

Retour d'expérience :
Maison individuelle, Saint-Sébastien-sur-Loire (44)



1

Attentes et objectifs du projet

Les attentes du maître d'ouvrage

Une maison:

- labellisée passive
- en bois massif
- confortable
- sans entretien
- <350 000 euros

Les objectifs du Passiv Haus

Une maison:

- Besoins en chauffage
< 15 kWh/(m².a)
- Besoins en Ep
< 120 kWh/(m².a)
- Étanchéité
 $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Moins de 10 % d'h
de surchauffe annuelles
(>25°C)

*« Fonctionnelle, confortable
et sans entretien ! »*

Le leitmotiv de la maison

Présentation

Cette maison Passive a été construite pour deux retraités dans la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire (2017).

Cette maison répond aux critères stricts du standard européen «Passivhaus» : 15 kWh/an/m² maximum des besoins en énergie pour le chauffage du bâtiment.

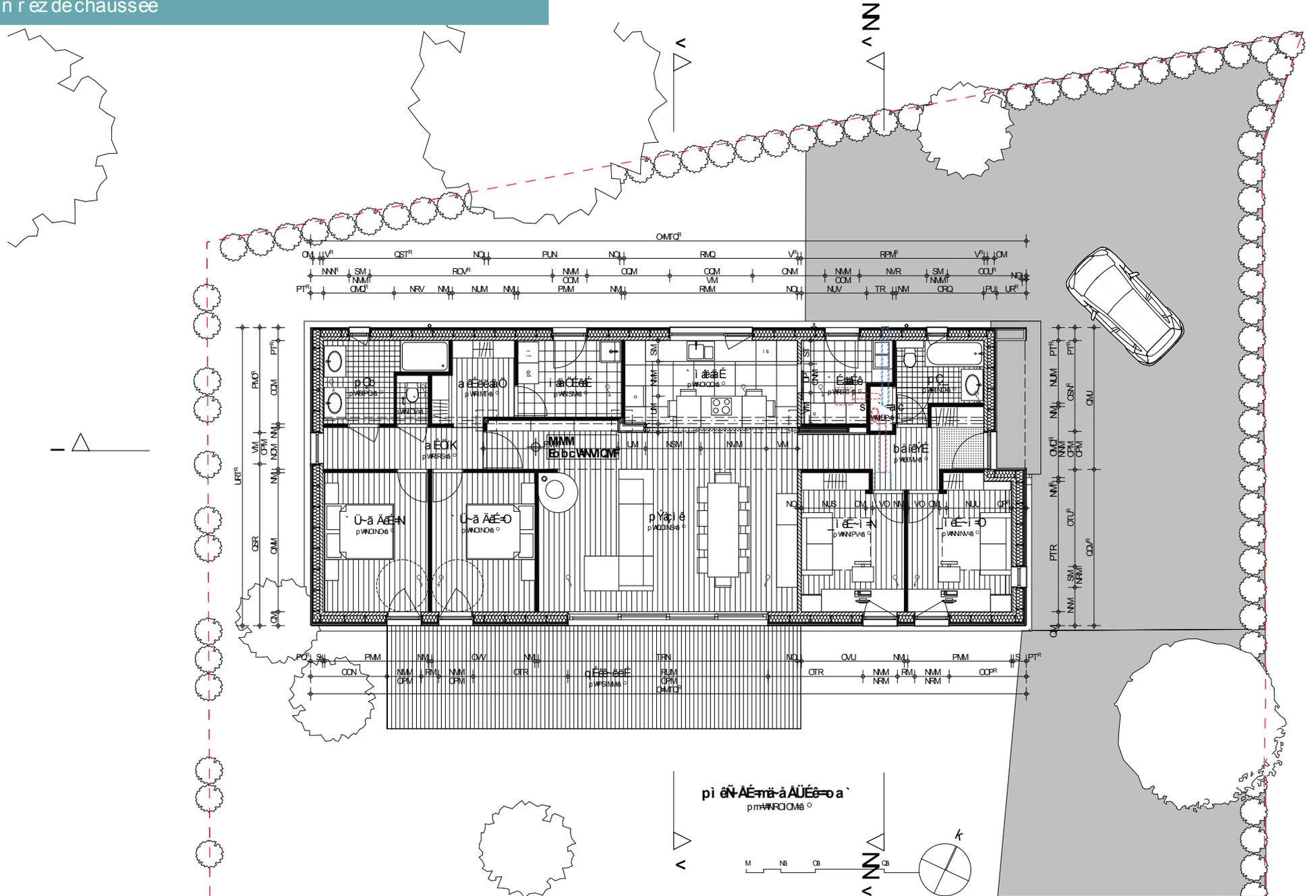
L'orientation du site permet d'offrir un environnement idéal pour **développer les principes du bio-climatisme** et de bâtir les bases du concept de construction passive.

Fiche technique

Concepteur Maison Passive responsable :	John DEBAIZE Tektolab http://www.tektolab.fr/
Architecte / Concepteur:	John DEBAIZE Tektolab
BE Thermique :	BIOBE -Laurent Billaud
Coût de construction:	289 000 € TTC soit 1980 €/m ²
Superficie :	146 m ²
Particularités :	Structure en bois massif (CLT) et isolation avec des matériaux biosourcés- d'origine végétale.
Valeur U mur extérieur:	0,158 W/ (m ² K)
Valeur U sol :	0,139 W/ (m ² K)
Valeur U toit :	0,117 W/ (m ² K)
Valeur U fenêtre :	0.85 W/ (m ² K)
Besoin de chauffe PHPP :	10.4 kWh/(m ² a)
Puissance de chauffe	11 W/m ²
Besoin Energie Primaire non renouvelable :	77 kWh/(m ² a)
Besoin EP-R PHPP :	36 kWh/(m ² a)
Test de pression :	n50 0,23 h-1
Récupération de chaleur :	77,8 %

