



HAL
open science

Living wall

Anthony Caligiuri, Pauline Colombo, Anaïs Dechamps, Quentin Debarbouille,
Jean-Baptiste Trebaol

► **To cite this version:**

Anthony Caligiuri, Pauline Colombo, Anaïs Dechamps, Quentin Debarbouille, Jean-Baptiste Trebaol.
Living wall. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2012. hal-01873443

HAL Id: hal-01873443

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01873443>

Submitted on 13 Sep 2018

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

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



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

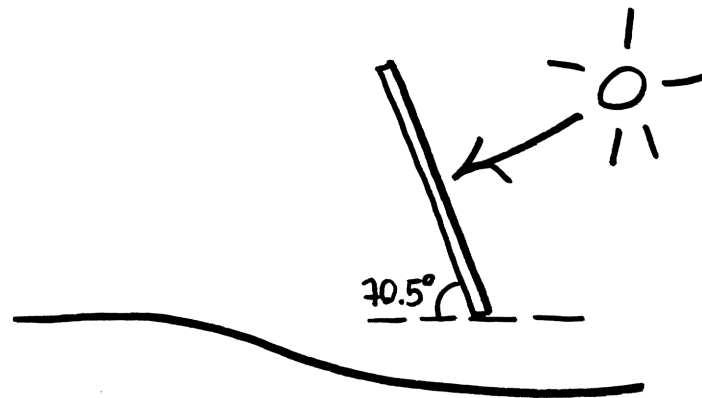
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

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

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

RUBNER COMPETITION

living wall



Rubner Haus Project | IT

/// Competition in EPINAL - December 2011

Team 4 - Living Wall - France

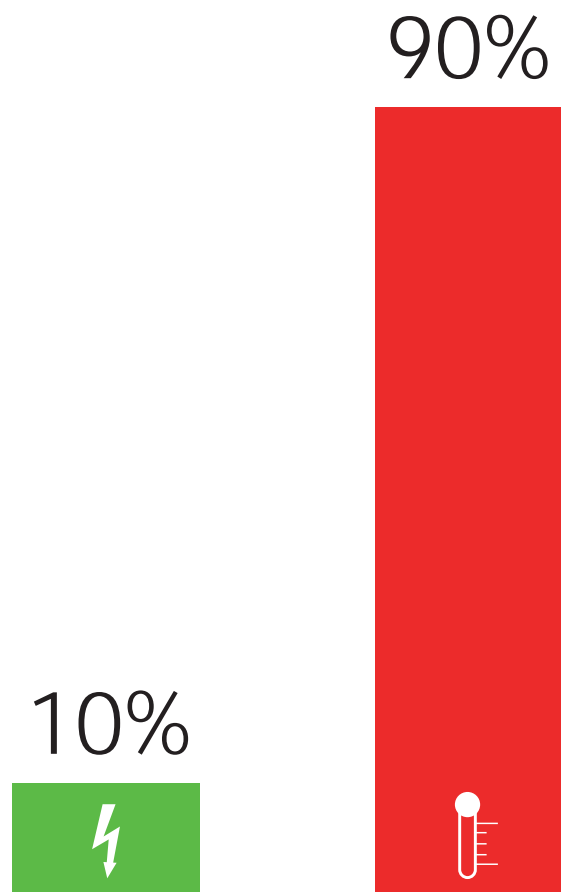
Anthony Caligiuri - Architecte

Pauline Colombo - Architecte

Anaïs Dechamps - Architecte

Quentin Debarbouille - Ingénieur

Jean-Baptiste Trebaol - Ingénieur



En europe, seulement 10% de la consommation énergétique du secteur du bâtiment est utilisé pour l'électricité.

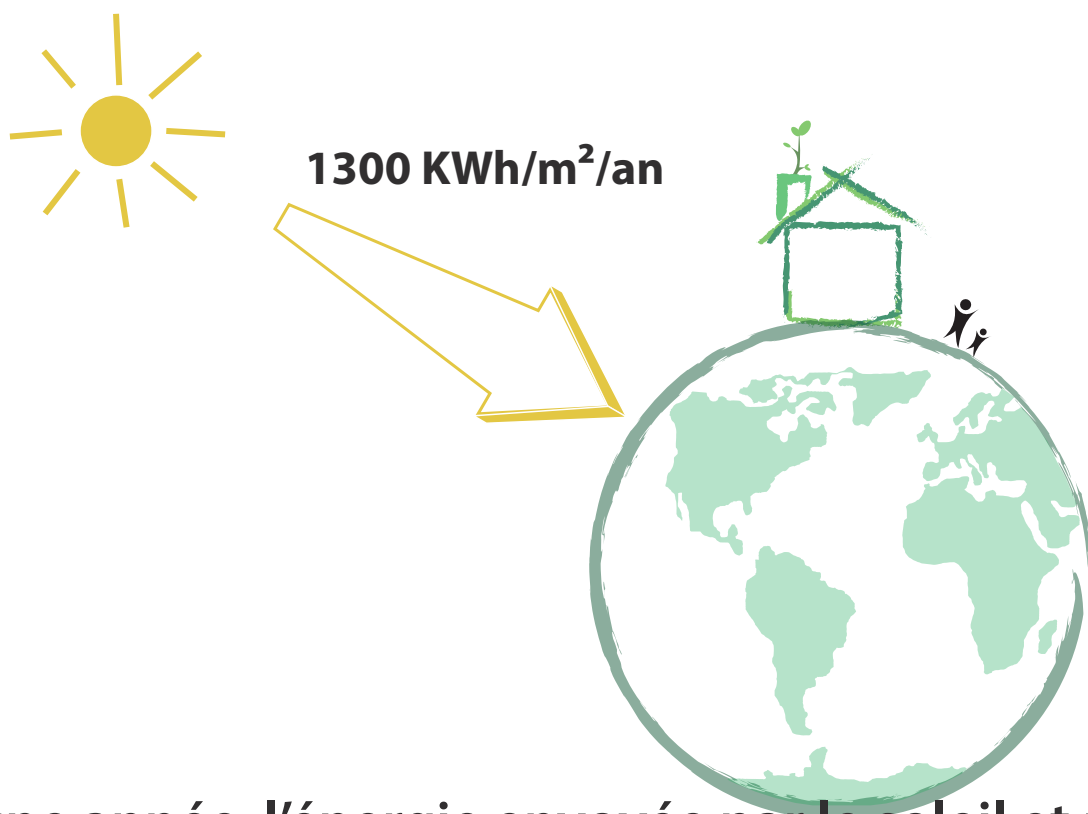
Le reste, c'est à dire 90%, est utilisé pour le chauffage.

**COMMENT POUVONS
NOUS REDUIRE NOTRE
CONSOMMATION DE
CHAUFFAGE ?**

OIL	0.037 €/kWh	
GAS	0.031 €/kWh	
COAL	0.016 €/kWh	
NUCLEAR	0.0012 €/kWh	
BIOMASS	0.039 €/kWh	
WIND	0.040 €/kWh	
WAVE	0.048 €/kWh	
SOLAR	0.068 €/kWh	

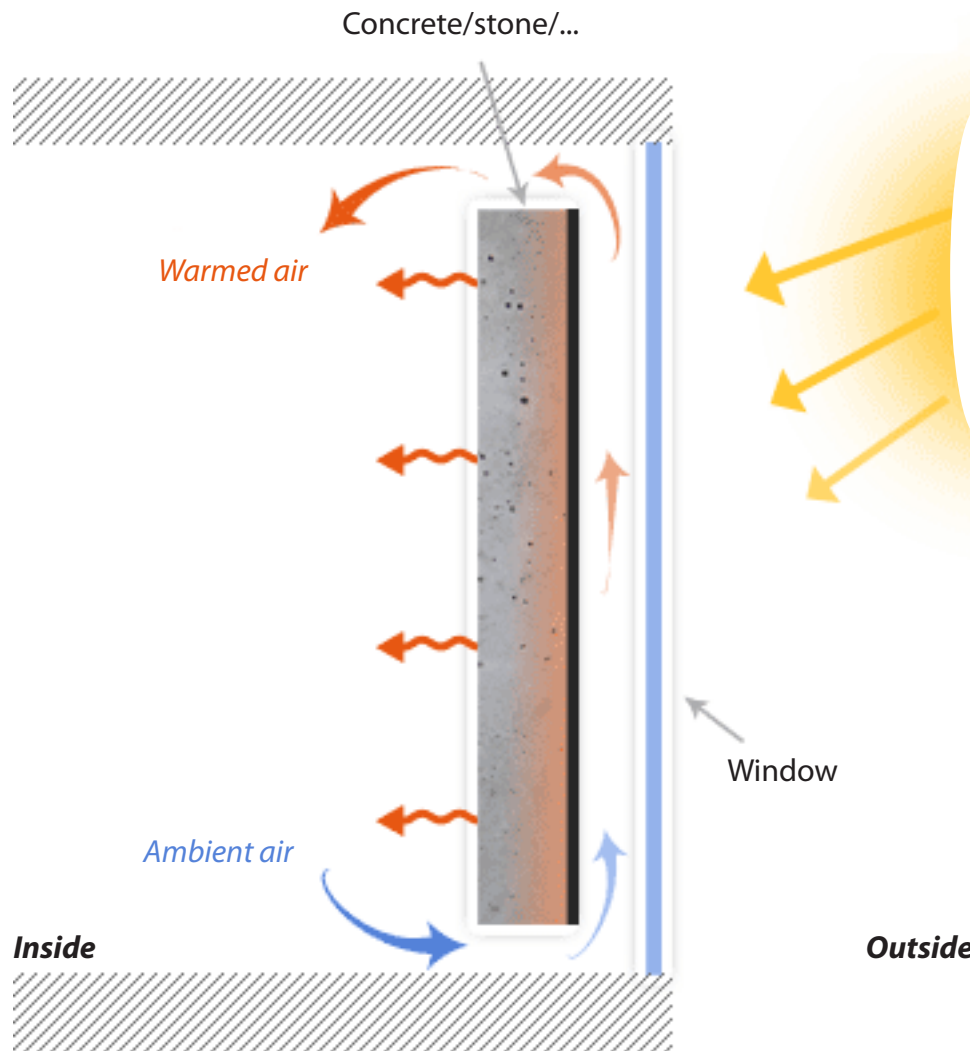
Aujourd'hui, le problème des énergies renouvelables est le coût élevé des installations servant à les utiliser, à les stocker...

Pourtant, le soleil est une source naturelle et gratuite de chaleur !



Sur une année, l'énergie envoyée par le soleil et reçue par la terre représente 15000 fois notre consommation énergétique totale.

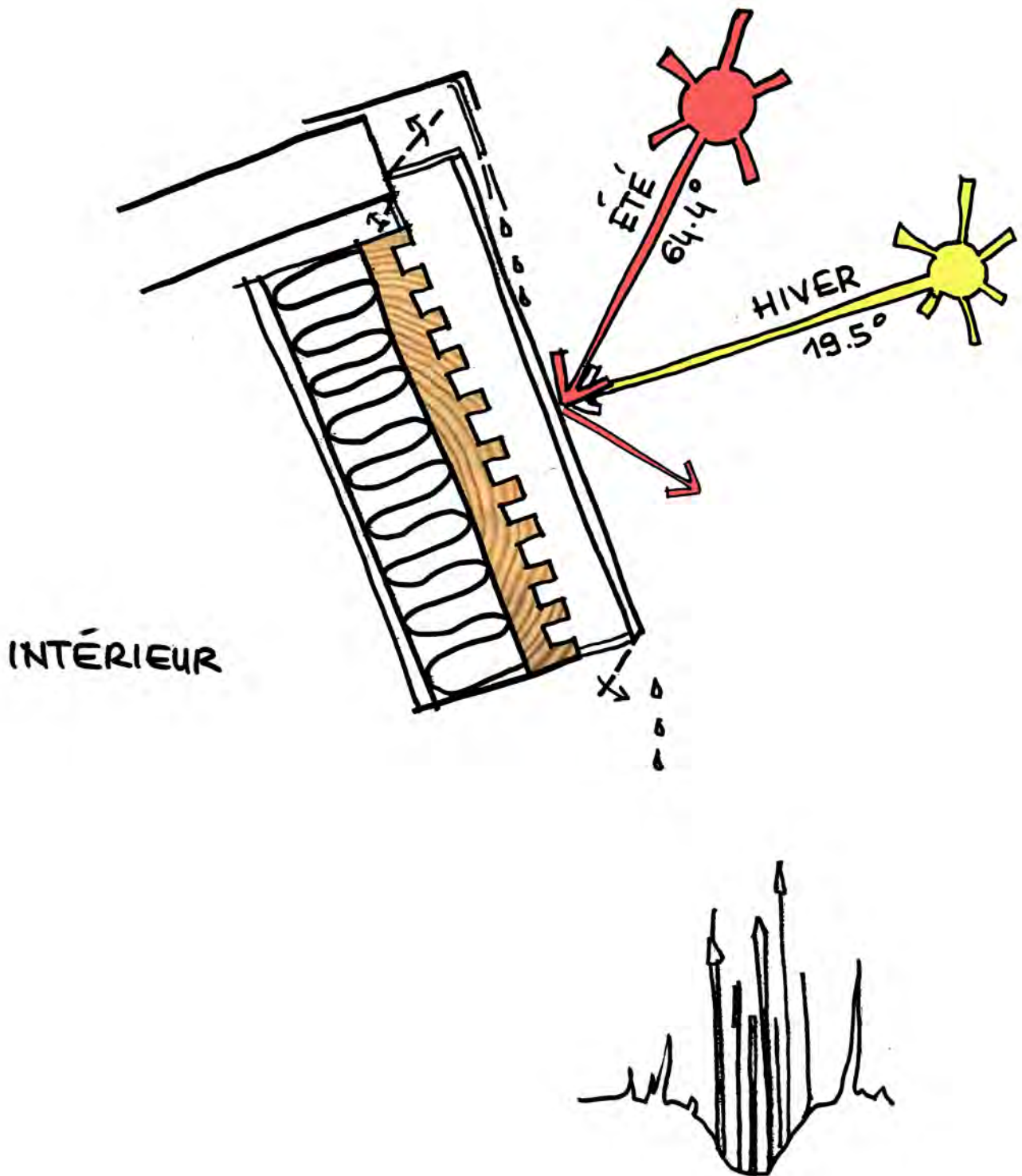
UNE OBSERVATION DE BASE...



1881 - L'ingénieur Felix Trombe et l'architecte Jacques Michel développent un mur capteur constitué d'un bloc de matériau à forte inertie qui accumule l'énergie solaire durant la journée pour la restituer la nuit.

Un verre est placé en face de ce mur afin de créer un effet de serre pour réchauffer l'air circulant entre ces deux éléments.

