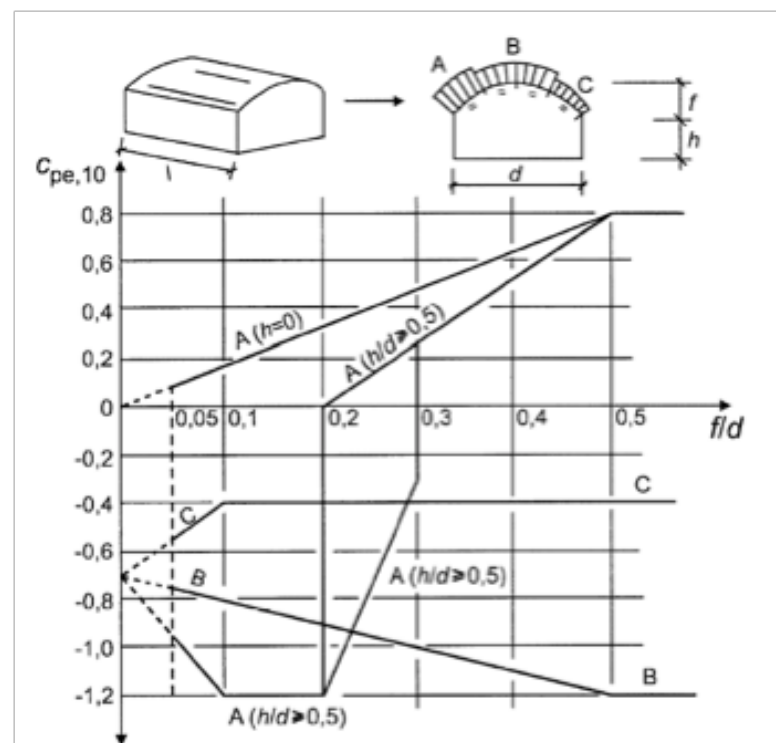
Avec une hauteur de bâtiment de 9 mètres et une largeur de 10 mètre, on obtient $A = 0.8$, $B = -1.2$ et $C = -0.4$ pour les $C_{pe,10}$. Pour les C_{pe} intérieur on a $+0.2$ et -0.3 . On prend les cas les plus défavorables, ce qui nous donne :



Soit pour q_w :

$$q_w = q_p(z_e) \times (c_s \cdot c_d \cdot C_{pe} - C_{pi}) \cdot e$$

On a $w_s = 1.05\text{ kN/m}$ et $w_p = -0.825\text{ kN/m}$.



Calcul du poids propre

La surface des deux types de triangles est de 2.706m^2 .

- Poids des deux panneaux de bois massif d'une épaisseur de 18 millimètres et de densité égale à 400 kg/m^3 : $2 \times 0.018 \times 400 \times 2.706 = 38.97\text{ kg/caisson}$.
- Poids de l'isolant d'épaisseur 240 millimètres et de densité égale à 50 kg/m^3 par triangle:
 $50 \times 0.240 \times 2.706 = 32.47\text{ kg/module}$.
- Poids des deux montants de renfort : (on prend le cas d'un triangle isocèle, qui est le plus défavorable) : $2 \times 0.1 \times 0.24 \times 0.625 = 0.03\text{m}^3$ pour un module.
- Poids des montants porteurs :
 - Montant constituant la base du triangle : 0.8m^3 pour un caisson.
 - Les deux montants restant : 0.33m^3 pour un module.

On considère que le bois utilisé est de l'épicéa de masse volumique égale à 450 kg/m^3 . Le poids de l'ensemble des montants porteurs est donc de :

$450 \times (0.03+0.8+0.33) = 522\text{ kg}$ pour un module.

On obtient finalement un poids de $(38.97+32.47+522)/2.706 = 219\text{ kg/m}^2$ (soit 593.4 kg par caisson).

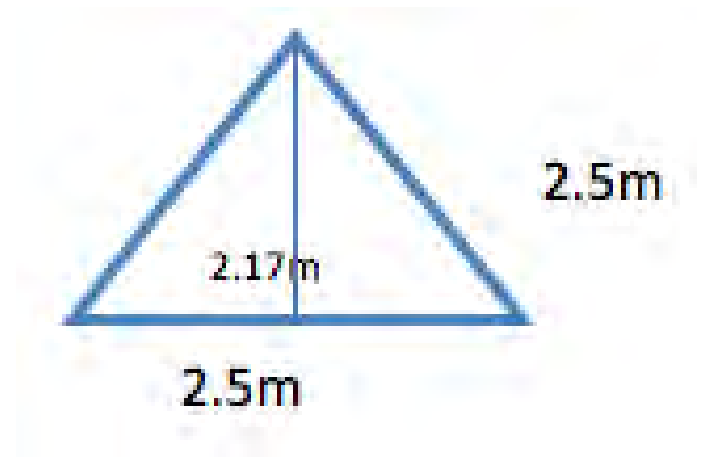
Calcul de la bande de chargement

Afin d'établir un pré dimensionnement, nous devons déterminer la bande de chargement. Soit :

Aire du triangle $2,17 \times 2,5 / 2 = 2,71\text{m}^2$

Soit une bande de 0.9 m^2 pour chaque montant.

Pour le triangle isocèle on obtient la même surface et donc la même bande de chargement.



Caisson

Présentation des caissons

Les deux types de caisson : triangle équilatéral et triangle isocèle, sont constitués de la même façon.

De l'extérieur vers l'intérieur, un caisson se compose :

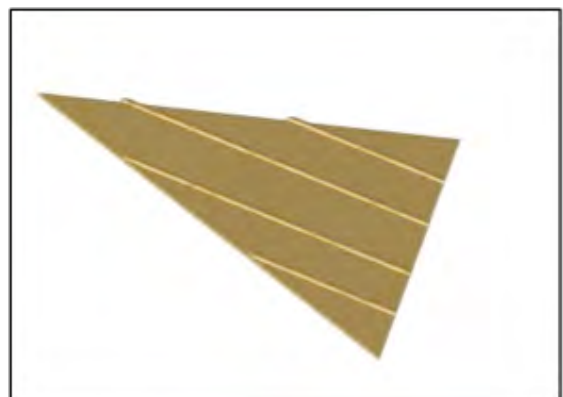
- D'un bardage bois dont l'orientation change d'un caisson à l'autre afin d'accentuer les différentes facettes du bâtiment. La fixation du parement sur la membrane d'étanchéité sous-jacente est réalisée au niveau de cornières, posées sur des ferrures elles-même recouvertes d'une tôle colaminée.
- D'un film d'étanchéité Sarnafil T.
- D'un premier panneau en bois massif Nordpan 3-S (trois couches) de 18 millimètres, cloué sur les montants périphériques et sur les montants de renfort.
- Des montants porteurs en bois massif de section variable. En effet, à l'intérieur du caisson, la section des montants est de 100*240 millimètres alors qu'à l'extérieur, la largeur varie en fonction de l'angle de jonction avec le module voisin. Au regard de la portée du panneau en bois massif, nous avons dû placer deux montants de renfort de section 100*240mm par caisson.
- Entre les montants sont placés des panneaux de laine de bois de densité égale à 50 kg /m3 et d'épaisseur 240 millimètres.

- Le caisson est fermé par un second panneau en bois massif de 18 millimètres d'épaisseur, également cloué sur les montants. La présence de deux panneaux permet de rigidifier le caisson pour faire face notamment aux problèmes de torsion.

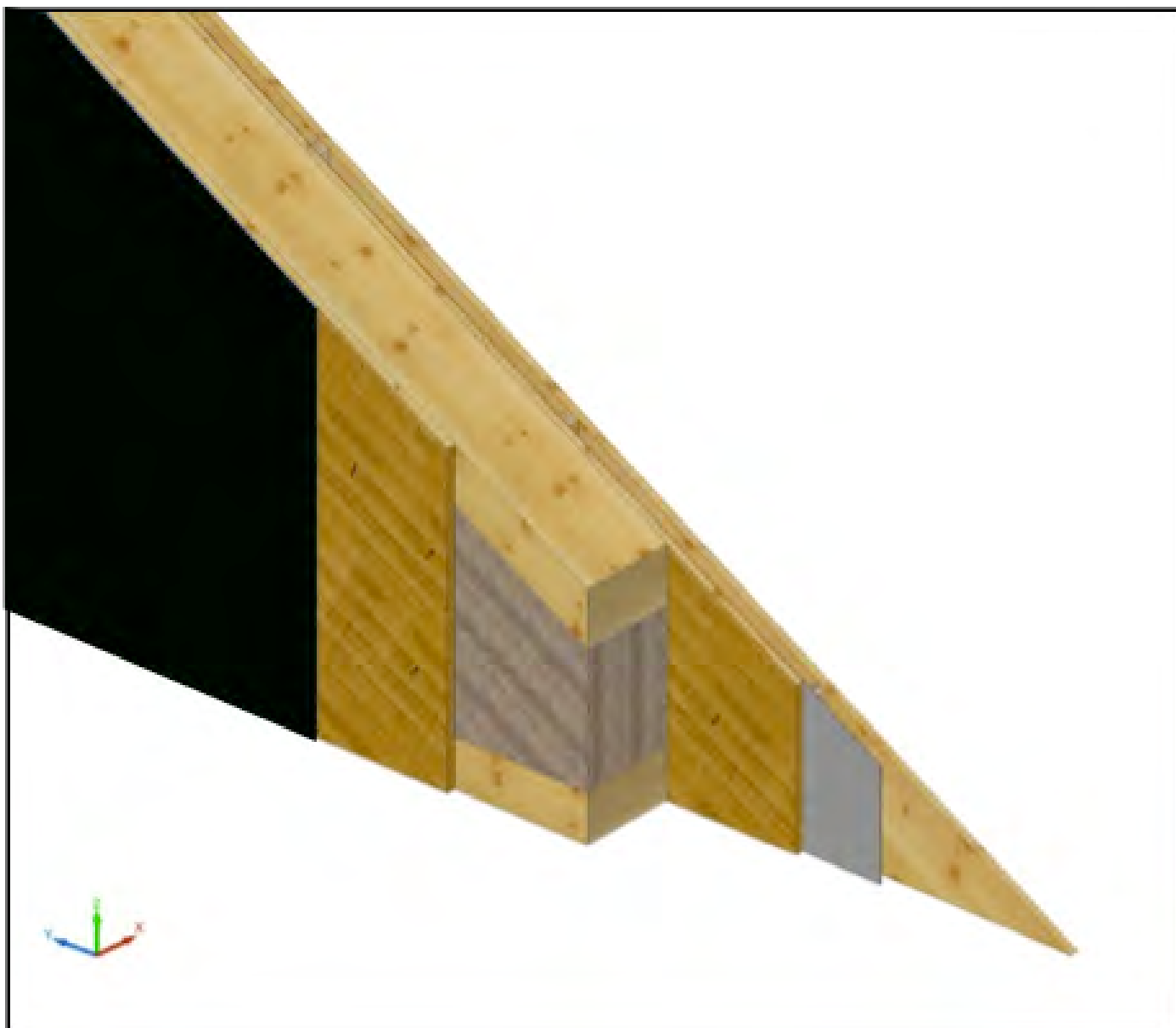


- On trouve ensuite un pare-vapeur, posé de façon continue sur les différents caissons. Pour réaliser la liaison entre deux rouleaux de pare-vapeur, on utilise un ruban adhésif pour pare vapeur (par exemple un adhésif pare vapeur PVC orange, 50mm * 33 ml).
- Un lattage de 25 mm d'épaisseur crée un vide technique dans lequel viendront se loger les gaines techniques assurant le fonctionnement de la domotique du bâtiment.

