



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>

RUBAN HAUS



Bailly Maxime, architecte
Ducloiset Julie, ingénieur
Lascoumes Franck, ingénieur
Malvy-Fleury Guillaume, ingénieur
Morris Samuel, architecte

**RUBNER**

e/n/s/t/i/b



école nationale supérieure
d'architecture de nancy



Strasbourg,
école d'architecture

SOMMAIRE

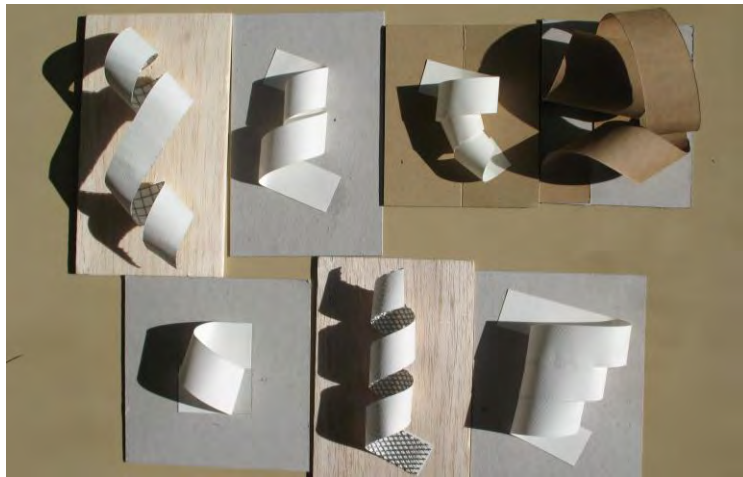
I. Dossier Architectural :	2
1) Concept :	2
2) Une forme souple et dynamique :	3
3) Une spatialité inhabituelle :	4
II. Partie Ingénierie :	5
1) Etude structurelle :	5
a) Création de l'ossature	5
b) Contreventement	6
c) Pré-dimensionnement	6
2) Etude technologique :	9
a) Etude thermique	9
b) Domotique	12
Annexe I : Détail des taux de travaux obtenus pour les éléments de maillage	13

I. Dossier Architecture :

1) Concept :

Les premières bases de notre travail s'attachent à la notion d'enveloppe du bâtiment en réinterprétant celle-ci.

L'idée est de créer l'espace architectural avec un seul élément. C'est-à-dire une enveloppe continue recouvrant à la fois plancher, toiture et mur.



Cette démarche s'appuie alors sur un travail expérimental en maquettes et s'inspire de références de nature variée :

- D'une part naturelle avec l'analogie au copeau de bois qui traduit cette même idée de continuité de la matière qui s'enroule.
- D'autre part architecturale avec le travail de Shuhei Endo, architecte japonais qui développe cette idée de bandes continues de toiture/murs comme moyen de création d'espaces architecturaux.



De ce concept en découle une architecture qui n'est pas composée en poteaux/murs/planchers mais par une enveloppe continue.

2) Une forme souple et dynamique :

La traduction formelle de ce concept donne le sentiment d'un ruban qui s'enroule. Celui-ci se déploie latéralement pour accueillir le visiteur et le guider à travers ses courbes.

La forme sculpturale du projet lui confère un aspect spectaculaire comme il était souhaité par le maître d'ouvrage.

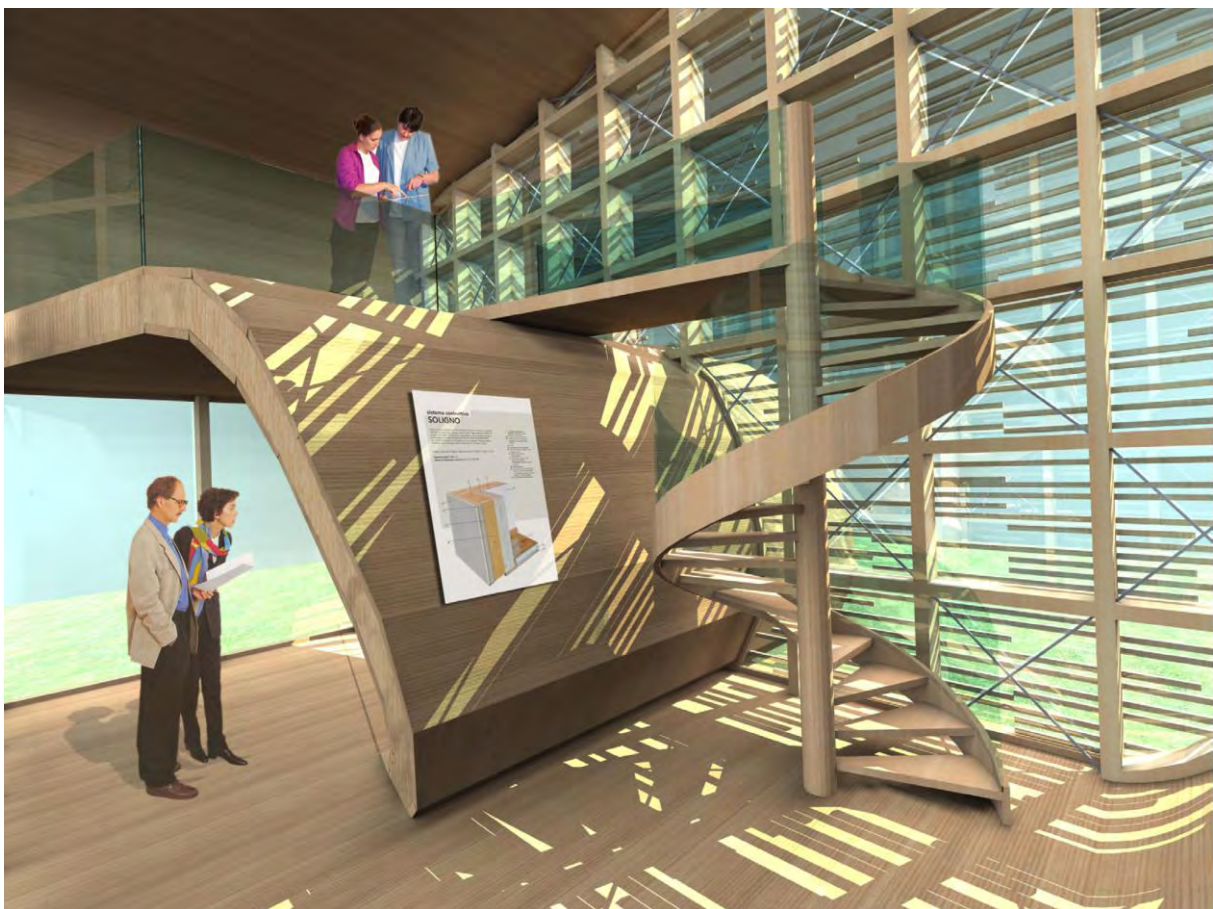
De plus la façade principale du projet suggère le « R » de Rubner. Le bâtiment pourrait ainsi devenir un symbole fort pour la communication de l'entreprise.



3) Une spatialité inhabituelle :

L'enroulement dynamique de l'enveloppe crée des espaces différenciés. Un premier volume d'entrée immerge le visiteur dans un imaginaire souple et fluide. « L'aventure room » contraste par sa volumétrie généreuse et son intense luminosité. Le visiteur est conduit à la mezzanine qui se projette en balcon vers l'extérieur offrant des vues sur le paysage environnant.

L'expérience sensible du bâtiment est ludique. En effet, la continuité entre sol, mur et plafond invite à parcourir le volume comme un jeu (marcher sur les murs).



Le ruban délimite mais ne ferme pas totalement l'espace. Les deux façades transparentes sont conçues pour obtenir un aspect visuel homogène afin de laisser une lecture de l'enveloppe évidente. Celles-ci se composent d'une trame orthogonale neutre.

Des brises soleils en lames de bois de mélèze disposés d'une manière aléatoire diffusent la perception de la façade et participent à l'esthétique de l'ensemble.

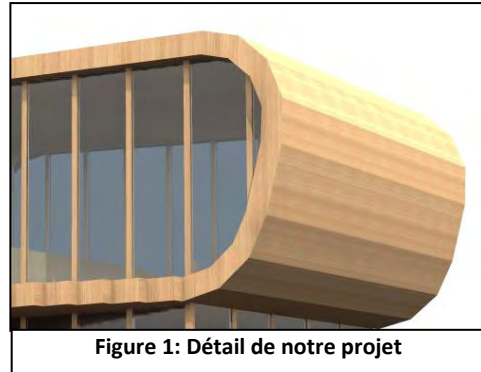
II. Dossier Ingénierie :

Afin de pouvoir étudier notre projet d'un point de vue purement ingénierie, nous avons fait le choix de diviser notre étude en plusieurs parties qui permettront une meilleure compréhension de notre système et de certaines de ses subtilités.

1) Etude structurelle :

a) Création de l'ossature

Comme il a été précisé précédemment, l'idée forte de notre projet était de créer une enveloppe continue formant plafond, murs et plancher (figure 1).

