

Documentation projet Rénovation Passive



ID : 6051

Transformation d'une grange en logement passif à SAIN BEL. Conservation des pierres apparentes extérieures, isolation par l'intérieur des murs.

Année de construction : **environ 1900**

Année de rénovation : **2018/2019**

Conseiller Maison Passive responsable :

DAVAL Clément

Bureau d'études : **BE&CO**

Contractant Général : **BE&CO**

Architecte : **Stéphen MURE Architecte**

Particularités :	Bâtiment en pierres		
Valeur U mur extérieur	0.130 W/(m2K)	Besoin de chal. PHPP	19,6 kWh/(m2a)
Valeur U sol	0.157 W/(m2K)		
Valeur U toit	0.079 W/(m2K)	Besoin EP PHPP	72,1 kWh/(m2a)
Valeur U fenêtre	0.77 W/(m2K)		
Récupération de chaleur	84 %	Test de pression	n50=0.85 vol/h

Passivhaus Enerphit Documentation



ID : 6051

Transformation of a barn into a passivehouse dwelling in Sain Bel. Conservation of apparent outside stones, inside insulation.

Year of construction: **environ 1900**

Year of renovation : **2018/2019**

PassiveHouse Consultant, Project leader:

DAVAL Clément

Design office: **BE&CO**

Builder : **BE&CO**

Architect : **Stéphen MURE Architecte**

Special features :	Building made in stones		
U-value external walls	0.130 W/(m2K)	PHPP space heat demand	19,6 kWh/(m2a)
U-value floor	0.157 W/(m2K)		
U-value roof	0.079 W/(m2K)	PHPP Primary energy demand	72,1 kWh/(m2a)
U-value window	0.77 W/(m2K)		
Récupération de chaleur	84 %	Pressure test	n50=0.85 vol/h

SOMMAIRE

1	Résumé / Abstract.....	4
2	Photos de façade.....	5
3	Photos d'intérieur	6
4	Coupes de la réalisation	7
5	Plans	8
6	Gros œuvre – Création d'ouvertures	10
7	Isolation du plancher bas	11
8	Isolation des façades.....	12
9	Isolation du toit.....	13
10	Création d'un plancher intermédiaire	14
11	Etude des ponts thermiques.....	15
12	Menuiseries extérieures	17
13	Protections solaires par BSO.....	18
14	Étanchéité à l'air	19
15	Système de ventilation.....	21
16	Système de chauffage / ECS.....	23
17	Résultats PHPP	24
18	Coût du projet.....	25
19	Année de construction.....	25
20	Architecte.....	25
21	Bureau d'études thermiques	25

1 RESUME / ABSTRACT

1.1 RESUME :

Le maître d'ouvrage a contacté BE&CO préalablement à l'acquisition de cette grange mitoyenne à une habitation voisine, afin de valider la faisabilité d'une transformation en logement passif ENERPHIT. Nous avons pu dès lors mettre tous les moyens nécessaires pour parvenir à cet objectif ambitieux et ce malgré de nombreuses contraintes : orientation du bâtiment non optimale, impossibilité d'isoler par l'extérieur, complexité du traitement de l'étanchéité à l'air en préservant la charpente apparente, grande hauteur sous plafond, etc...

C'est grâce à notre approche globale de conception / réalisation que nous avons pu garantir au maître d'ouvrage un prix ferme de sa rénovation et nous engager sur la performance énergétique.

En s'appuyant sur les services d'un architecte concepteur PassivHaus pour déposer la déclaration préalable, nous avons pu faire converger les exigences d'une conception performante avec les contraintes imposées par les architectes des bâtiments de France.

1.2 ABSTRACT:

The owner contacted BE&CO prior to the acquisition of this barn adjoining a neighboring house, in order to validate the feasibility of a transformation into ENERPHIT passive house. We were therefore able to put in all the necessary means to reach this ambitious objective, despite numerous constraints: non-optimal orientation of the building, impossibility of insulating from the outside, complexity of the airtightness treatment in preserving the exposed framework, high ceilings, etc.

It is thanks to our global design and implementation approach that we were able to guarantee the client a firm price for its renovation and to commit to energy performance.

By relying on the services of a PassivHaus designer architect to apply for the building permit, we were able to converge the requirements of an efficient design with the constraints imposed by the architects of buildings in France.

2 PHOTOS DE FAÇADE



Façade principale avant travaux

L'enjeu de cette transformation de grange qui ne comportait initialement que de rares ouvertures sur l'extérieur était avant tout de rendre ce volume viable en apportant de la lumière et un maximum d'apports solaires.



Les deux façades les plus exposées ont été largement ouvertes sur l'extérieur dans le respect des contraintes fixées par les architectes des bâtiments de France en termes de proportion, d'harmonisation et de respect du patrimoine ancien.



Vue façade Sud-Ouest



Vue façade Sud-Est (entrée principale)



Vue façade arrière Nord-Est

Des ouvertures ont dû être créées par nécessité à l'arrière de la grange au Nord-Ouest afin d'apporter un éclairage naturel dans chaque chambre.

Seule la longue façade Nord-Est en limite de propriété est restée borgne.