- Enfin, le parement intérieur est constitué d'un panneau contrecollé bois Nordpan 3s.



Voici un caisson, depuis le parement intérieur jusqu'au Sarnafil :



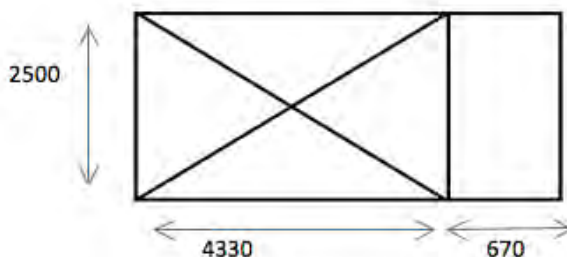
Note thermique

Nous avons procédé à l'étude thermique du mur. Nous avons pris comme hypothèse de calcul une température intérieure de 21°C avec un taux d'humidité de 70% et une température extérieure de -15°C avec un taux d'humidité de 50%. Le coefficient de transmission thermique U est égal à 0.14 W/m².K, ce qui répond au critère Effinergie concernant les murs extérieurs. En effet, la limite est fixée à 0.25 W/m².K.

On s'aperçoit également que dans le diagramme de condensation la courbe de pression de saturation et la courbe de pression de vapeur ne se croisent pas. Il n'y a pas de point de rosée dans le mur et donc pas de risque de condensation et de détérioration du matériau isolant. En ce qui concerne la thermique d'été, le mur possède un déphasage de 13,6h. Idéalement situé aux alentours de 12h, avec un minimum à 10h, ce coefficient permet à notre mur d'avoir un assez bon comportement en été, ce qui évitera la surchauffe.

Principe d'assemblage en atelier

Afin d'éviter au maximum les chutes lors de la fabrication de notre structure, nous sommes parti d'un panneau Nordpan 3S réalisé par Rubner de 2500 * 5000mm. Cette découpe nous donne donc deux panneaux isocèles, deux équilatéraux et un rectangle. Nos caissons sont réalisés grâce à ces quatre triangles. La chute rectangulaire sera réutilisée dans l'aménagement intérieur.



Montage sur chantier

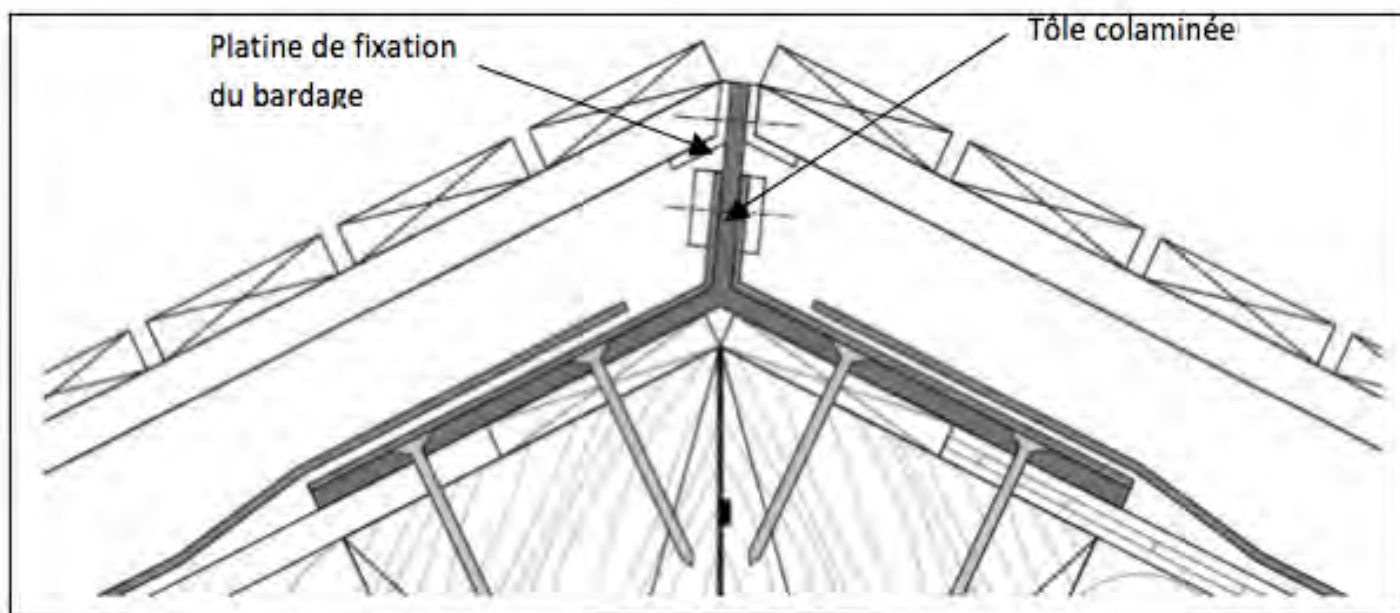
En sortie d'atelier, le caisson est fermé par les deux panneaux contrecollés en bois massif. De plus, à l'extérieur, il est couvert par un film de Sarnafil T.

Sur chantier, les montants de deux caissons voisins sont assemblés par un système mi-bois renforcés par des vis afin d'assurer la mise en position. Cela permet en effet de garder les montants en contact afin d'assurer la transmission des efforts de compression.

Une platine métallique est ensuite vissée au sommet et au pied des montants (sur le panneau contreplaqué). Ces pièces ont une épaisseur de 10 millimètres et permettent le transfert des efforts de torsion, traction et cisaillement. Des ferrures sont placées à divers endroits du caisson pour assurer la pose ultérieure du bardage.

On pose sur la platine métallique et les ferrures, des cornières. De plus, la platine et les ferrures sont recouvertes d'une tôle colaminée fixée par vis.

Le film Sarnafil T de chaque caisson est thermiquement soudé sur la tôle colaminée (en venant recouvrir les vis de fixation de la tôle) qui se place sur l'arrête séparant deux modules.



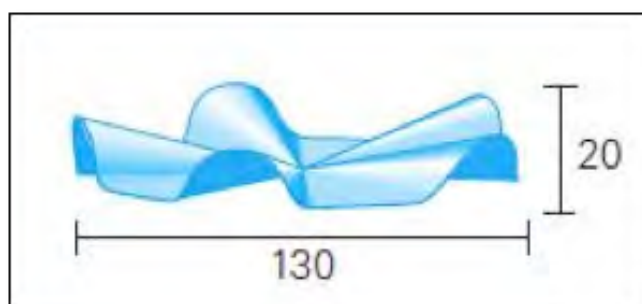
Détail étanchéité

Dans notre système, il y a un point critique dans chaque étoile et pentagone : la pointe. Cette dernière sera protégée par une pièce préfabriquée Sarnafil T. Il s'agit d'un angle thermoformé du type TZ 130 permettant le recouvrement des zones sensibles comme les coins.

On vient souder thermiquement sur cette pièce, les films d'étanchéité de tous les modules formant ces deux motifs de base.

Afin d'assurer l'étanchéité à l'air de cet assemblage, on place deux joints de compribandes entre les montants. Chacun est fixé initialement sur un montant différent. Puis, les montants sont mis en contact et pressés l'un contre l'autre. Cela permet la mise en place correcte des joints.

On fixe ensuite le lattage sur les cornières et le bardage sur le lattage.



Un bâtiment BBC

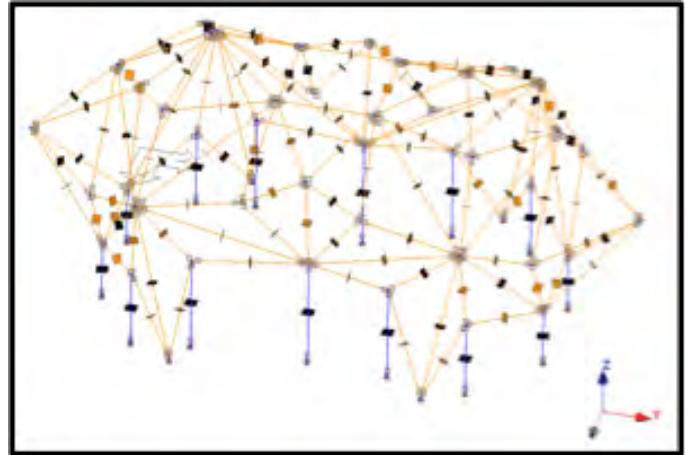
Nous avons essayé de réaliser un bâtiment peu énergivore dans une optique de bio climatisme. La dimension des caissons permet d'atteindre un niveau d'isolation effinergie. Les nombreuses ouvertures au sud permettent de mieux capter les rayons du soleil et ainsi de profiter l'hiver de ce rayonnement. Pour l'été, l'inertie étant suffisante avec un déphasage de 13h, le confort d'été est respecté sans avoir à ajouter de système de climatisation. La domotique nous permettra de contrôler les stores extérieurs qui se baisseront dès lors que l'inclinaison des rayons sera néfaste pour ce confort d'été.

Model Acord BAT

La structure étant formée de caissons triangulés, elle est donc auto stable. Le modèle a été dessiné sous Acord BAT afin d'établir un pré dimensionnement.

Les liaisons entre caissons sont des rotules, tout comme les liaisons au sol. Après application des charges de neige et de vent on trouve un déplacement de 7 cm au point le plus critique de la structure.

Les sections des montants dans les caissons doivent être de 100*240 mm. Les poteaux sont quant à eux de 200*200 mm.



La domotique et la ventilation

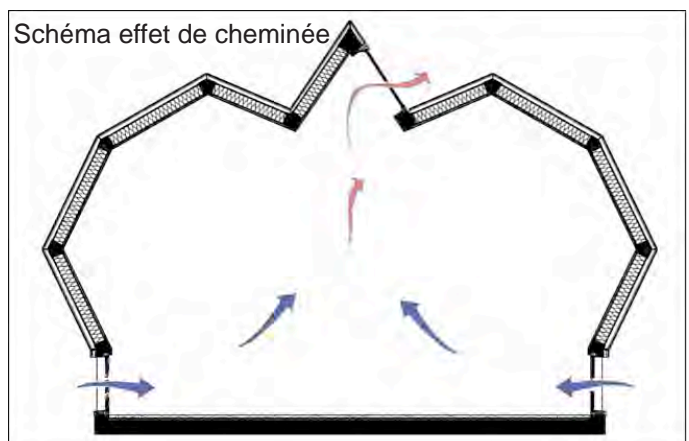
Dans beaucoup de constructions, il est possible d'intégrer un système unique permettant de gérer l'ensemble des installations techniques du bâtiment. Le pilotage pourra se faire sur place, ou bien à distance avant même que le bâtiment soit occupé. Nous avons choisi d'intégrer la domotique pour la gestion du chauffage, de la ventilation naturelle, de l'éclairage et de la sécurité du bâtiment.

Le bâtiment sera relié à la chaufferie bois installé sur le site de Rubner Haus. Afin de ne pas surconsommer, le chauffage sera régulé en fonction de l'occupation. Un programme permettra l'allumage du chauffage le matin, avant que les portes ne s'ouvrent. Inversement, il se mettra en mode veille le soir, après la fermeture ainsi que les jours où le bâtiment sera fermé au public (par exemple le dimanche, ou les jours fériés). De plus, un capteur de température servira à réguler la puissance de chauffage tout au long de la journée.