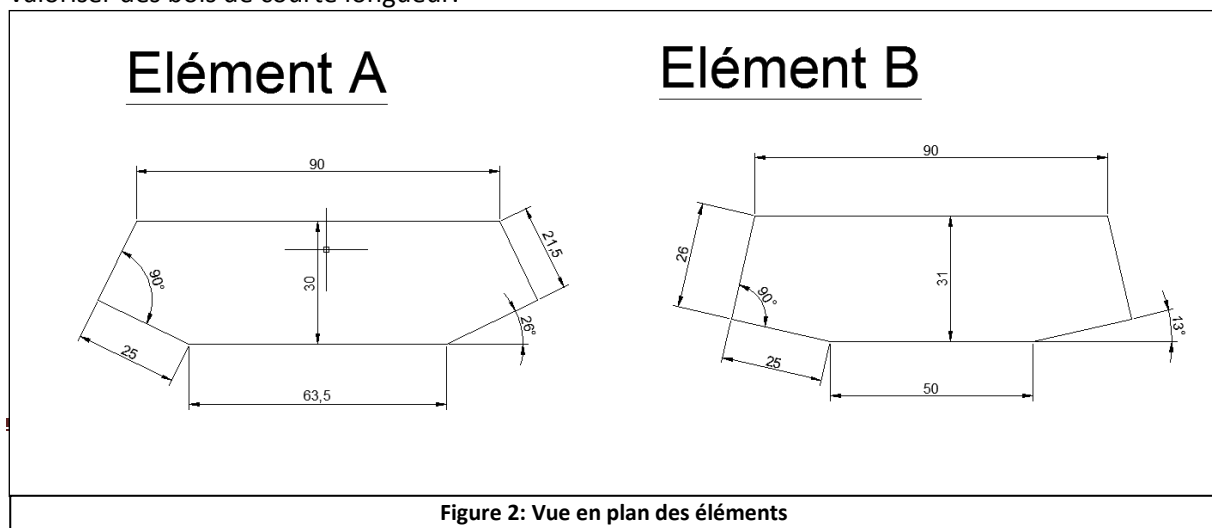


Dans un premier temps, nous envisagions l'utilisation de la technique du lamellé-collé. Mais après une première étude, nous nous sommes très vite aperçu que ce système constructif n'était pas adapté à notre projet. Cette impression ne fut que confortée durant notre visite chez Rubner Haus. En effet, la firme pour laquelle nous réalisons ce projet n'est pas spécialisée dans l'utilisation de cette technique (maîtrisée par une autre filiale du groupe Rubner) ; il nous semblait donc inopportun de favoriser un produit que la société n'utilise pas couramment.

Par conséquent, nous nous sommes attachés à utiliser, dans la mesure du possible, le savoir-faire de Rubner Haus, et plus particulièrement l'utilisation de bois massif. C'est en gardant cet objectif en tête que nous nous avons réfléchi à un nouveau système constructif qui nous permettrait de reprendre toutes les charges en gardant une forme arrondie et la plus lisse possible.

De plus, bien que n'ayant pas explicitement de limite de budget, il nous a paru intéressant de favoriser la réduction des coûts de production, en évitant de multiplier le nombre des éléments différents composant la structure de notre projet. Le but étant de rationaliser l'industrialisation. Nous avons également l'ambition de créer un bâtiment le plus écologique possible en n'utilisant ni colle ni acier : tout notre système ne devait utiliser que des clés en bois. Mais après de nombreux essais et recherches, nous avons dû abandonner cette dernière contrainte afin de pouvoir mieux nous concentrer sur notre projet et sa réalisation.

Finalement, nos multiples réflexions et tentatives ont abouties à la définition de deux éléments simples (figure 2), issus de tronçons de 1m d'une poutre de section standard. Ils permettent ainsi de valoriser des bois de courte longueur.



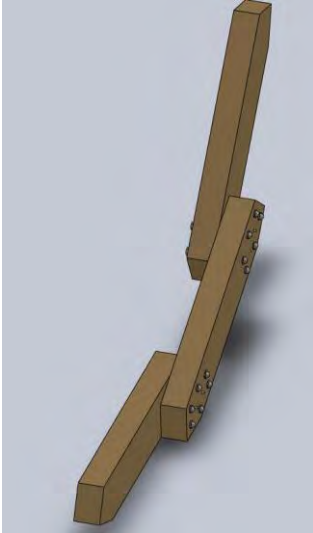


Figure 3: Vue en perspective de l'assemblage

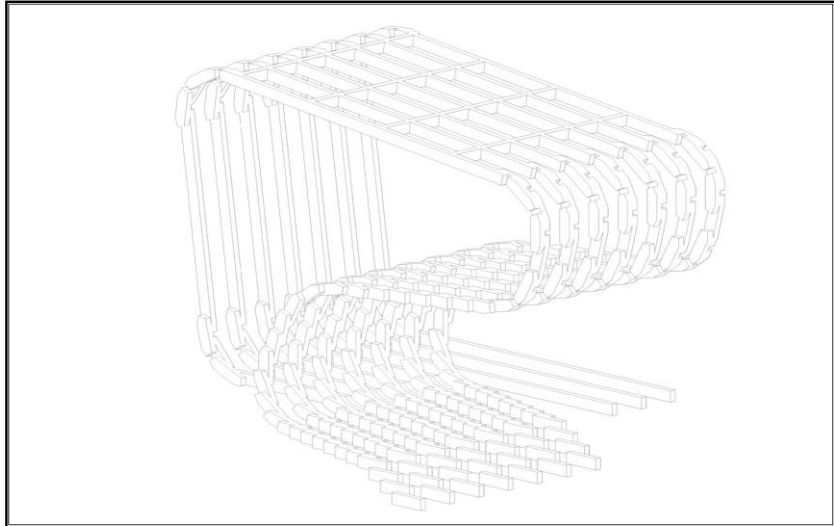


Figure 4: Vue en perspective de l'ossature

b) Contreventement

Le contreventement de la structure est assuré dans une direction par les panneaux trois-plis qui relient les travées d'ossature. Dans la direction perpendiculaire, nous avons choisi d'utiliser des câbles en acier pour remplir cette fonction. Ces câbles s'insèrent dans les cadres créés en façade par une structure poteau poutre qui est également porteuse (figure 5).

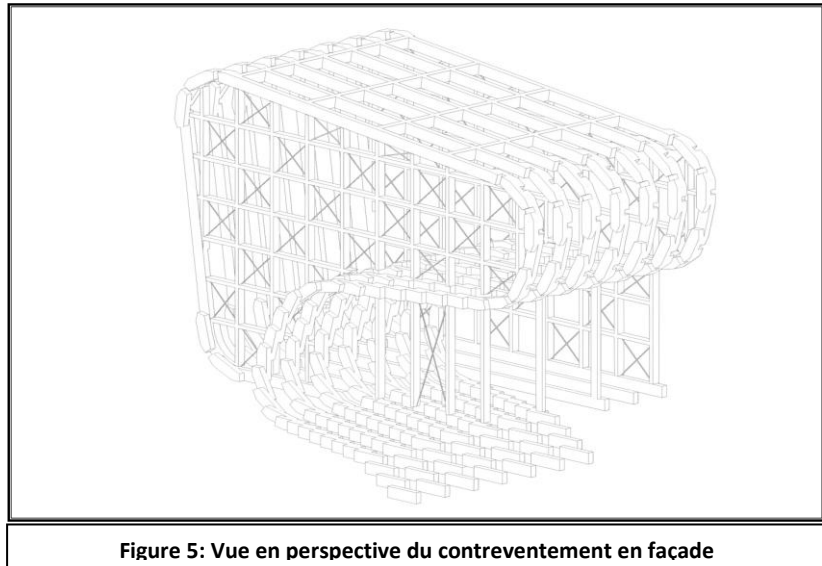


Figure 5: Vue en perspective du contreventement en façade

c) Pré-dimensionnement

Une fois la conception déterminée, nous sommes passés à la phase de dimensionnement, afin de valider la viabilité de la solution. Nous avons opté pour le logiciel Acord Bat© qui nous a permis de modéliser de façon simple et rapide notre bâtiment. Après un premier essai infructueux du fait d'une trop grande complexité de notre modélisation. Nous avons fait le choix de n'étudier non plus l'ensemble de la structure en trois dimensions avec toutes ses ossatures mais seulement une étude plane pour une seule des sept ossatures en utilisant des charges réparties et l'entraxe. Comme vous pouvez le voir sur la modélisation (figure 6), l'arrondi en bas à droite est manquant.

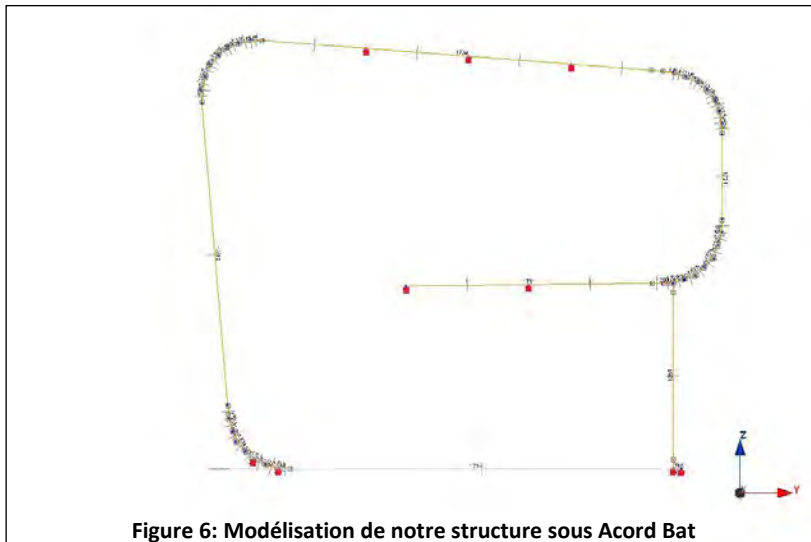


Figure 6: Modélisation de notre structure sous Acord Bat

Nous avons émis l'hypothèse que, comme la structure supérieure reposait sur les poteaux qui allaient directement dans le sol, la partie inférieure reprendrait moins de charges que la partie supérieure. Le dimensionnement de cette dernière devrait donc nous donner des résultats suffisants pour garantir la solidité de la partie inférieure. Vous pouvez

constater aussi que chaque point rouge correspond à un appui sur lequel repose notre structure.

La figure 7 présente les hypothèses de calcul utilisé pour réaliser notre étude.