3 PHOTOS D'INTERIEUR



Vue sur salon et mezzanine



Vue sur cuisine

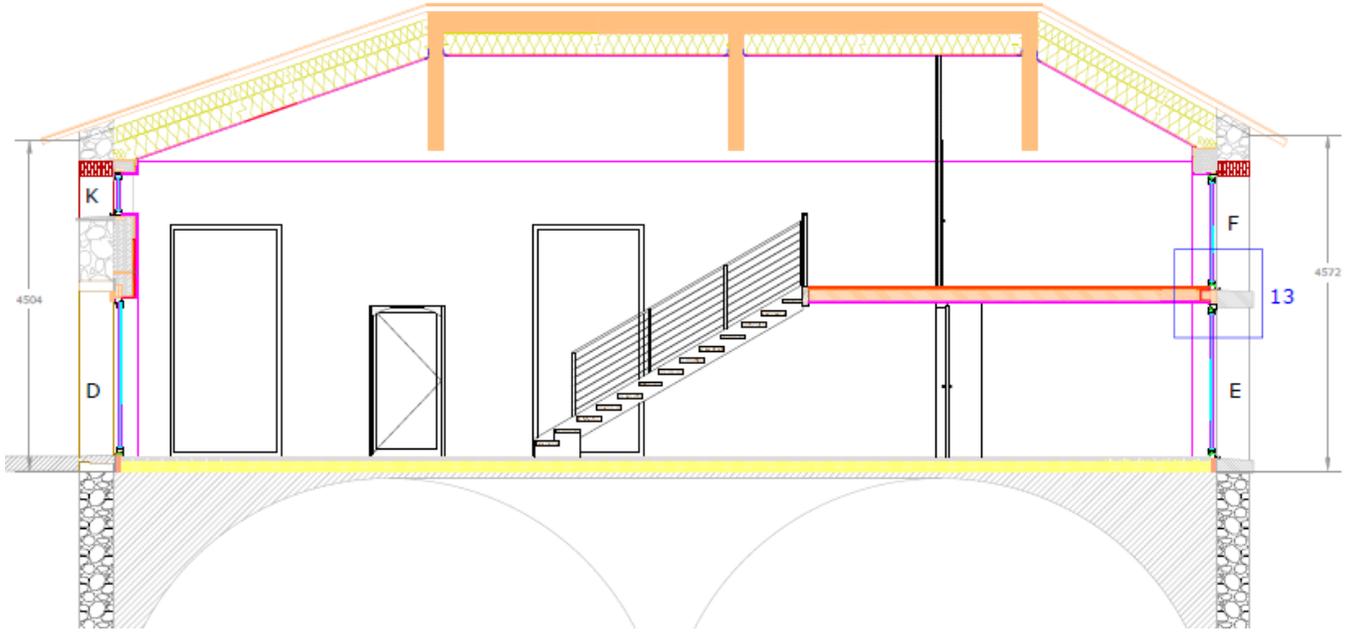
Le souhait du maître d'ouvrage de conserver la charpente apparente et la nécessité d'optimiser la hauteur sur la partie nord pour créer un 2^{ème} niveau nous ont conduit à travailler rigoureusement sur le traitement de l'étanchéité à l'air au droit des poutres et à compenser la dégradation de compacité liée à la grande hauteur sous plafond par un accroissement de performance sur l'ensemble des postes.



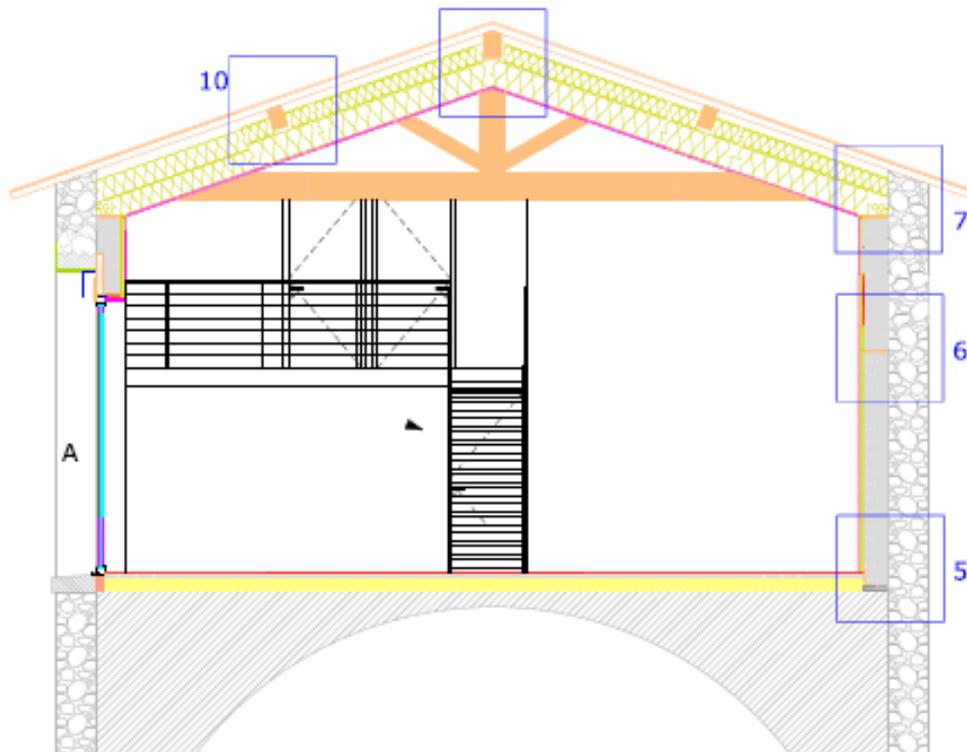
Vue sur grande pièce à vivre

La grande hauteur était requise pour l'installation d'une Moonboard (mur d'escalade intérieur) dont les dimensions nous ont été communiquées dès le début du projet.