La ventilation se fera naturellement. Le bâtiment disposera d'orifices d'entrée d'air neuf autos réglables, d'un capteur de vitesse du vent et de température ce qui permettra de gérer automatiquement cette ventilation. En hiver, la section des grilles d'aération sera ajustée afin d'obtenir un taux de renouvellement d'air de 30m³/h. En été, l'ouverture des fenêtres se fera automatiquement lorsque la température dépassera les 21°C et créera ainsi un courant d'air afin de rafraîchir le bâtiment. L'emplacement des fenêtres, et en particulier celles se trouvant sur la partie haute du bâtiment, engendre un effet de cheminée. L'air rentre par les ouvertures du bas et remonte vers les ouvertures de la capsule haute, ce qui crée un courant d'air procurant une sensation de fraîcheur. Il est également possible de rafraîchir le bâtiment la nuit, lorsque la température est moins importante. Elle sera cependant limitée pour des raisons de sécurité, puisqu'il est impossible de laisser des fenêtres ouvertes.

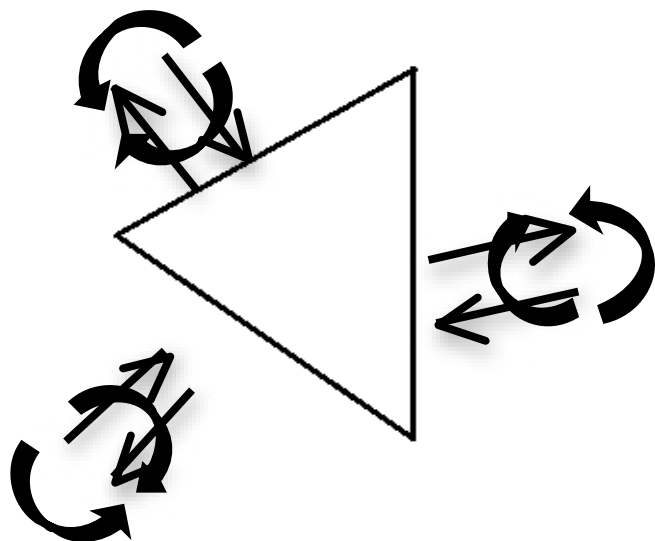
Afin d'économiser l'énergie, nous souhaitons que l'éclairage soit également géré automatiquement. Pour ce faire, le bâtiment disposera de capteurs de luminosité. Les lampes s'allumeront automatiquement à partir d'un seuil de luminosité fixé. Si l'on souhaite garder cette ambiance de diffusion de lumière par les ouvertures après la fermeture des portes, la coupure des lumières pourra se programmer à une heure précise.

Pour finir, notre bâtiment sera doté d'un système de sécurité qui alertera les personnes en charge de la sécurité. Un détecteur de mouvement permettra de déceler toute intrusion. En cas d'effraction, un appel téléphonique contactera une société de sécurité. Des détecteurs de fumée seront également installés et reliés au système. En cas d'incendie, un signal sonore avertira les occupants et un appel téléphonique préviendra les pompiers, qui pourront alors intervenir dans les plus brefs délais. Chacune de ces installations sera également dotée de capteurs qui détecteront les pannes, les anomalies, ou encore une fuite sur le réseau et renseignera l'équipe technique de l'entreprise.



Principe constructif

Le point de départ de notre travail est un principe simple : l'auto stabilité du triangle. Des triangles assemblés entre eux vont créer une coque et cette coque retravaillée formera un bâtiment esthétique et structurellement stable. Nous sommes partis de la forme du bâtiment pour définir les différents nœuds. En plaçant des rotules aux différents nœuds et en plaçant des appuis au pied, on obtient une structure triangulée stable respectant les eurocodes.



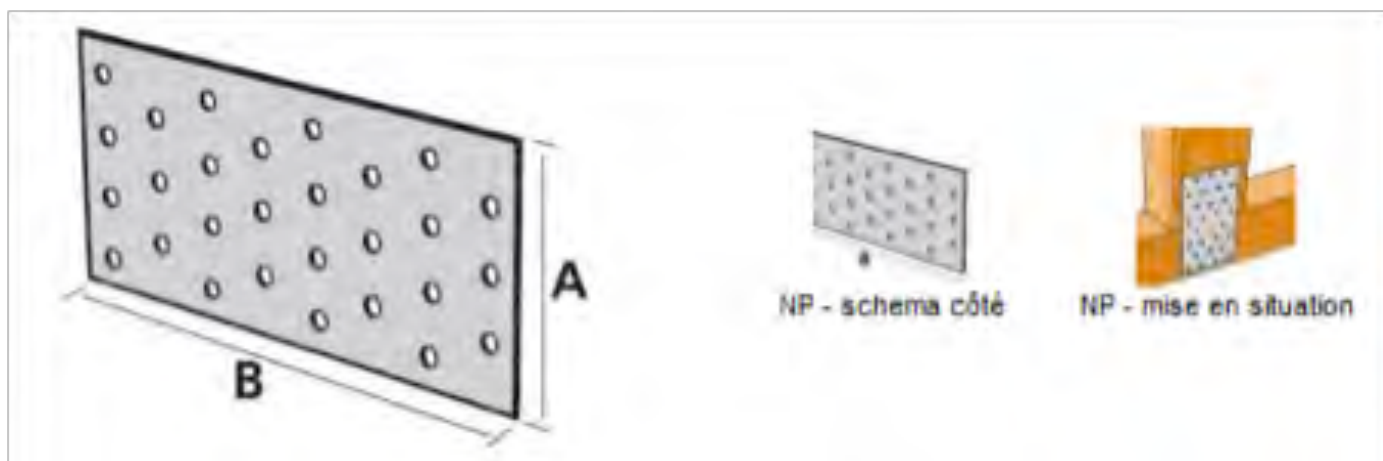
Efforts dans un caisson :

Sur ce caisson vont s'appliquer différentes forces : de la compression, de la traction, de la torsion et un moment.

Assemblage dans un caisson :

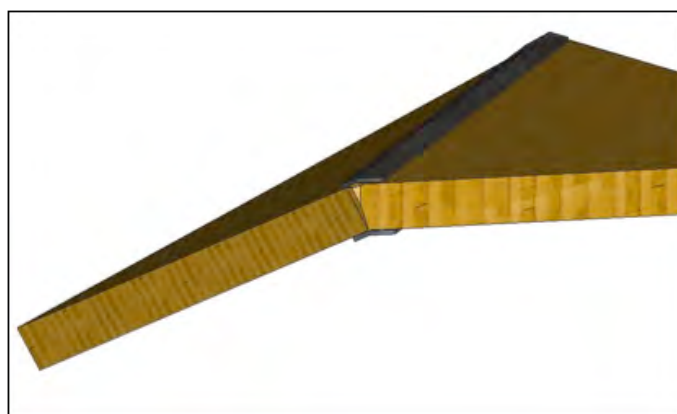
Les montants au sein d'un caisson seront assemblés par des platines métalliques ou des platines dentées.

Ces platines sont fixées dans les montants par des pointes annelées Ø4.0 mm ou des vis SST Ø5.



Assemblage entre caissons :

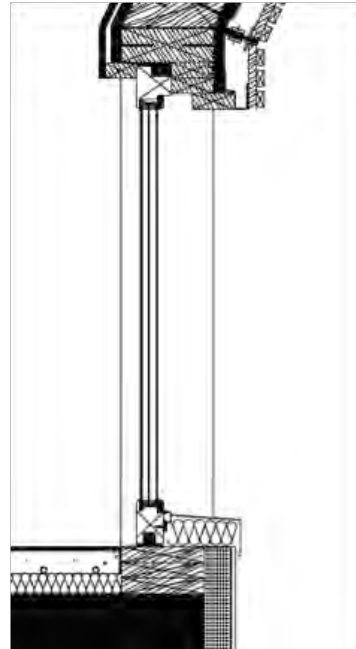
Afin de reprendre les efforts, on met en place une platine métallique entre les caissons. On en dispose une à l'extérieur et une à l'intérieur. Cette platine sera fixée sur chantier par des pointes ou des vis dans les montants des caissons. Les calculs concernant son épaisseur sont encore à vérifier.



Quelques points clés :

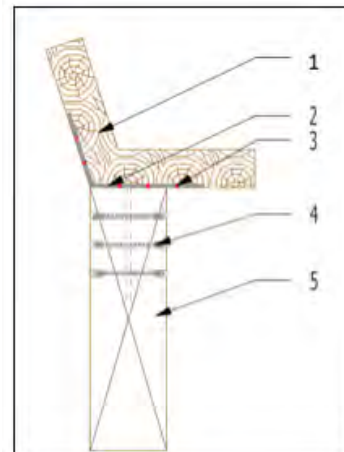
Fenêtre

Des grandes fenêtres viennent fermer le bâtiment en bas de celui-ci. Elles sont fixées sur une lisse basse et sur les montants d'un caisson. On veillera à bien mettre des joints compribande afin de rendre le bâtiment imperméable à l'air.



Assemblage poteau- caisson

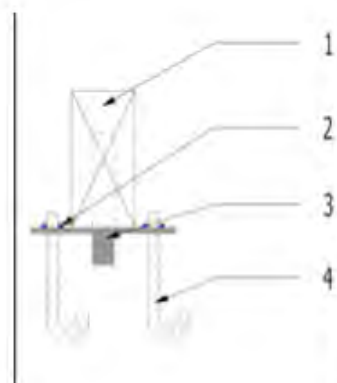
Afin de fixer le poteau sur les caissons, nous utilisons des platines métalliques en forme d'équerre. Cette platine sera fixée en âme dans le poteau et reprise par des boulons, puis fixée sur les caissons par tir fonds. Si celles-ci ne sont pas suffisantes il faudra laisser les caissons ouvert pour la pose de boulons dans la ferrure.



- 1 : montant massif du caisson
- 2 : platine métallique
- 3 : vis
- 4 : broche métallique
- 5 : poteau massif 200*200 mm

Ancrage du poteau dans la dalle en béton

Le poteau aura une section de 200*200 mm en lamellé collé GL 24 pour reprendre l'effort de compression de 300 kN et l'arrachement de 200 kN. On aura 4 crosses d'encrages fixées dans le béton. Les boulons utilisés seront des boulons de classe 6.8 avec un f_{uk} de 600 Mpa. La structure dispose de 10 poteaux situés aux nœuds des différents caissons (en bleu sur la figure). Les nœuds inférieurs des étoiles ne seront pas porteurs.



- 1 : poteau massif 200*200 mm
- 2 : boulon
- 3 : platine métallique e=25
- 4 : crosse d'ancrage



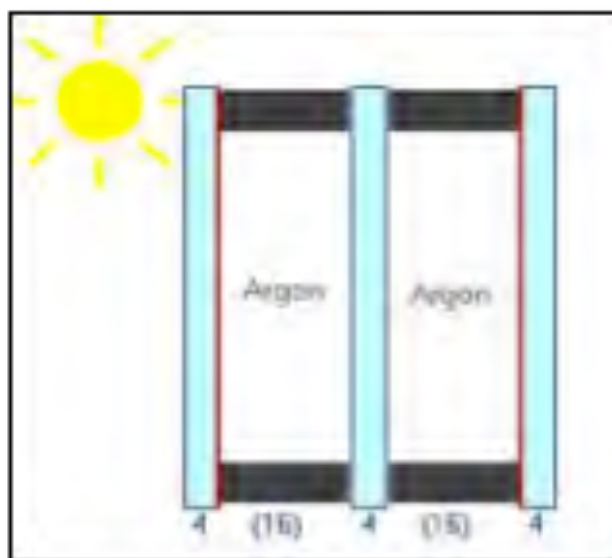
Étanchéité entre caisson et menuiserie

En partie haute de la menuiserie, la membrane synthétique recouvrera le dormant. En partie basse, une plaque métallique intégrée à la fenêtre permettra l'écoulement de l'eau se trouvant sur la vitre sur la membrane.