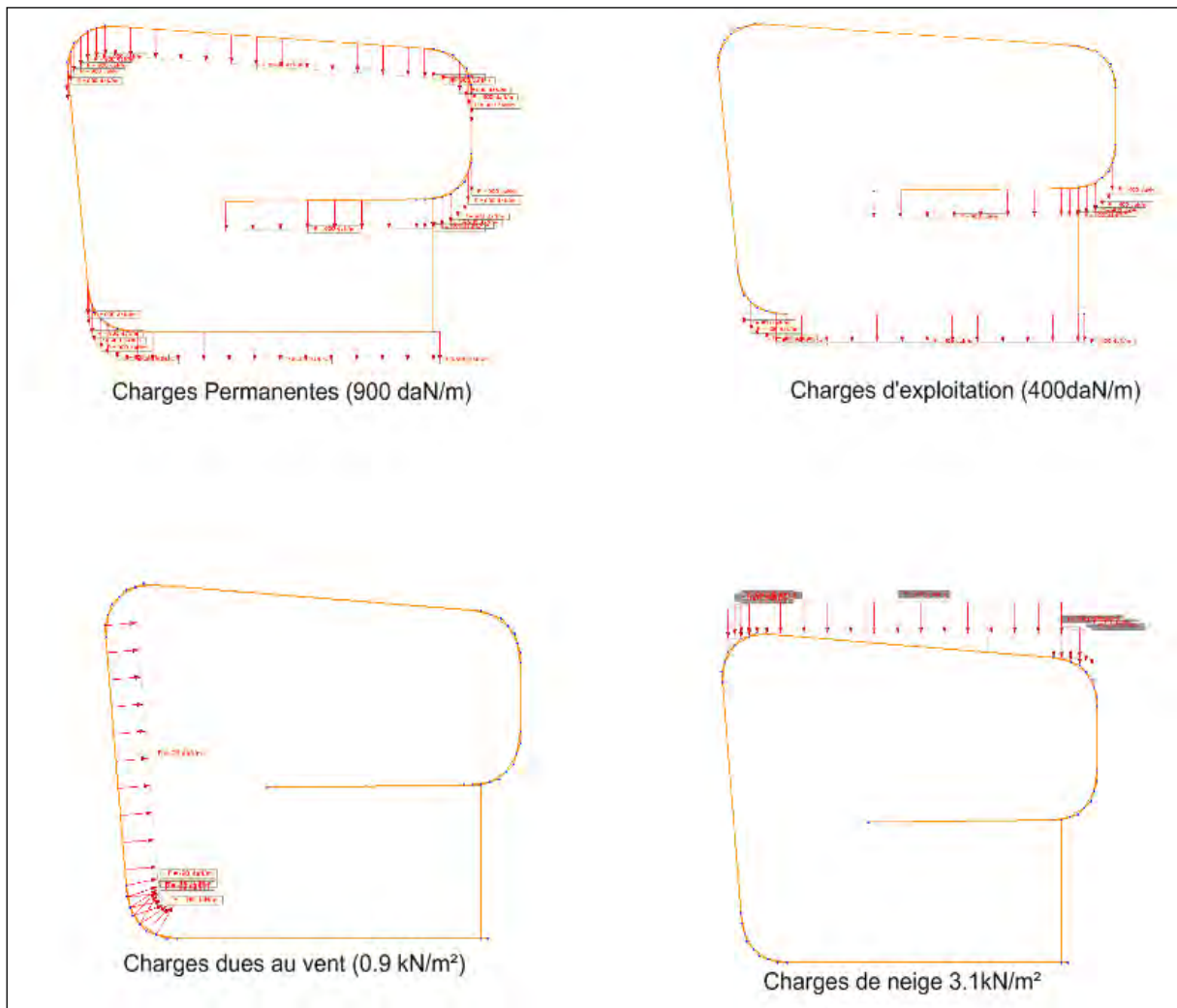


Figure 7 : Charges modélisées pour le pré-dimensionnement

Toutes ces hypothèses nous ont permis d’obtenir le tableau 1 montrant les taux de travaux maximaux obtenus après calculs. Le détail de la structure et des résultats de chargements sont fournis en annexe (annexe I). Afin de permettre la fabrication de manière industrielle, nous avons choisi de garder le plus de pièces possibles identiques ce qui explique que certaines pièces soient surdimensionnées au regard des charges qu’elles ont effectivement à reprendre.

Tableau 1 : taux maximaux

Axial-flexion	94,7%
Cisaillement	99,4%
Flambement	64,3%
Déversement	51,9%
Flèches	34,2%

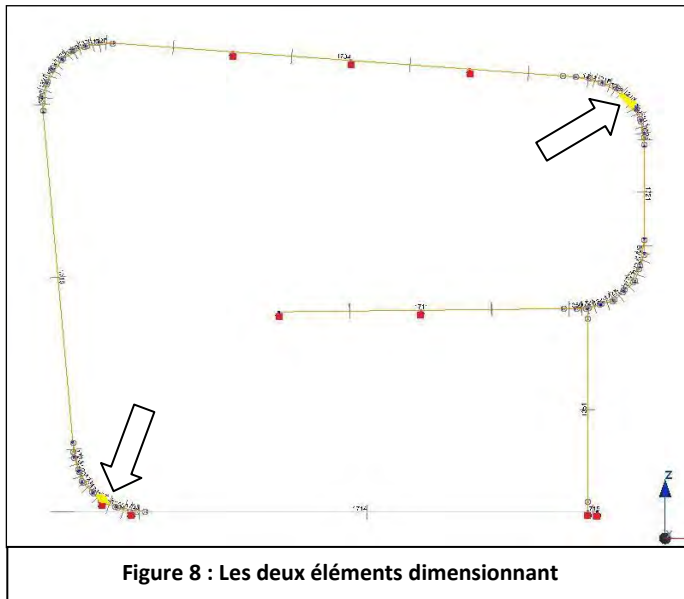


Figure 8 : Les deux éléments dimensionnant

Finalement, nous avons obtenu comme élément de base une poutre de dimension 15*30cm. Mais deux éléments (pointés par une flèche sur la figure 8) étant soumis à de trop fortes contraintes (plus de 120% de leur capacité), nous avons dû créer un autre élément plus grand (figure 9) et usiné dans un résineux plus résistant (C30 au lieu d’un C24 habituel). Il faut noter aussi que

l’élément en bas à gauche repose sur un appui simple (type muret) afin de diminuer les contraintes s’exerçant à l’intérieur de cet élément.

Après avoir vérifié nos éléments, nous avons voulu dimensionner l’assemblage récurrent de notre structure. Acord Express nous a permis de déterminer les dimensions des boulons, leur nombre mais aussi de les placer dans nos éléments. Nous avons pris en compte les pinces minimales imposées par l’Eurocode ainsi que l’inclinaison du fil du bois dans l’assemblage.

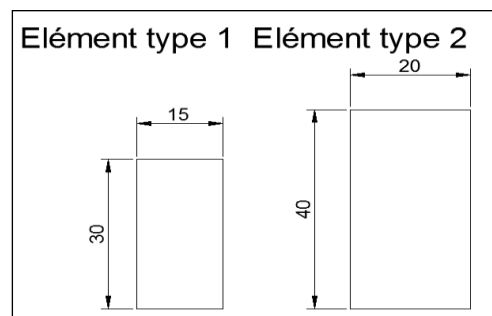


Figure 9 : Sections obtenues

Nous obtenions alors un assemblage nécessitant 10 boulons de diamètre M20, de classe 8.8 ainsi que des crampons avec une hauteur de pénétration de 7,4mm. Le nombre de boulons nécessaires était en partie dû au cisaillement important qu’entraînait cette fixation. Nous avons alors mis en œuvre des pions de cisaillement pour reprendre l’effort de cisaillement ce qui nous a permis de diminuer le nombre de boulons nécessaire à la bonne résistance de l’assemblage.

Finalement, nous obtenons donc un assemblage constitué de 6 boulons M20 de classe 8.8 et de 2 pions de cisaillement de diamètre 12mm en acier comme présenté sur les figures 10 et 11.

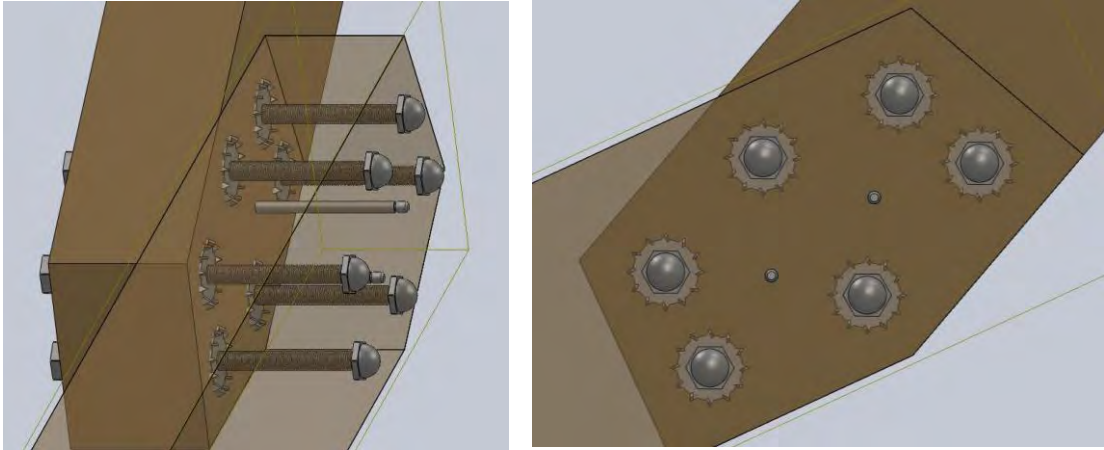


Figure 10 et 11 : Détails de l'assemblage

2) Etude technologique :

a) Etude thermique

Composition de la paroi « ruban » :