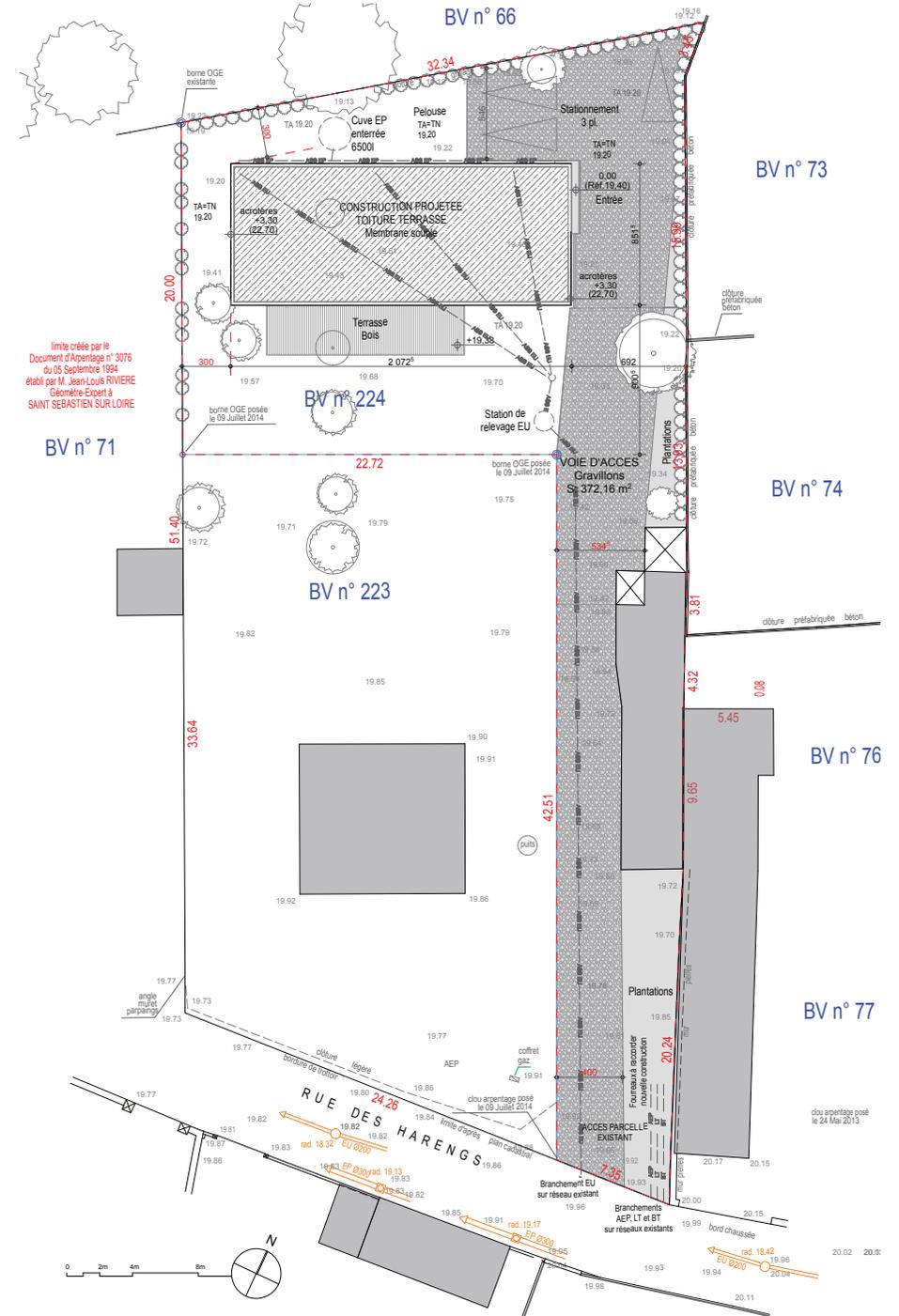


Plan rez de chaussee



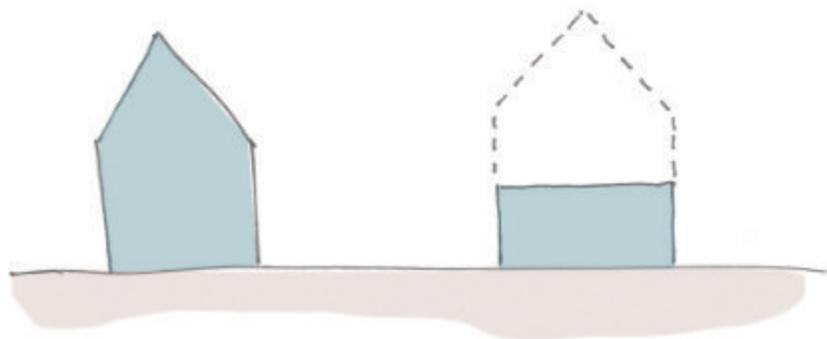
$\pi\alpha\alpha\alpha\alpha\alpha\alpha$
 $\pi\alpha\alpha\alpha\alpha\alpha\alpha$

Plan masse

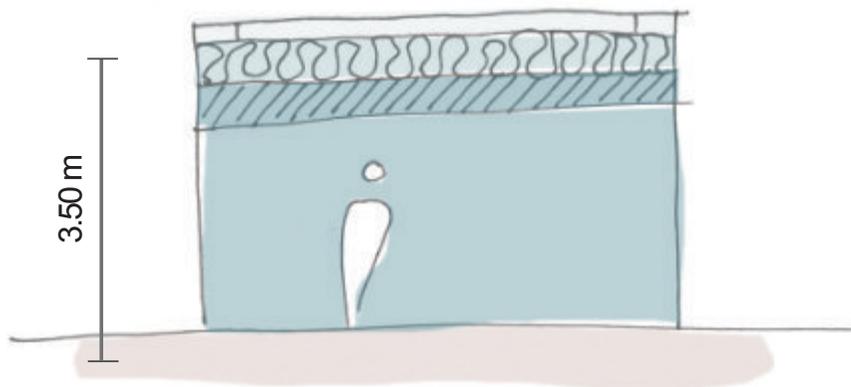


2

Enveloppe

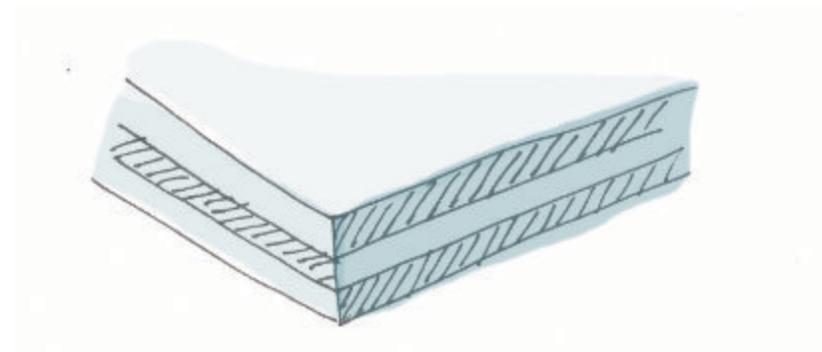


La maison se trouve en second rideau de parcelle. Le PLU impose donc une hauteur **limite de 3.50m** pour la construction. La maison est donc de plain-pied.



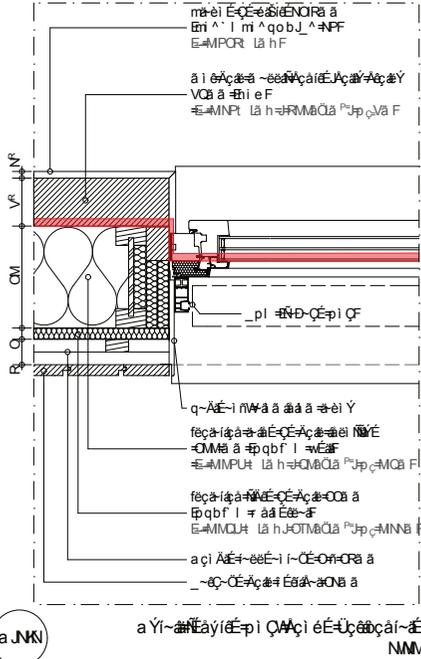
Il faut user d'ingéniosité pour concevoir des volumes agréables à vivre protéger d'une **enveloppe performante** tout en respectant la contrainte de 3.50m. L'ossature en bois volumineuse est à exclure.

Panneaux Bois Massif (CLT)



- + faible épaisseur
- + performances mécaniques
- + besoin de moins d'isolant pour assurer les performances thermiques de l'enveloppe
- + d'espace gagné sur le volume habitable

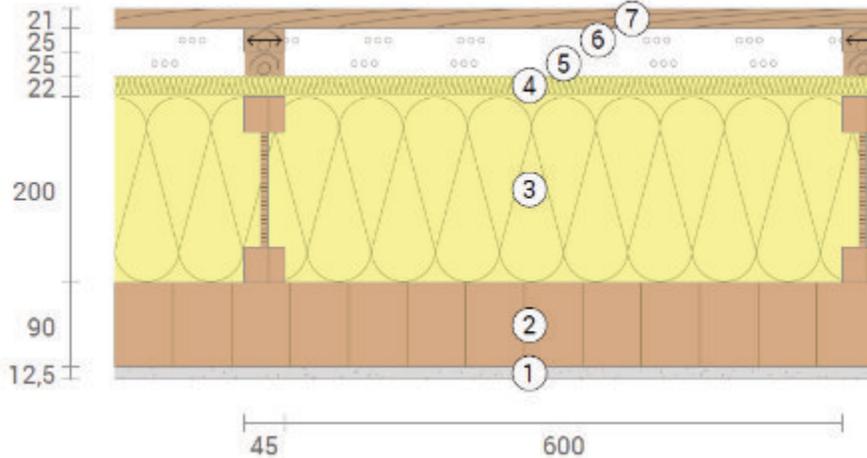
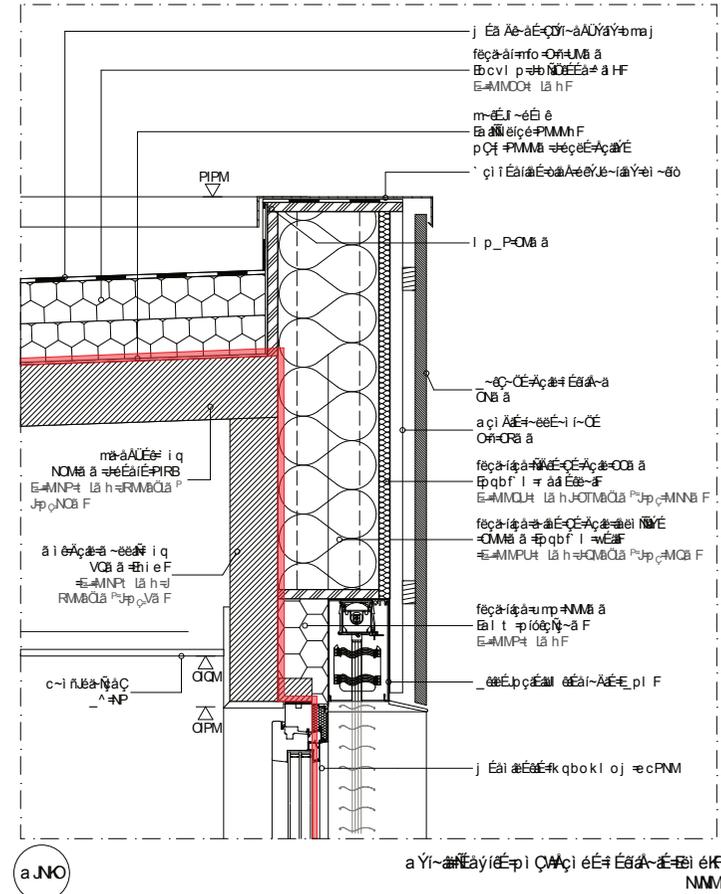
Par ois vert ical es



L'isolation des murs extérieurs est composée de 22 cm de laine de bois en deux couches posées croisées recouvert d'un pare-pluie respirant de marque DELTA-VENT N®. Cette isolation est fixée mécaniquement sur les murs bois massifs par l'intermédiaire de **poutres en I** faisant la rupture de pont thermique.