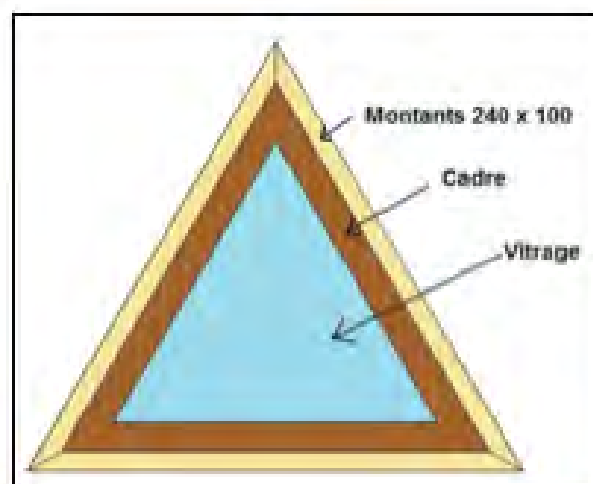
Étant donné que la menuiserie est entourée de montants, l'étanchéité à l'air avec un caisson se fera de la même manière qu'entre deux caissons.

Fenêtre sur caisson

Nous souhaitons créer différentes ambiances, c'est pour cela que nous avons mis en place des menuiseries à la place de certains triangles ainsi qu'au sol. Notre choix s'est porté sur des menuiseries bois-alu avec triple vitrage 4/16/4/16/4 à l'argon. Ceci nous permet d'avoir une bonne résistance thermique avec un coefficient U_g de l'ordre de $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. De plus, ce vitrage est doté d'un système permettant la diminution du facteur solaire en été, évitant ainsi les surchauffes, et une augmentation en hiver permettant le réchauffement grâce au soleil.



Les menuiseries seront assimilées à des caissons, étant donné qu'elles seront posées sur des montants $240 \times 100 \text{ mm}$. L'assemblage pourra se faire en atelier, à condition de les protéger lors du transport et du montage des étoiles et pentagones sur le chantier.



Coupe triple vitrage

Conclusion

Ce projet fut l'objet d'une grande expérimentation en maquette. D'un point de vue architectural, ce fut un principe innovant et une nouvelle façon de voir le projet. En effet, cette réflexion à partir d'un principe constructif donné était assez nouvelle. Partant d'habitude d'un programme et d'un raisonnement fonctionnel, le côté sculptural n'avait encore pas été le prédominant.

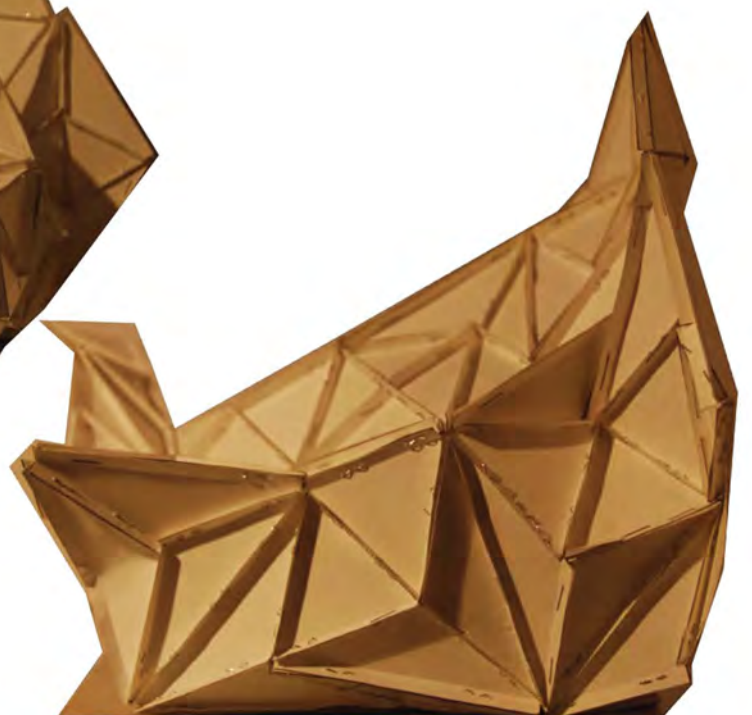
Pour conclure, il s'agit là pour ce bâtiment d'une synergie entre l'architecture, la sculpture et la technique. L'interaction entre ces trois données ont généré le projet UWO.

Annexe

Notice architecturale

Afin de comprendre le processus de conception du projet et la façon dont nous avons appréhender le projet, il nous a semblé pertinent de montrer quelques étapes du projet. Nous avons d'une part compris qu'il fallait travailler avec des éléments qui travaillent ensemble dans les 3 dimensions, afin de ne pas produire de surface plane, qu'un caisson rectangulaire pourrait très bien assumer.

Ensuite, nous avons compris qu'il fallait nous détacher d'une forme donnée : l'arche, pour mieux utiliser les qualités isostatiques des formes que l'assemblage de triangles peut générer. Cette expérimentation en maquette fut très intéressante et elle pourrait être poursuivie davantage puisque notre but premier est de créer toute forme architecturale à partir d'éléments triangulaires.



Notice technique

Hypothèses de Neige

Nous avons également suivi deux autres hypothèses pour le calcul de la neige, afin de déterminer le cas le plus défavorable :

I- Hypothèse 1 :

On considère que le bâtiment est assimilable à « demi-sphère », selon la définition de l'eurocode 1, annexe N7 : Coefficients de forme de toitures cylindriques non alternées.

Pour $\beta > 60^\circ$, $\mu_3 = 0$

Pour $\beta < 60^\circ$, $\mu_3 = 0,2 + 10 h/b$

On englobe donc notre bâtiment dans une demi-sphère.

Dans notre cas, l'angle β est inférieur à 60° , on calcule donc μ_3 avec la seconde formule. Or, cela nous donne un résultat supérieur à 2. Finalement, on prend μ_3 égal à 2.

La masse surfacique de neige est donnée par la formule :

$s = \mu_i C_e C_t s_k$

Avec $\mu_i = \mu_3 = 2$.

C_e , le coefficient d'exposition vaut 1 car le bâtiment est un bâtiment seul.

C_t , le coefficient de température est pris égal à 1 car la neige fond normalement.

Pour le calcul de s_k , on se réfère à l'annexe italienne de l'Eurocode 1. Pour la région de Chienes, on trouve une valeur de $2,65 \text{ kN/m}^2$.

Ainsi, on obtient une valeur de $5,3 \text{ kN/m}^2$ pour la charge surfacique de neige.

ge.

II- Hypothèse 2 :

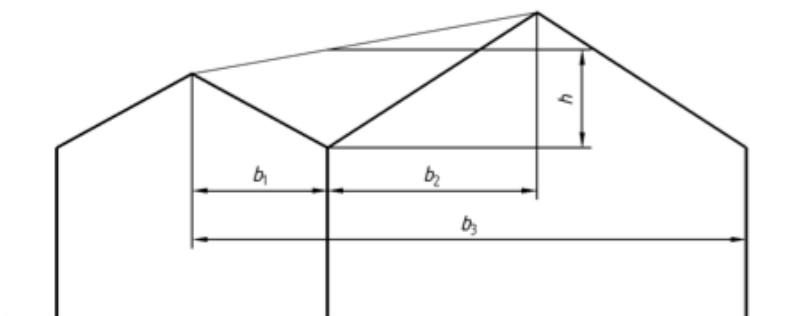
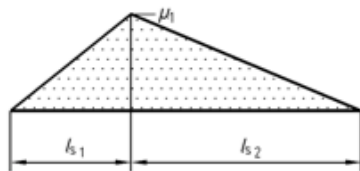
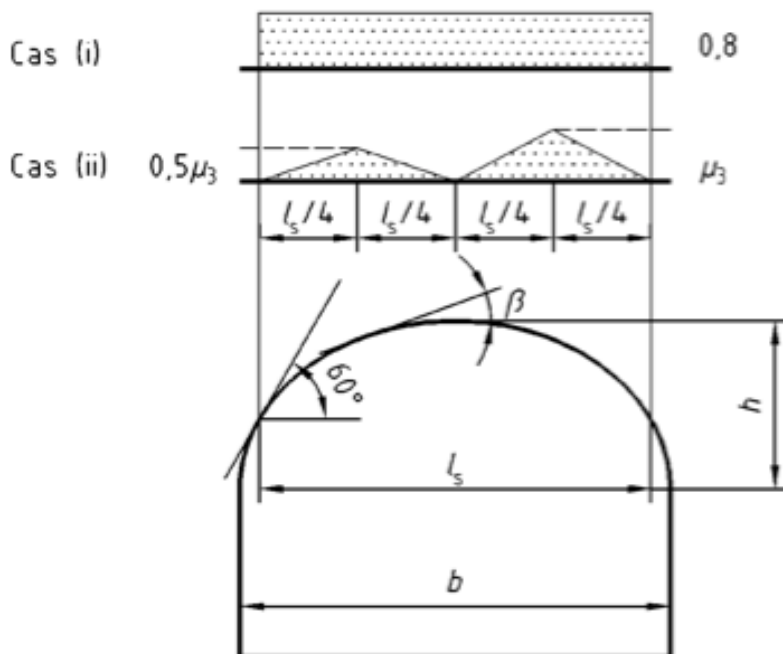
Les facettes de notre bâtiment sont assimilées à des accidents de toiture. On calcule donc la charge de neige à l'aide de l'annexe N10 de l'eurocode 1.

Le coefficient de forme μ_1 est pris égal à la plus petite des trois valeurs obtenues par les formules suivantes :

$$\mu_1 = 2h/s_k$$

$$\mu_1 = 2b_3 / (l_{s1} + l_{s2})$$

$$\mu_1 = 5$$



Les longueurs d'accumulation sont données par : $l_{s1} = b_1$ et $l_{s2} = b_2$
 On obtient ainsi une valeur μ_1 de 1.41.
 En utilisant la même formule que précédemment : $s = \mu_1 C_e C_{ts} k$, on a finalement une valeur de 3.73kN/m² pour la charge surfacique de neige.