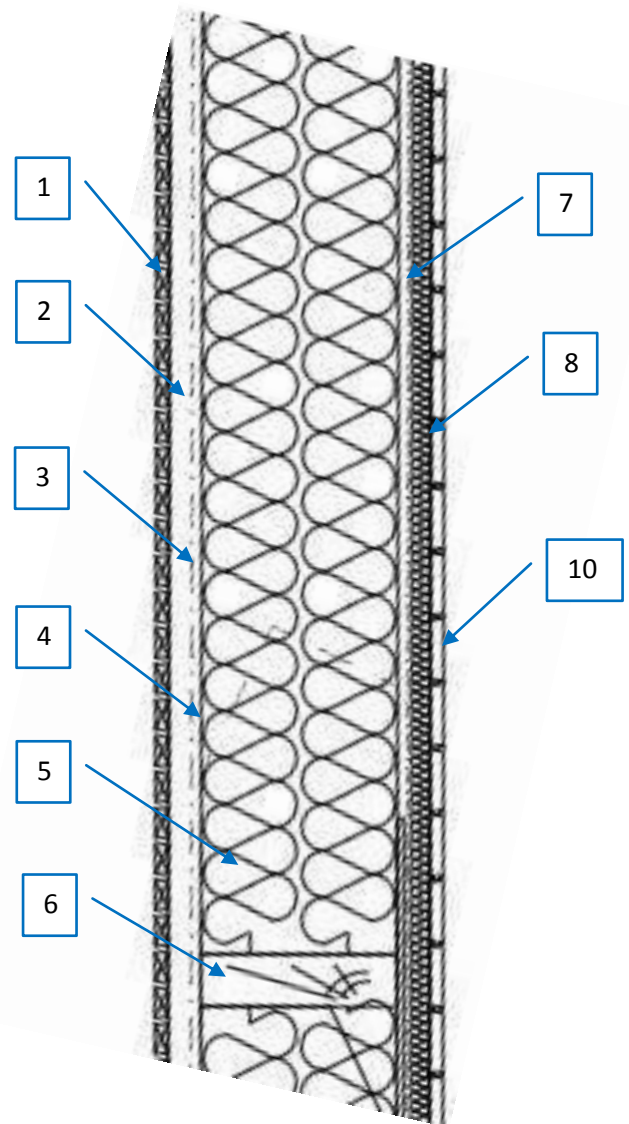
- 1 : bardage en mélèze non-traité
- 2 et 9 : chevrons
- 3 : pare-pluie bitumeux
- 4 et 7 : panneau trois plis 22mm
- 5 : laine de bois 300mm
- 6 : entretoise 45x300mm
- 8 : laine de bois 50mm
- 10 : bardage mélèze non traité poncé

On obtient ainsi une bonne performance thermique du « ruban » :

$$U = 0,125 \text{ W / m}^2 \text{ / K}$$

Cependant, le bâtiment présente plus de 200m² de surfaces vitrées verticales, orientées Est, Sud et Ouest. Il va falloir gérer les apports solaires l'été et les pertes calorifiques l'hiver.

Nous avons réalisé une modélisation avec le logiciel Pléiades© pour simuler le comportement thermique du projet.



Hypothèses :

- Surface de 80m²
- Volume de 500m³
- Occupation par 2 employés
- Ventilation double-flux avec échangeur de chaleur
- Chauffage d'appoint avec consigne de température 19°C
- Albédos prenant en compte l'hiver neigeux
- Les menuiseries extérieures utilisent un triple vitrage peu émissif
- La façade Sud-Ouest bénéficie d'un masque intégré (débord) en été (figure 12)
- La façade Sud-Est est masquée en partie par la maison adjacente distante de 4m.

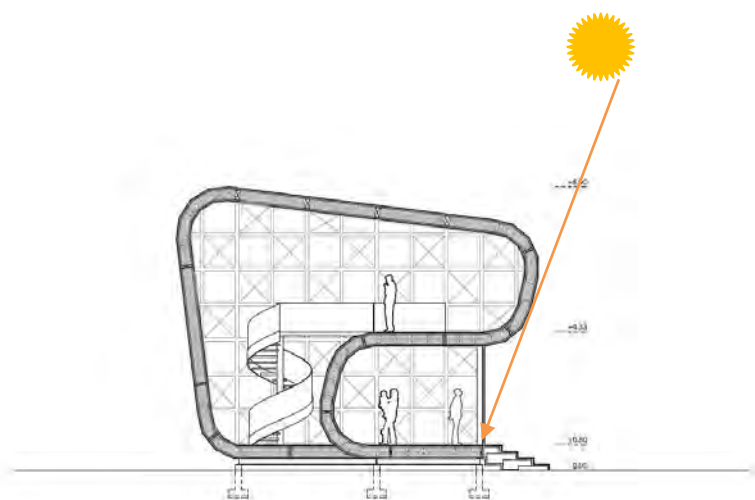


Figure 12 : façade Nord-Ouest

Simulation 1 :

Aucune occultation.

- Besoin en chauffage : 193 kWh / m² / an
- Apports solaire : 25 390 kWh
- Taux d'inconfort : 47.7 %
- Température maxi : 53.5 °C

Simulation 2 :

Occultation de 30% sur la façade NO et SE obtenue par des brise-soleil extérieurs horizontaux fixes. Fermeture la nuit de volets roulants isolants (R=2).

- Besoin en chauffage : 121 kWh / m² / an
- Apports solaire : 7 000 kWh
- Taux d'inconfort : 22.9 %
- Température maxi : 35.3 °C

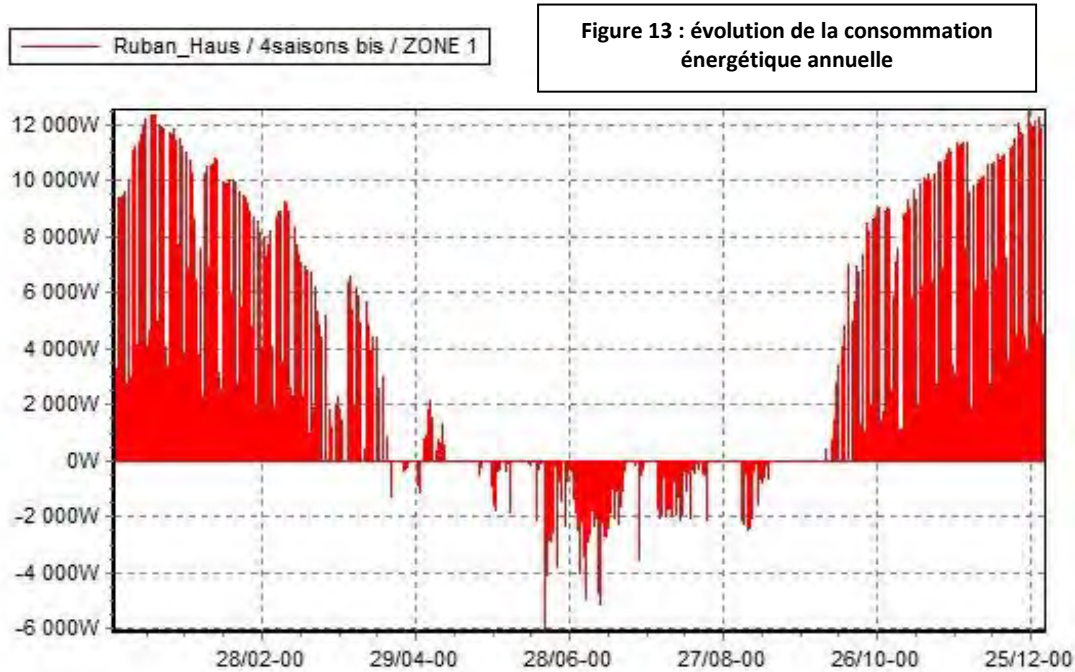
Simulation 3 :

Occultation de 30% sur la façade NO et SE obtenue par des brise-soleil fixes. Fermeture programmée annuellement des volets roulants isolants (R=2) la nuit, sauf l'été : fermés le jour. Couplage de la VMC avec un puit canadien et consigne de température maxi 27°C.

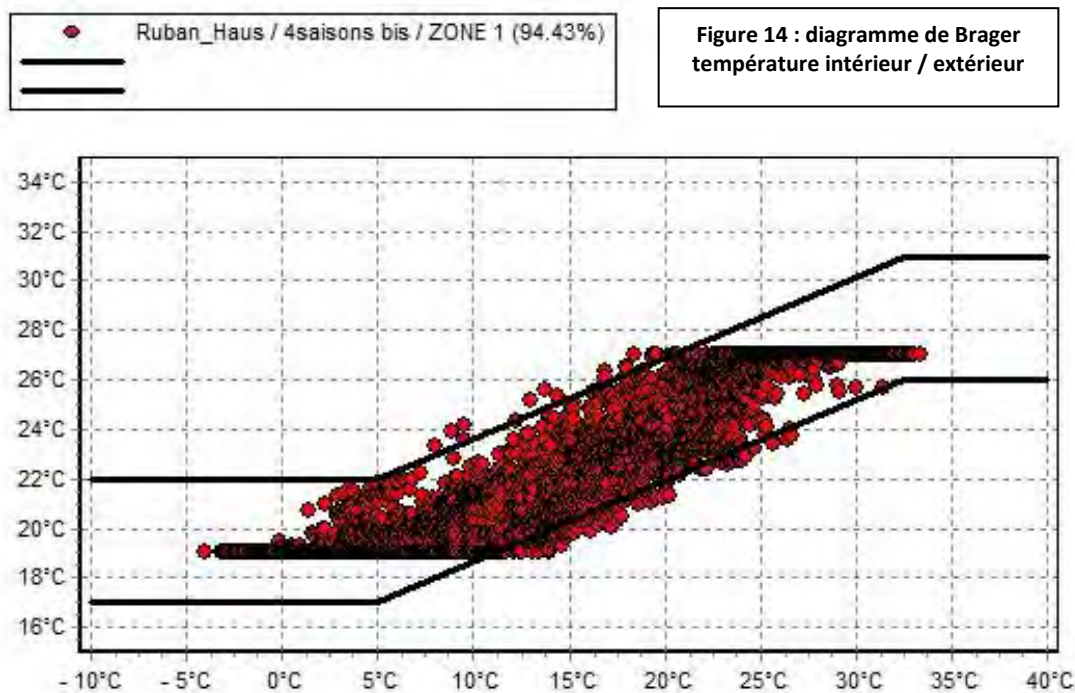
- Besoin en chauffage + climatisation : 64 + 2 kWh / m² / an
- Apports solaire : 8 455 kWh
- Taux d'inconfort : 0 %
- Température maxi : 27 °C

Conclusions :

Malgré plus de 200 m² de surfaces vitrées, le bâtiment consommerait 64 kWh/m²/an (chauffage) avec 3 scénarii d'occultation adaptés suivant les saisons (été, hiver, mi-saison), ce qui le correspond quasiment à un niveau BBC.