Up=0.157 W/m2K
Atténuation d'amplitude thermique: 56
Déphasage: 13h
Capacité de chaleur interne: 81 kJ/m2K

Toit ur e



- 1- Plaque de plâtre cartonnée (12.5mm)
- 2- CLT (94mm)
- 3- Fibre de bois (200mm)
- 4- PAVATEX ISOLAR (22mm)
- 5- lame d'air ventilée (27mm)
- 6- lame d'air ventilée (27mm)
- 7- Bardage (21mm)

Système structurel

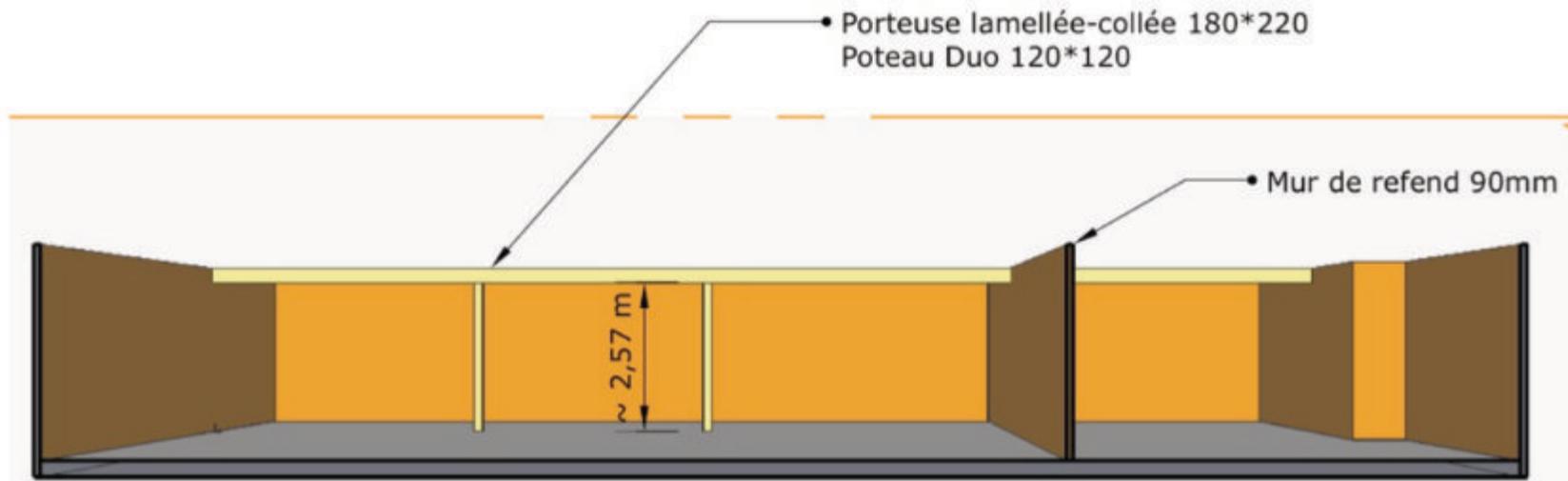
Pour garantir une parfaite stabilité de l'ouvrage, un mur de refend en CLT est placé en remplacement d'une cloison. Des réservations dans ce mur sont réalisées au niveau du couloir pour permettre le passage des réseaux.

Lamellée-collée

Le point d'appui intermédiaire de la charpente est une poutre porteuse en bois lamellée-collée de section 180x220mm. Cette poutre repose sur 2 poteaux bois de section 120x120 ainsi que le mur de refend.

Le bois lamellée-collée est préféré au métal pour sa facilité de mise en œuvre et son coût réduit.

La hauteur sous la porteuse, par rapport au sol fini, est d'environ 2.57m.



Panneaux de bois massif / CLT

Le **CLT** est constitué de planches d'épicéa disposées en couches croisées et collées entre elles à une pression de 0,6N/mm² pour former des éléments en bois massif de grand format. **La disposition croisée des couches** longitudinales et transversales **réduit à un minimum insignifiant tout gonflement ou retrait de bois dans le plan de panneau** et augmente considérablement la résistance statique et la stabilité dimensionnelle.

L'utilisation du panneau bois massif en structure de bâtiment a permis d'atteindre plusieurs objectifs expliquant les performances mesurées :

- L'épaisseur de 94mm du panneau de structure a permis de réaliser un **gain de place** non négligeable à l'intérieur.

- L'**étanchéité à l'air** du matériau bois massif a permis d'atteindre un résultat en test de pression de 0.23 h-1 sous 50 Pascal de dépression.

- **Le bois régule naturellement l'hygrométrie** et apporte un confort ressenti supplémentaire aux habitants

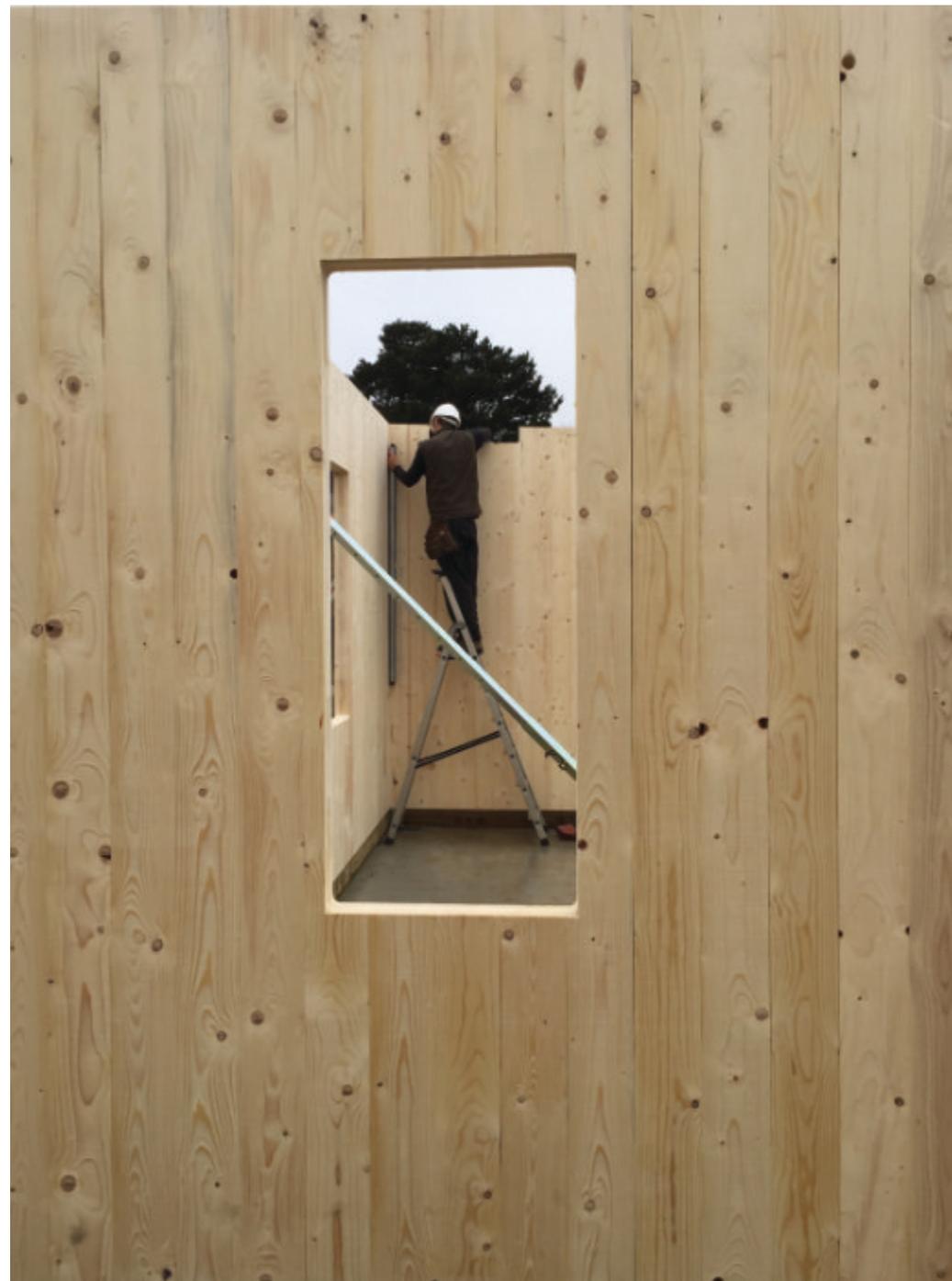
- La présence massive du bois à l'intérieur de l'habitation permet d'avoir une **atténuation acoustique** importante conférant un son feutrée

- L'utilisation de CLT en structure permet de bien classer le bâtiment dans les critères de **cycle de vie** et d'émission de gaz à effet de serre pour la construction de ce dernier

- Cette masse de bois massive couplé à la chape béton permet d'obtenir à l'intérieur du volume isolé une capacité d'**inertie assez importante**.