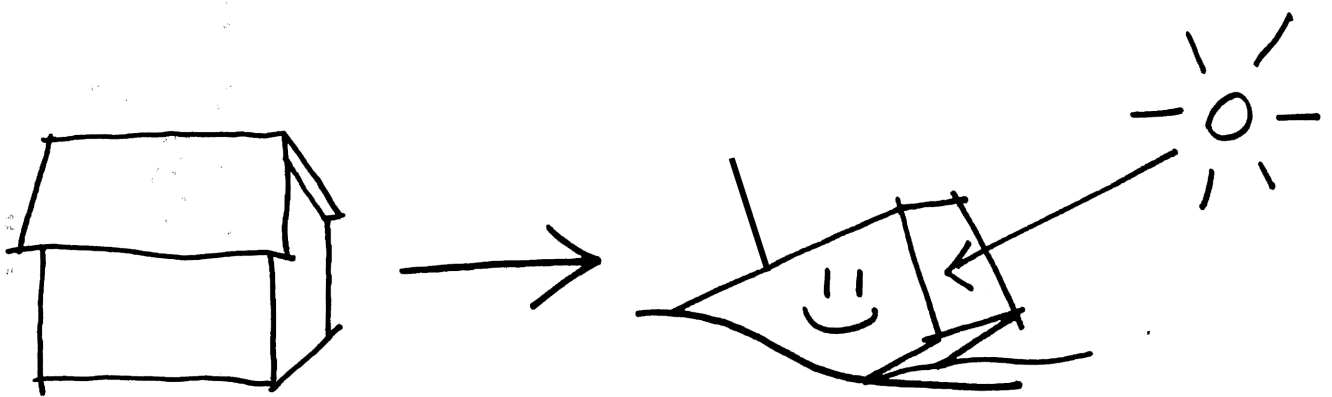
... UN SYSTÈME INNOVANT



Living wall est un mur composé d'un absorbeur en bois constitué de petites lamelles ainsi que d'un verre. L'air circulant entre les deux est utilisé pour refroidir la paroi en été, tout comme l'eau qui s'écoule sur la paroi vitrée. En hiver, l'air sert cette fois-ci à rechauffer le bâtiment.

Les lamelles sont orientées de telle sorte qu'en hiver la totalité du soleil soit captée par l'absorbeur. A l'inverse, en été, les lamelles se font de l'ombre les unes aux autres afin d'éviter une surchauffe.

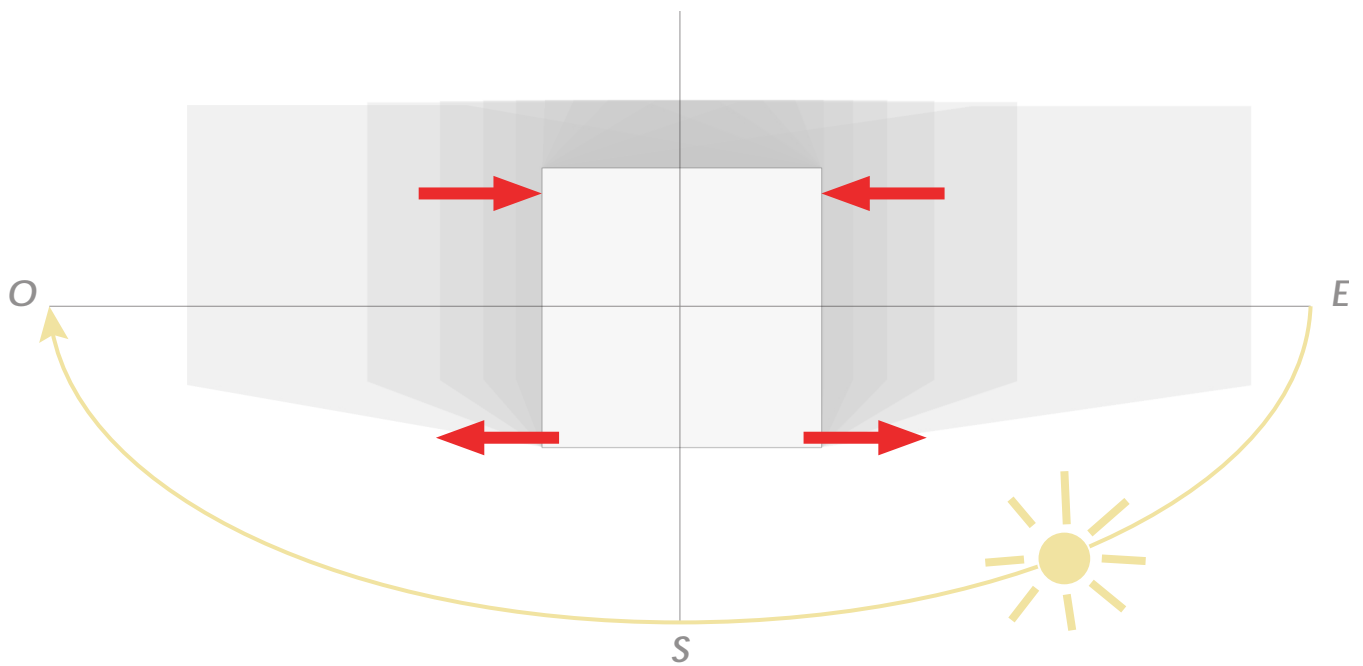
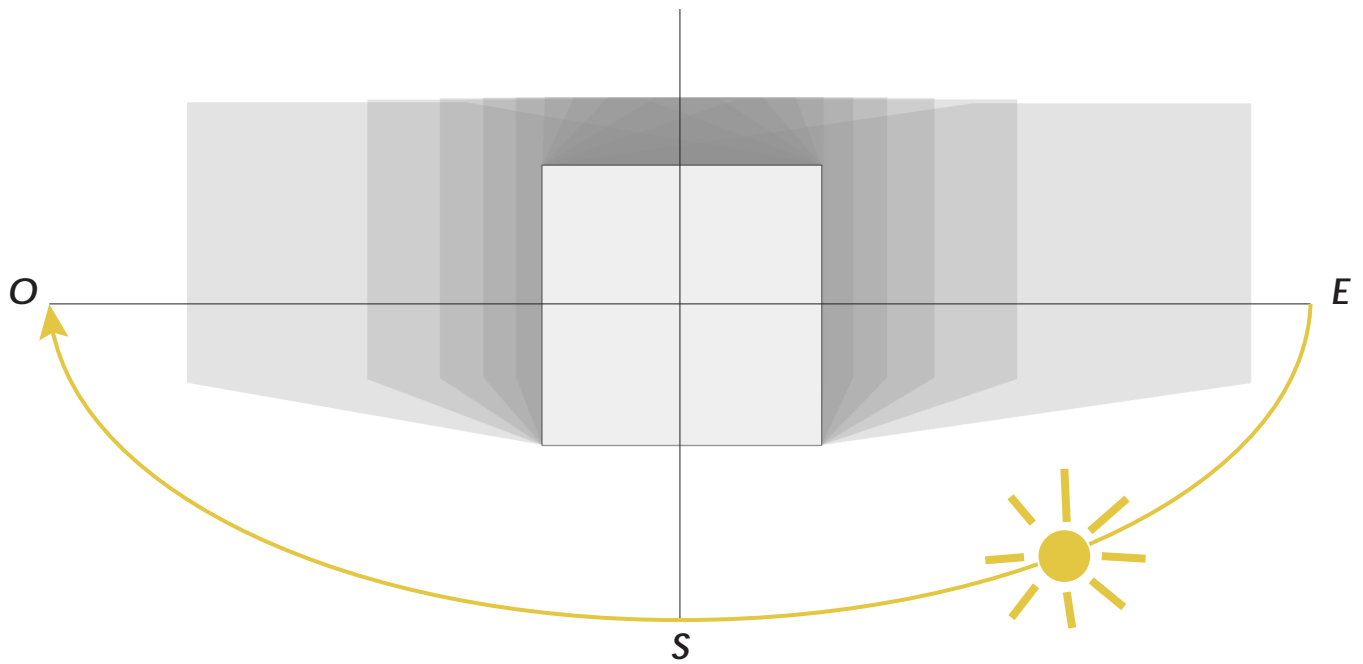
**LES RAYONS DU SOLEIL
SONT ESSENTIELS AU
BON FONCTIONNEMENT
DE LA PAROI.**



**COMMENT LES
MAXIMISER AU SEIN DU
BÂTIMENT ?**

Avec un plan carré, seulement 3 façades sont exposées au soleil durant la journée.

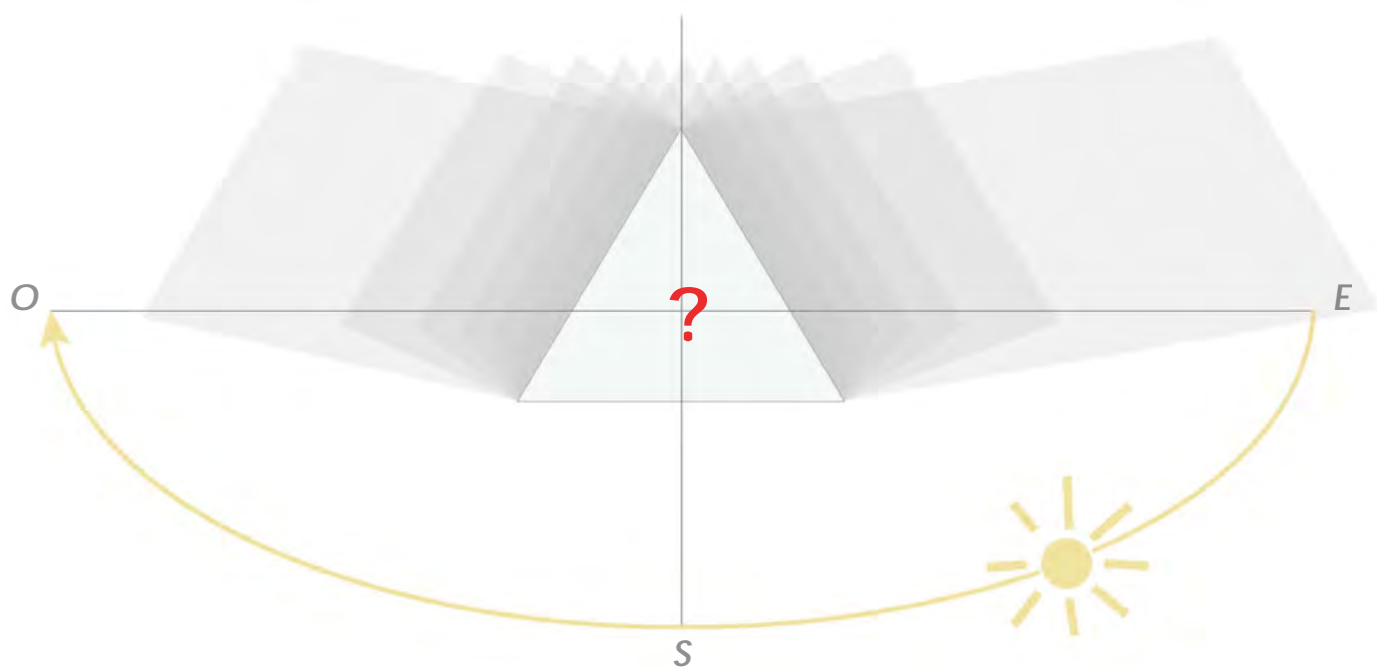
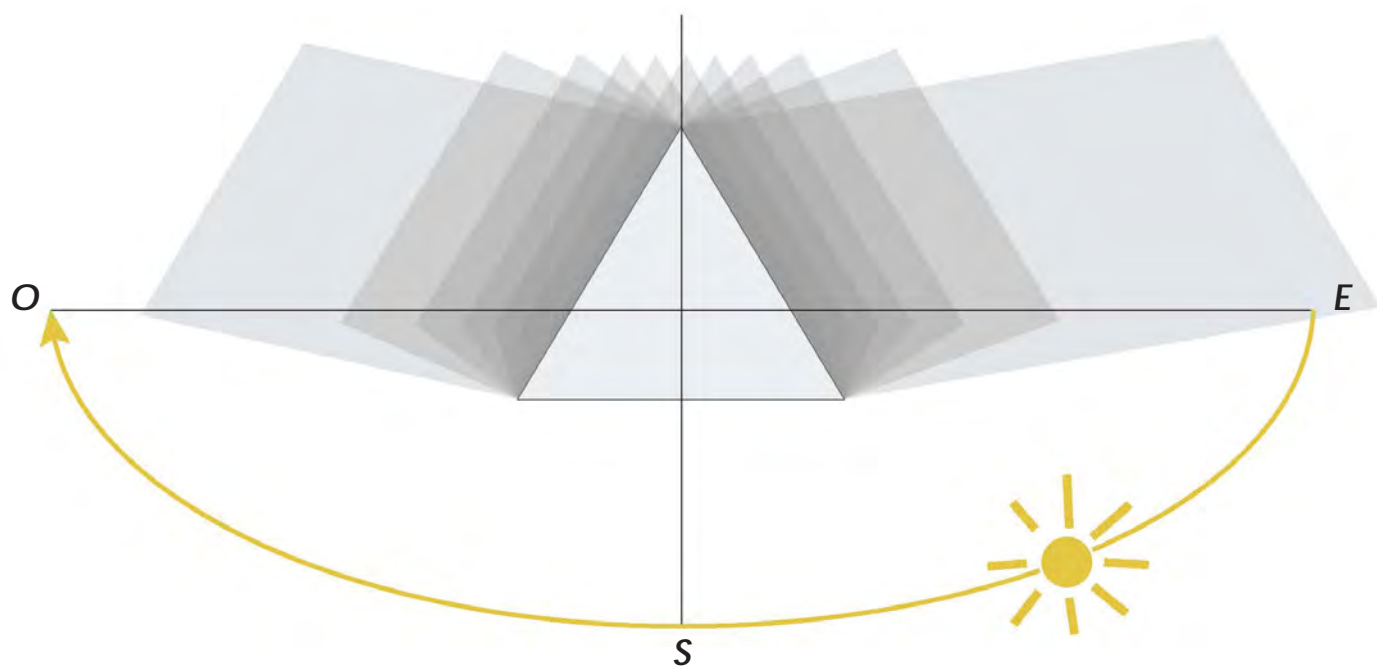
La façade nord est toujours à l'ombre.



OPTIMISATION DE LA FORME !

Avec un plan triangulaire, toutes les façades sont exposées au soleil durant la journée.

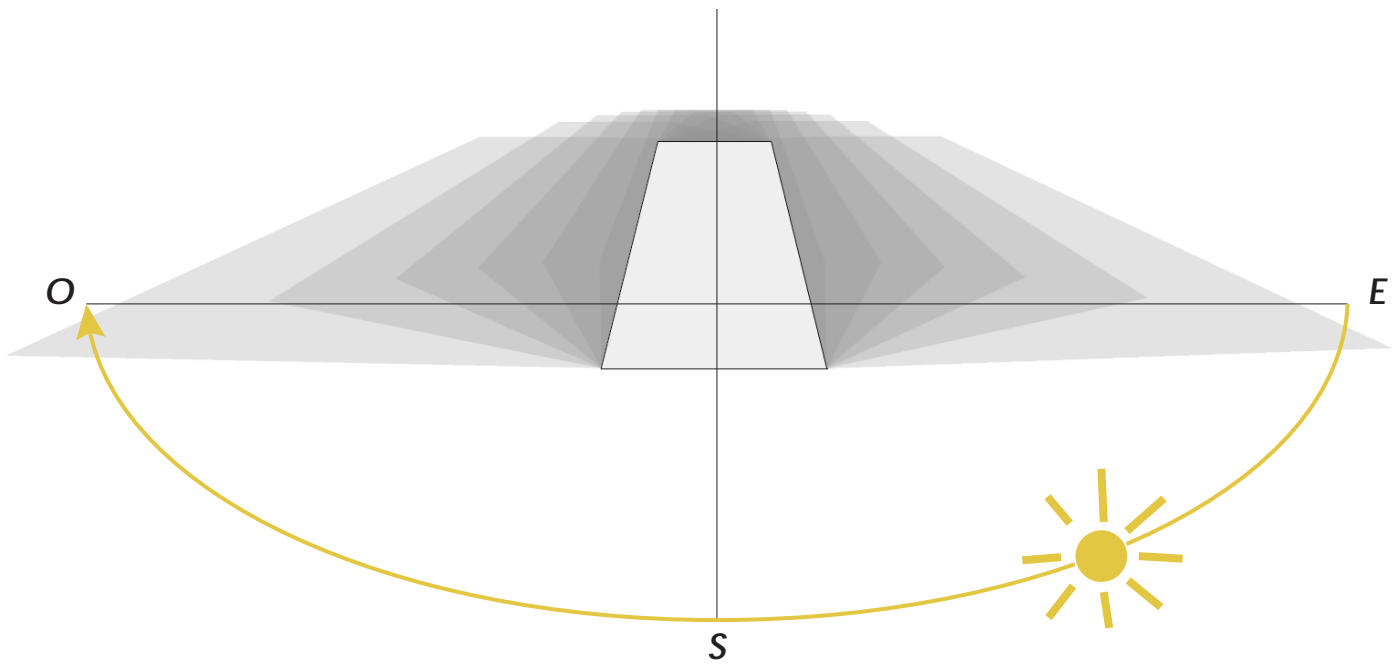
La façade sud est la plus importante.