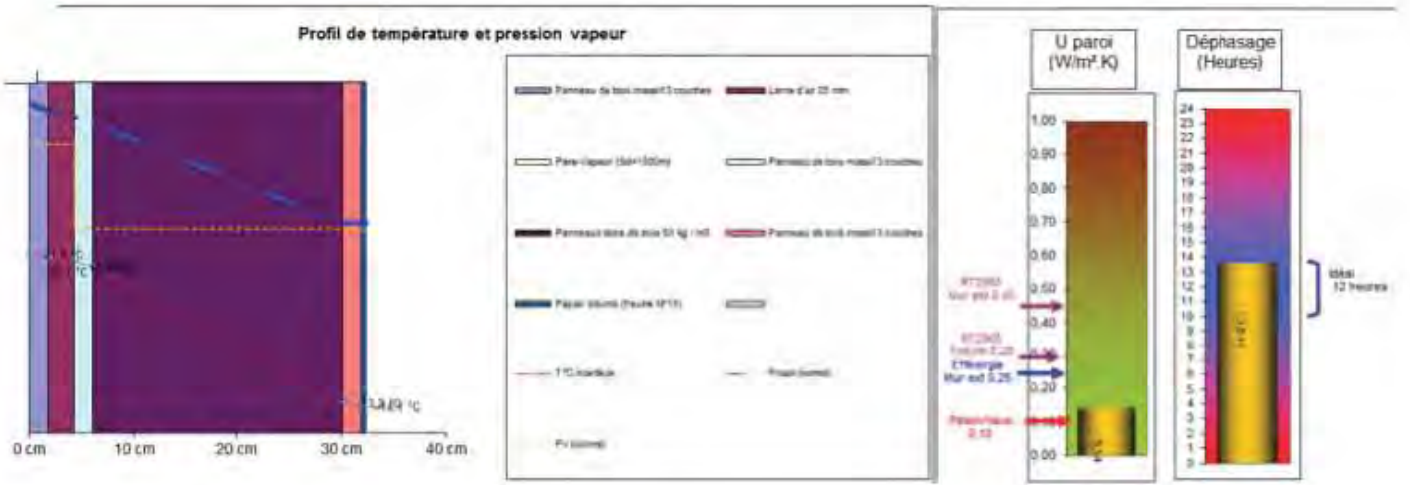
Vent

ETAPE		ORGANIGRAMME DE DETERMINATION DE LA PRESSION DYNAMIQUE DE POINTE					
1	Valeur de base de la vitesse du vent	$V_{b,0}$	m/s	selon Région 1,2,3,4,5			
	Valeur de référence de la vitesse du vent	$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0}$	m/s	$C_{dir} = 1$	$C_{season} = 1$		
2	Pression dynamique de référence	$q_b = \rho V_b^2 / 2$	N/m ²	$\rho = 1,225$ (kg/m ³)			
3	Vitesse moyenne	$V_m = V_b C_e(z) C_0(z)$	m/s	Orographie $C_e(z) = 1$			
				Rugosité $C_0(z) = k_r \ln(z/z_0)$ $k_r(z) = 0,19(z_0/z_{0,II})^{0,07}$	$z = h$ dans la plupart des cas pour $z > z_{min}$ nota $z_{0,II} = 0,05$		
				$C_e(z) = C_e(z_{min})$	pour $z_{min} > z$		
				Intensité de turbulence $I_v(z) = k_t / \ln(z/z_0)$	pour $z > z_{min}$		
				$I_v(z) = I_v(z_{min})$	pour $z_{min} > z$		
4	Coefficient d'exposition	$C_e(z) = (1 + I_v) V_m^2 / V_b^2$					
5	Pression dynamique de pointe	$q_p(z) = q_b C_e(z)$	N/m ²				

CALCUL AUTOMATIQUE				
Région de vent	1			
Catégorie de terrain	3b			
Hauteur z à prendre en compte	9,0 m			
OBTENIR MON RESULTAT				
1	Valeur de référence de la vitesse du vent	V_b	22	m/s
2	Pression dynamique de référence	q_b	296	N/m ²
	Facteur de terrain	k_r	0,223	
	Coef de rugosité	C_r	0,645	
3	Vitesse moyenne	V_m	14,2	m/s
	Indice de turbulence	I_v	0,319	
4	Coef d'exposition	C_e	1,347	
5	PRESSION DYNAMIQUE DE POINTE	$q_p(z)$	0,399	kN/m ²

Etude thermique

COMPOSITION MUR	T int / %humidité		21,0 °C / 70%		### Vider la liste		
	T ext / %humidité		-15,0 °C / 50%				
		<i>lambda</i>	épaisseur =	U	R =1/U	dephasage	Poids
	Intérieur (+21°C)	<i>w/m.K</i>	cm	<i>w/m².k</i>	<i>m².k/W</i>	<i>heures</i>	<i>Kg/m²</i>
	Panneau de bois massif 3 couches	0,100	1,8	5,56	0,18	1,5	9,7
	Lame d'air 25 mm	0,155	2,5	6,20	0,16	0,0	0,0
	Pare-Vapeur (Sd=1500m)	2,300	0,03	7666,67	0,00	0,0	0,0
	Panneau de bois massif 3 couches	0,100	1,8	5,56	0,18	1,5	9,7
	Panneaux laine de bois 50 kg / m3	0,039	24	0,16	6,15	9,1	12,0
	Panneau de bois massif 3 couches	0,100	1,8	5,56	0,18	1,5	9,7
Papier bitume (Feutre N°15)	4,000	0,4	1000,00	0,00	0,0	2,9	
	#N/A		#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	
Extérieur (-15°C)			Situation :	mur	- 0,17 Résistances superficielles		
stats			épaisseur	U	R =1/U	dephasage	Poids
	TOTAL =		32,3 cm	0,14 W/m².k	7,03 m².k/W	13,6 H	44,08 Kg/m²
	Pas de condensation dans le mur						



UWO : Unknown wooden object

1. Concept architectural

- Un bâtiment "tape à l'œil"

Une volonté majeure de ce projet fut de créer une forme surprenante qui interpelle le passant. C'est avant tout une sculpture qui se vaudrait d'être l'image phare de Rubner.

- Une forme innovante

Afin de réaliser une forme innovante, un système a été mis en œuvre, lequel permettrait de réaliser toute forme architecturale voulue à partir d'éléments modulaires triangulaires. De l'assemblage de ces modules doit en résulter une structure auto-stable, permettant d'exploiter l'espace de tout poteau.

- Ambiances architecturales

Ce bâtiment doit être un repère dans le paysage de jour comme de nuit, il est donc question de générer des ambiances différentes. Le jour, les différents percements permettront d'amener une lumière naturelle changeante au fil de la journée. En revanche, la nuit c'est la lumière artificielle intérieure qui semble jaillir tels des faisceaux lumineux. De plus, comme le bâtiment ne repose que sur quelques appuis au sol, il semble flotter.

Par ailleurs, les caissons sont positionnés selon différents plans, ainsi suivant son inclinaison et son orientation, chaque parement intérieur et extérieur ne renvoie pas la lumière de la même façon. Se met alors en place un jeu de lumières par rapport à la texture du bois.

- Programme

Ce bâtiment est le point de départ et de fin de la visite de l'Expo-Park. Il serait d'une part un lieu de rencontre afin d'introduire la visite. D'autre part, un lieu où l'on puisse trouver de la documentation.

Il a été conçu dans l'optique d'être un lieu permettant d'accueillir du public plutôt que le bâtiment de bureaux qui est davantage privé.

L'entrée existante de l'Expo Park est déplacée pour permettre la création d'un parvis devant le bâtiment côté parking.

2. Principe constructif

- Caissons-triangles

Rubner propose d'ores et déjà une gamme de caissons rectangulaires pour les murs et les toitures. Les caissons mis en œuvre dans ce projet enrichissent le panel existant de Rubner, et ce, en proposant un système alternatif qui peut être à la fois un mur et une toiture.

1. Architectural concept

- An « eye-catcher » building

One of the major goal of this project was to create a spectacular attention-getting building. This sculpture should become the emblem of Rubner Haus Company..

- An innovative shape

In order to realize an innovative shape, a system has been created. This one should be able to realize every kind of architectural shape from triangular units. From the assembly of these units results an isostatic structure without columns, leaving free the entire space.

- Architectural atmosphere

The building has to be a visual event in the landscape, day and night. During the day, the different openings allow natural light to enter. The light depends on the hour, making a changing atmosphere all day long, whereas, during the night, artificial light seems to get out of the building. As only few elements are supporting the building, there are a lot of openings along the floor making the impression that the building is flying.

Moreover, these units are set up in a way that none of them are in the same plan. Thus, towards its orientation and its inclination, every triangle doesn't give the same light due to the texture of the wood.

- Layout

This building is intended as the starting point and the end of the visit of the Expo Park. On the one hand, it is a meeting place to introduce the visit. On the other hand, a place where you can find documentation.

It was designed from the perspective of being a place to accommodate the public rather than the office building which is more private.

The entrance of the Expo Park removed, because a place has been created between the building and the parking.

2. Constructive system

- Triangular units

By suggesting an alternative system which is neither a wall nor a roof, triangular units set up in this building complete the variety of products like rectangular units for walls and roofs which are already provided by Rubner.

- Dimensionnement

La taille des caissons est définie à partir d'un panneau «Nordpan 3S» de 250*500*1,8cm, dans lequel sont découpés deux triangles isocèles et équilatéraux. Ce panneau sert de finition intérieure et de contreventement. Le bâtiment a été conçu dans une optique d'optimisation des panneaux, à savoir qu'il y ait un minimum de chutes et ce, à travers l'utilisation d'un même nombre de triangles.

- Assemblage

Ce bâtiment a été conçu selon un ordre de composition donné : à partir de formes géométriques simples tel que des étoiles et des pentagones, créant à eux-mêmes des formes isostatiques.

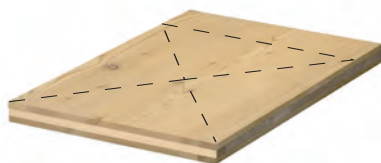
L'assemblage entre caissons est réalisé au niveau des montants. Ceux-ci sont taillés en biais et maintenus en position par un système mi-bois, renforcé par des clous. Le but étant d'assurer la transmission des efforts de compression par contact. De plus, une plaque métallique est vissée sur la face intérieure et la face extérieure des montants. Elles assurent le transfert des efforts de traction, cisaillement et torsion.

Chaque caisson sera fermé en atelier (entre 2 panneaux). La pose des étanchéités et des finitions intérieures et extérieures sera réalisé sur chantier. L'assemblage sur le site se fait au moyen d'un camion-grue, sachant que le poids est de 219 kg par mètre carré.

3. Aspect thermique

Un caisson renferme 24 cm de laine de bois d'une densité de 50kg/m³, ce qui lui confère un coefficient de transmission thermique de 0,14 W/m².K et un déphasage de 13h.

La conception du caisson (étanchéité à l'extérieur et pare-vapeur à l'intérieur) évite toute condensation de vapeur d'eau au sein du mur.



- Dimensions

The size of the triangular units is defined from a «Nordpan» panel of 250*500*1,8 cm, in which are cut two isosceles triangles and two equilateral triangles. The rest could be use for the furniture and partition walls. These panels are used for the interior finishing and to brace the building.

The building was designed in a way to optimize the panels, in order to have a minimum of rests, using the same number of triangles.

- Assembly

The building has been designed according to a rule of composition made of simple geometric shapes like stars and pentagones, creating isostatic shapes.

The connection between triangular units is done by the studs. These are cut at an angle and held in position by a halved joint system reinforced with nails. The goal is to ensure the transmission of the compressive forces on contact. In addition, a metal plate is screwed to the inside and the outside of the studs. They ensure the transfer of shear, torsion and tractive efforts.