4 COUPES DE LA REALISATION

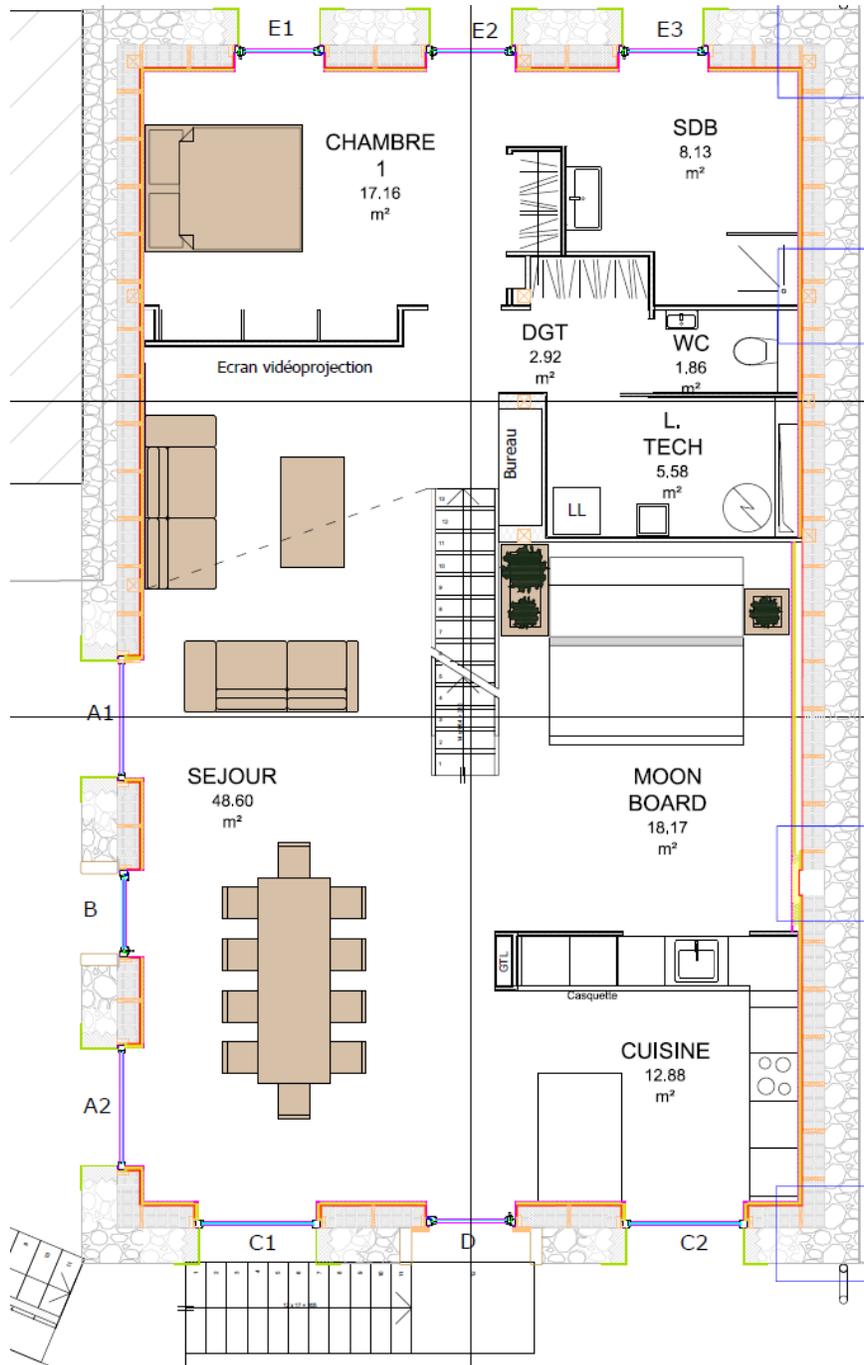


Coupe longitudinale



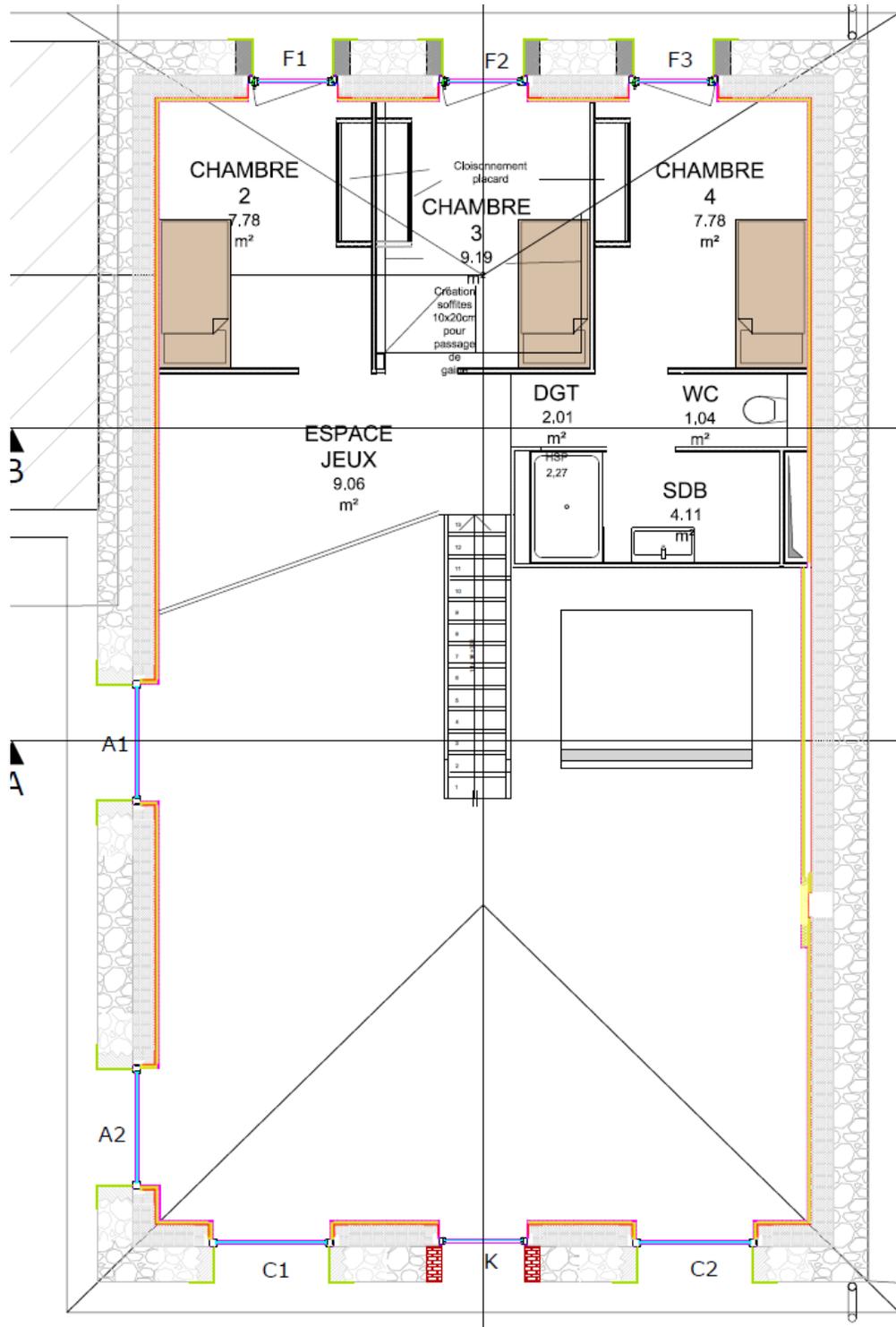
Coupe transversale

5 PLANS



Plan RDC

L'aménagement a été pensé avec l'architecte à partir des possibilités d'ouvertures sur l'extérieur. Les équipements techniques (ventilation, chauffage, ECS) ont été mis en œuvre dans le local technique / buanderie au centre de l'habitation.



Plan Etage

Trois chambres, un espace jeux et une salle de bain ont été créés à l'étage moyennant la création d'un plancher intermédiaire dans la zone nord de ce grand volume.

6 GROS ŒUVRE – CREATION D’OUVERTURES



Création d’ouvertures – façades SO et SE

Les larges ouvertures ont nécessité la réalisation d’une note de calcul par un ingénieur structure pour réaliser l’encadrement en béton armé.



Ces encadrements en béton ont été masqués par un enduit à la couleur des pierres dorées ornant les quelques ouvertures existantes, apportant ainsi une touche de modernité sans contredire le cachet de cette ancienne bâtisse.



7 ISOLATION DU PLANCHER BAS

Tant pour des raisons techniques que de performance énergétique, le choix de l'isolation du plancher bas donnant sur une cave voutée s'est tourné vers un ravaillage polyuréthane de 15 cm qui présentait divers avantages :

- Assurer la continuité de l'isolation du plancher avec l'isolation intérieure des murs.
- Obtenir un maximum de résistance thermique
- Permettre le cheminement des gaines électriques et plomberie sans surélever le niveau du sol (les cm étant précieux pour réaliser 2 niveaux habitable).
- Un décaissement d'environ 5 cm de l'ancienne chape a toutefois été nécessaire pour optimiser le niveau du sol fini et ne pas créer de marche devant la porte d'entrée existante.
- Servir de support au plancher chauffant



N° de la parcelle 03ud		Chape fluide sur PUR 150				Isolation intérieure? x	
Orientation des parois Adjacent à		3-sous-sol 3-lame d'air		Résistance superficielle [m ² K/W]			
				intérieure R _{s,i} : 0,17			
				extérieure R _{s,e} : 0,17			
Section 1	λ [W/(m·K)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(m·K)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(m·K)]	Épaisseur (mm)	