OPTIMISATION DE LA FORME !

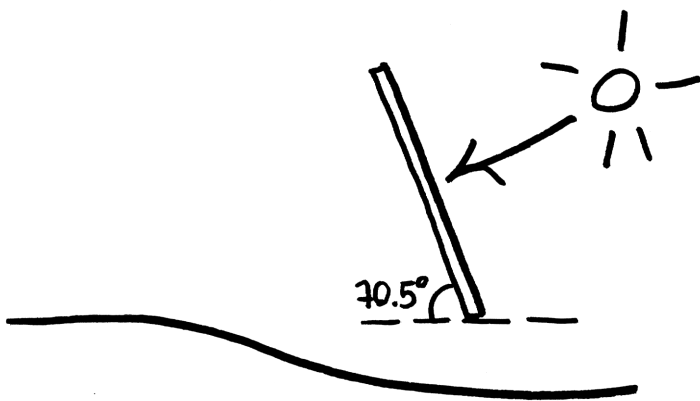
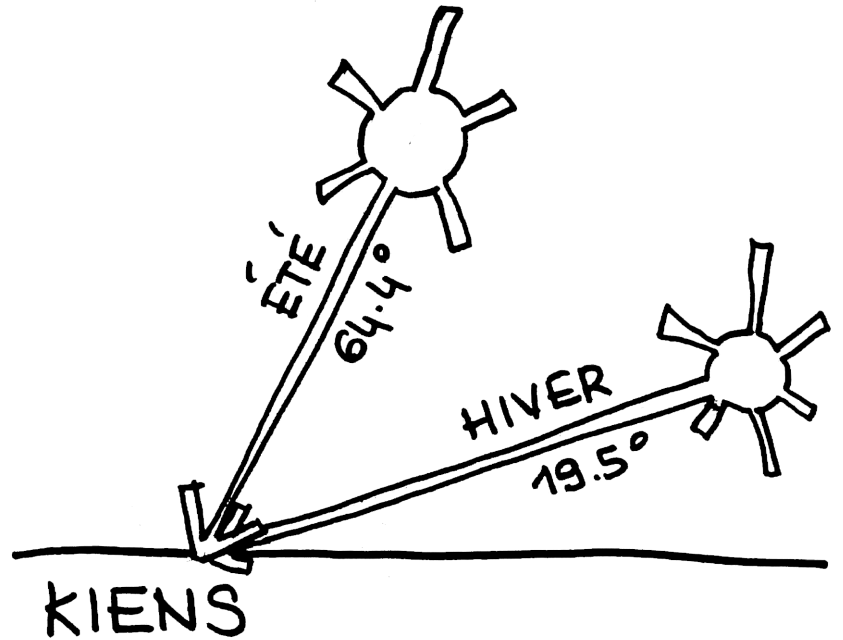
Avec un plan en trapèze, la façade sud est maximisée : c'est la plus importante.

La façade nord est minimisée.



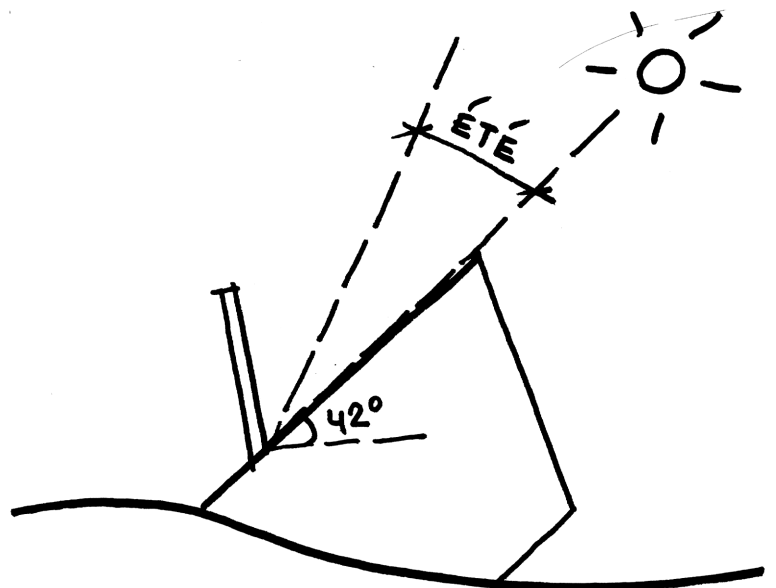
CONCEPT DU BÂTIMENT

D'après nos analyses, le soleil le plus bas à Kiens est incliné à 19.5° et le soleil le plus haut à 64.4° .



Afin de capter au maximum les rayons solaires en hiver, le mur sud est incliné perpendiculairement au soleil le plus bas.

La toiture est inclinée de façon à éclairer la cheminée thermique principalement en été.



PLAN MASSE ET PARCOURS ARCHITECTURAL



Le projet ayant un fort concept énergétique, la forme du bâtiment a été dessinée en fonction des exigences d'ensoleillement.

Tout d'abord sa situation sur le terrain dégage un large espace au Sud pour qu'aucun élément ne vienne masquer le Living Wall qui a besoin d'un ensoleillement maximal. Au Nord, une bande végétale s'élève sur la toiture avec la cheminée qui vient s'en détacher. Le fait d'enterrer le bâtiment permet d'éliminer la façade Nord.

Le Living Wall s'élanche vers le soleil du fait de son inclinaison et de son décollement par rapport au sol, ce qui offre au bâtiment une impression de légèreté. Sur les façades Est et Ouest, l'idée d'inclinaison est conservée par le sens du bardage et des fenêtres qui suivent celle du Living Wall.

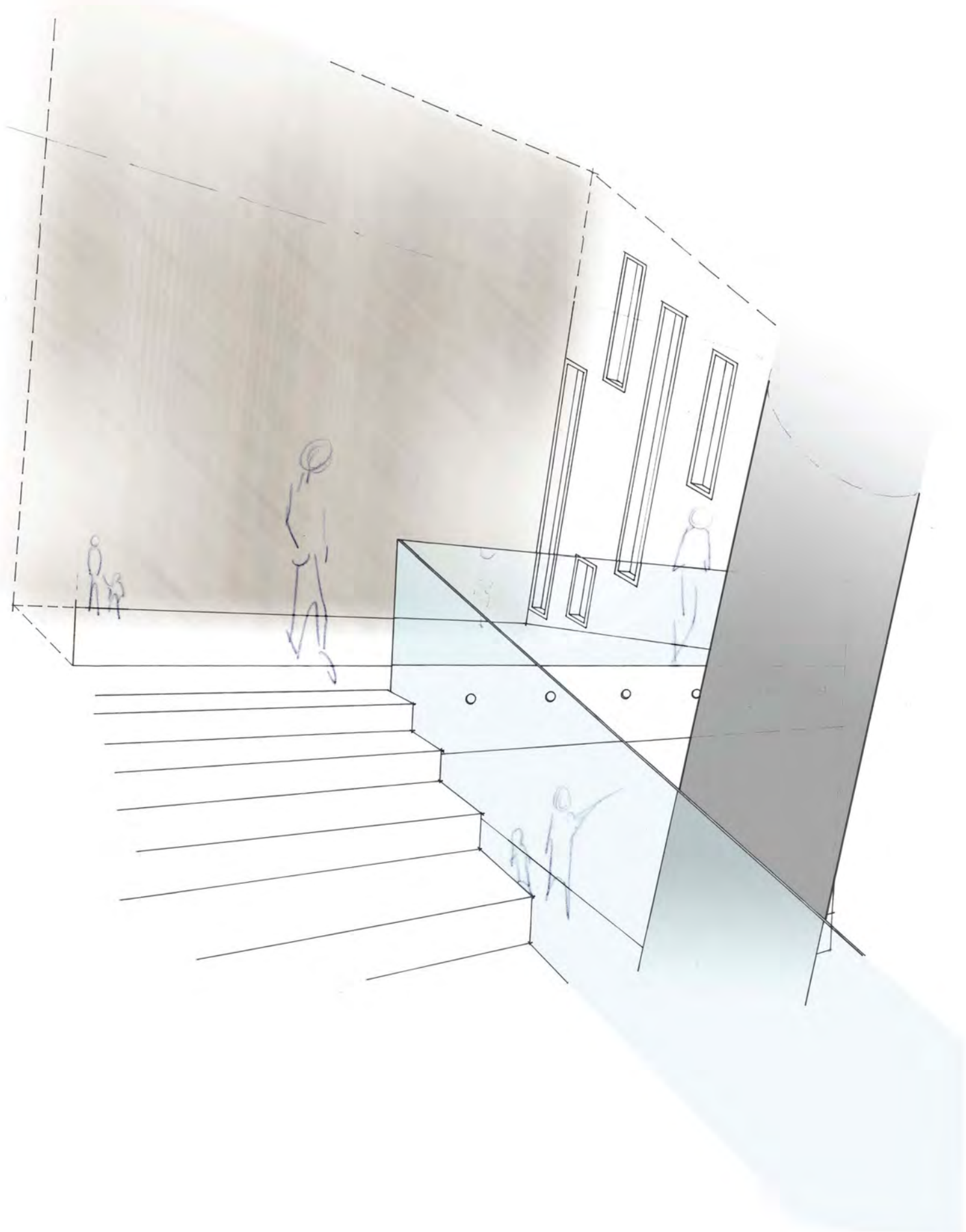
Après avoir traversé le bassin paysagé utilisé pour récupérer l'eau s'écoulant sur le vitrage en été côté Sud, on pénètre sous le bâtiment pour y entrer. Un large couloir se développe derrière l'entrée qui dessert le bureau vers l'Est, l'accueil et le local technique vers l'Ouest. La lumière zénithale nous guide vers l'espace de circulation qui nous mène à la salle d'exposition située à l'étage. Ce puits de lumière illumine et met en valeur la cheminée qui est entourée par l'escalier.

Enfin, la salle d'exposition est un grand espace laissé pur. Les ouvertures sont privilégiées sur les façades Est et Ouest. Deux fenêtres jouxtent le mur Sud complètement fermé afin de le détacher et le mettre en avant. Ce vaste espace peut donc être modulé librement.

PERSPECTIVE EXTÉRIEURE



CROQUIS INTÉRIEUR - SALLE D'EXPOSITION



LA CHEMINÉE SOLAIRE

PRINCIPE GÉNÉRAL DE FONCTIONNEMENT

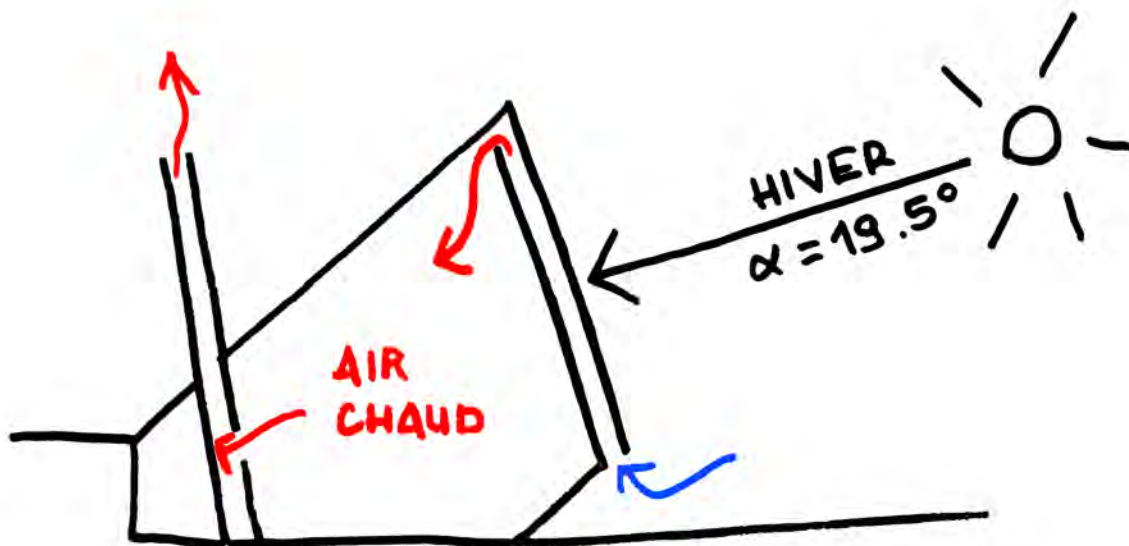
La cheminée solaire est un dispositif permettant d'améliorer la ventilation naturelle d'un bâtiment en utilisant le mouvement convectif de l'air chauffé passivement dans un conduit exposé au rayonnement solaire. Le gain de l'exposition directe réchauffe l'air à l'intérieur de la cheminée lui permettant de s'élever et d'aspirer celui venant du bas.

Dans le projet, la cheminée solaire complète le Living Wall. L'avantage de cette double conception est que le système peut être inversé selon les saisons, fournissant ainsi du chauffage solaire en hiver et de la ventilation passive ainsi que de la géothermie basse énergie en été.

Fonctionnement en hiver :

Tout d'abord, le Living Wall permet un chauffage passif régulier. Etant incliné perpendiculairement aux rayons solaires d'hiver, l'absorbeur à lamelles emmagasine un maximum d'énergie dans la journée pour le restituer par rayonnement durant la nuit grâce au déphasage. De plus, l'air qui s'engouffre entre le verre et l'absorbeur à lamelles se réchauffe et s'élève le long du mur grâce à l'effet de serre. La cheminée créant une dépression dans le bâtiment, l'air chauffé peut ainsi être aspiré à l'intérieur du bâtiment.

La ventilation passive ainsi que l'extraction de l'air vicié sont aussi assurés par la cheminée thermique : étant chauffé par le soleil, l'air présent à l'intérieur du tube est expulsé et entraîne avec lui, par phénomène de convection, l'air vicié intérieur du bâtiment.