Fiche technique

Fabricant	KLH MassivHolz GMBH (Autriche)
Durabilité	Classe de service 1 et 2 selon EN 1995-1-1
Essences	Epicéa certifié PEFC
Structures des panneaux	3 plis
Classe de résistance	C24
Classe d'aspect	Qualité non visible (NSI)
Poids	550kg/m ³
Conductivité thermique	$\lambda=0.13W/(m\cdot K)$ suivant EN ISO 10456
Capacité thermique	$c_p=1600J/(kg\cdot K)$ suivant EN ISO 10456
Résistance à la diffusion	$u= 100$ (valeur statique moyenne déterminée au LERMAB)
Étanchéité à l'air	Les panneaux KLH peuvent être utilisés comme couche étanche à l'air
Comportement au feu	Euroclass D-s2, d0
Avis Technique	AT-3/12-731//ETA-06/0138



Menuiseries

L'utilisation de menuiseries INTERNORM® est un système bois/isolant/aluminium innovant. Ces **trois joints d'étanchéité** assurent une protection maximale contre la pluie battante, l'amélioration thermique et phonique ainsi que la protection de la quincaillerie.

L'utilisation de la technologie des **calles Purenite** a permis de limiter le plus possible les phénomènes de ponts thermiques en seuils de menuiseries. C'est un **matériaux isolant qui résiste bien en compression**.

NB: Le calcul de l'apport thermique solaire dans le PHPP prends en compte l'ombrage créée sur les vitrages par les masques solaires (végétation et bâtiments proches).

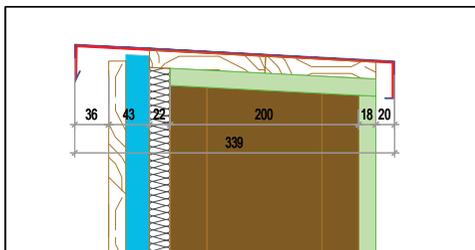
Fichet echnique

Home pure/ Fenêtre Bois/Alu+ C14

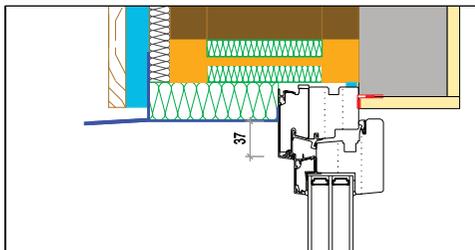
Couleur int:	Epicéa, F1501 (F1501)
Couleur ext:	Gris aluminium RAL9007 mat Gris aluminium RAL9007 mat
Valeur phonique fenêtre:	35dB
Châssis (Sud)	0.72 W/m ²
Châssis (Nord)	0.86 W/m ²
Intercalaire vitrage:	ISO
Couche vitrage:	Light
Vitrage Facteur solaire (g)	
Valeur g (Sud):	0.62
Valeur g (Nord):	0.50
Vitrage Valeur U	
Valeur U (Sud):	0.62 (W/m ² K)
Valeur U (Nord):	0.53 (W/m ² K)



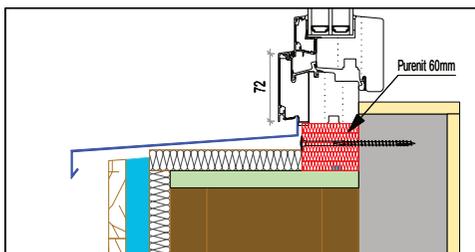
Menuiseries / Détails techniques



Ech. 1:5
Tête d'acrotère

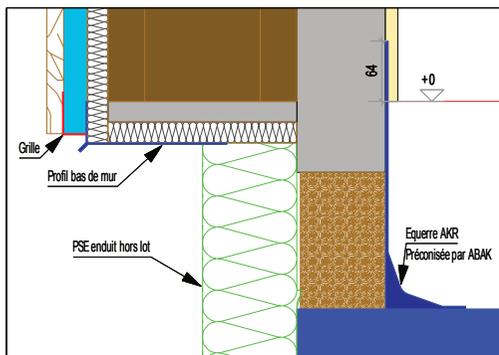


Ech. 1:5
Linteau

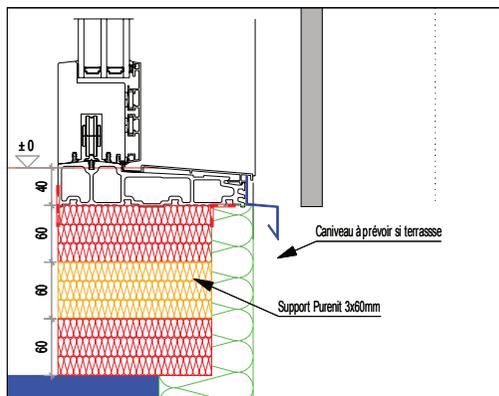


Ech. 1:5
Allège

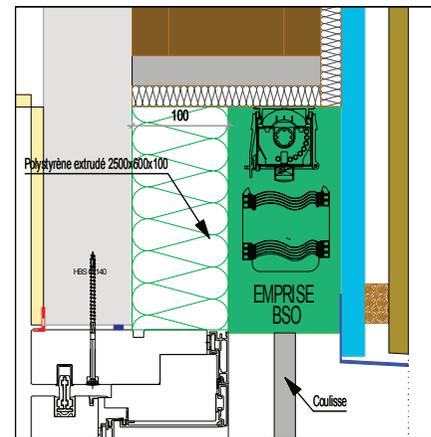
Les menuiseries sont posées au extérieur des murs CLT.



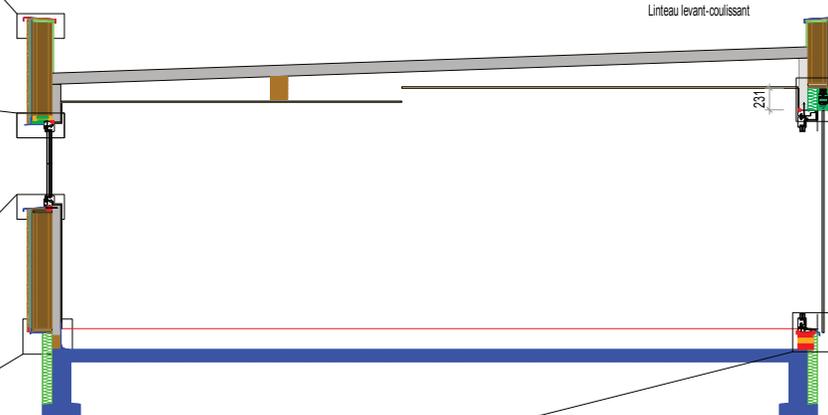
Ech. 1:5
Part de mur



Ech. 1:5 Appui levant coulissant



Ech. 1:5
Linteau levant-coulissant



1



Levage par ois CLT

2



coffrage pour es i
(st icoj oist)

3



pose menuiseries

4



Panneaux fibre de bois
pare-pluie

5



Insufflation
fibre de bois

6



pose bardage

3

EQUIPEMENTS

systeme de ventilation mécanique

La machine utilisée pour la ventilation de la maison est le système NILAN Compact P «système multi-intégré» combinant la ventilation double Flux et la production d'eau chaude par une mini pompe à chaleur.