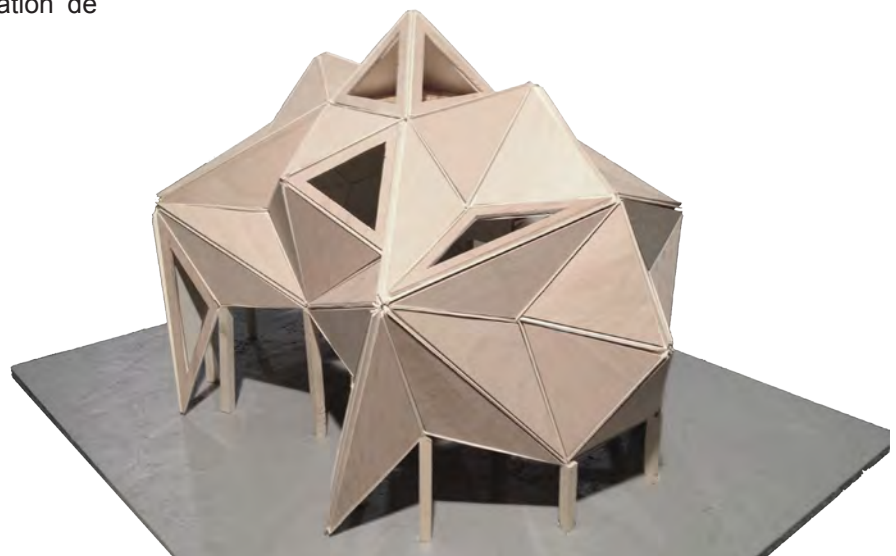
Each unit is closed in the factory (between two cross-laminated). The installation of the internal and outside seal coats and finishes will be done on site.

The assembly between triangular units on the site is made by means of a truck crane, knowing that the weight is 219 kg per square meter.

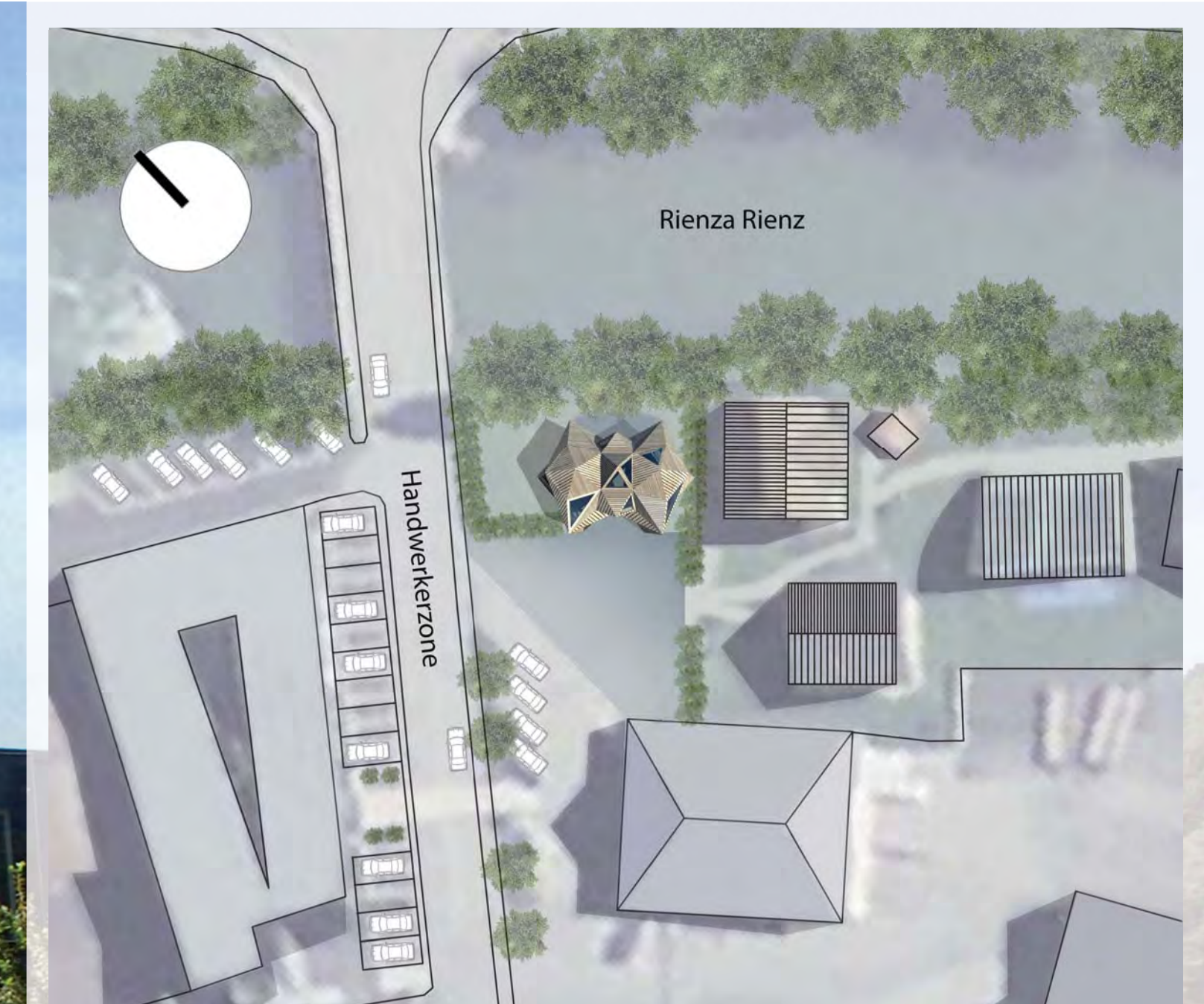
3. Energy-efficiency

One unit contains 24 cm of wood wool, which gives a heat transfer coefficient of 0.14 W/m².K and a phase shift of 13 h.

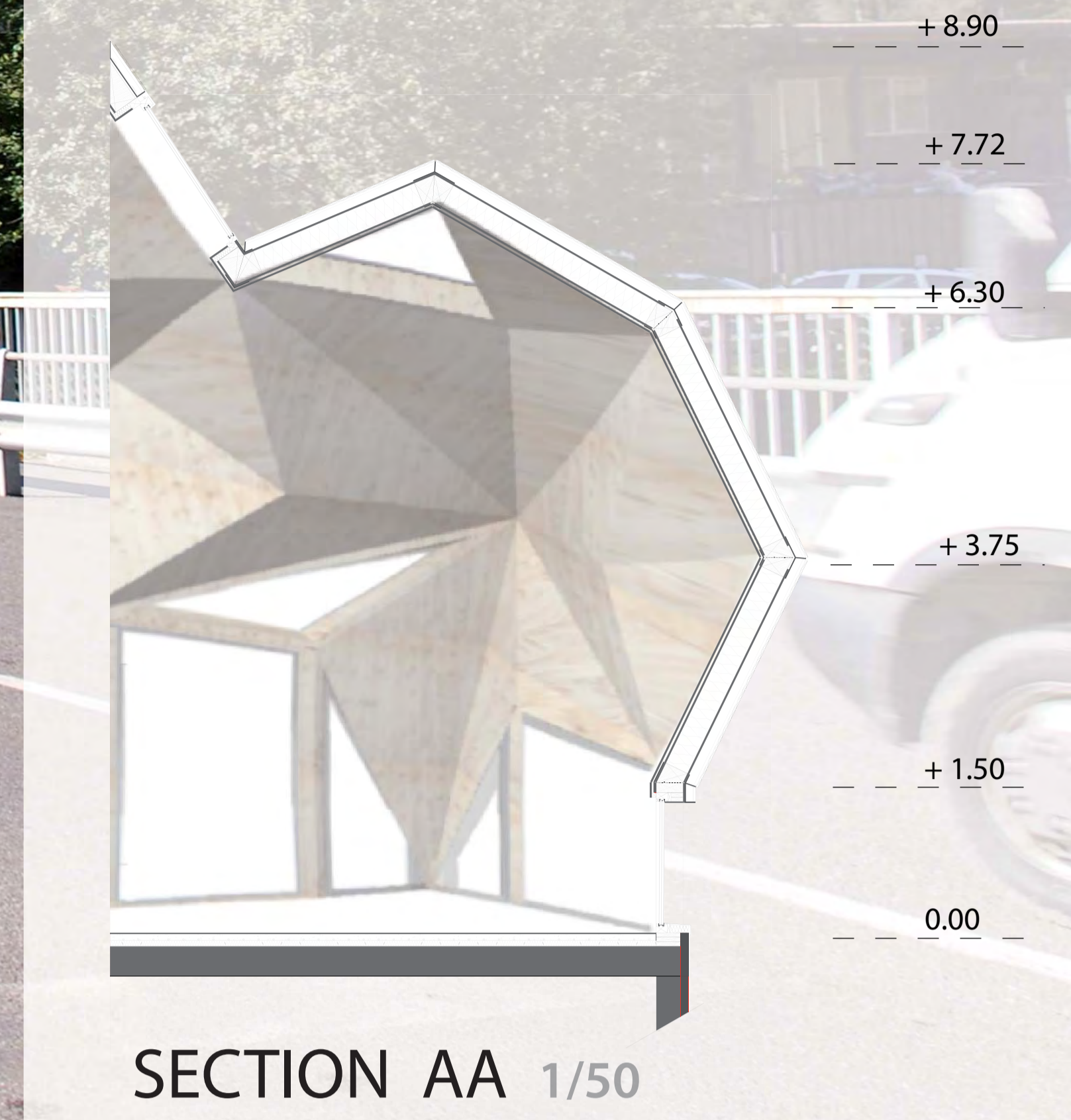
The conception of the unit (watertightness and vapour barrier) prevents condensation in the wall.