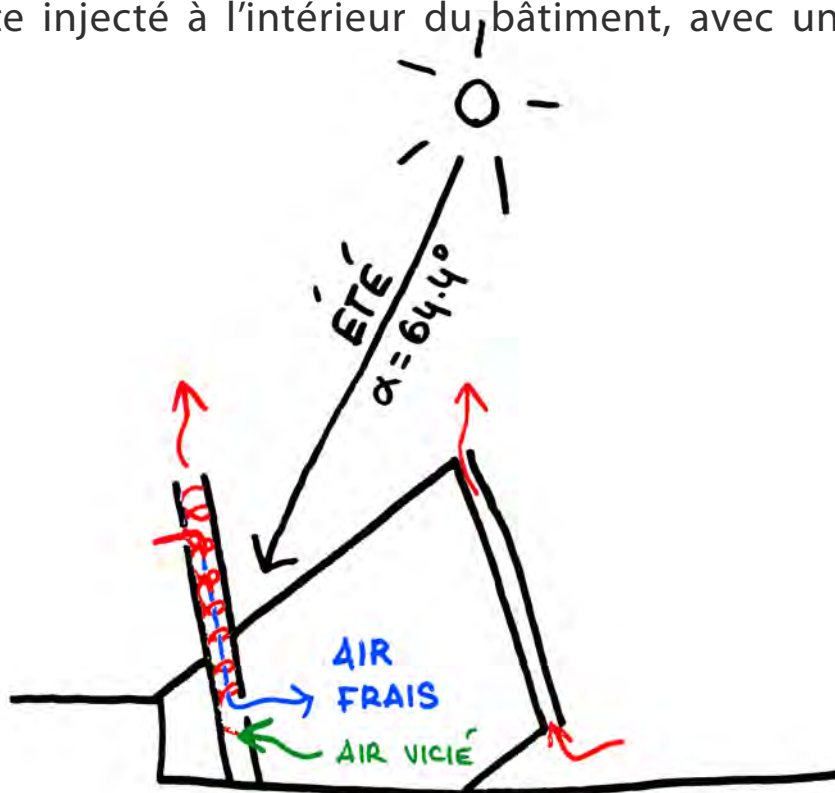


Fonctionnement en été

De la même manière, l'air extérieur est chauffé grâce au mur trombe. Mais à l'inverse de l'hiver, cet air n'est pas injecté dans le bâtiment. Il caresse juste la paroi, du au phénomène de convection qui se crée entre le verre et le mur, ce « courant d'air » permet de rafraichir la paroi l'été. On couple ce rafraichissement en laissant couler de l'eau de pluie (stockée dans des citernes) sur la façade sud.



La cheminée solaire, fonctionne toujours de la même manière. Elle extrait l'air vicié grâce au phénomène de convection. Mais en été on force l'air vicié à entrer dans le tube de la cheminée en « tournant » grâce à une turbine statique. Il se forme donc un vortex à l'intérieur de la cheminée thermique. Les calories de l'air chauffé subissent l'effet centrifuge. Elles se retrouvent donc en périphérie du vortex. A l'intérieur du vortex l'air est froid : entre 5°C et 10°C. Grâce à un échangeur qui passe par le centre du vortex on fait circuler de l'air neuf extrait de l'extérieur (température extérieur d'été) à l'intérieur de cet échangeur. Cet air neuf est ensuite injecté à l'intérieur du bâtiment, avec une température d'environ 15-20°C.



PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DU BÂTIMENT

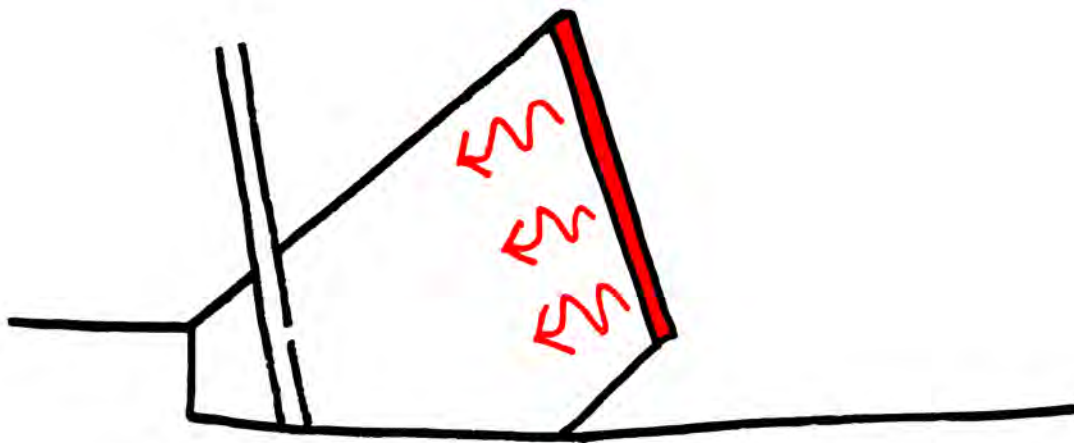
Les pertes dans le bâtiment

Les murs est et ouest sont composés d'une structure poteaux-poutres. L'isolation est composée d'une couche d'isolant en fibre de bois de 20cm puis de 10 cm de panneaux isolant rigide. Les pertes assimilées à ces deux parois sont de 1.2kW et le $U_{\text{facade-est-ouest}} = 0.13\text{W/m}^2.\text{K}$.

La toiture est composée d'une couche végétalisée et de 30cm d'isolant. Les pertes assimilées à la toiture sont de 0.5kW et le $U_{\text{toiture}} = 0.15\text{W/m}^2.\text{K}$.

Le mur sud, composé d'une lame de verre, d'une lame d'air, de 6 cm de hêtre et 20 cm de fibre de bois, à un $U_{\text{facade sud}} = 0.21\text{W/m}^2.\text{K}$ et les pertes sont de $-0.3\text{W/m}^2.\text{K}$. Ceci montre bien que grâce au Living Wall, l'énergie solaire est également transmise par rayonnement après le déphasage.

Le déphasage est de 13h sur notre façade sud. Ce déphasage est idéal en hiver car c'est l'intervalle de temps entre les premiers et derniers rayons du soleil.



Les pertes liées à l'enveloppe thermique du bâtiment sont de 2kW. Ce qui est très faible pour un bâtiment d'une telle envergure.

Le U_{bat} est de $0.17\text{W/m}^2.\text{K}$ légèrement au dessus du garde-fou PassivHaus qui est de $0.10\text{W/m}^2.\text{K}$.

Les pertes dues au renouvellement d'air sont de 7kW, celles dues aux ponts thermiques de 2kW et celle dues aux ouvertures des portes de 1.4kW.

Les pertes totales du bâtiment sont de 12.4kW.

DIMENSIONNEMENT DE LA CHEMINÉE ET DE L'ÉCHANGEUR

Nous avons dimensionné la cheminée solaire et l'échangeur en fonction des besoins du bâtiment.

Hypothèses de calcul :

- 20 occupants du bâtiment
- Différence de température entre l'air entrant et sortant de la cheminée égale à 15°C
- Différence de température entre l'air entrant et sortant du mur capteur égale à 40°C

D'après la norme EN 13779, pour disposer d'un air d'excellente qualité dans un bâtiment, il faut un débit d'air renouvelé de 36m³/occ./h.

Il faut donc que notre cheminée puisse ventiler 720m³/h.

Après avoir calculé la vitesse de l'air sous le phénomène de convection (3.7m/s) on détermine un diamètre de notre cheminée à 25cm.

De la même manière nous avons dimensionné notre échangeur d'une longueur de 10 m et d'un diamètre intérieur de 2.5cm.

DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUDIÈRE, DU RÉSERVOIR, DU FOYER ET DU PLANCHER CHAUFFANT

On souhaite dimensionner le foyer d'une chaudière automatique fonctionnant aux granulés bois pour un apport en chauffage pour les jours sans soleil. La chaudière d'un rendement de 80% devra donc délivrer une puissance de 15.5kW pour une surface totale de 248 m².

La chaudière fonctionnera avec des granulés d'humidité de 9 % sur brut et dont la composition en bois sec est : CH_{1,44}O_{0,66}. Pour faire le calcul, on estime le rendement du système (rendement de combustion plus rendement d'échange) à 85%, le pouvoir calorifique supérieur du combustible sec de 19 500 kJ.kg⁻¹.

On a C=12 g/mol ; H=1g/mol ;O=16g/mol ;N=14g/mol ;S=32g/mol

Déterminer le débit de combustible nécessaire :

$$P = \eta \cdot PCI \cdot h \cdot q_{\text{comb}}$$

$$PCI \text{ (kJ/kg)} = PCS - 226H \quad \leftarrow \text{ \% massique hydrogène}$$

Or une mole de Bois CH_{1,44}O_{0,66} = 24g/mol

$$H = (1.44 \cdot 1) / 24 = 6\%$$

$$\text{Donc } PCI = 19500 - 226 \cdot 6 = 18\,144 \text{ kJ/kg}$$

On obtient donc $q_{\text{comb}} = 5,20 \text{ kg/h}$

La consommation en combustible de la chaudière est donc de 5,20kg/h de granulés bois.

Si on réapprovisionne la réserve de granulés une fois par semaine, un réservoir de 250kg est nécessaire.

Déterminer le débit d'air nécessaire pour une combustion complète

On a H_B=9% donc dans 1kg de granulés il y a 37.92 moles de bois sec et 5 moles d'eau (H₂O)



$$v_A = 371,96 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} = 8,33 \text{ Nm}^3/\text{kg} \text{ et}$$

$$v_{\text{FH}} = (37,92 + 32,3 + 293,85 + 39,06) \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} = 9,03 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Donc $q_{\text{air}} = v_A \cdot q_{\text{comb}} = 43.33 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ (débit air nécessaire à une combustion complète)

et $q_{\text{fumée}} = v_{\text{FH}} \cdot q_{\text{comb}} = 46.96 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ (débit des fumées)

Déterminer le volume du foyer

Sachant que l'air d'entrée est préchauffé à 60°C, la T° moy est 60% la T° de flamme et les gaz de combustion reste 1.5s (ts) dans le foyer.

Calcul de J(T) : chaleur d'échauffement

$J(T) = \sum_{x_i} x_i C_{p_i} T$ avec x_i fraction volumique de i

$J(T) = T (C_{p_{CO_2 \times CO_2}} + C_{p_{H_2O \times H_2O}} + C_{p_{N_2 \times N_2}} + C_{p_{O_2 \times O_2}})$
avec %CO₂=9.41% %H₂O=8.01% %N₂=72.89% %O₂=9.69%

J(1200) = 441.7 et J(1400)=522.6

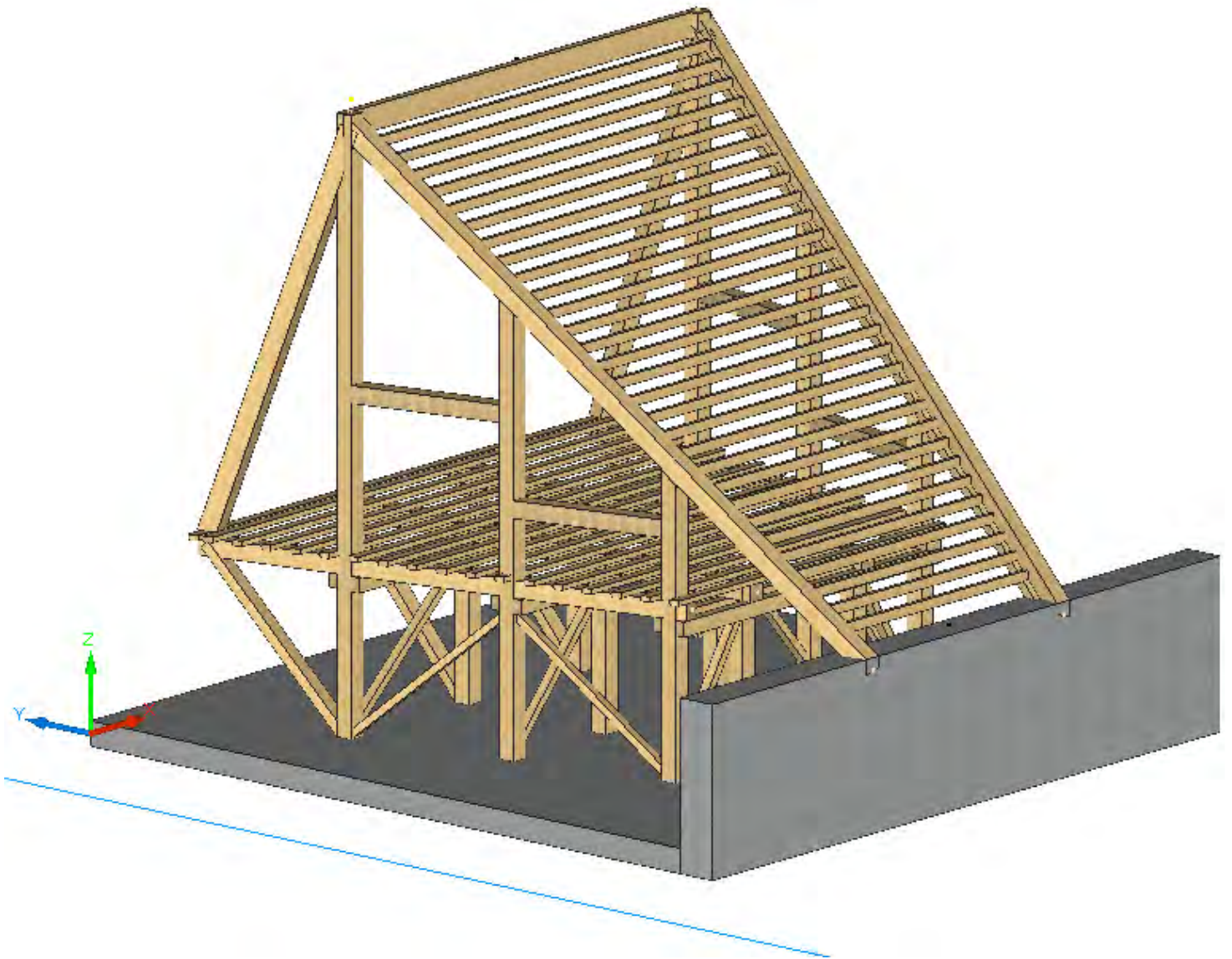
Après Régression Linéaire on obtient $T_{\text{flame}} = 1214^\circ\text{C}$

Donc $T_{\text{foyer}} = 0.6 * 1214 = 728.4^\circ\text{C}$

On obtient donc un volume de foyer de 72L.

Pour chauffer le bâtiment nous utilisons un plancher chauffant avec une chape liquide de 5cm nous avons dimensionné notre plancher chauffant d'une longueur de conduit de 250m et 0.8cm de diamètre. Avec une entrée d'eau chaude à 60°C et une température de l'air intérieur de 21°C.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA STRUCTURE



La structure est composée par un système poteaux-poutres. Le remplissage se fait par des murs à ossature bois. Le contreventement pour des vents dans la direction du long pan est assuré par une poutre au vent au niveau de la toiture qui redistribue les efforts au niveau de la façade sud et du voile béton. L'effort du vent sur le pignon est repris par les diagrammes au niveau de la façade est et ouest.

La charpente est de type « homme debout ». L'ensemble des dimensions des éléments structuraux se font à partir d'un standard de fabrication de l'entreprise Nordlam. Les calculs ont été réalisés sur MDbat ou à la main.