Le fabricant de l'unité de ventilation : NILAN

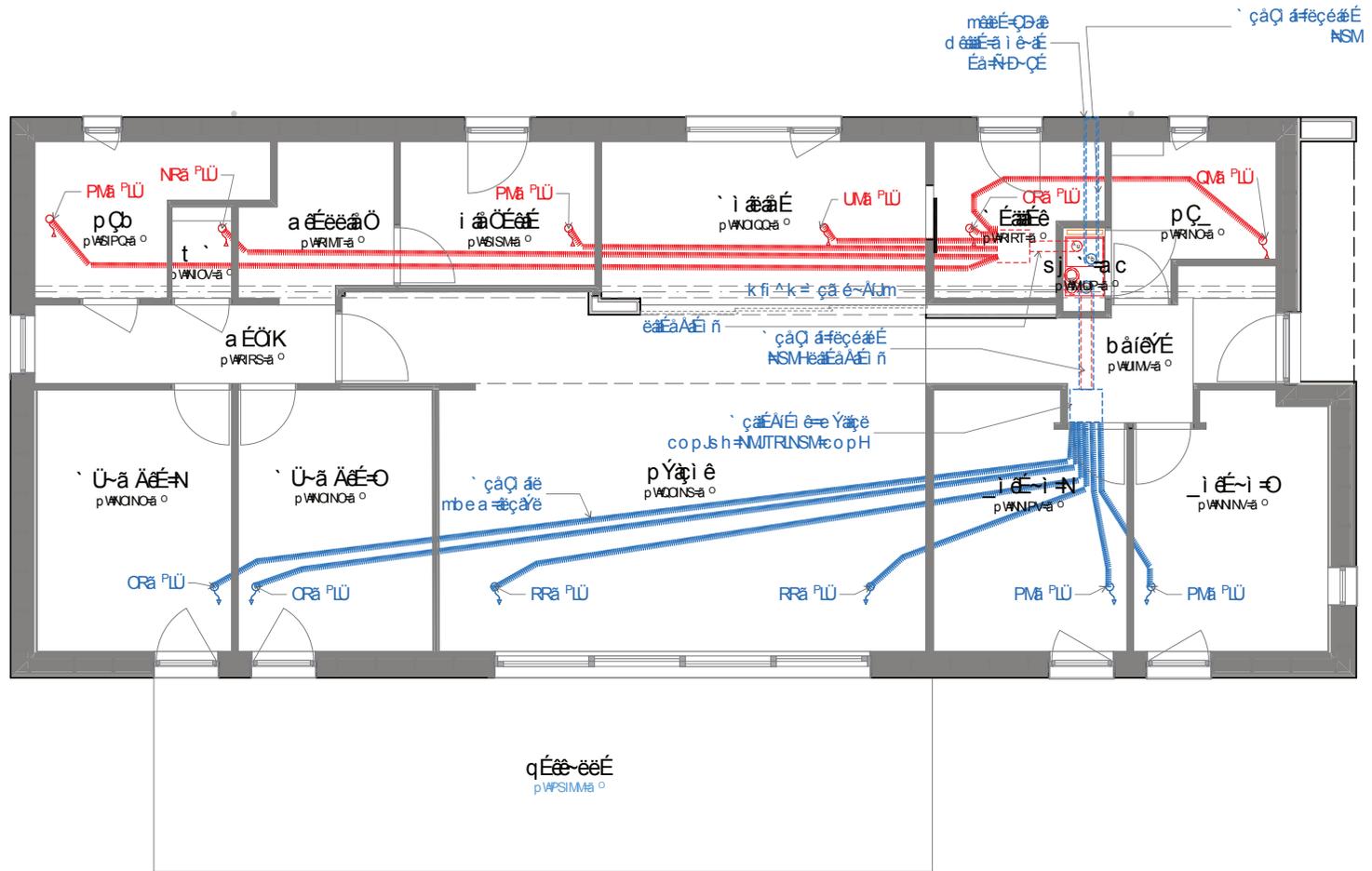
Le taux effectif de disponibilité thermique est de 77.8 %.

La ventilation est caractérisée par un réseau de conduit PE-HD semi-rigide (diamètre anti-statique, nettoyable). Ce réseau alimente en air sain les pièces de vie.

L'échangeur thermique récupère la chaleur de l'air extrait pour la transférer vers l'air entrant. **L'air neuf est donc préchauffé** et est acheminé dans les pièces de vie via des gaines isolées afin de limiter les pertes de chaleur. **L'ensemble du système est optimisé pour assurer un bon rendement énergétique.**

L'inversion de la PAC permet d'assurer si nécessaire un peu de rafraîchissement en été.





Ventilation - Plan RDC

Le système de ventilation se déploie entre le faux plafond et les panneaux de CLT. Ainsi, pour des questions d'efficacité thermique l'ensemble du réseau de ventilation comme celui d'électricité est positionné à l'intérieur de l'enveloppe isolée et étanche à l'air.

Sur ce plan nous distinguons bien le fonctionnement de la ventilation double flux:

En bleu: Un réseaux insufflant l'air neuf dans les pièces de vie (le salon et les chambres)

En rouge: un réseau expulsant l'air vicié à partir des pièces de services (la cuisine, la salle de bain et la buanderie).

Ces deux réseaux sont distincts et ne se croisent pas.

Alimentation en chaleur

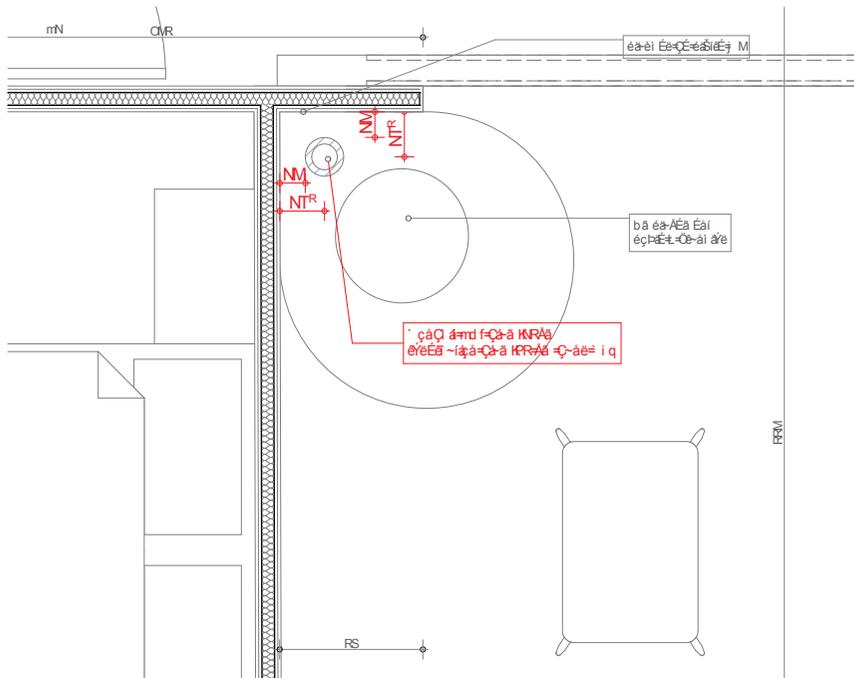
L'alimentation en chaleur de la maison est délivré par:

- un poêle à pellet RIKA
- 2 sèches serviettes
- système intégré NILAN compact P

Le besoin de chaleur de la maison de Saint-Sébastien-sur-Loire est calculé dans le PHPP à **11 kWh/(m²a)**. La puissance totale de chauffe nécessaire est de 11W/m² soit environ l'équivalent d'un radiateur de 1500W pour assurer le confort thermique pour 150m² de surface habitable.

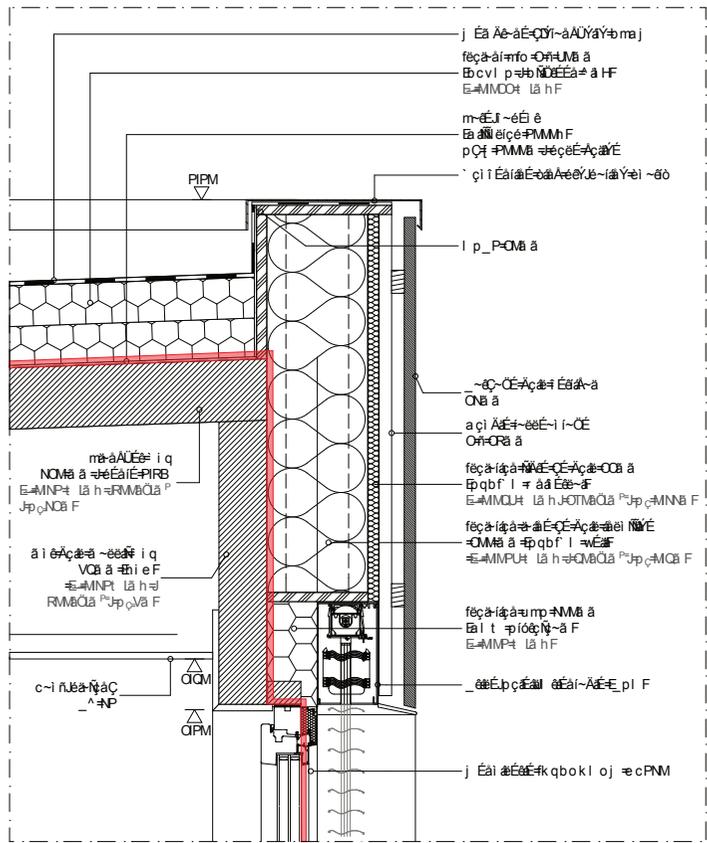
Le concept initial prévoyait de chauffer seulement via le compact P ainsi que les sèches serviettes électriques dans les SdE. Or le titre V de la compacte P du NILAN n'autorise pas son usage en chauffage principal. **Pour satisfaire la RT 2012 un poêle à bois à été ajouté dans le salon.**

Le poêle délivre une puissance de chauffage trop puissante pour les faibles besoins de la maison. D'autres système tel que des bouches chauffante aurait suffit. Seulement, le maître d'ouvrage préférerait la convivialité et la chaleur d'un poêle.



Le confort thermique est assuré dans l'habitat par le contrôle solaire.