Chape fluide anydrite	1,100					50	0,0
PUR sous dalle flottante	0,025					150	6,0
Pourcentage de surface de la section 1 100%		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3 0,0%		Total 20,0 cm	
Majoration de la valeur U				Valeur U : 0,1566 W/(m ² ·K)			

8 ISOLATION DES FAÇADES



Aucun système industrialisé ne permettait d'isoler les murs par un doublage de 28 cm rempli de ouate de cellulose. Nous avons donc réalisé une ossature bois constituée de caissons permettant la fixation d'une membrane d'étanchéité à l'air et l'insufflation de ouate de cellulose.

La ouate a été choisie non seulement pour son aspect écologique mais également pour son comportement hygroscopique avec les murs en pierre dont nous ne pouvons exclure totalement l'absorption d'humidité venant de l'extérieur.

Nr. de la paroi	Description de la paroi	Isolation intérieure?				
01ud	Mur extérieur Ouate en caissons	X				
Orientation de la paroi: 2-mur		Résistance superficielle [m ² K/W]				
Adjacent à: 1-air extérie						
		intérieure F _{s,i} : 0,13				
		extérieure F _{s,e} : 0,04				
Section 1	λ [W/(m·K)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(m·K)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(m·K)]	Epaisseur [mm]
Plaque de plâtre 0,325	0,325					13
Equiv. LdV 0,037 placostil	0,037					45
Odc insufflée 0,042	0,042	Ossature bois	0,130			280
Pierre 2,0	2,000					450
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
94%		5,8%		0,0%		78,8 cm
Majoration de la valeur U		Valeur U:		0,1301 W/(m ² K)		7,5157



9 ISOLATION DU TOIT



L'isolation du plafond rampant sous toiture a été réalisé à l'aide de 2 couches de laine de verre croisées posées sur ossature, laquelle servait de support à la membrane d'étanchéité à l'air collée en sous face, et de fixation du parement en placoplâtre. Le plan du parement a été défini préalablement au laser de sorte que celui-ci chemine tout juste sous les arbalétriers les plus bas. Nous avons fait le choix de traiter l'étanchéité à l'air de manière ponctuelle au droit des pénétrations des entrants plutôt que longitudinalement le long des arbalétriers qui pour bon nombres d'entre eux étaient fendus.