1. Charges Permanentes

a. Toiture

Composition :	Végétation	OSB
	Substrat	Isolation + panne
	Elément de retenue +drainage	Câblage
	Couche de protection	Frein vapeur
	Etanchéité anti-racinaire	Fermacell + ossature métallique

G=200 daN/m²

b. Mur

Composition :	Bardage	OSB
	Lattage	Isolant
	Isolant	Structure
	Pare pluie	Fermacell

G=90 daN/m²

c. Plancher

Composition :	Revêtement souple	Isolant
	Chape	Câblage
	OSB	Fermacell
	Solive	

G=300 daN/m²

2. Charges Temporaire

a. Charge de neige

Charge de neige au sol $S_k = 3.1 \text{ kN/m}^2$

$$S = \mu_i C_e C_t S_k = \mu_i S_k \quad C_e = 1 \quad C_t = 1$$

Toiture pente $\alpha > 42^\circ$

$$\mu_1 = \frac{0.8(60 - \alpha)}{30} = 0.48$$

$$S = \mu_1 S_k = 1.49 \text{ kN/m}^2$$

$$q_s = 149 \text{ daN/m}^2$$

La charge de neige est considérée à court terme.

b. Charges de vent

Vitesse de référence du vent : 25m/s

Hypothèse *Rugosité IIIb* *Toiture Mono Pente*

Dimension Long pan : 14 m

 Pignon : 12 m

 Hauteur bâtiment : 14 m

Éléments Bâtiment	Valeurs pression daN/m ²	Valeurs dépression daN/m ²
Mur Long pan	68.47	-63.85
Mur pignon	68.47	-68.06
toiture	54.55	-72.78

c. Charges d'exploitations

Le bâtiment est considéré de catégorie A - Lieux de vie domestique : habitation et résidentiel
Soit pour un plancher : 150 daN/m²

3. Calculs pannes

Hypothèse

On considère Pose à dévers avec anti-dévers à la mi- portée. La flèche finale est établie $W_{net,fin} = l/400$ dû à la pose de Fermacell au plafond.

Dimension $b=16$ cm $h=54$ cm Matériau GL24c

Un calepinage de l'entraxe permet de réduire la quantité de bois consommé

Résultats

Longueur panne (m)	Entraxe (cm)	Contrainte de flexion	Contrainte de cisaillement	Flèche combinée
12	60	46 %	16%	98%
10	100	49%	21%	97%
8.5	170	58%	29%	99%
7	200	46%	28%	66%

4. Calculs arbalétrier

Hypothèse

Arbalétrier sur 4 appuis : travée1 : 5.5m travées 2-3 : 4.5m

Le blocage latéral des arbalétriers est assuré par les pannes

Dimension $l=14.5$ m $b=14$ cm $h=54$ cm entraxe : 600-300 cm

Matériau GL24c

Charge	Toiture + Pp daN/m	Neige daN/m (moyen terme)	Vent daN/m
Permanente	1270		
Temporaire		894	436

Résultats

Vérification	Taux de travail
Contrainte de flexion	67%
Contrainte de cisaillement	86%
Flèche combinée	38%

Il y a un risque de soulèvement (1086 daN) et un effort horizontal (6345 daN) au niveau de l'appui sur le voile béton. Ces efforts doivent être repris par la ferrure.

5. Calculs Poteaux

Hypothèse

Les poteaux ne sont pas continus sur la hauteur du bâtiment. Il y a une ferrure au niveau de la poutre. Les poteaux sont considérés articulés en tête et en pied. On considère que les poteaux ne reprennent pas de charge de vent latéralement. Les calculs sont réalisés pour le niveau 1.

Dimension : $l_{p1} = 3.7\text{m}$ $b=16\text{ cm}$ $h=28\text{ cm}$
 $l_{p2} = 6.3\text{m}$
 $l_{p3} = 9.3\text{m}$ Matériau GL24c

Charge	Permanente	Temporaire	
	(Arbalétrier+ pp) daN	Neige daN	Vent daN
P1	6350	4470	2180
P2	5400	3800	1850
P3	2540	1790	870

Résultats

Niveau N1	P1	P2	P3
Contrainte en compression	40%	92%	94.7%

6. Calculs des Poutres

Hypothèse

Les poutres sont considérées sur 4 appuis avec un entraxe entre appuis de 3.5 m

Dimension : poutre L1 $l= 11\text{m}$ $b=20\text{cm}$ $h= 28\text{cm}$ $e=4\text{m}$
Poutre L2 $l=10.5\text{m}$ $e=3\text{m}$

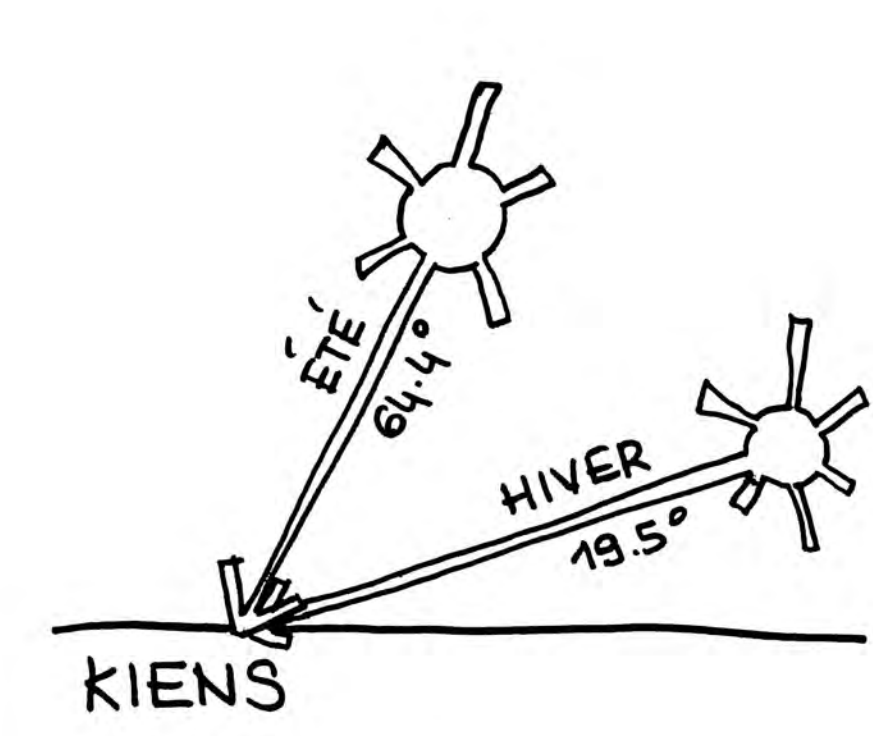
Charge plancher : 300 daN/m²

Charge exploitation : 150 daN/m² Matériau GL24c

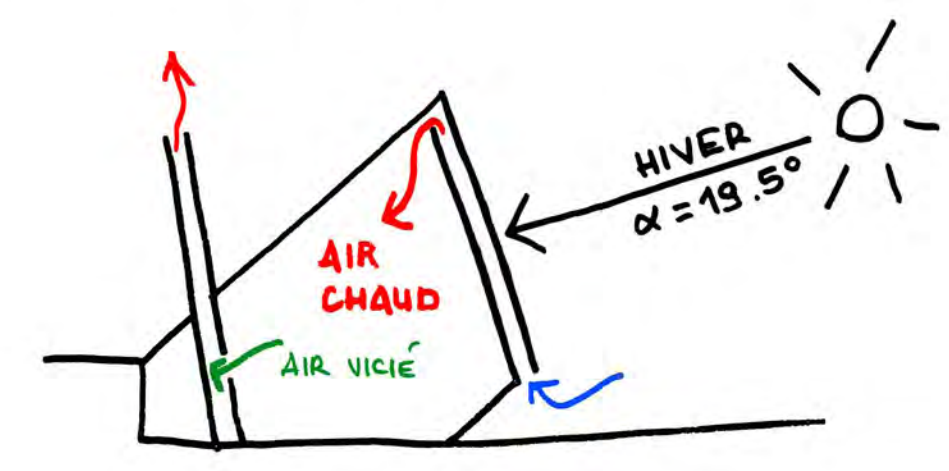
Charge	Permanente daN/m	Exploitation daN/m
Poutre L1	600+ charges ponctuelles aux appuis	300+ charges ponctuelles aux appuis
Poutre L2	1050	525

Résultats

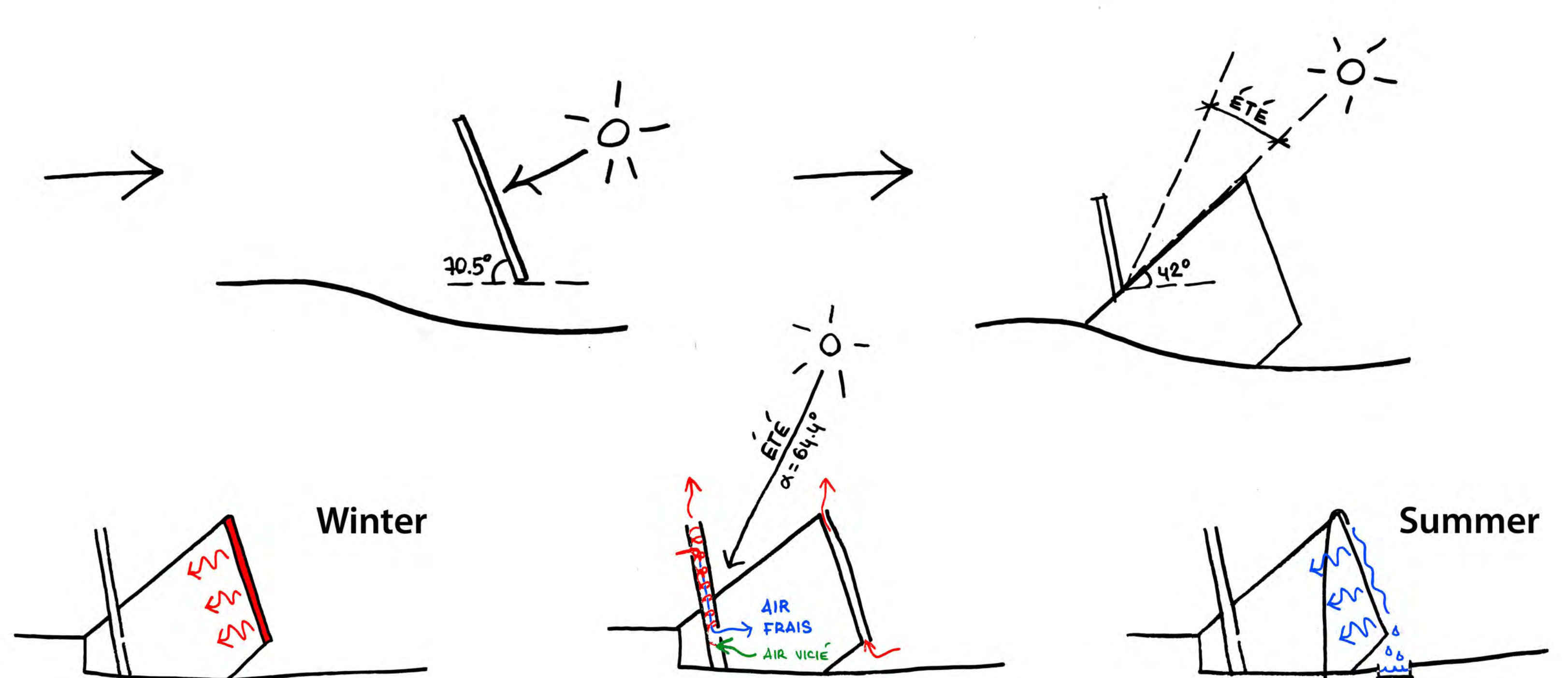
Vérification	Poutre L1	Poutre L2
Contrainte de flexion	52%	62%
Contrainte de cisaillement	75%	89%
Flèche combinée	56%	65%



SHAPING

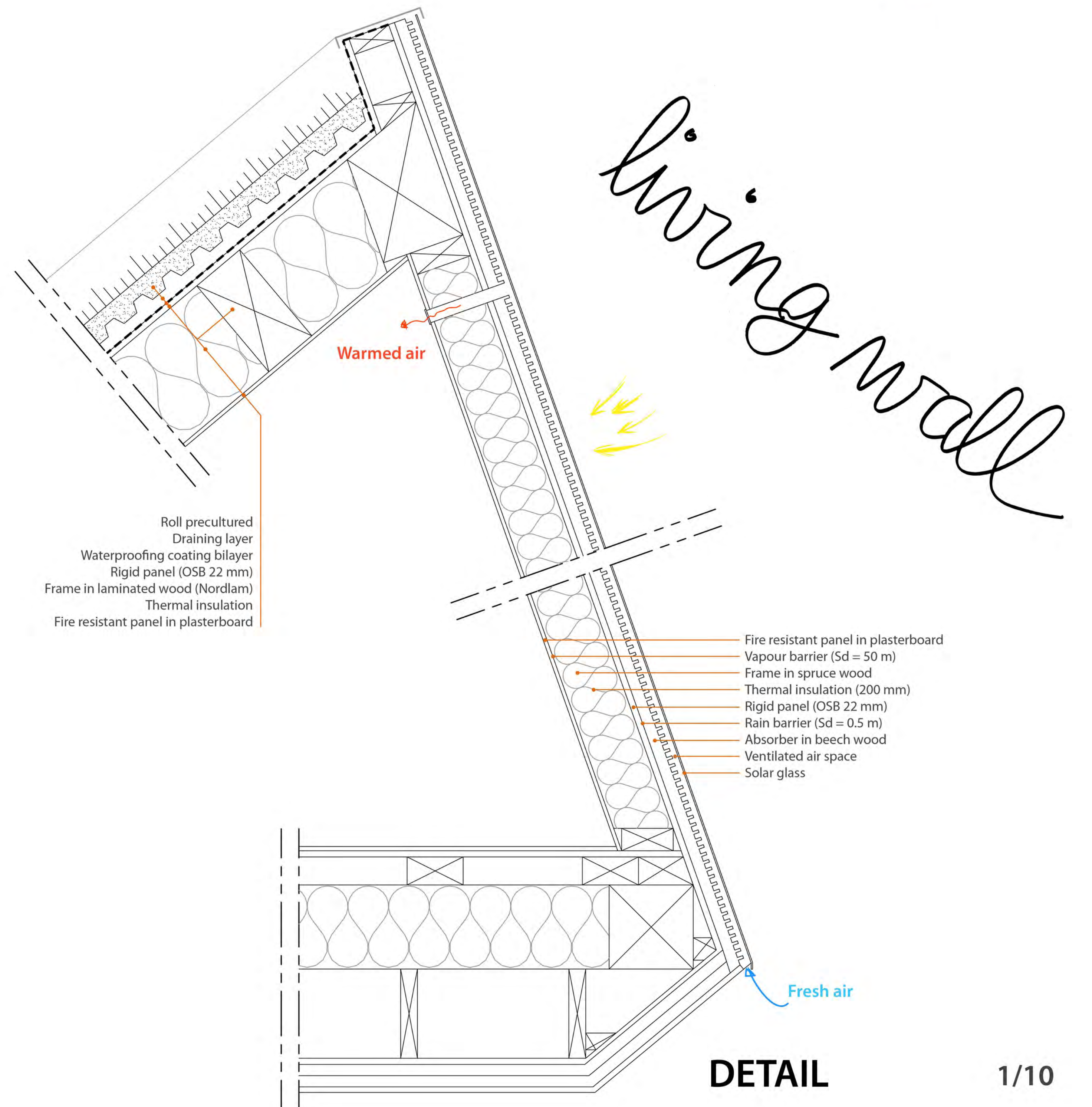
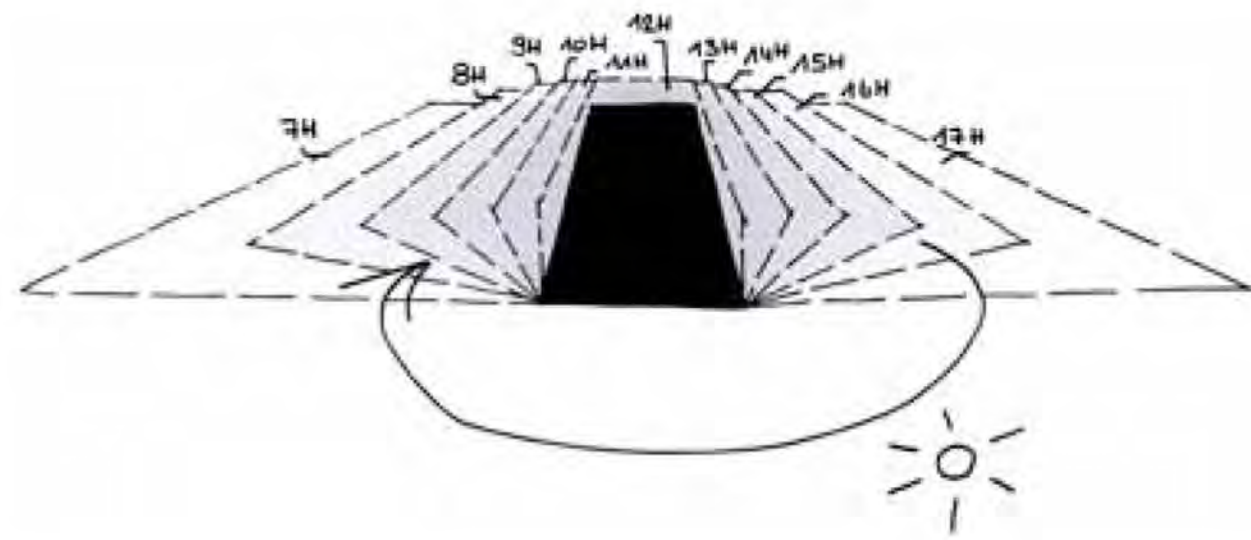
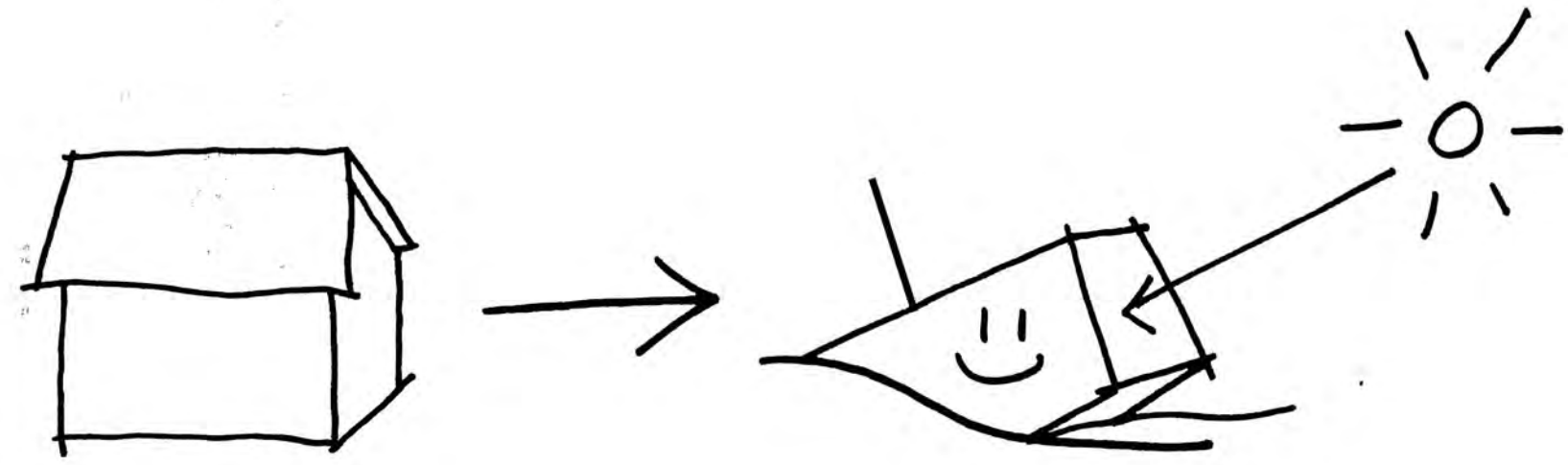