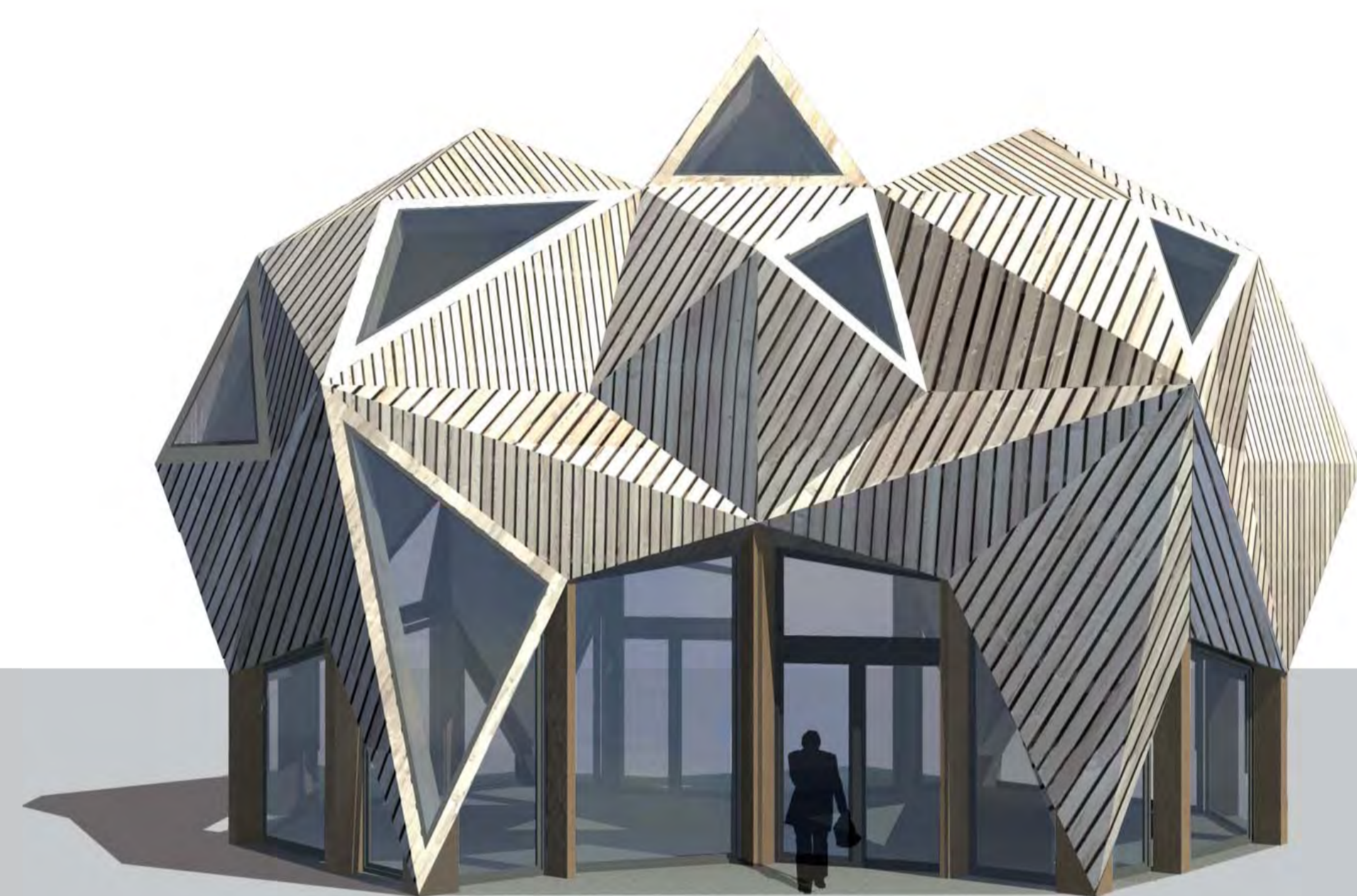
VIEW FROM THE BRIDGE



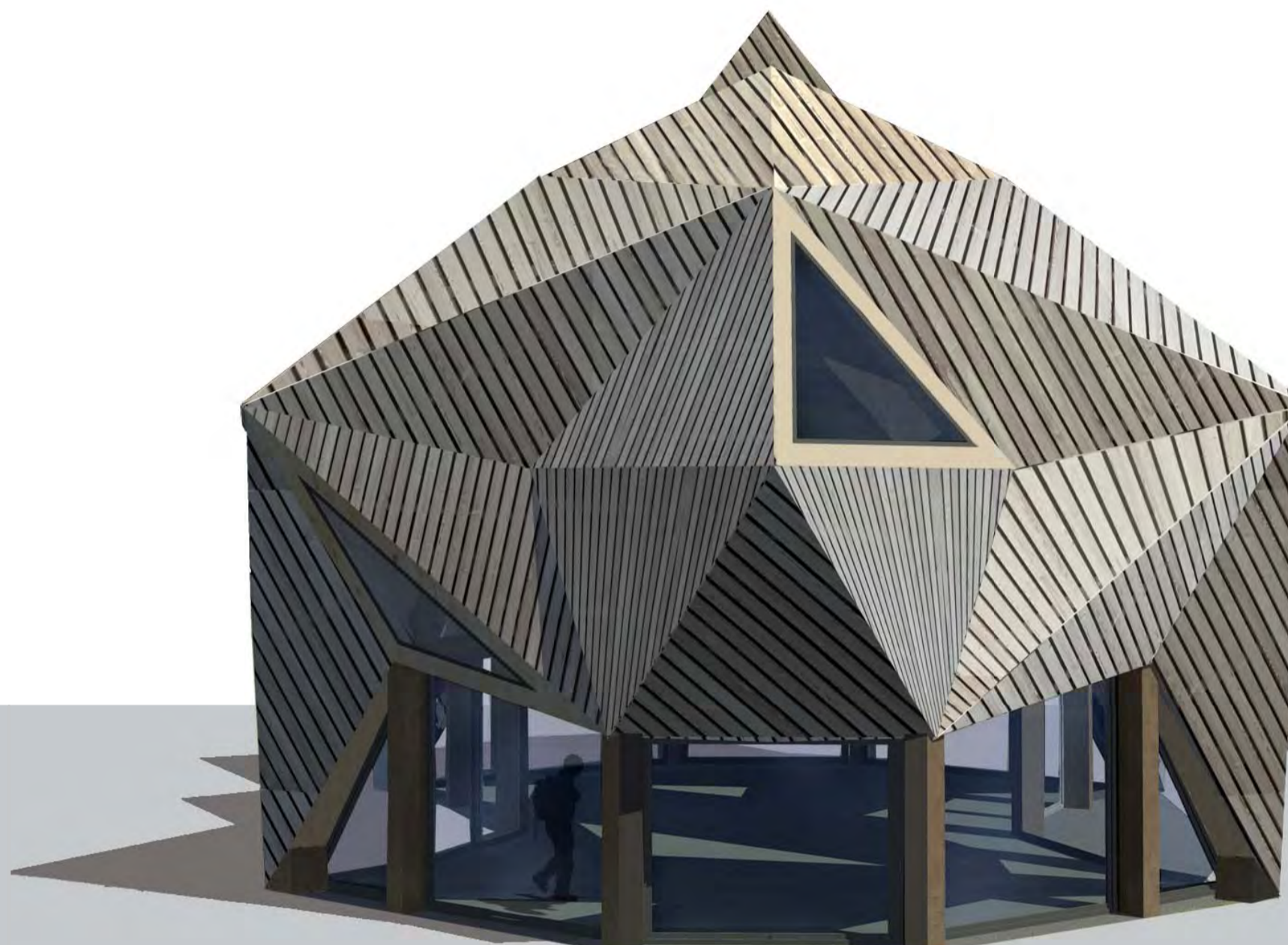
MASTER PLAN 1/500



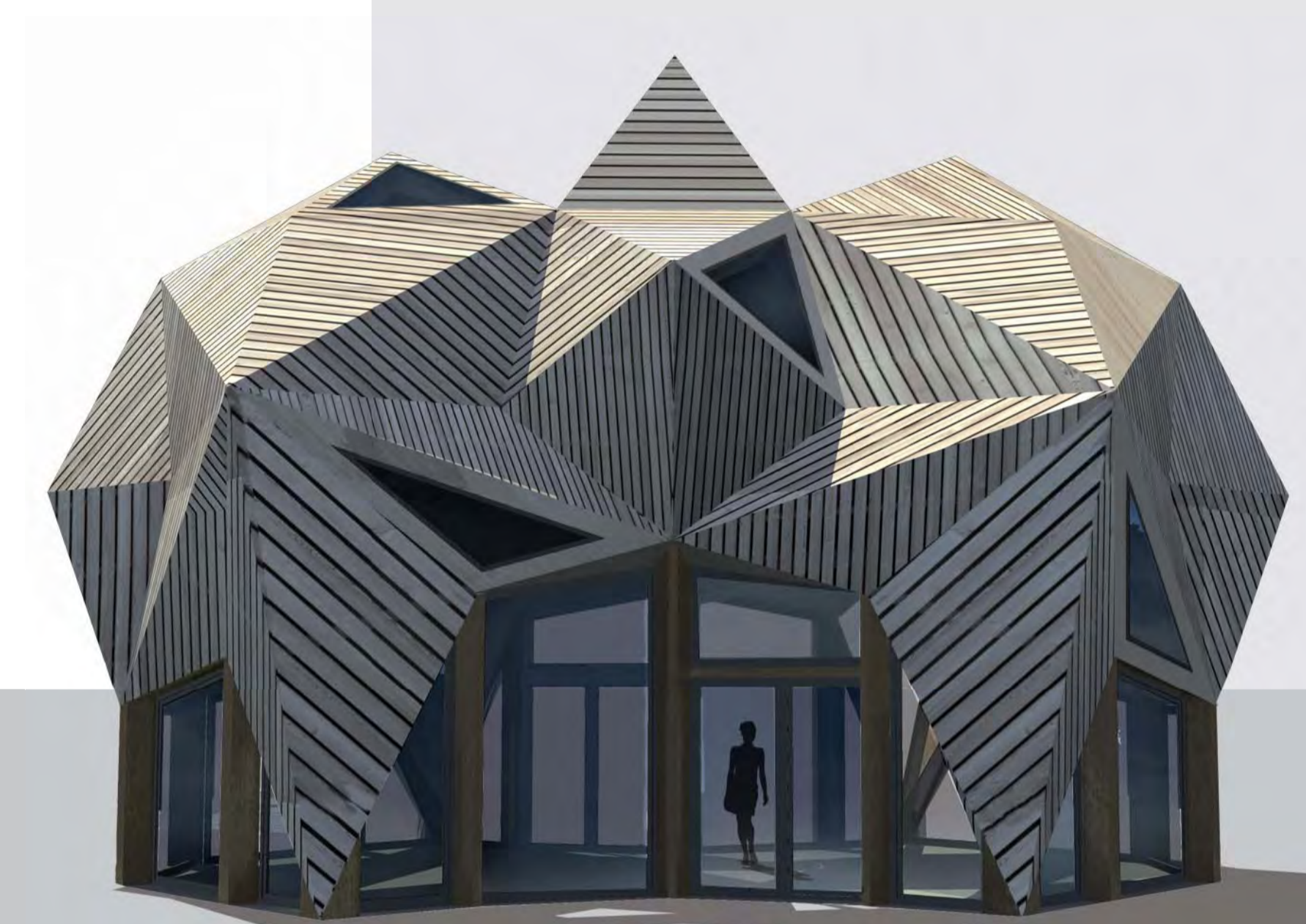
SECTION AA 1/50



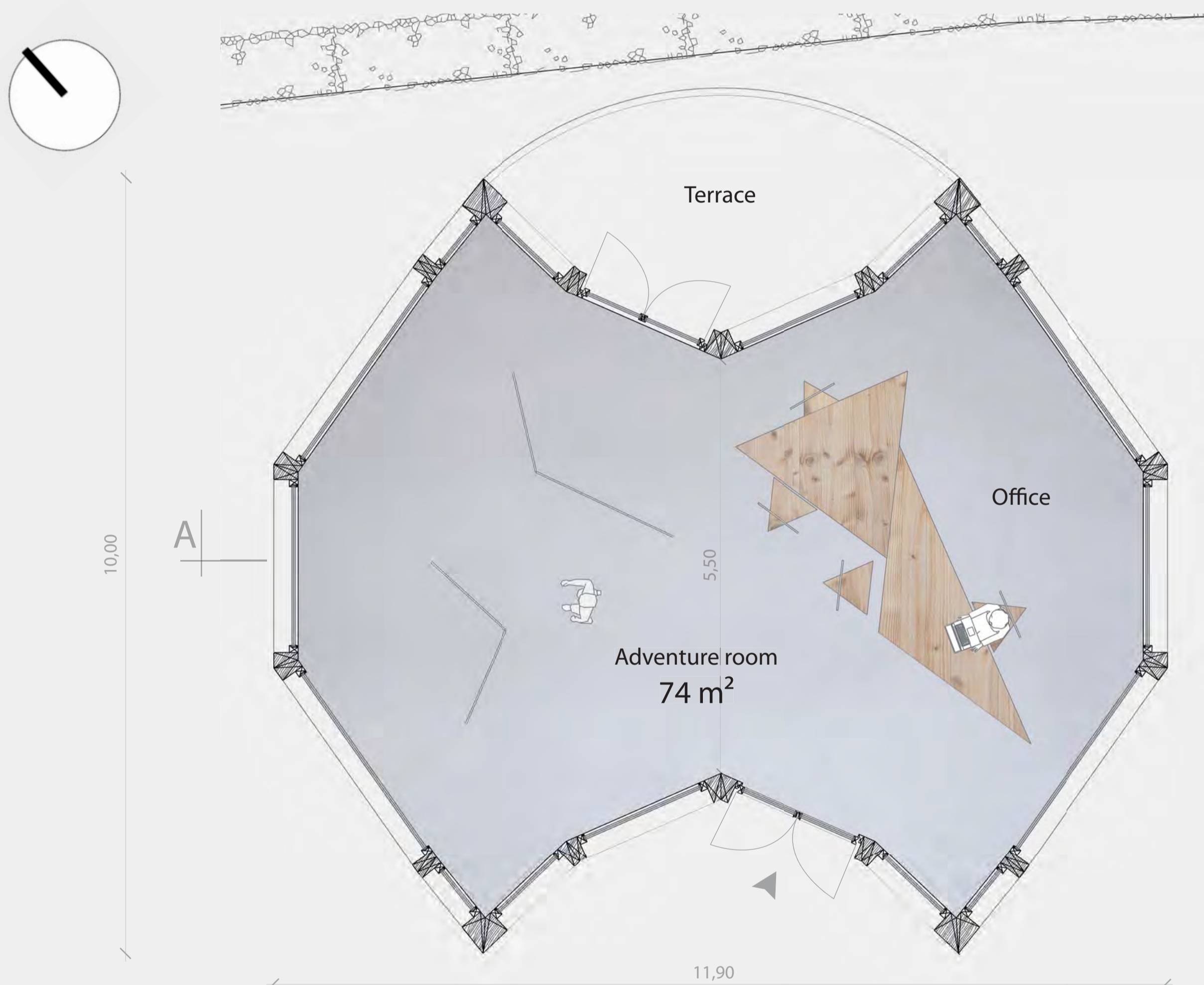
SOUTH 1/50



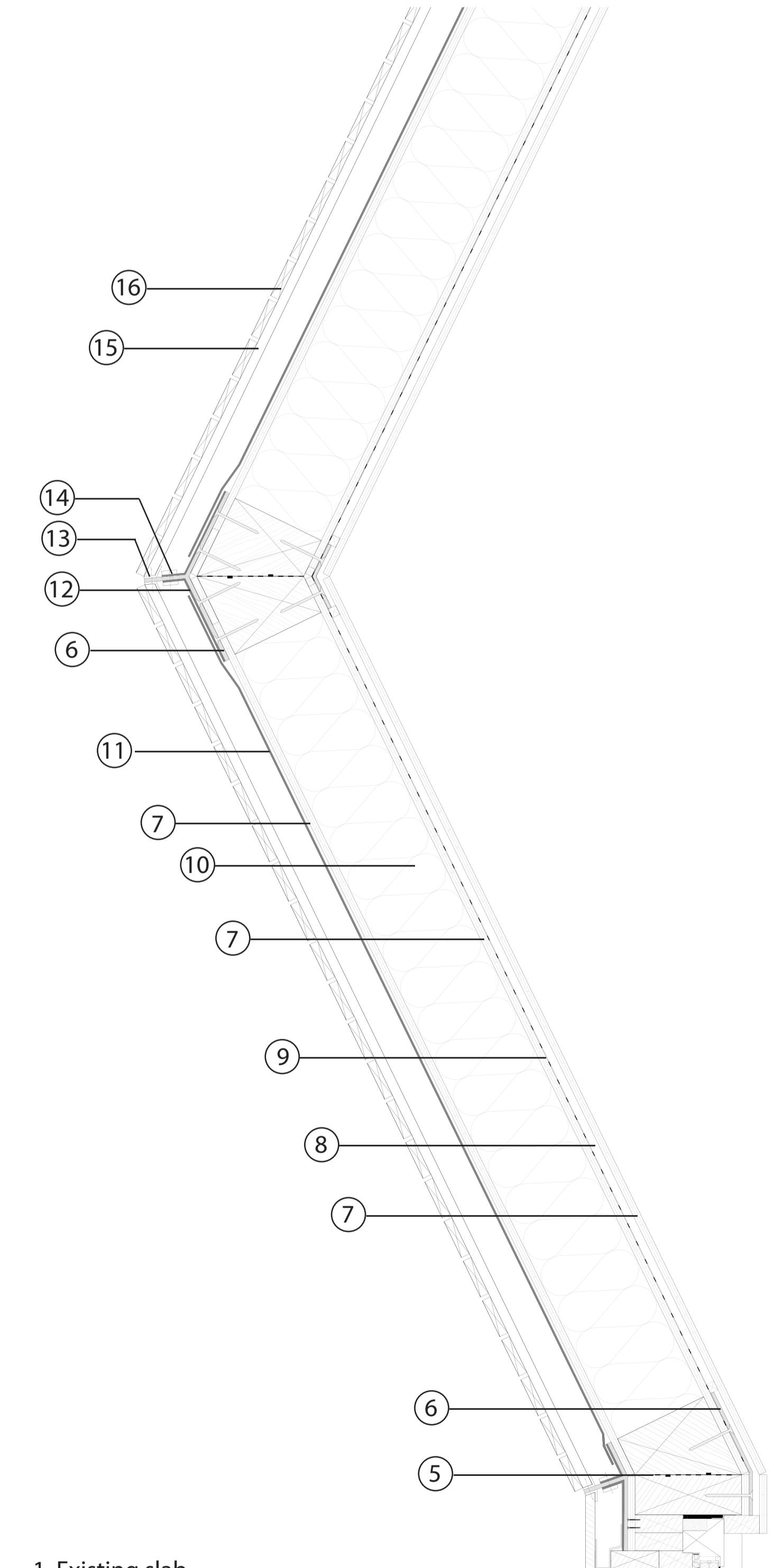
WEST 1/50



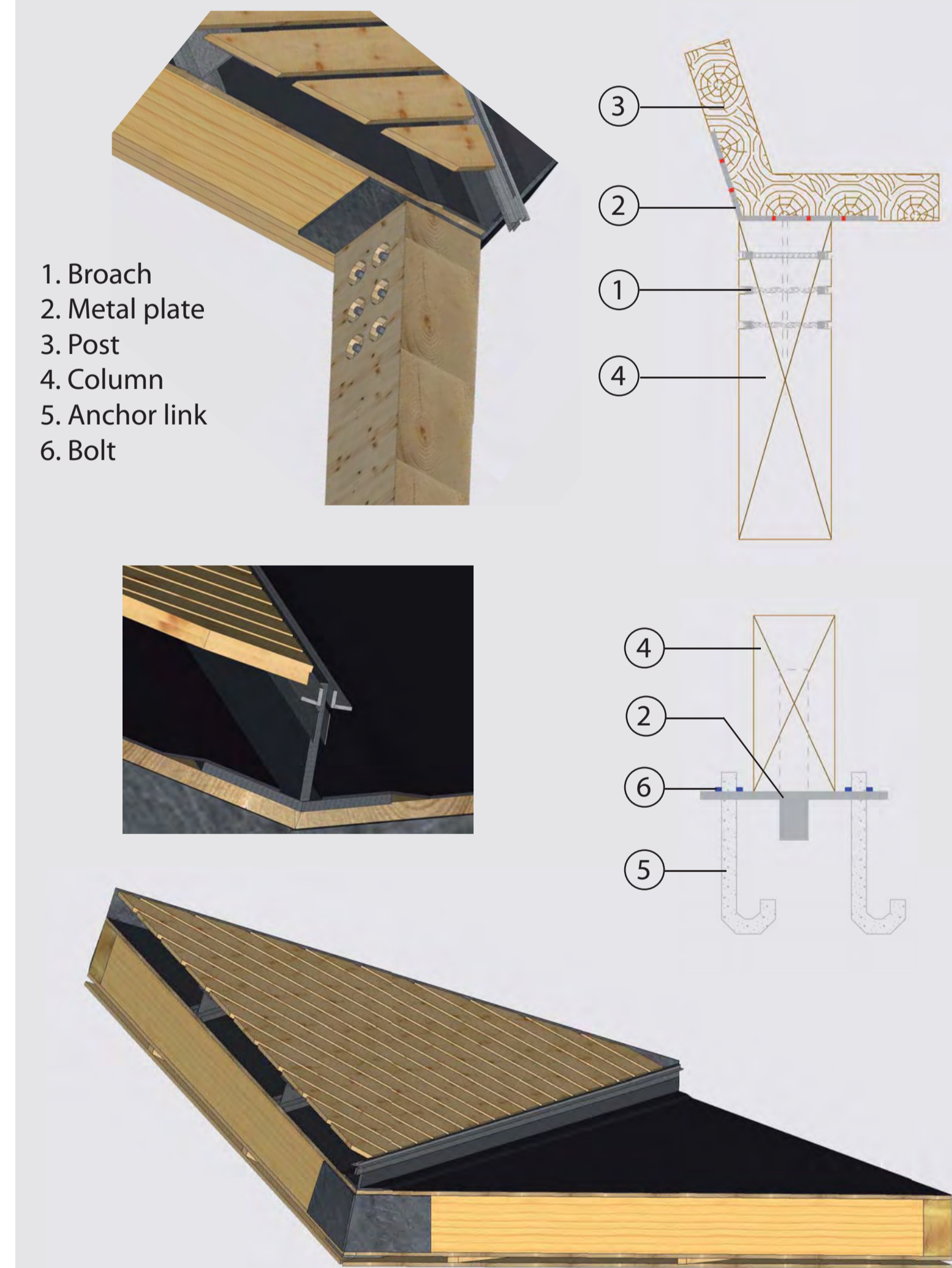
NORTH 1/50



GROUND FLOOR 1/50



1. Existing slab
2. Insulation polyurethane 6 cm
3. Concrete screed
4. Sole plate
5. Watertight join seal
6. Metal plate
7. Nordpan 35.18 mm
8. Empty space for technical installation