La mise en œuvre de plafond sous les arbalétriers nous octroyait de plus un peu plus de largeur sur la résistance thermique à mettre en œuvre.

N° de la paroi 04ud		Toiture LdV R 12,5 en 2 couches			Isolation intérieure? x	
Orientation des parois Adjacent à		1-toit 3-lame d'air		Résistance superficielle [m²K/W] intérieure R _{si} : 0,10 extérieure R _{se} : 0,10		
Section 1	λ [W/(m·K)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(m·K)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(m·K)]	Epaisseur [mm]
LdV KIT FIT 040	0,040					240
LdV TI212	0,040					260
Plaque de plâtre 0,325	0,325					15
Pourcentage de surface de la section 1 100%		Pourcentage de surface de la section 2 0,0%		Pourcentage de surface de la section 3 0,0%		Total 51,5 cm
Majoration de la valeur U		Valeur U : 0,0785 W/(m²K)				

10 CREATION D'UN PLANCHER INTERMEDIAIRE

La réalisation d'un 2^{ème} niveau sur une partie du volume était nécessaire pour la création de 3 chambres enfants et d'une deuxième salle de bain.

Compte tenu de la hauteur limitée sous les entrails, nous avons dû optimiser dès la phase conception les hauteurs, qu'il s'agisse de l'épaisseur du complexe du plancher bas déterminant le niveau 0,00 ou de l'épaisseur du plancher intermédiaire.

En outre ce plancher ne devait pas créer de pont thermique périphérique dans l'isolation intérieure.



Nous avons donc conçu une structure poteau poutre autoportante intégralement dissociée des façades hormis quelques calage ponctuels en bois avec les façades assurant le contreventement.

L'étanchéité à l'air a été étudiée sur toute la périphérie de cette structure avec des méthodes simples et efficaces au droit de chaque solive et UPN.



12 MENUISERIES EXTERIEURES

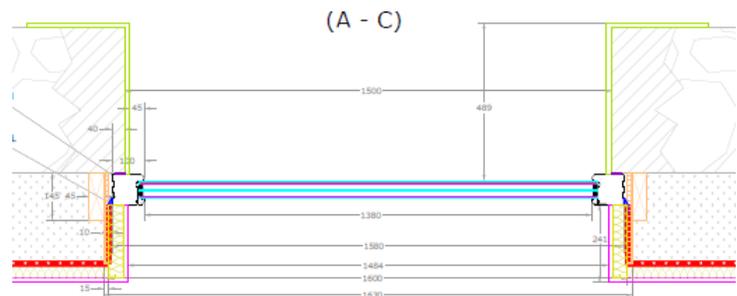
Les menuiseries mises en œuvre ont été fabriquées par MENUISERIES BLANC à Savigneux (42). Il s'agit de menuiseries bois d'épaisseur 92 mm, montées avec triple vitrage :

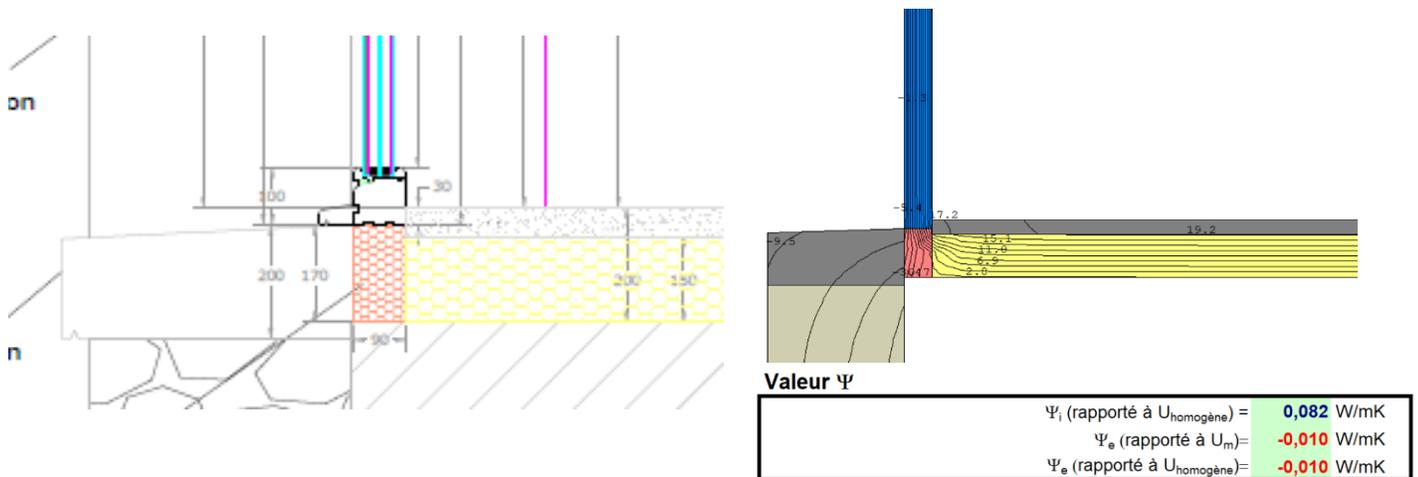
- Vitrage 4-18-4-18-4 LowE ou feuilleté 4-18-4-18-44.2 LowE – $U_g = 0,53$ – $g = 0,53$ (en moyenne)
- Cadre bois 92 mm – $U_f = 1,08$ W/m².K (moyenne)
- $U_w / U_{w_{meo}} = 0,84 / 0,93$ (valeurs moyennes)