La climatisation améliore le confort d'été, du fait de la faible inertie (Simulation 3 sans climatisation : taux d'inconfort = 11.2% et température maxi = 32.9°C).



Toutefois, la gestion thermique pourrait être optimisée grâce à la domotique, mais nous ne pouvons pas le simuler avec notre modèle.

b) Domotique

L'emploi de vitrages Climatherm (figure 15) sur la façade sud-est permet à la fois l'occultation et l'apport calorifique pour le chauffage. Des volets roulants électriques sont intégrés à la structure poteaux poutres derrière les façades vitrées pour isoler les vitrages la nuit durant la saison froide, et augmenter l'occultation des façades en été tout en permettant la captation solaire.

Une gestion des volets roulants en fonction de consignes de température permettra d'optimiser les apports solaires et de réduire les déperditions thermiques dans le but d'améliorer la consommation énergétique. De même pour l'échangeur de la ventilation double flux. Enfin, l'ambiance lumineuse programmée mettra en valeur le bâtiment la nuit même en dehors des heures d'ouverture.



Figure 15 : vitrage Climatherm façade Sud-Est

Annexe I : Détail des taux de travaux obtenus pour les éléments de maillage

Pièce	Section	Matériau	Axial-Flexion	Cisaillement	Flambement	Déversement	Flèches
1300	R20x40	C30	76,7 %	93,4 %	64,3 %	45,1 %	21,1 %
1301	R15x30	C24	22 %	42,6 %	41,3 %	29,9 %	6,7 %
1302	R15x30	C24	78,3 %	71,6 %	5,2 %	22,1 %	17,2 %
1316	R15x30	C24	70,1 %	59 %	-	21,4 %	10,6 %
1317	R15x30	C24	92 %	80,8 %	-	28,9 %	15,5 %
1318	R15x30	C24	15,2 %	17,8 %	-	5,3 %	1,9 %
1321	R15x30	C24	71,8 %	90,8 %	-	33,4 %	18,5 %
1322	R15x30	C24	70,2 %	66,7 %	-	27,9 %	13,6 %
1325	R15x30	C24	94,7 %	55,1 %	49,7 %	34 %	21,5 %
1326	R15x30	C24	85,3 %	99,4 %	74 %	51,9 %	34,2 %
1327	R15x30	C24	14,4 %	21,5 %	16,4 %	9,9 %	4,6 %
1349	R15x30	C24	56,6 %	54,7 %	20,9 %	16,3 %	11,3 %
1350	R15x30	C24	2,8 %	12,9 %	4,4 %	1,7 %	2 %
1351	R15x30	C24	0,4 %	0 %	17,6 %	17,5 %	0 %

Ruban Haus

1. Concept architectural

- Intentions

La notion d'enveloppe du bâtiment est réinterprétée. Au delà de ses fonctions primaires de structure, de limite, de « cloison », etc., l'enveloppe de l'édifice dessiné propose de rompre avec les traditionnels éléments constitutifs de l'architecture. Les espaces architecturaux sont créés avec un seul élément, une bande continue en bois qui confond toitures, planchers et murs.

Ainsi, nous avons conçu un ruban de bois qui s'enroule pour créer des espaces fluides et dynamiques. L'analogie au copeau de bois est naturelle et significative pour un pavillon représentatif d'une entreprise de construction en bois qu'est Rubner.

- Architecture

A l'entrée, l'édifice déroule son « tapis » pour accueillir le visiteur et le guider à travers ses courbes.

Le visiteur découvre, ensuite, le généreux volume de l'« adventure room » qui s'organise sur deux niveaux avec un escalier hélicoïdal qui mène à la mezzanine.

2. Système constructif

Le principe structurel se résume à un système à ossature. La structure principale se constitue d'une ossature sur une trame de 1,20m construite avec un assemblage boulonné d'éléments usinés en bois massif. Des éléments de 1,10m de longueur (2 variétés) subdivisent les courbures pour obtenir un rayon d'arc de cercle de 1m, tandis que les parties planes emploient des poutres. Ces avivés sont pré-assemblés par sections de « ruban ». L'isolant thermique et les panneaux trois-plis de contreventement sont mis en place avec l'ossature. Les sections assemblées sont ensuite montées sur chantier à l'aide d'un camion grue.

3. Efficacité thermique

L'isolation des parois est assurée par 30+5 cm de laine de bois ($U=0,125$). Les menuiseries extérieures utilisent un triple vitrage peu émissif, dont des vitrages Climatherm sur façade sud-est permettant

Ruban Haus

1. Architectural concept

- Intentions

The notion of envelope of the building is reinterpreted. Beyond its primary functions of structure, limit, "partition", etc., the envelope of the drawn building suggests breaking with the traditional constituent elements of the architecture. The architectural spaces are created with a single element, a wooden continuous strip which merges roofs, floors and walls.

So, we designed a wooden ribbon which winds to create fluid and dynamic spaces. The analogy with the wood shaving is natural and significant for a representative detached house of a wood construction company which is Rubner.

- Architecture

At the entry, the building unwinds its "carpet" to welcome the visitor and guide him through its curves.

The visitor discovers, then, the generous volume of the adventure room which is organized on two levels with a helical staircase which leads to the mezzanine.

2. Structural system

The structural principle amounts to a system of framework. The main structure is constituted of a skeleton on a weft of 1,20m built with an assembly screwed by massive wooden manufactured short elements. These elements of 1,10m of length subdivide the curvatures to obtain a radius of arc of 1m. They are pre-assembled by sections of "ribbon". The thermal insulation and the three-folds panels of contreventement are set up with the framework. The assembled sections are then set up on construction site by means of a truck crane.

3. Energy efficiency

The insulation of walls is assured by 30+5 cms of wood fiber panels ($U=0,125$). The outside joineries use a triple low emissive glazing, with a Climatherm glazing on the southeast facade allowing heating and blanking. The structure integrates roller blinds to insulate the windows at night during the cold periods, and increase the blanking of the outside

l'occultation et le l'apport calorifique pour le chauffage. Des volets roulants sont intégrés à la structure pour isoler les vitrages la nuit durant la saison froide, et augmenter l'occultation des façades en été. Malgré plus de 200 m² de surfaces vitrées, le bâtiment consommerait 64 kWh/m²/an (chauffage et climatisation)

4. Domotique

Une gestion des volets roulants en fonction de consignes de température permettra d'optimiser les apports solaires et de réduire les déperditions thermiques dans le but d'améliorer la consommation énergétique. De même pour l'échangeur de la ventilation double flux. Enfin, l'ambiance lumineuse programmée mettra en valeur le bâtiment la nuit même en dehors des heures d'ouverture.

5. Compétitivité

Ce projet développe le traditionnel système d'ossature bois en l'adaptant à des formes courbes. Cette transposition d'un système, initialement utilisé pour des surfaces planes, à un style courbe, conventionnellement réalisé en lamellé-collé, devrait trouver de nombreuses autres applications. D'autre part, cela démontre la capacité d'adaptation de techniques usuelles à des formes plus innovantes et libérées.

joinery during summer. In spite of more than 200 m² of glazed surface, the building would consume 64 kWh / m² / year.

4. Automation system

Using temperature rules to pilote the roller blinds will allow to optimize the solar contributions and to reduce the thermal decreases with the aim of improving the energy consumption. As well as for the heat exchanger of the double ventilation flow. Finally, the scheduled artificial light installation will emphasize the building during the night even out of hours.

5. Market viability

This project develops the traditional system of frame wood structure by adapting it to curved forms. This transposition of a system, usually for straight surfaces, in a curved style, formally realized with glue-lame, should find other numerous applications. On the other hand, it shows the capacity of adaptation of usual techniques to more innovative forms.



BAILLY Maxime, architecte
DUCLOISET Julie, ingénieur
LASCOUMES Franck, ingénieur
MALVY-FLEURY Guillaume, ingénieur
MORRIS Samuel, architecte