WORKING SYSTEM



Winter

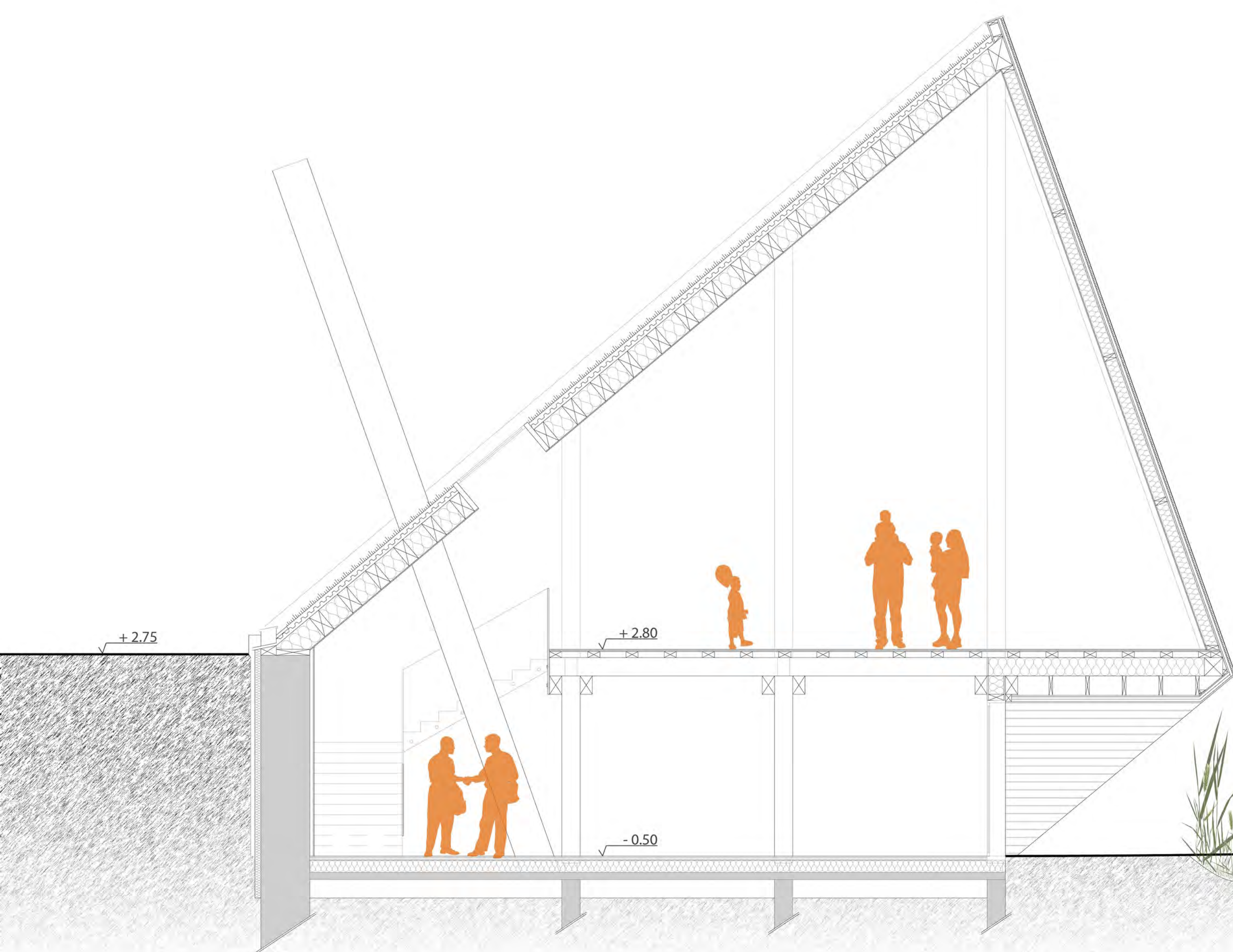
Summer



living wall

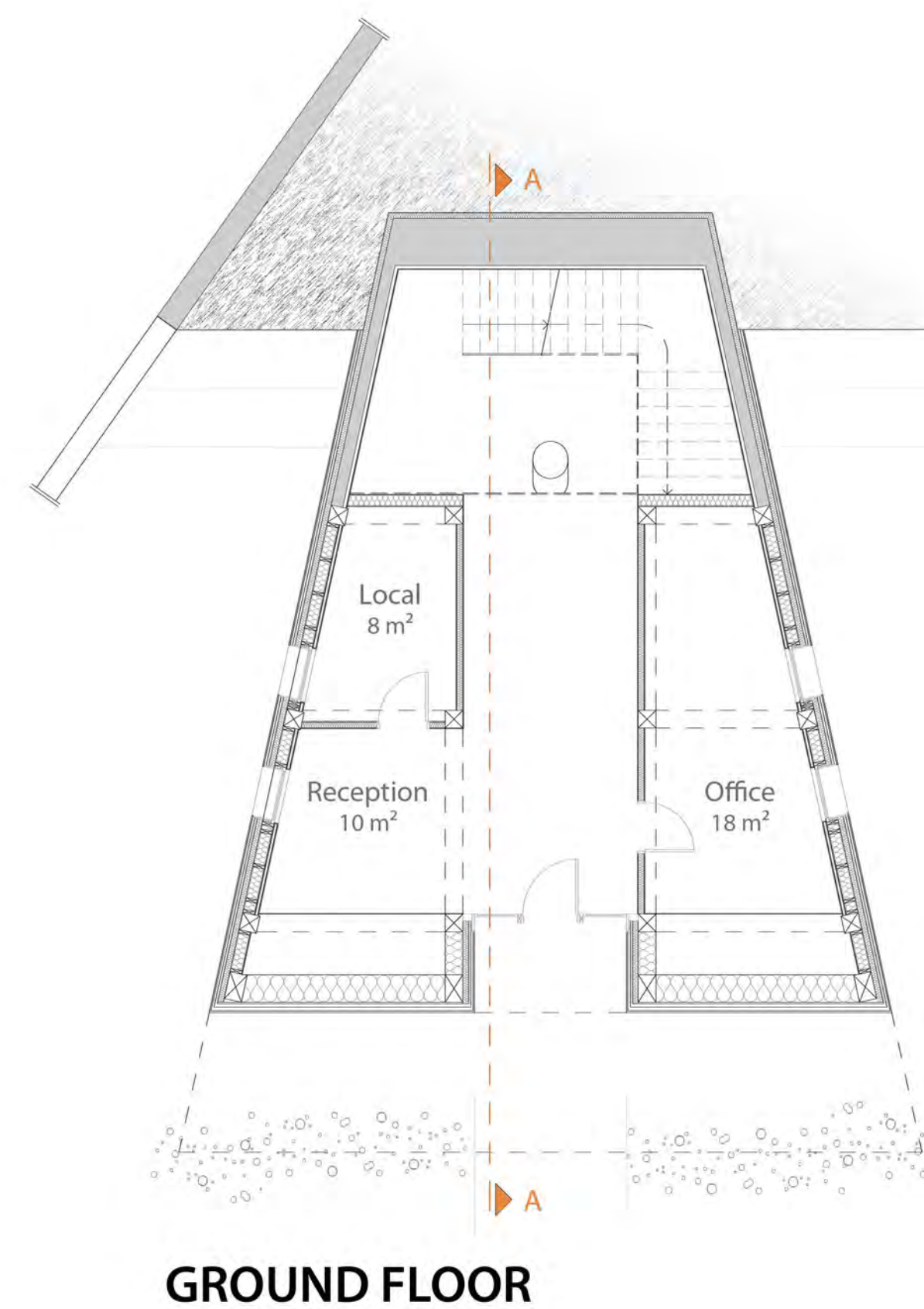
DETAIL

1/10

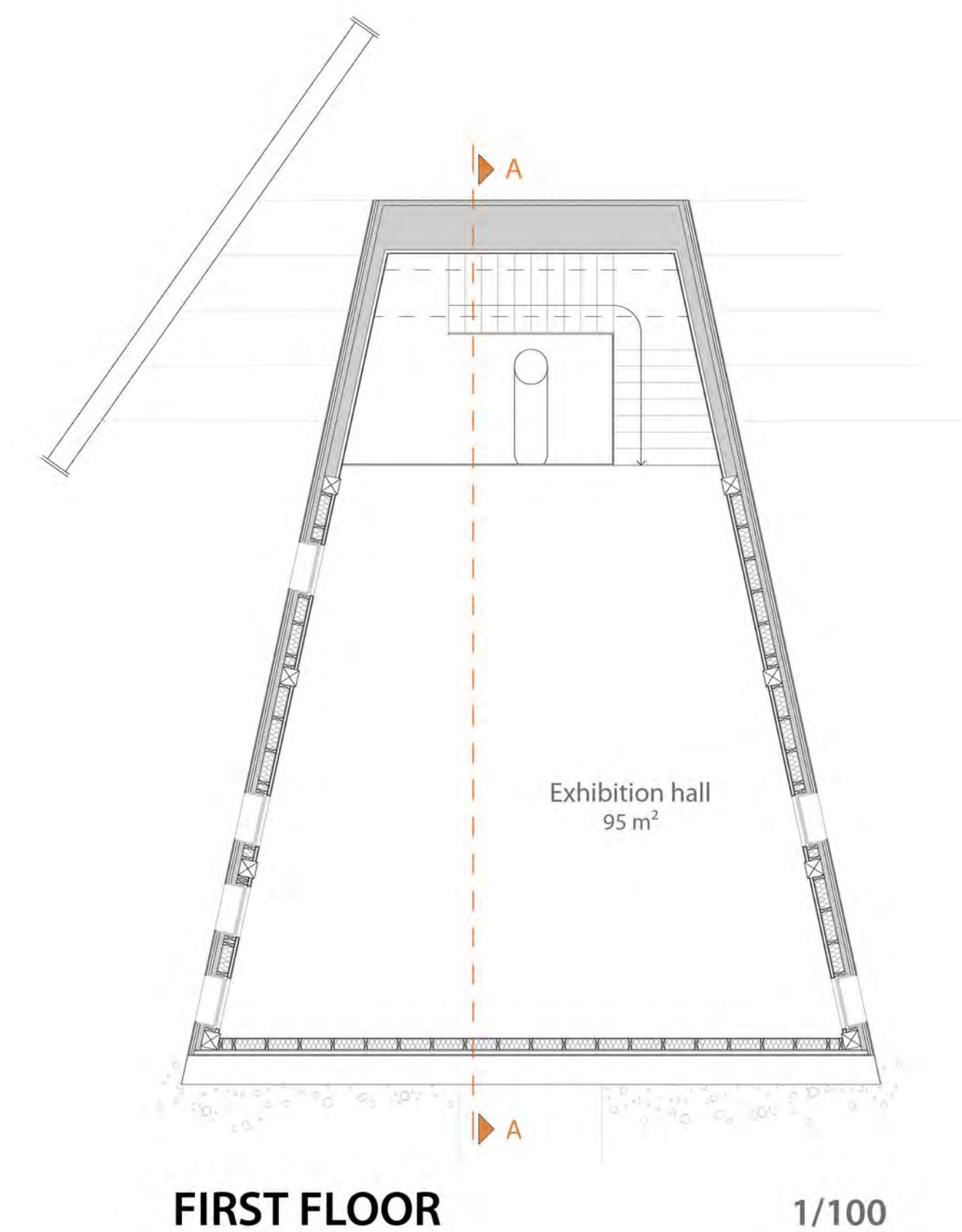


AA SECTION

1/50



GROUND FLOOR

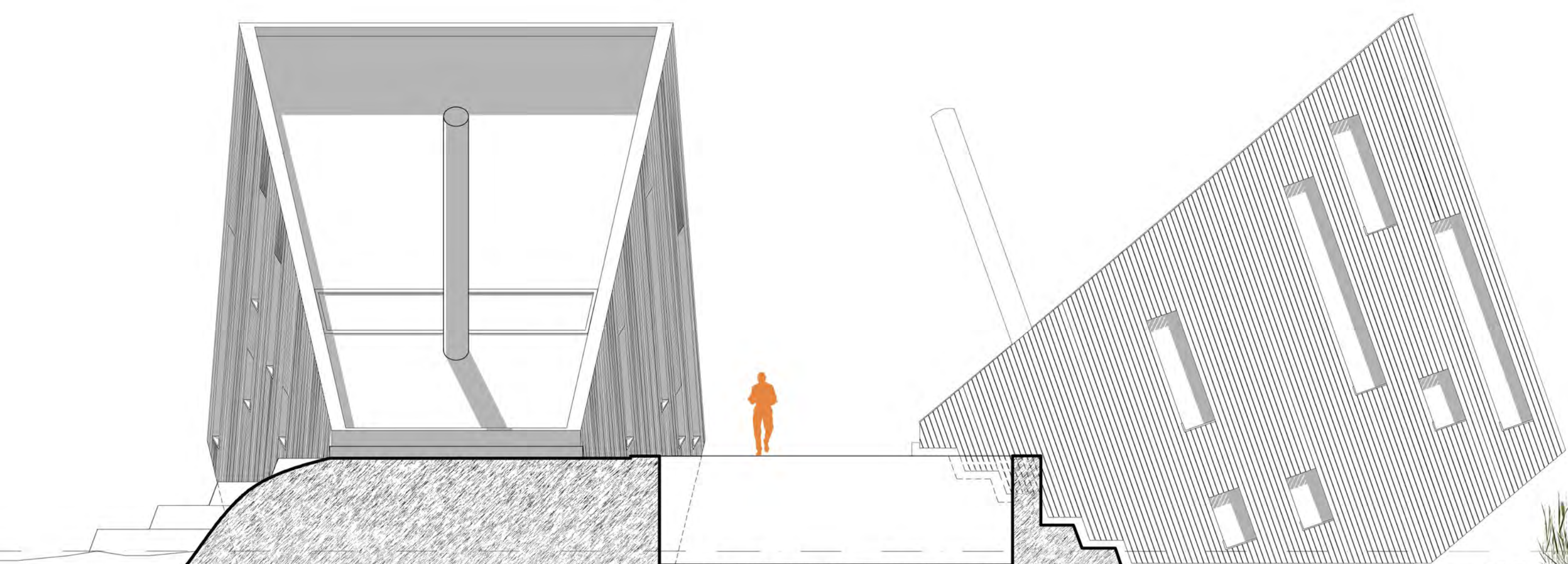
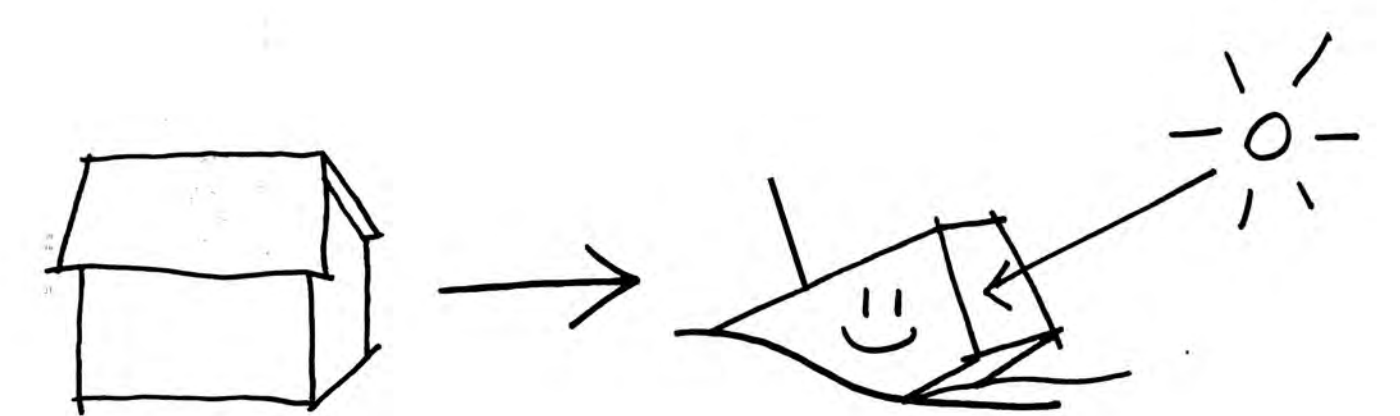


FIRST FLOOR

1/100

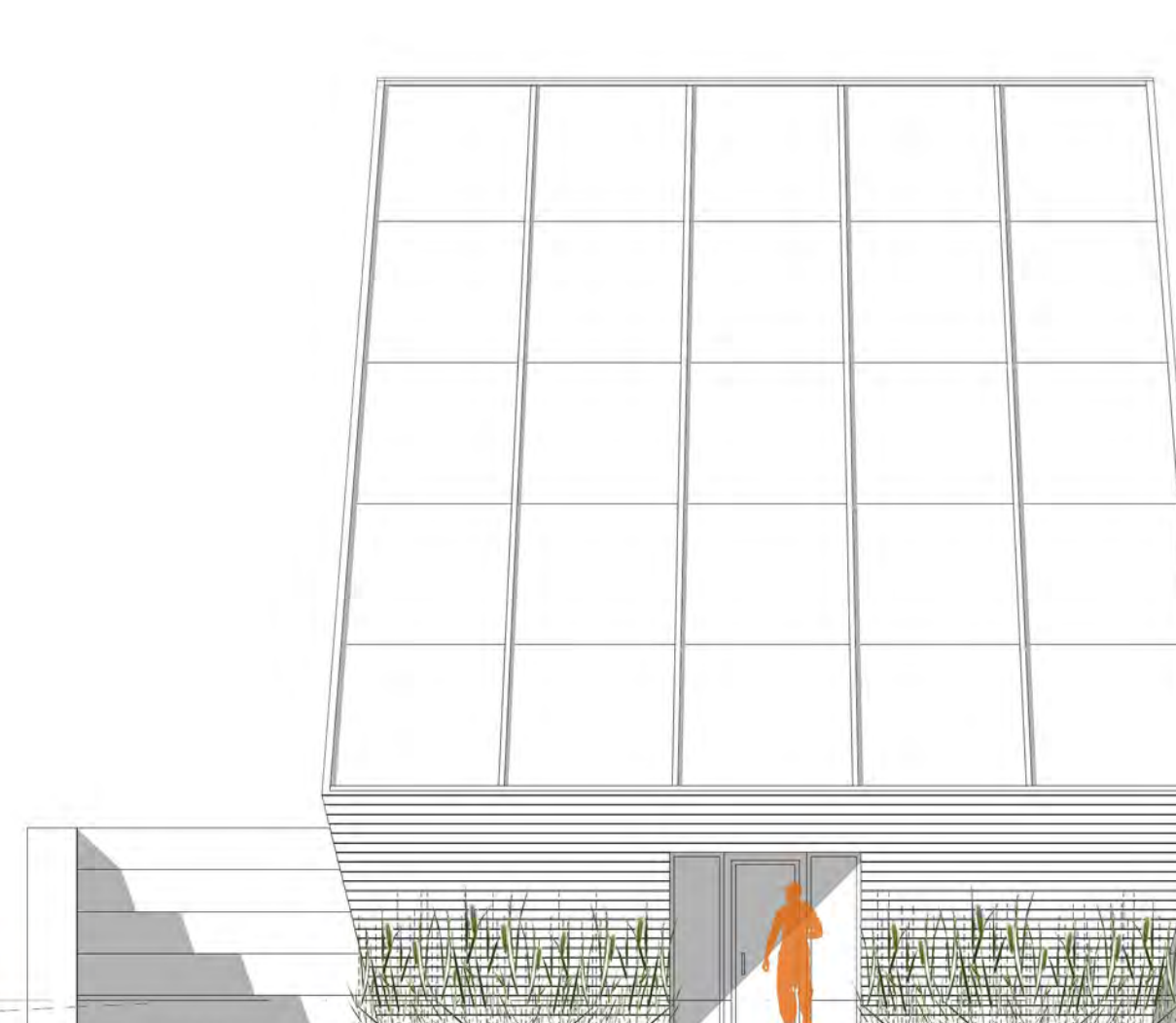
Projet - 02 décembre 2011
Master pédagogique : Master ABC 2011-2012

LIVING WALL



NORTH

WEST



SOUTH

1/100



Caligiuri Anthony - Architecte
Colombo Pauline - Architecte
Dechamps Anaïs - Architecte
Debarbouille Quentin - Ingénieur
Trebaol Jean-Baptiste - Ingénieur





RUBNER

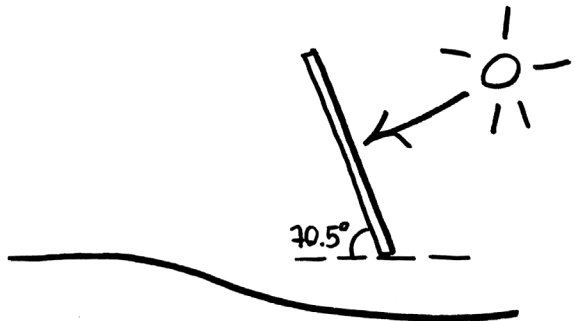
expo park

WERKER

living wall

Rubner Haus Project | IT

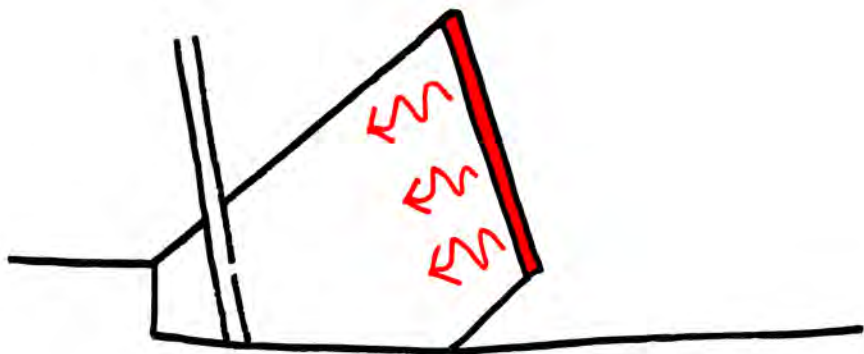