Nombre	Description	Orientati on	Largeur	Hauteur	Rayonnement perpendiculaire	Vitrage	Châssis (moyenne)	$\Psi_{intercalaire}$
								(moyen)
			m	m	-	W/(m ² K)	W/(m ² K)	W/(mK)
2	A Chassis fixe allège	sud	1,580	0,950	0,54	0,52	1,08	0,040
2	A Chassis fixe haut	sud	1,580	2,180	0,53	0,53	1,06	0,040
1	B Porte-Fenêtre	sud	1,090	2,200	0,53	0,53	1,07	0,040
2	C Chassis fixe allège	est	1,580	0,950	0,54	0,52	1,08	0,040
2	C Chassis fixe haut	est	1,580	2,180	0,53	0,53	1,06	0,040
1	D PF entrée	est	1,130	2,135	0,49	0,50	1,15	0,040
3	E Porte-fenêtre	ouest	1,130	2,090	0,53	0,53	1,07	0,040
3	F Fenêtre	ouest	1,130	1,580	0,53	0,53	1,07	0,040
1	H Demi-cercle	est	1,130	0,565	0,64	1,12	1,31	0,040



La mise en œuvre de chaque menuiserie a été conçue de manière à optimiser le pont thermique. Celles-ci ont été posées en applique contre la maçonnerie à l'intérieur d'un précadre bois construit préalablement à leur pose. Un isolant dans le doublage devant le frein-vapeur vient en recouvrement sur la menuiserie et permet de limiter le pont thermique de mise en œuvre.

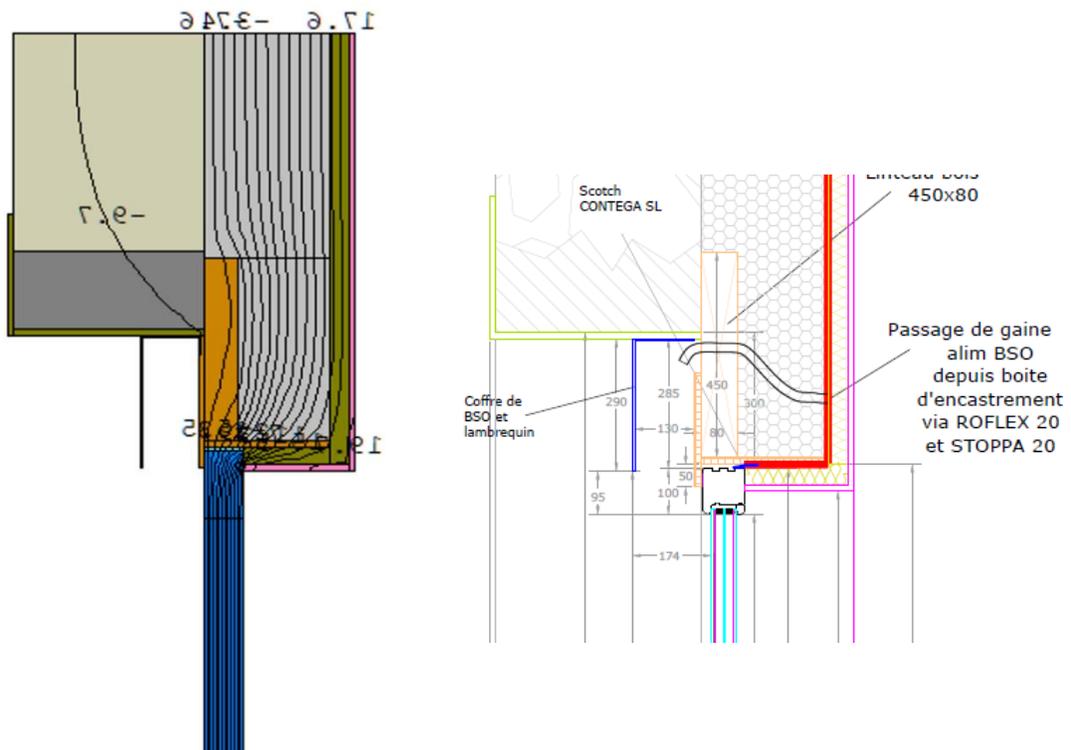




Les châssis ont été posés sur une pièce d'appui en purenit assurant la continuité de l'isolation entre la menuiserie et l'isolation de sol.

13 PROTECTIONS SOLAIRES PAR BSO

Les brise-soleil orientables ont été choisis pour assurer la protection solaire des façades Sud-Est et Sud-Ouest, non seulement parce qu'ils permettaient une intégration architecturale discrète en façade mais surtout parce qu'ils permettent d'optimiser la gestion des apports solaires en mi-saison et en été (sous réserve d'être bien utilisés évidemment) et de palier à la perte d'inertie consécutive à l'isolation par l'intérieure.