Master ABC 2011-2012 - Projet décembre 2011

e/n/s/t/i/b

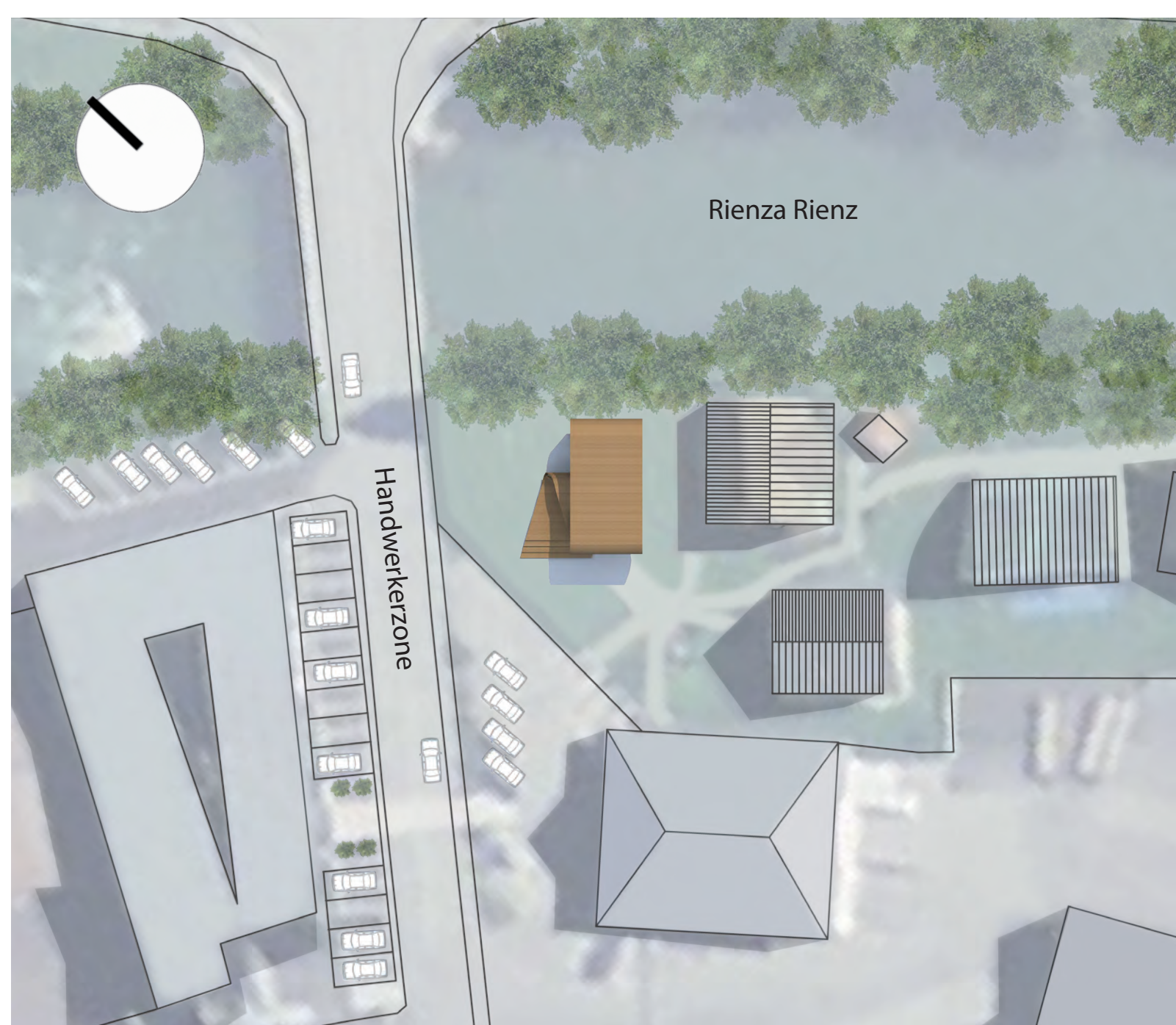
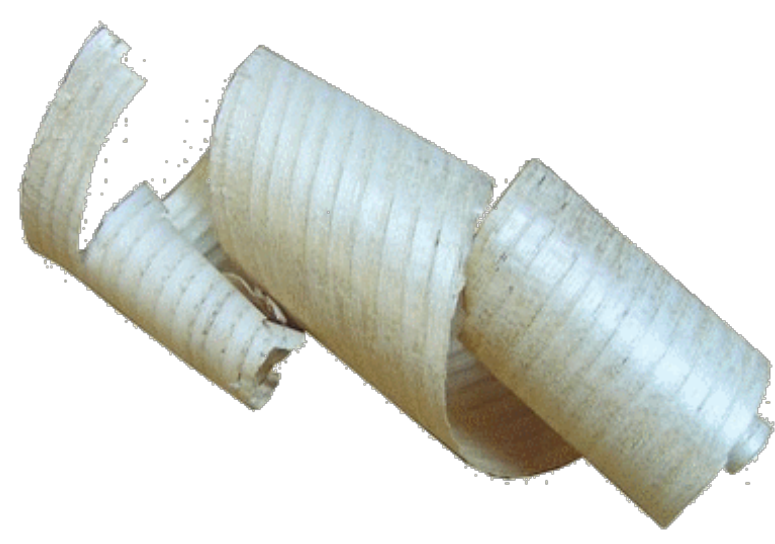