/// Competition in EPINAL - December 2011



Team 4 - Living Wall

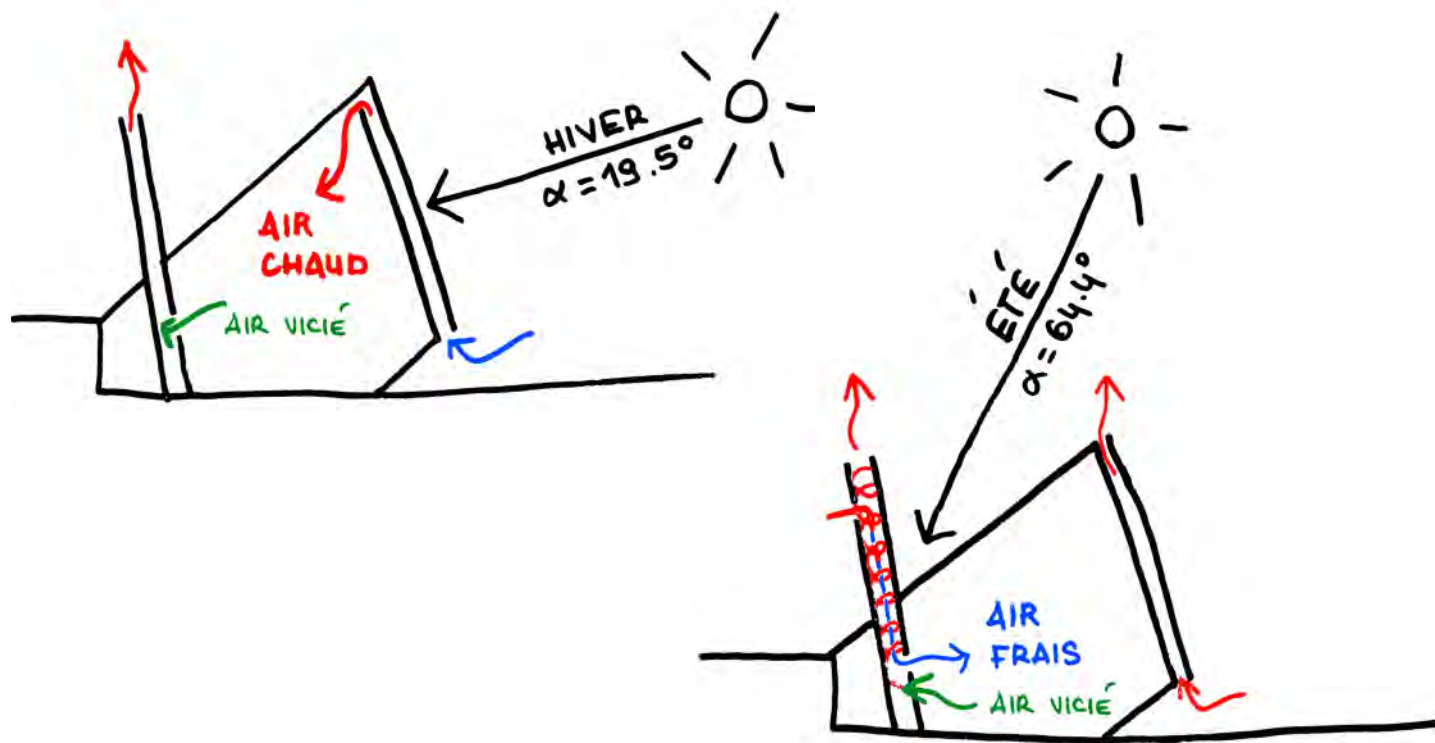
Anthony Caligiuri - Pauline Colombo - Anaïs Dechamps - Quentin Debarbouille - Jean-Baptiste Trebaol

MUR CAPTEUR - FAÇADE SUD



- RAYONNEMENT SOLAIRE
- EFFET DE SERRE
- CONDUCTION
- CONVECTION
- DÉPHASAGE 13H
- $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$
- $U_{\text{FACADE-SUD}} = 0,21 \text{ W/M}^2.\text{K}$
- $P_{\text{FACADE-SUD}} = - 305 \text{ W}$

CHEMINÉE SOLAIRE



- MOUVEMENT CONVECTIF DE L'AIR
- PEINTE EN NOIR
- VENTILATION NATURELLE
- ASPIRATION DE L'AIR NEUF
- EXPIRATION DE L'AIR VICIÉ

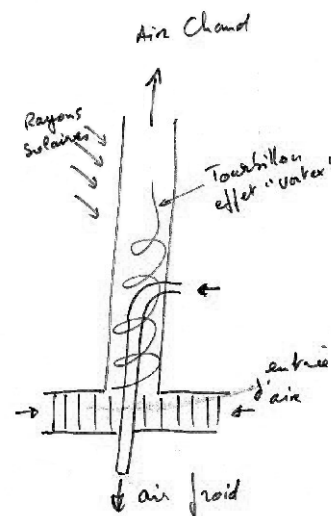
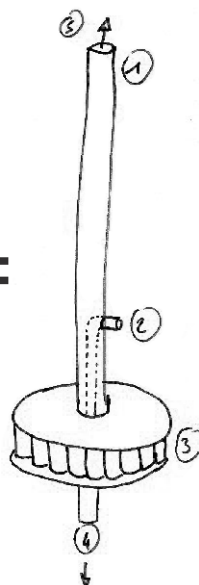
VENTILATION - CLIMATISATION



+



=



NORME EURO EN 13779 : EXCELLENTE QUALITÉ DE L'AIR À 36 M³/H/OCC.