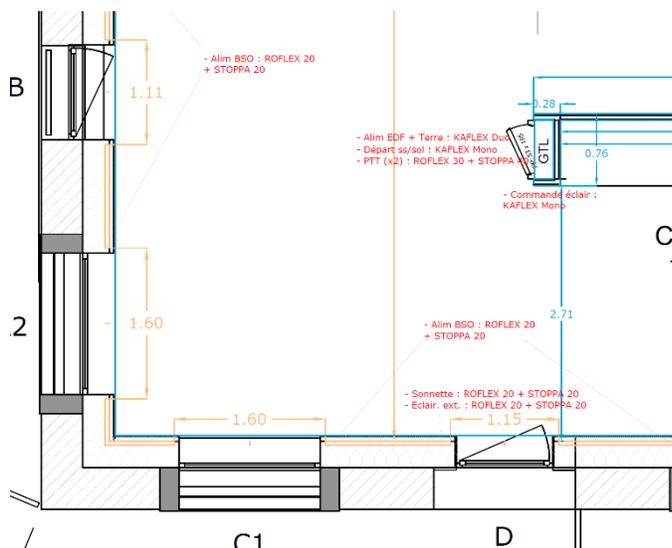
14 ETANCHEITE A L'AIR

Le point le plus délicat à traiter du point de vue de l'étanchéité à l'air et identifié dès le début du projet était sans aucun doute le traitement ponctuel des pénétrations de pièces de charpente: Entrails, poinçons et contrefiches sont autant de points qu'il a fallu traiter avec soin à l'aide de scotch et de mastic d'étanchéité à l'air.

Nous avons préféré ces traitements ponctuels, bien qu'assez nombreux à un traitement longitudinal le long des arbalétriers constitués de chêne souvent fendu et impossible à calfeutrer.



Chaque pénétration de gaines électriques et de ventilation vers l'extérieur a été identifiée au préalable et traitée avec les accessoires d'étanchéité adaptés de la marque PROCLIMA.



Toutes les pénétrations vers l'extérieur ont été soigneusement répertoriées en amont et les solutions et accessoires nécessaires au traitement de cette étanchéité ont été consignés et transmis à nos sous-traitants.

Un premier test intermédiaire d'étanchéité à l'air a été réalisé immédiatement après la pose de la membrane et avant la pose des doublage plâtre mais celui-ci n'a pas été concluant car la membrane collée au double face sous les fourrures en plafond se décollait sous l'effet de la dépression.

Un deuxième test a donc dû être réalisé une fois les doublages placo réalisés.

Résultats Du Test en Dépression

$$Q_{4pa-surf} = \mathbf{0.245} \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$$

$$n_{50} = \mathbf{0.8454} \text{ h}^{-1}$$

Résultats Du Test en Surpression

$$Q_{4pa-surf} = \mathbf{0.259} \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$$

$$n_{50} = \mathbf{0.8622} \text{ h}^{-1}$$



15 SYSTEME DE VENTILATION

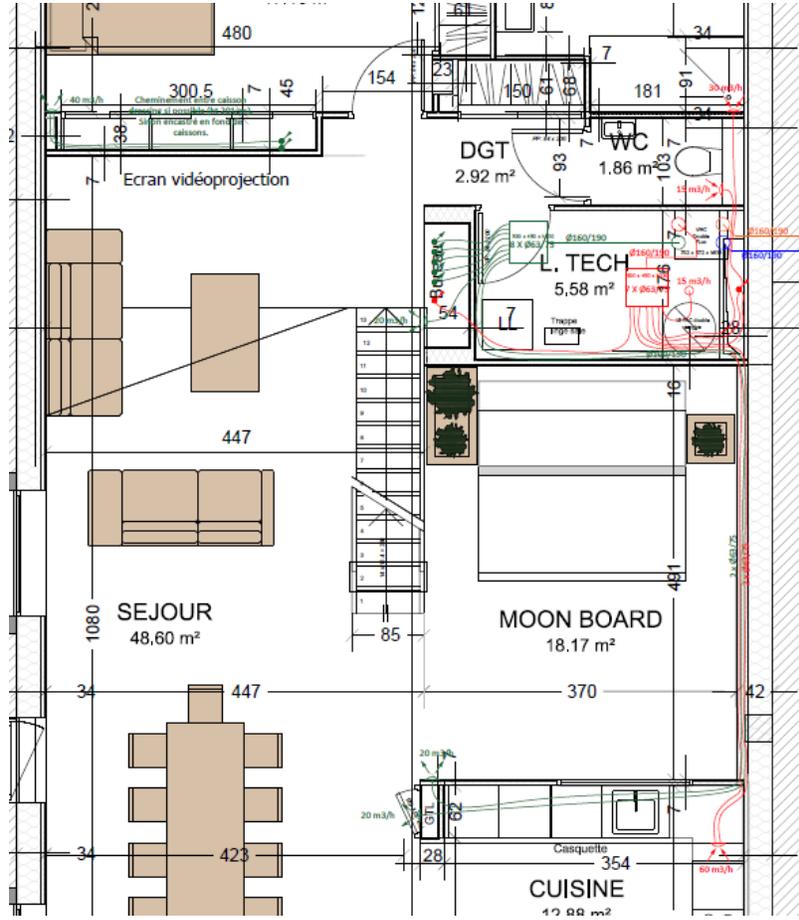
La centrale de ventilation de type COMFOAIR 350 de marque ZEHNDER a été choisie pour son haut niveau de performance, sa simplicité de fonctionnement et son bon rapport qualité prix.