A Saint Sébastien sur Loire, toutes les menuiseries de la façade sud sont équipées de BSO Modulo P/X/P. Ces BSO permettent de réguler la température ambiante en protégeant l'espace intérieur des rayons du soleil. Les lames des BSO sont modulables en fonction de la position du soleil. Elles stoppent ses rayons **sans occulter la luminosité ou la vue**. Ces brise-soleil sont robustes et nécessitent peu d'entretien.



a.JNO

a.Yi~anEay(iE~pi)QAç(iÉÉÉÉÉÉÉÉÉÉ)ÉÉÉÉÉÉÉÉÉÉ
NMM



4

Problématiques et contraintes rencontrées

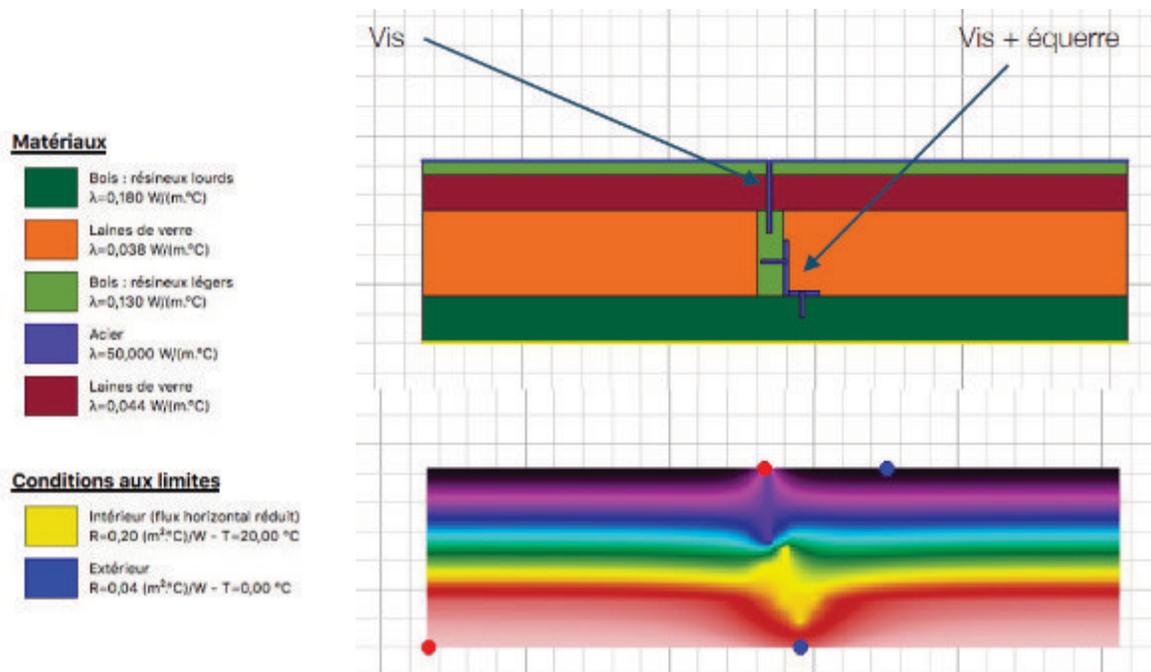
Ponts Thermiques/ Murs

Le coffrage des caissons d'isolation créer des ponts thermiques. Il faut donc mettre en œuvre un système de coffrage qui limite ces effets.

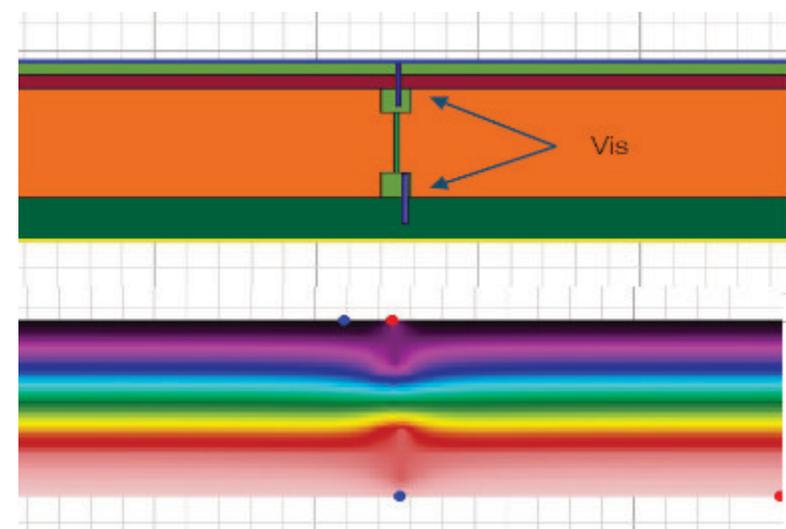
Le BE thermique a mené une **étude comparative des ponts thermiques linéiques** de deux systèmes d'isolation ayant un U équivalent.

Le logiciel Conductéo met en évidence l'efficacité du second système. La technologie des poutres en I créer une rupture de pont thermique.

Le coût de fabrication et de mise en œuvre des poutres en I est plus élevé. Mais ce coût sera amorti par la performance thermique de l'enveloppe.



Cas 1: isolation 145mm placée entre montants
+ Isolation extérieure continue de 60mm

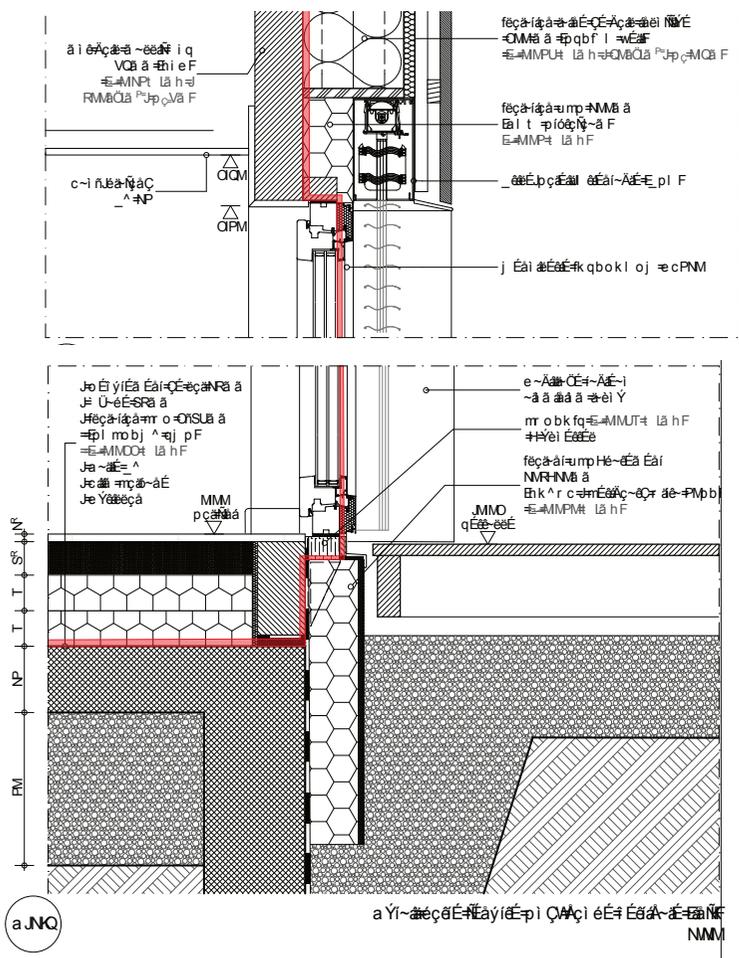


Cas 2: isolation 200mm placée entre poutres en I
+ Isolation extérieure continue de 22mm