- 20 OCCUPANTS

- 720 M³/H

- $\Delta T = 15^{\circ}\text{C}$

- 20 CM DE DIAMÈTRE (POUJOLAT + PLÉIADE)

- ÉCHANGEUR :

12 CM DE DIAMÈTRE

$\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ (POUJOLAT + PLÉIADE)

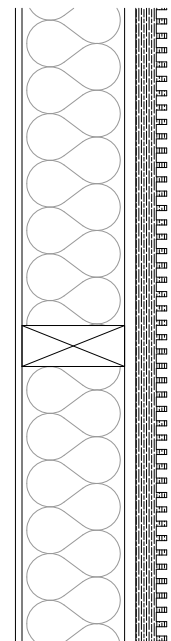
PERFORMANCE DES FAÇADES

FAÇADE SUD

- VERRE SOLAIRE 0,5 CM
- LAME D'AIR 2 CM
- ABSORBEUR BOIS 6 CM
- PANNEAU OSB 2,2 CM
- ISOLANT 20 CM
- FERMACELL 1,3 CM

$$U_{\text{SUD}} = 0,10 \text{ W/M}^2.\text{K}$$

$$P_{\text{SUD}} = - 305 \text{ W}$$



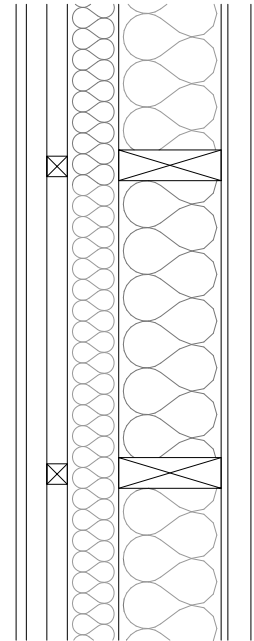
PERFORMANCE DES FAÇADES

FAÇADE OUEST ET EST

- BARDAGE BOIS 2 CM
- LATTAGE 2 CM
- CONTRE LATTAGE 2 CM
- ISOLANT PANNEAU RIGIDE 10 CM
- ISOLANT LAINE DE BOIS 20 CM
- PANNEAU OSB 2,2 CM
- PARE VAPEUR
- VIDE TECHNIQUE 4,5 CM
- FERMACELL 1,3 CM

$$U_{\text{EST-OUEST}} = 0,12 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$P_{\text{EST-OUEST}} = 1085 \text{ W}$$



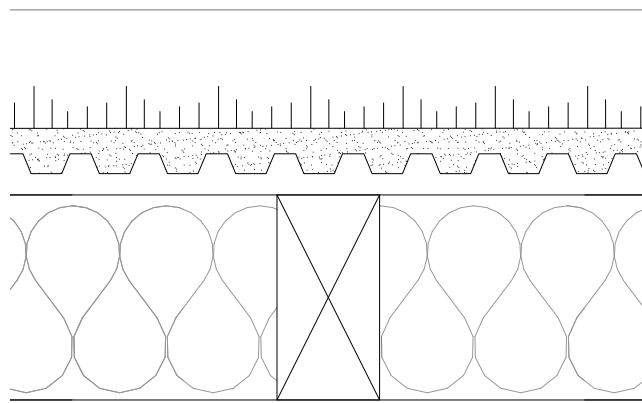
PERFORMANCE DES FAÇADES

TOITURE

- ROULEAU PRÉCULTIVÉ 10 CM
- COUCHE DE DRAINAGE 3 CM
- ETANCHÉITÉ BICOUCHE
- PANNEAU OSB 2,2 CM
- LAINE DE BOIS 40 CM
- FERMACELL 1,3 CM

$$U_{\text{TOITURE}} = 0,13 \text{ W/M}^2.\text{K}$$

$$P_{\text{TOITURE}} = 538 \text{ W}$$



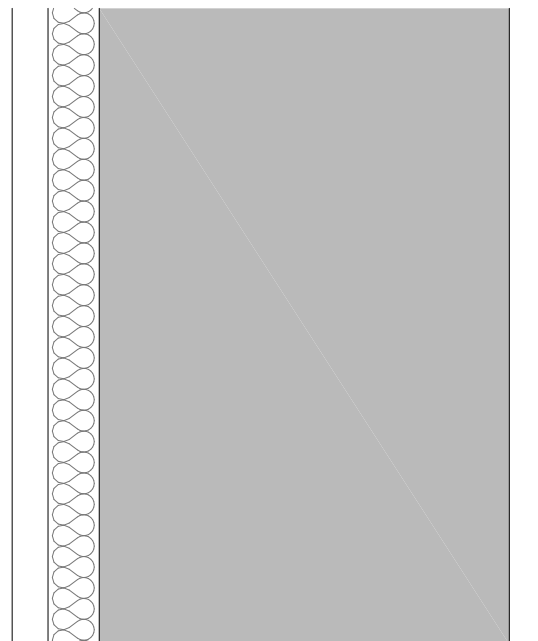
PERFORMANCE DES FAÇADES

FAÇADE NORD

- ETANCHÉITÉ
- LIÈGE NATUREL 10 CM
- MUR BÉTON
- FREIN VAPEUR
- VIDE TECHNIQUE 4,5 CM
- FERMACELL 1,3 CM

$$U_{\text{NORD}} = 0,20 \text{ W/M}^2.\text{K}$$

$$P_{\text{NORD}} = 122 \text{ W}$$



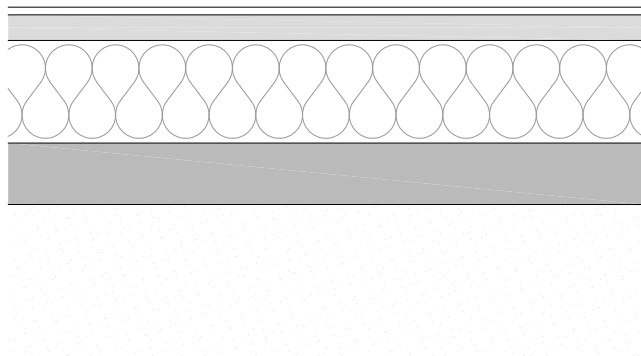
PERFORMANCE DES FAÇADES

DALLAGE DE SOL

- ETANCHÉITÉ
- DALLE BÉTON 15 CM
- LIÈGE NATUREL 20 CM
- CHAPE BÉTON
- REVÊTEMENT DE SOL

$$U_{\text{SOL}} = 0,22 \text{ W/M}^2.\text{K}$$

$$P_{\text{SOL}} = 763 \text{ W}$$



PERTES - DIMENSIONNEMENT CHAUDIÈRE

$$P_{\text{PERTES FAÇADES TOTALE}} = 2203 \text{ W}$$

$$\text{AVEC } T_{\text{INT}} = 20^{\circ}\text{C} \text{ ET } T_{\text{EXT}} = -15^{\circ}\text{C}$$

PERTES PAR RENOUVELLEMENT D'AIR = 7 kW

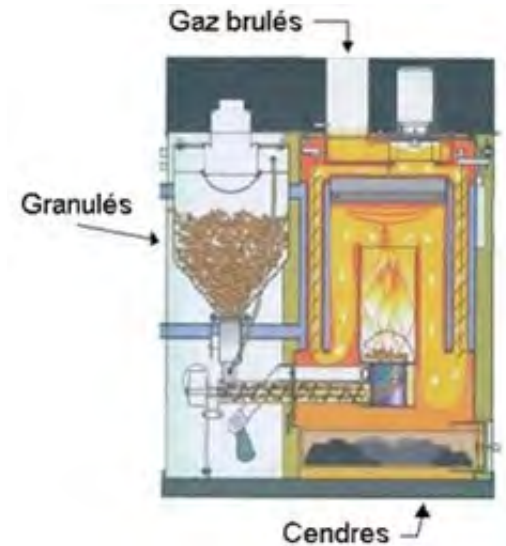
PERTES PAR PONTS THERMIQUES = 2 kW

PERTES DÛ AUX OUVERTURES = 60% PERTES PAROIS

$$\text{DONC } P_{\text{PERTES TOTALES}} = 12\,300 \text{ W}$$

DIMENSIONNEMENT CHAUDIÈRE $N = 0,8$

$$P_{\text{CHAUDIÈRE}} = P_{\text{PERTES-TOTALES}} / 0,8 = 15,5 \text{ kW}$$



PERTES - DIMENSIONNEMENT CHAUDIÈRE

$$P_{\text{CHAUDIÈRE}} = 15,5 \text{ kW}$$

ON SOUHAITE CHAUFFER LE
PLANCHER AU TRAVERS D'UNE
CHAFE LIQUIDE.



APRÈS DIMENSIONNEMENT : $L_{\text{PLANCHER CHAUFFANT}} = 250 \text{ M}$

LA SURFACE À CHAUFFER EST DE 175 m^2 .

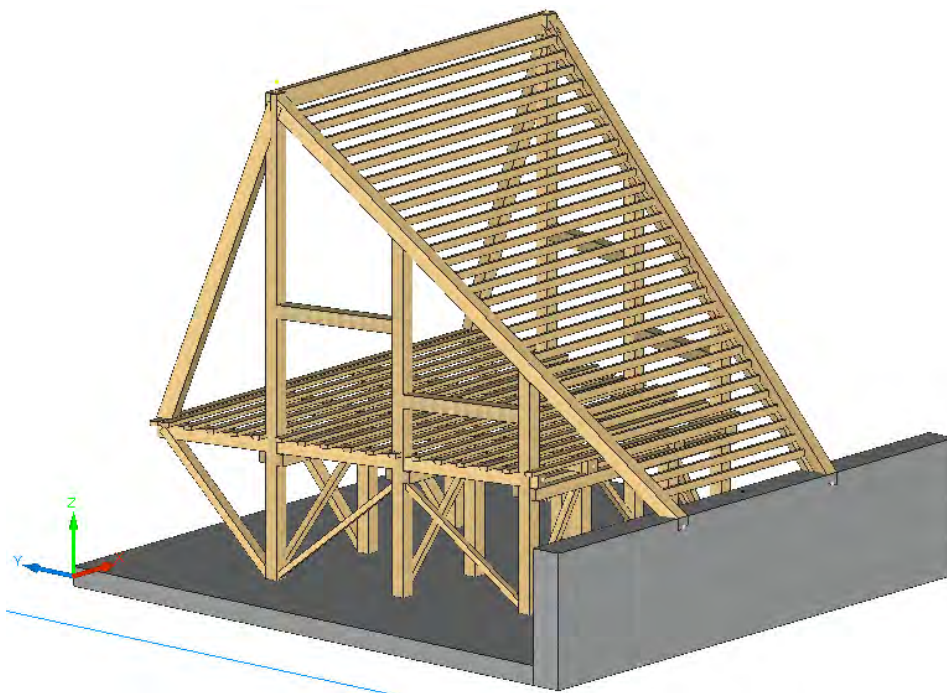
GRANULÉS BOIS : HB = 9%

CONSOMMATION BOIS CHAUDIÈRE : 5,20 KG/H

SI APPROV. UNE FOIS PAR SEMAINE : $V_{\text{RÉSÉROVOIR}} = 400 \text{ L}$

VOLUME FOYER DE LA CHAUDIÈRE = 70 L

SYSTÈME STRUCTUREL



- POTEAUX / POUTRES
- REMPLISSAGE MURS EN OSSATURE BOIS
- CHARPENTE TYPE « HOMME DEBOUT »
- CHARGE DE NEIGE : $Q_s = 1.49 \text{ kN/m}^2$
- CHARGE DE VENT :

Éléments bâtiment	Valeurs pression daN/m ²	Valeurs dépression daN/m ²
Mur long pan	68.47	-63.85
Mur pignon	68.47	-68.06
Toiture	54.55	-72.78

SYSTÈME STRUCTUREL

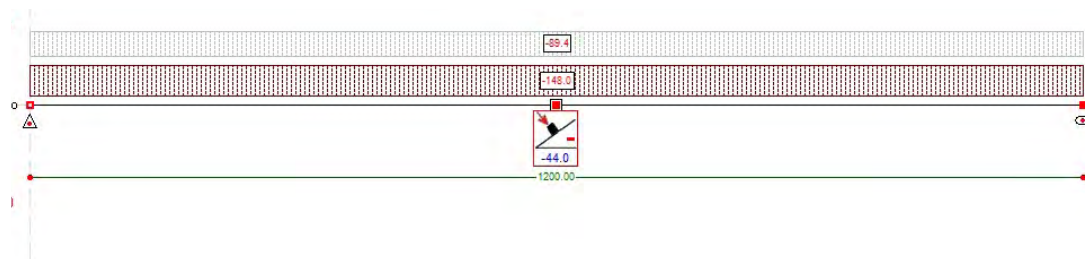
- PANNES

POSE À DÉVERS

$L = 12 \text{ M}$

$S = 165 \times 45 \text{ MM}$

MATÉRIAU GL28H



Vérification

Taux de travail

Contrainte de flexion sur la retombée
Contrainte de flexion sur le rampant
Contrainte de cisaillement
Flèche combinée

50 %
20 %
18 %
93 %

→ 70 %

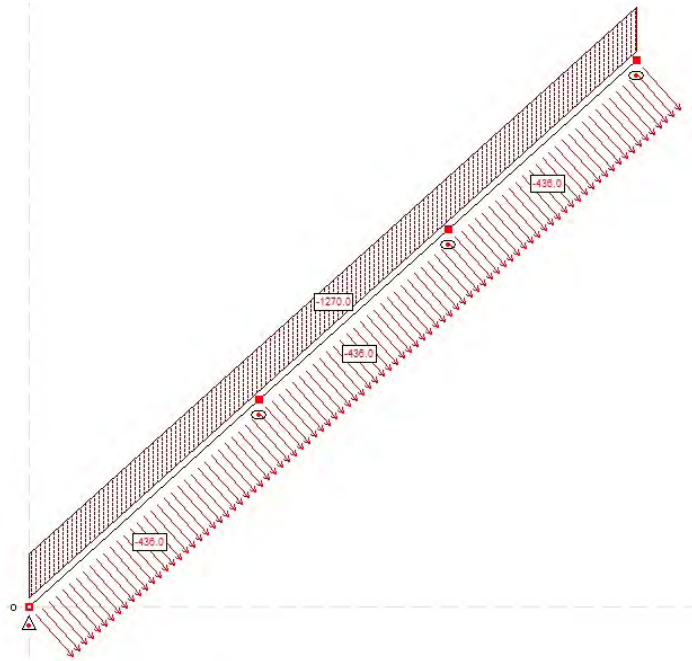
SYSTÈME STRUCTUREL

- ARBALÉTRIER

DIMENSION $L = 14,5 \text{ M}$

$S = 14 \text{ MM} \times 540 \text{ MM}$

MATÉRIAU GL 24C



Vérification

Taux de travail

Contrainte de flexion

79 %

Contrainte de cisaillement

94 %

Flèche combinée

48 %

SYSTÈME STRUCTUREL

- POTEAUX

P1 : 3.7 M P2 : 6.3 M P3 : 9.3 M

S = 300 MM X 300 MM

MATÉRIAU GL 24C

Vérification	P1	P2	P3
Contrainte en compression	15 %	16 %	14 %

- POUTRES

L1 : 11 M L2 : 10.5 M

S = 300 MM X 300 MM

MATÉRIAU GL 24C

Vérification	L1	L2
Contrainte de flexion	31 %	20 %
Contrainte de cisaillement	47 %	30 %
Flèche combinée	32 %	20 %