Strasbourg,
école d'architecture

RUBNER



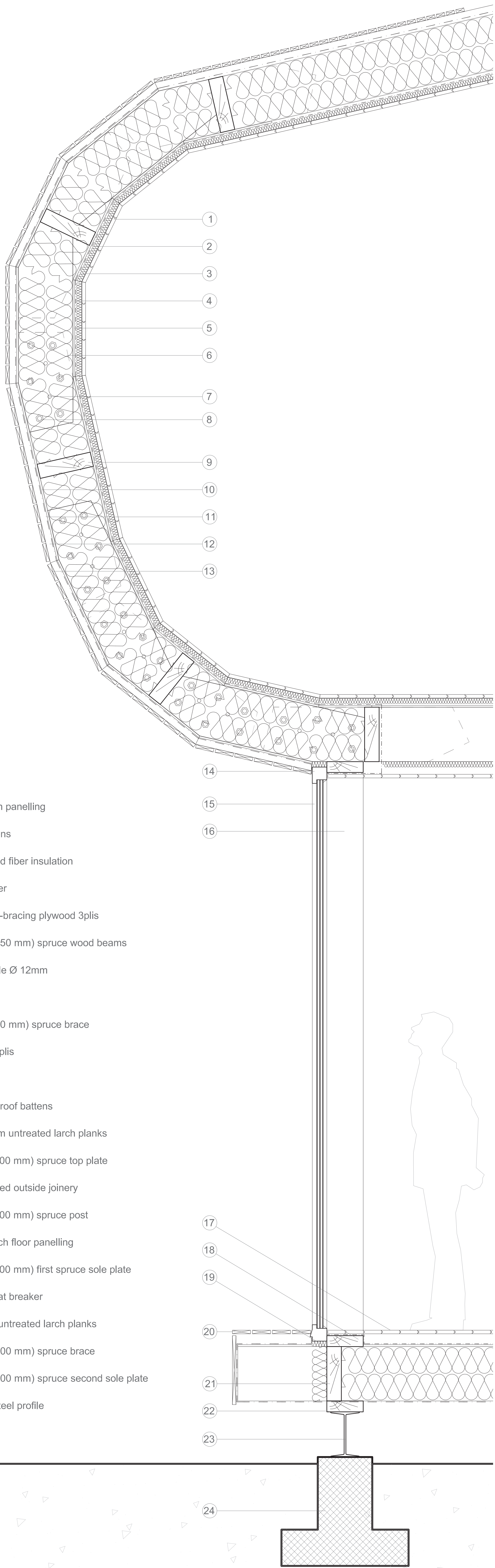
ENTRANCE VIEW



MASTER PLAN 1/500

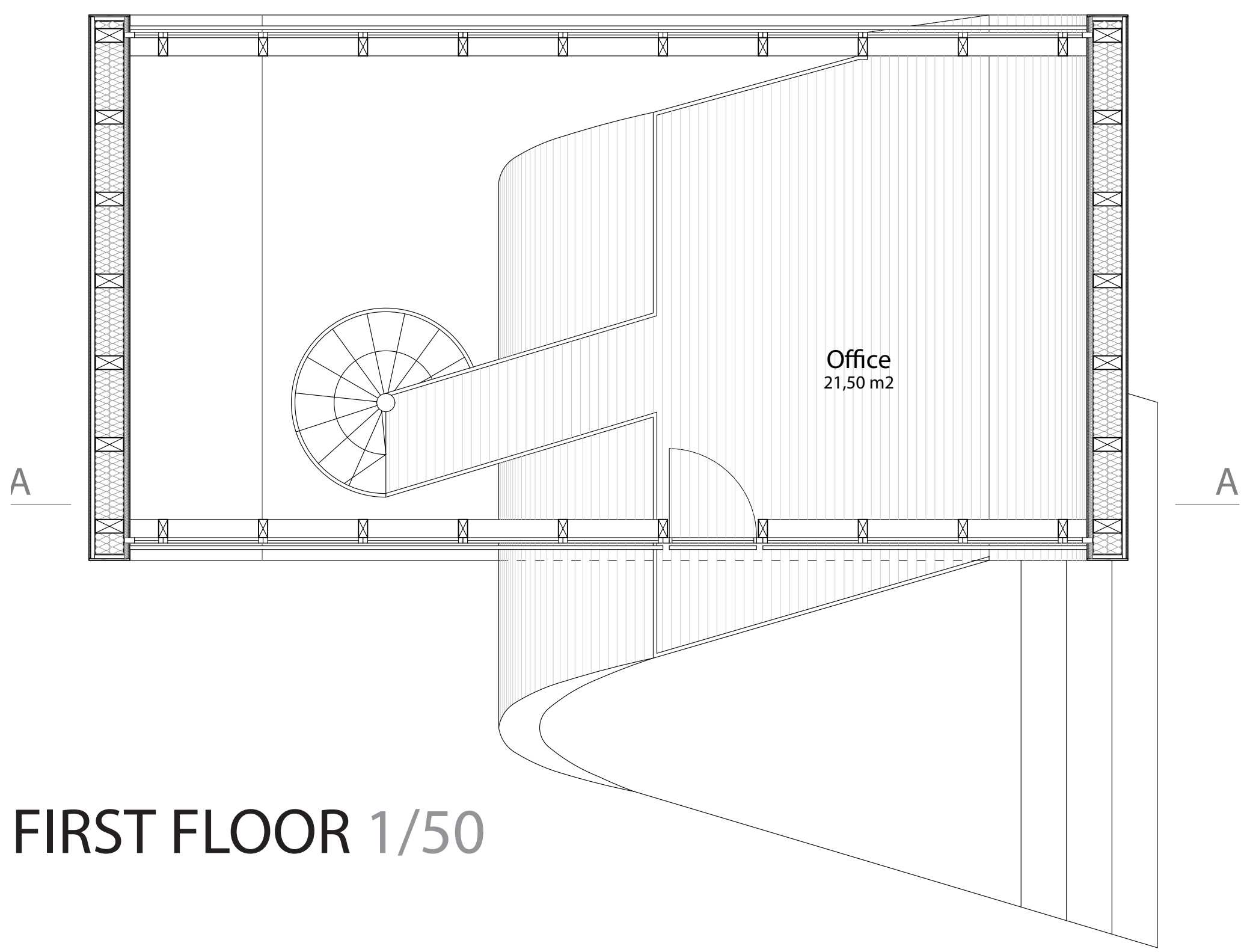


VIEW FROM RUBNER OFFICES

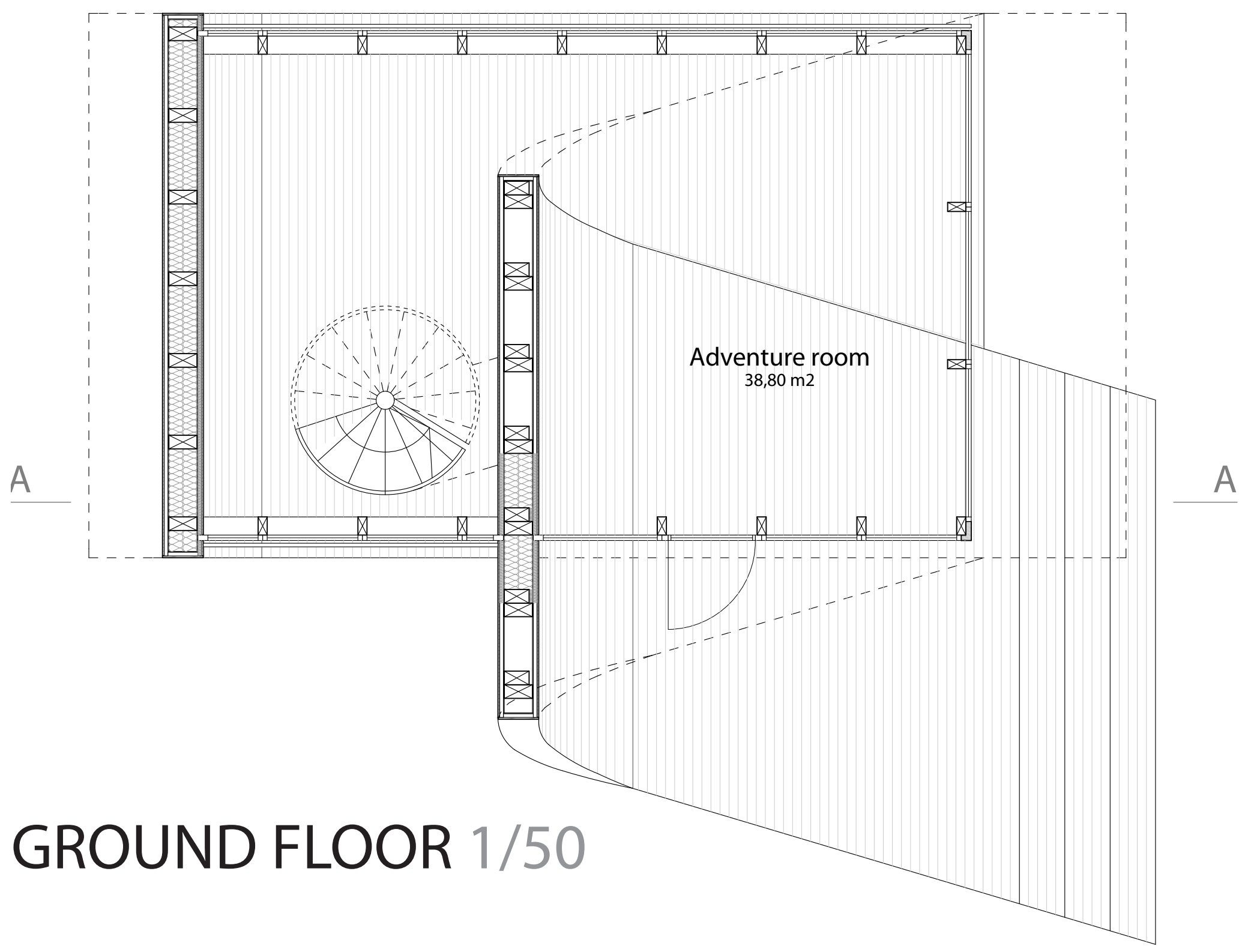


- 1. 22 mm larch panelling
- 2. 40x40 battens
- 3. 40 mm wood fiber insulation
- 4. Vapor barrier
- 5. 22mm wind-bracing plywood 3plis
- 6. C24 (300x150 mm) spruce wood beams
- 7. Shearing axle Ø 12mm
- 8. Bolt, 6 M20
- 9. C24 (80x300 mm) spruce brace
- 10. Plywood 3plis
- 11. Air barrier
- 12. 40x40mm roof battens
- 13. 20x100 mm untreated larch planks
- 14. C18 (60x200 mm) spruce top plate
- 15. Triple glazed outside joinery
- 16. C18 (60x200 mm) spruce post
- 17. 22 mm larch floor panelling
- 18. C18 (60x200 mm) first spruce sole plate
- 19. 30 mm heat breaker
- 20. 2x10 mm untreated larch planks
- 21. C24 (80x300 mm) spruce brace
- 22. C18 (60x200 mm) spruce second sole plate
- 23. IPN 240 steel profile
- 24.