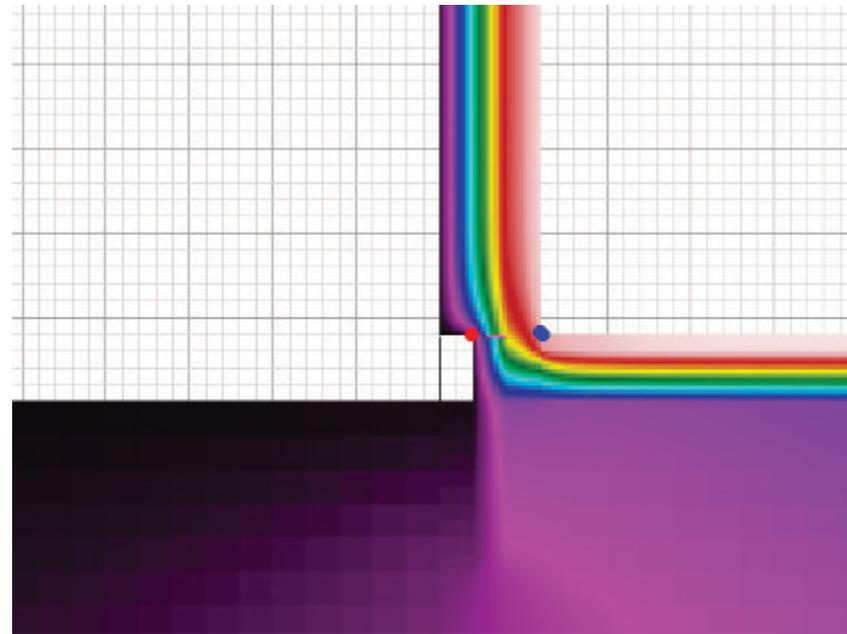
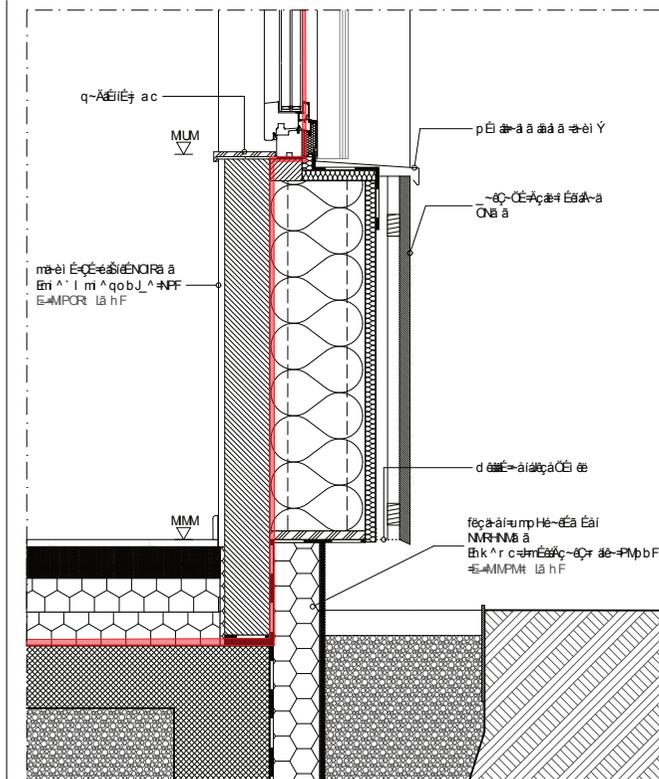
Ponts Thermiques / Dalle

Afin de **limiter les déperditions d'énergie** et d'améliorer le confort thermique nous avons recouvert la périphérie de la dalle par un isolant **polystyrène graphité**. A épaisseur égale, le Graphité offre une **résistance thermique plus forte que le polystyrène classique**. Cela a un avantage considérable : le graphité permet de diminuer l'épaisseur du manteau isolant.

Le graphité est un produit dont la fabrication est très proche de celle du polystyrène classique que l'on appelle le PSE. Pour simplifier, leur différence provient de l'ajout, lors du processus de fabrication du graphité, du graphite de granit.



Isolation périphérique: Isolant PSE 105mm



Intérieur (flux horizontal)
 $R=0,13 \text{ (m}^2\text{°C)/W}$ - $T=20,00 \text{ °C}$

Intérieur (flux descendant)
 $R=0,17 \text{ (m}^2\text{°C)/W}$ - $T=20,00 \text{ °C}$

Extérieur
 $R=0,04 \text{ (m}^2\text{°C)/W}$ - $T=0,00 \text{ °C}$

Température
minimale

Température
maximale

Facteur de
température
minimale

Facteur de
température
maximale

18,85 °C

19,58 °C

0,9424

0,9790

18,60 °C

19,60 °C

0,9302

0,9801

0,01 °C

0,27 °C

0,0003

0,0137

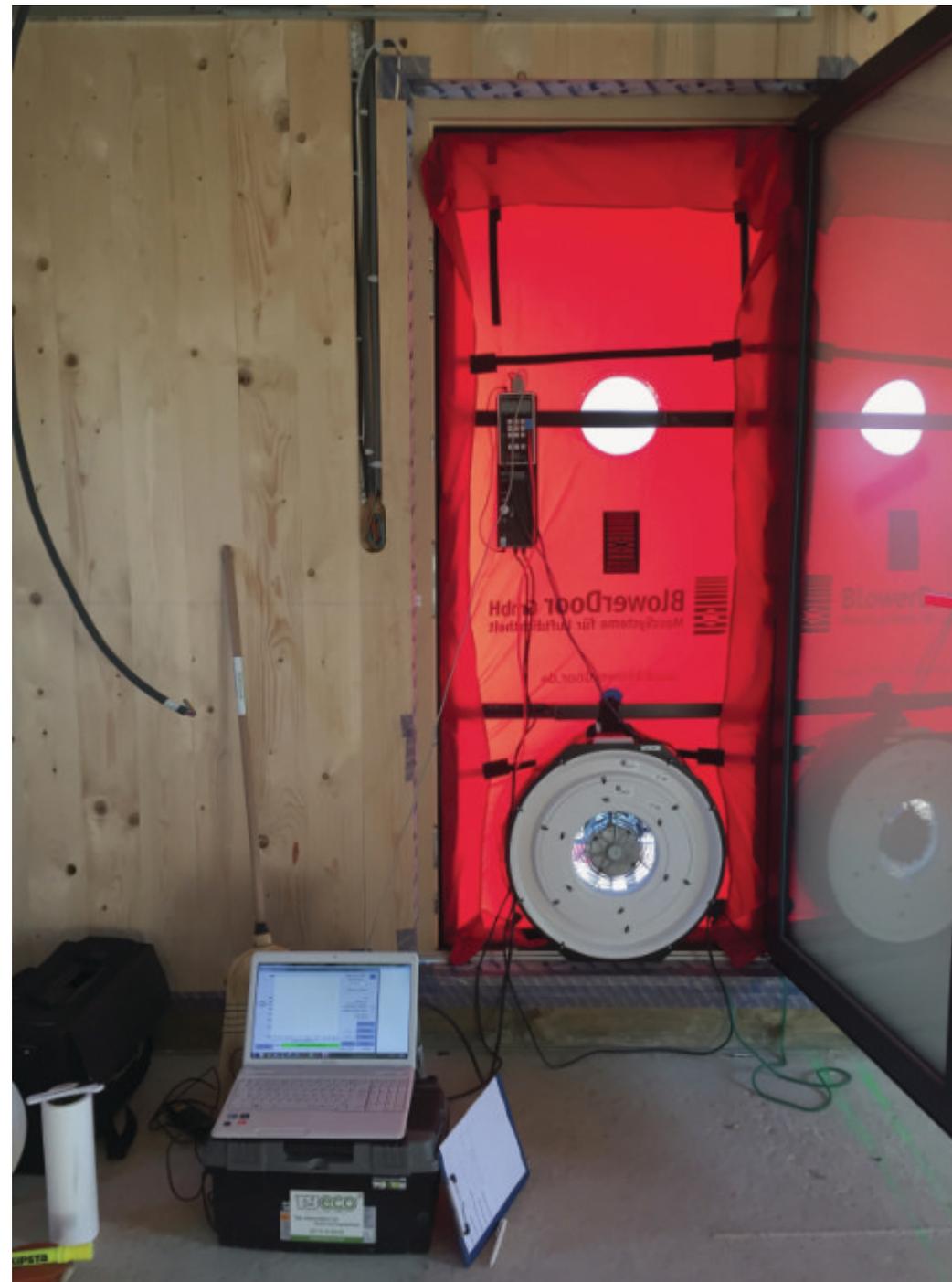
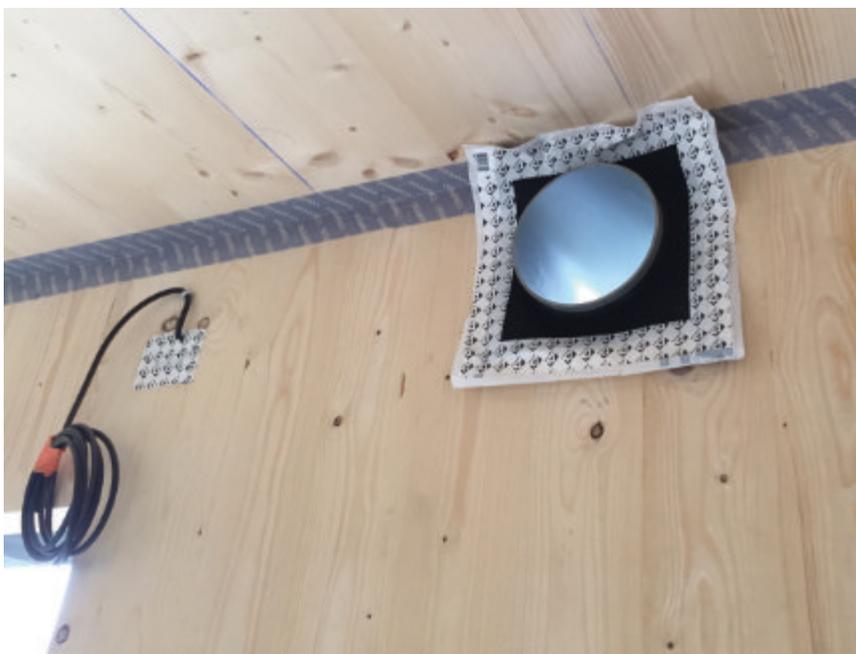
Description de l'enveloppe et anche à l'air

Le profil géométrique de l'étanchéité du bâtiment a été déterminé à l'intérieur de la paroi en panneau bois massif de la structure (car CLT non visible).