9. Vapour barrier
10. Insulation wood wool 24 cm
11. Seal coat
12. Special sheet plate with seal coat
13. Metallic corner for cladding
14. Flat clamping
15. Bracket 22 x 25 mm
16. Cladding 100 x 25 mm



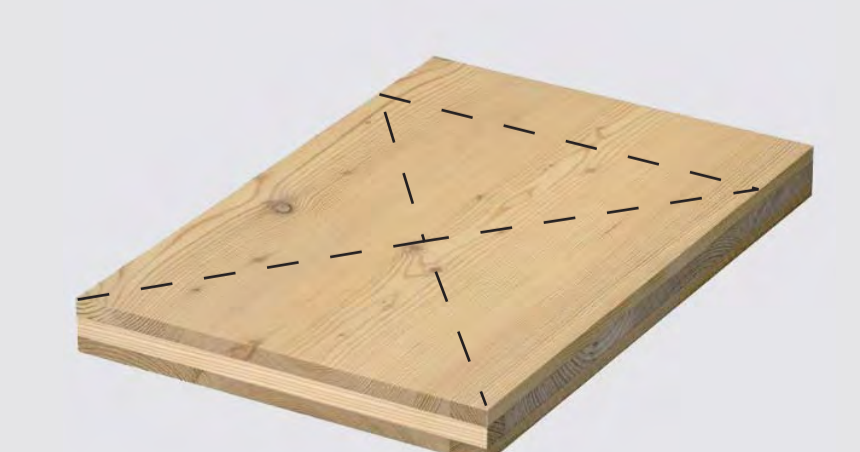
1. Broach
2. Metal plate
3. Post
4. Column
5. Anchor link
6. Bolt



INTERIOR VIEW

Projet décembre 2011
Master pédagogique : Master ABC 2011-2012

UWO



Quentin Goetz, ingénieur
Marion Lannon, ingénieur
Fanny Mougeolle, architecte
Fanny Pinchon, ingénieur
Marion Stenger, architecte



Strasbourg,
école d'architecture