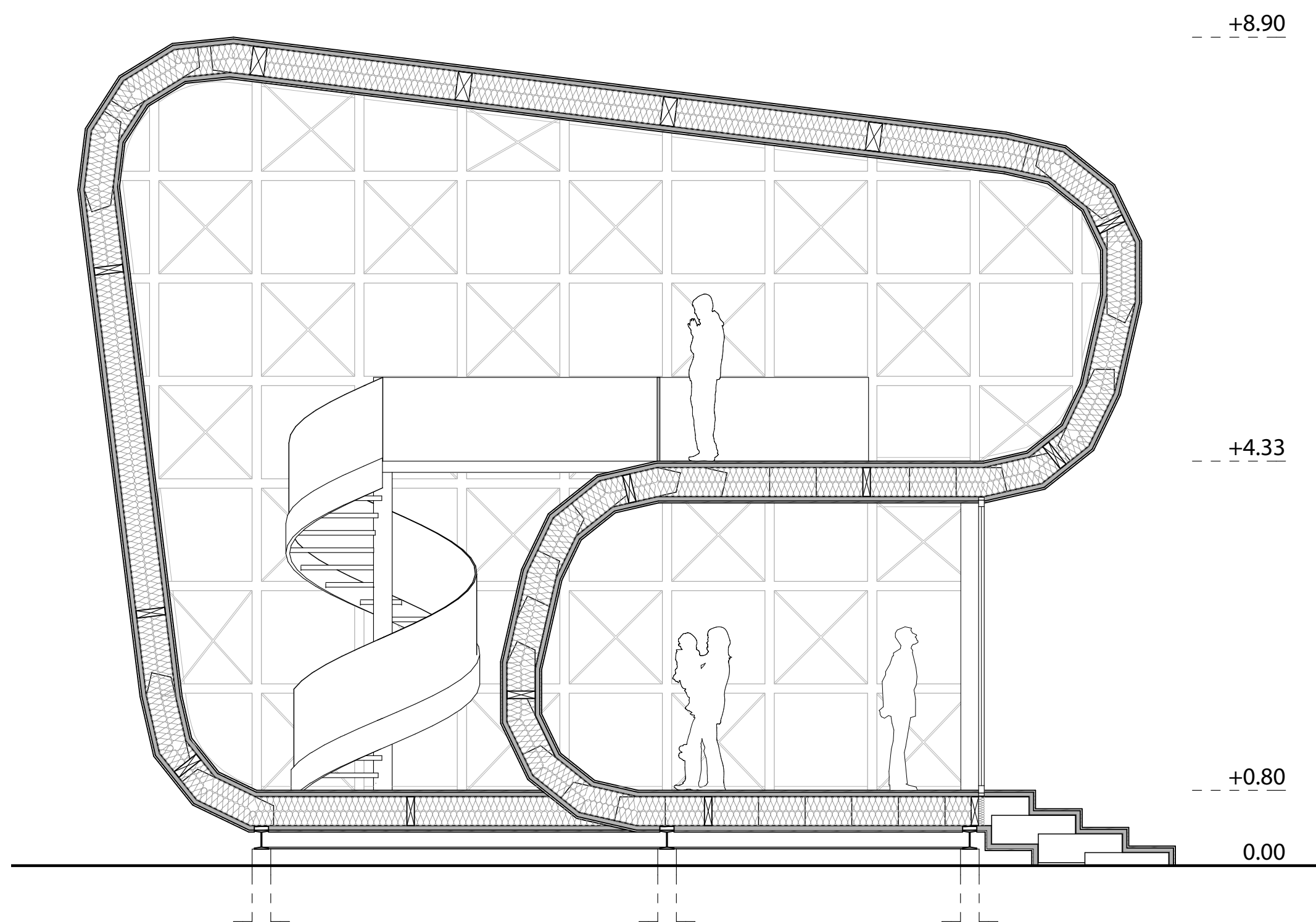
DETAILED SECTION 1/10



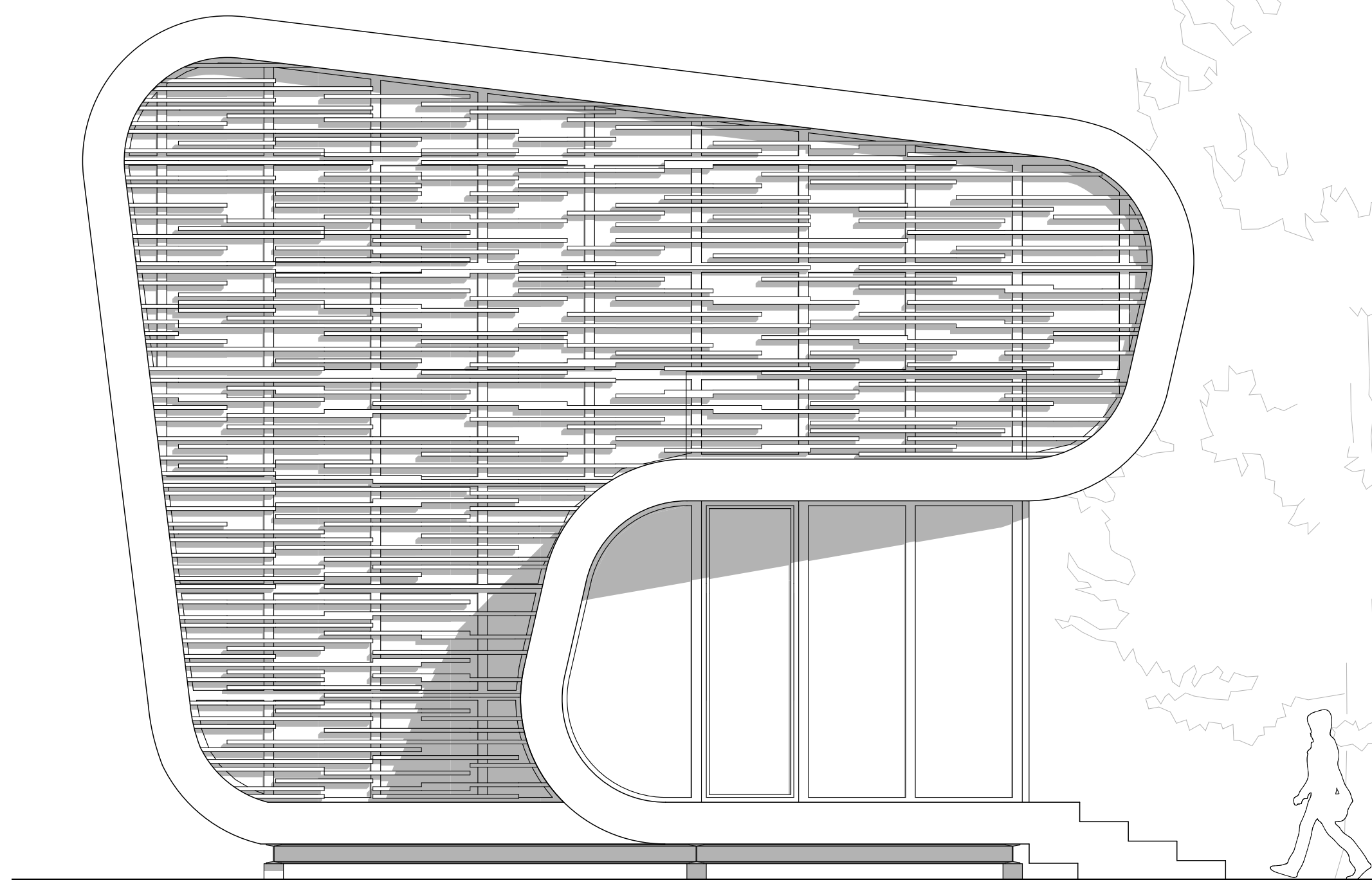
FIRST FLOOR 1/50



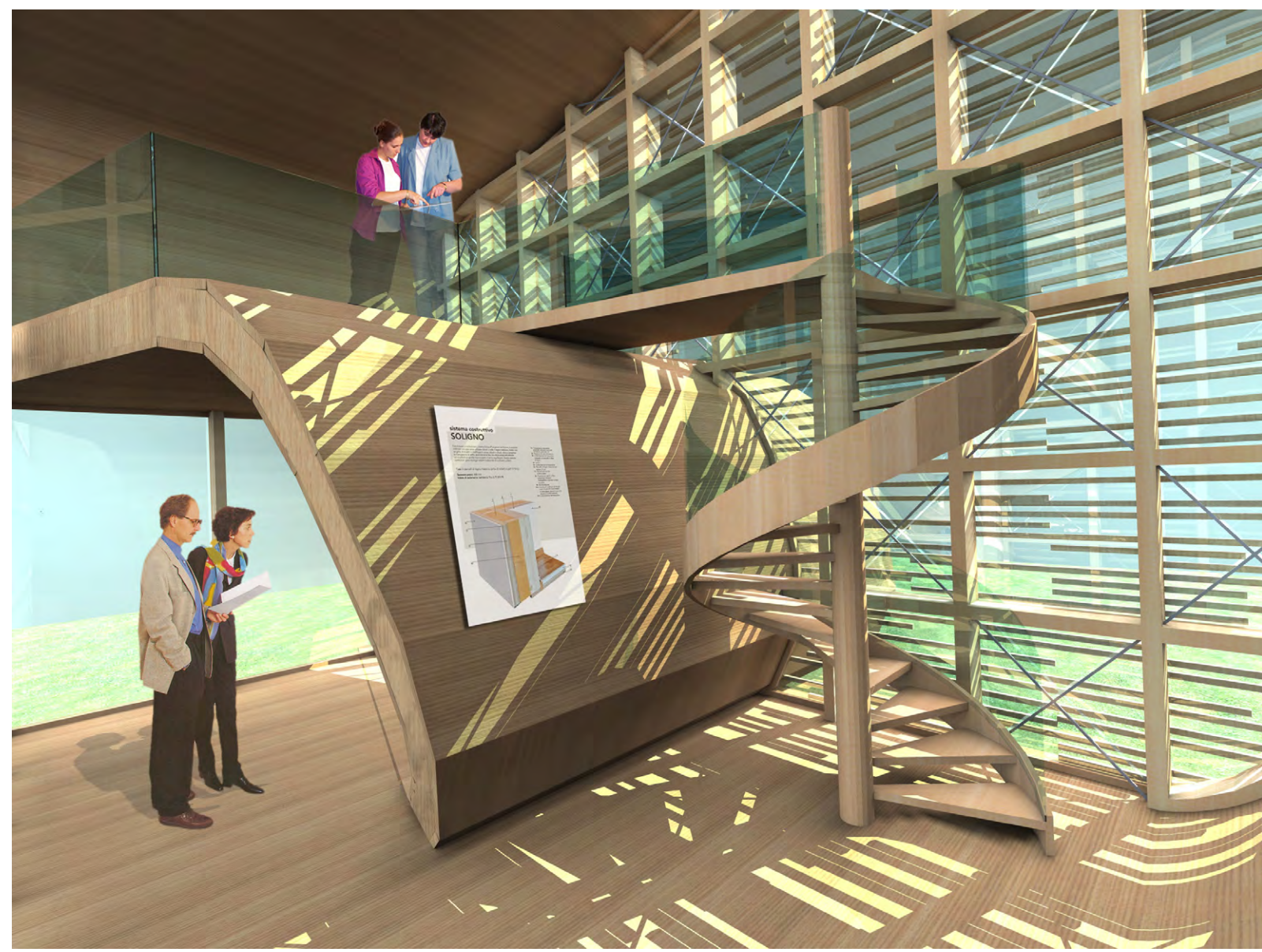
GROUND FLOOR 1/50



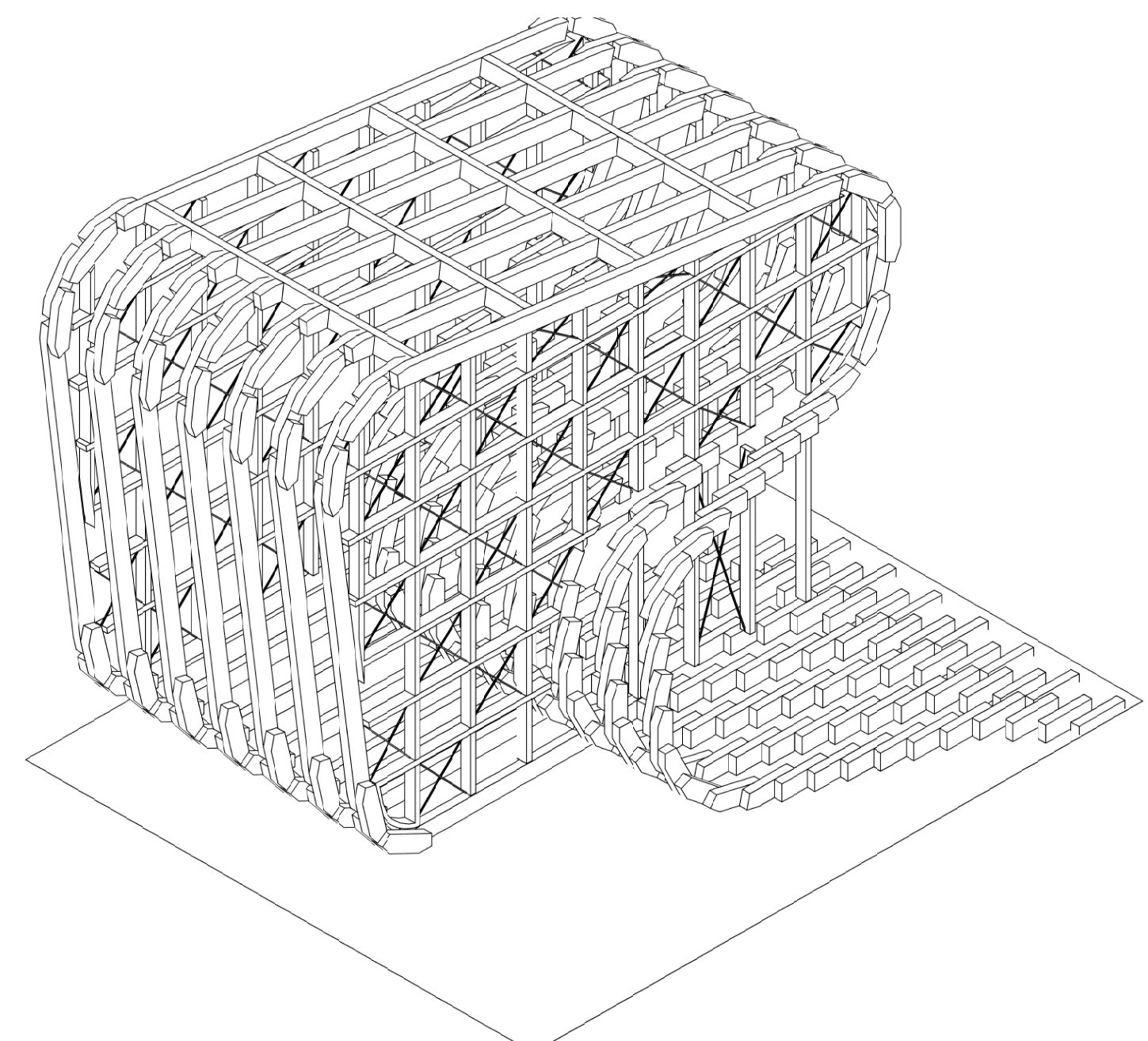
SECTION AA 1/50



WEST 1/50



INSIDE VIEW



AXONOMETRIC VIEW

Projet décembre 2011
 Master pédagogique : Master ABC 2011-2012

RUBAN HAUS

Bailly Maxime, architecte
 Ducloiset Julie, ingénieur
 Lascoumes Franck, ingénieur
 Malvy-Fleury Guillaume, ingénieur
 Morris Samuel, architecte

e/n/s/t/i/b
 Strasbourg, école d'architecture