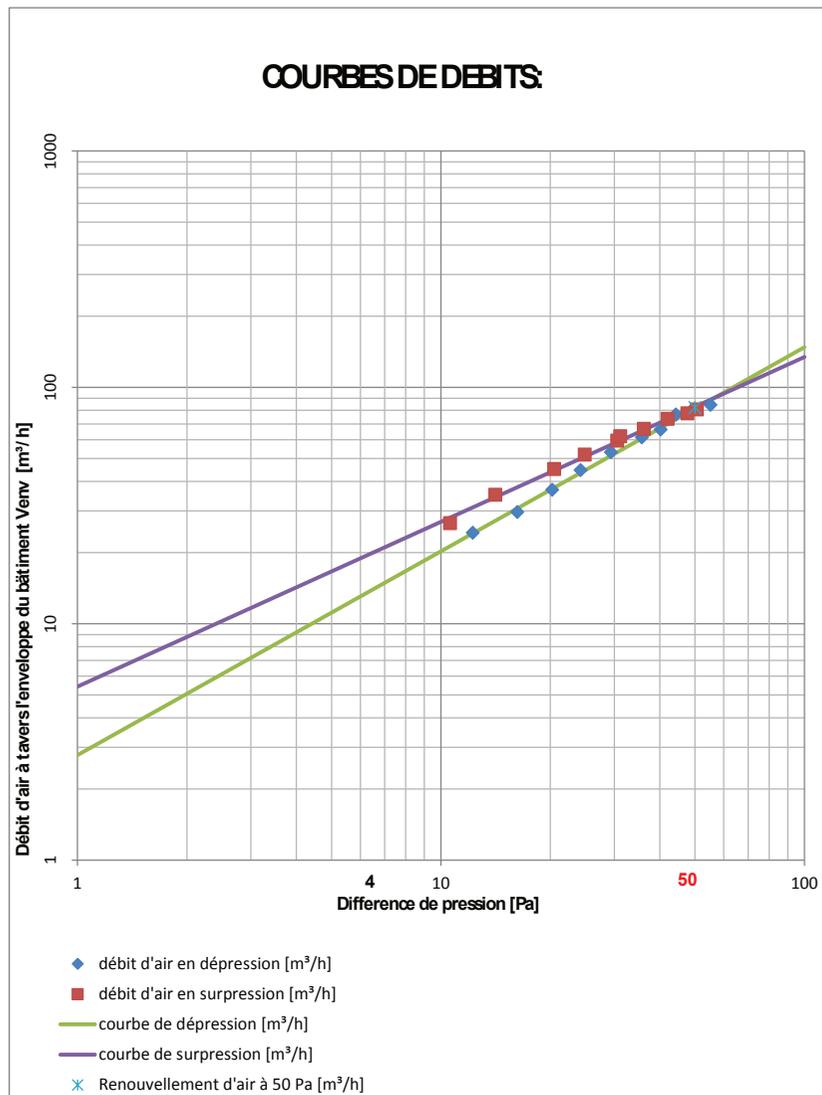
- Les jonctions des panneaux de bois massifs en mur et toiture sont réalisées par l'intérieur par l'application d'un **scotch d'étanchéité** à l'air de marque PROCLIMA®.
- La jonction des panneaux bois massifs avec la dalle béton a été traitée par l'extérieur avec une **membrane anti-remontée capillaires et ses scotchs dédié** faisant la liaison entre la dalle BA et les panneaux de bois massif.

Test d'infiltrométrie

Pour réaliser le test d'étanchéité à l'air sous 50 Pascal de dépression, une porte soufflante BLOWERDOOR® a été installée sur la porte d'entrée pour réaliser les mesures du bâtiment. Le résultat du test d'étanchéité à l'air est de 0,23 h-1 (n 50) au test final. Ce très bon niveau d'étanchéité caractérisant l'**infime niveau de fuite d'air de l'enveloppe** et donc sa performance énergétique.



Annexe 2 : courbe de débits



Mesures et analyse des résultats

Température extérieure en °C	23
Température intérieure en °C	21
Pression barométrique en Pa	101325
Vitesse du vent (estimation selon échelle de Beaufort)	4
Volume chauffé en m³	351,5
Surface de parois froides selon RT 2005 AT bat en m²	291,3
SRT en m²	168,15

Mesure		Valeur	Intervalle de confiance	
			Mini	Maxi
CL en [m3/ (hPa ⁿ)]	Dépression	2,78	2,34	3,29
	Surpression	5,41	4,61	6,35
Exposant n	Dépression	0,86	0,81	0,91
	Surpression	0,70	0,65	0,74
Coefficient de corrélation r	Dépression	0,998	/	/
	Surpression	0,996	/	/
q4 en m³/h	Dépression	9,18	8,86	9,51
	Surpression	14,23	13,71	14,75
q50 en m³/h	Dépression	81	78	84
	Surpression	83	80	86
Q4 Pa surf en m³ / (h.m²)	Dépression	0,03	0,03	0,03
	Surpression	0,05	0,05	0,05
	Moyenne	0,04	0,04	0,04
n50 en h ⁻¹	Dépression	0,23	0,22	0,24
	Surpression	0,24	0,22	0,25
	Moyenne	0,23	0,22	0,24

Les différences de pression à débit nul Δp0,1+, Δp0,1-, Δp0,2+, Δp0,2-, Δp0,1 et Δp0,2 sont détaillées dans l'annexe 4

Surface équivalente de fuite ELA à une pression de 4Pa en dépression :		9,88 cm²
Un carré de	3,14 cm de côté	Un trou de 3,55 cm de diamètre
Surface équivalente de fuite ELA à une pression de 4Pa en surpression :		15,31 cm²
Un carré de	3,91 cm de côté	Un trou de 4,41 cm de diamètre

Synthèse : Le bâtiment présente une valeur d'étanchéité à l'air N50 de **0,23 h⁻¹**. Elle est donc conforme à la valeur passiv'haus qui est de 0.60 h-1 maximum.

Le détail des résultats de mesure est présenté dans les annexes 2, 3, 4.

Fait à Bourg des comptes le : 28/06/2017

Karène CHEVALIER



5

Ce qu'il faut retenir

Le calcul phpp

Au fur et à mesure de la conception, les choix architecturaux étaient reportés dans le calcul du PHPP. **Le calcul PHPP permet de contrôler la performance du bâtiment et donc d'optimiser la réponse architecturale.** Pour l'expérience de Saint-Sébastien-sur-Loire nous nous sommes **affranchit de quelques règles de conception bioclimatique** (vérifié à le calcul) et réalisé par exemple, des ouvertures sur la paroi nord.

Le calcul PHPP aide aussi à **déterminer les produits ou matériaux les plus compétents.** Par exemple nous avons créé deux variantes (onglet dédié du PHPP) avec des menuiseries différentes. Le PHPP démontrait que le gain en économies de chauffage par les menuiseries les plus performantes, permet d'en amortir le surcoût.

Ainsi nous pouvons **comparer et valider différents systèmes de mise en œuvre**, différentes épaisseurs et lambda de l'isolation, les dimensions et type des fenêtres triples vitrages etc...

Le calcul PHPP permet donc d'optimiser au maximum la conception structurelle et architecturale tout en assurant une compétence thermique... Et ce en restant dans l'enveloppe budgétaire allouée par le maître d'ouvrage.

Innovations techniques

Les panneaux de bois massif, la mousse PIR ou encore le polystyrène graphité ont permis d'**améliorer les performances thermiques de l'enveloppe avec une faible épaisseur.**

Leur mise en œuvre sur le chantier de Saint-Sébastien-sur-Loire était pertinente car:

- nous devons réaliser une **enveloppe de faible épaisseur** pour répondre à la **contrainte** de hauteur de la maison (<3.50m) selon le PLU.
- créer une **enveloppe thermique performante** conforme aux critères du **label Passihaus**.

Cependant l'efficacité des matériaux peut être **affaiblit selon leur mise en œuvre**. Une discontinuité de l'enveloppe thermique engendre l'apparition ponts thermiques, moisissures,...etc. Nous pouvons retenir de cette expérience l'efficacité des **cales Purenite** pour limiter le pont thermique au seuil des menuiseries ainsi que les **poutres en I**, véritable rupteur thermiques au niveau des coffrages d'isolants.

Que ce soit des nouveaux matériaux ou de nouvelles techniques de mise en œuvre, les innovations techniques permettent de répondre aux problématiques rencontrées dans le domaine de la construction.