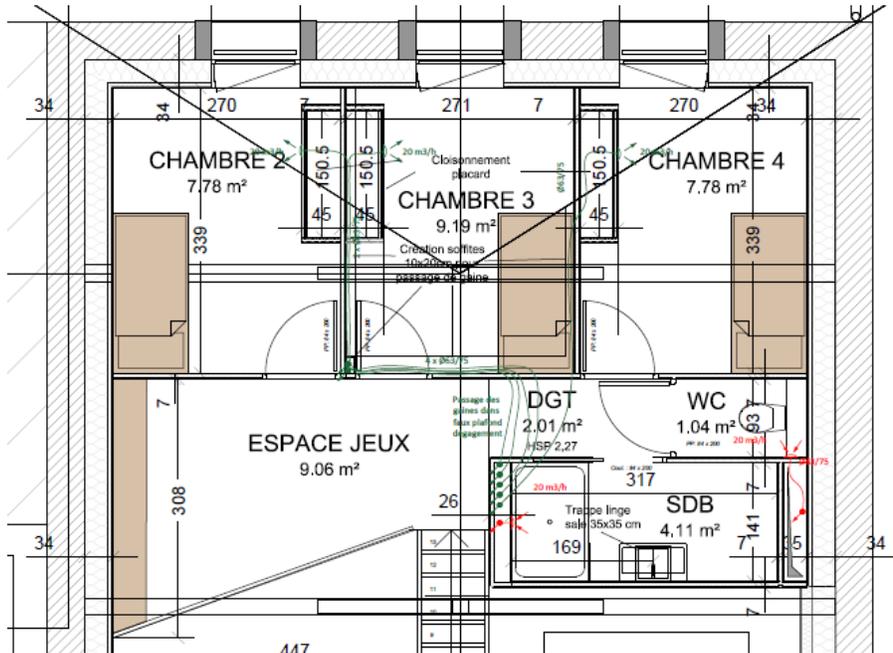
Cette centrale certifiée PHI dispose d'une efficacité de 84% PHI et d'une consommation électrique de 0,29 Wh/m³.

La centrale a été installée à proximité immédiate d'une façade extérieure et les raccordements air neuf / air vicié ont été réalisés à l'aide d'une grille mixte permettant de limiter autant que possible la longueur des gaines dans le volume chauffé.

La conception du réseau de ventilation a nécessité la création de soffites, plenum voire de doublage plus épais de manière ponctuelle pour garantir le passage des gaines en PEHD Ø75 mm.



Plan de ventilation RDC

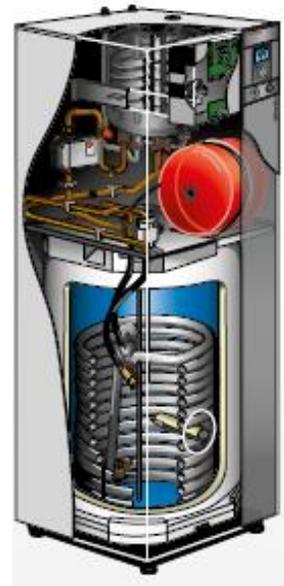


Plan de ventilation de l'étage

16 SYSTEME DE CHAUFFAGE / ECS

Une pompe à chaleur air/eau double service de marque ATLANTIC assure le chauffage du logement par plancher chauffant et la production d'ECS.

Elle est constituée d'un module intérieur avec ballon dans le volume chauffé (buanderie) et d'une unité extérieure disposée à l'arrière du bâtiment.



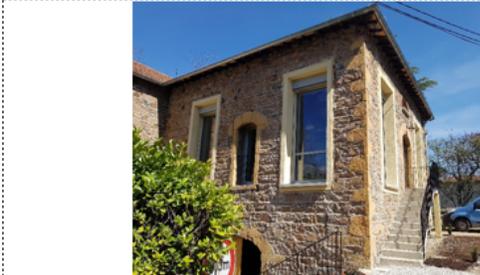
DÉSIGNATION	UNITÉ	ALFEA EXTENSA A.I. S R410A
RÉFRIGÉRANT		
CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES		
Puissance calorifique +7°C / +35°C - PC	kW	4,50
COP +7°C / +35°C - PC		4,52
Puissance calorifique -7°C / +35°C - PC	kW	4,10
Puissance absorbée -7°C / +35°C - PC		1,47
COP -7°C / +35°C - PC		2,79
Puissance calorifique +7°C / +45°C - RBT	kW	4,50
COP +7°C / +45°C - RBT		3,44
Puissance calorifique -7°C / +45°C - RBT	kW	4,10
COP -7°C / +45°C - RBT		2,20
Puissance calorifique +7°C / +55°C - Rad	kW	4,50
COP +7°C / +55°C - Rad		2,51
Puissance calorifique -7°C / +55°C - Rad	kW	3,70
COP -7°C / +55°C - Rad		1,68
Puissance appoint électrique	kW	3
PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES & ACOUSTIQUES		
Classe énergétique - chauffage (35 °C / 55 °C)	-	A++ / A+
Puissance thermique (35 °C / 55 °C)	kW	4 / 4
Efficacité énergétique saisonnière - chauffage (35 °C / 55 °C) avec sonde extérieure	%	171 / 117
Efficacité énergétique saisonnière - chauffage (35 °C / 55 °C)	%	169 / 115
Consommation annuelle d'énergie - chauffage (35 °C / 55 °C)	kWh	2160 / 3027
Puissance acoustique (intérieur / extérieur)	dB(A)	46 / 63

Initialement, le maître d'ouvrage projetait l'installation d'un poêle à bois. Finalement nous avons retenu la mise en œuvre d'une pompe à chaleur associée à un plancher chauffant car nous souhaitons privilégier le chauffage par rayonnement dans ce volume de grande hauteur présentant par nature un risque de stratification de la température.

Les chambres ne disposent d'aucun émetteur de chauffage. Nous avons en effet considéré que leur position surélevée bénéficierait de la chaleur montante dans le séjour toute hauteur.

17 RESULTATS PHPP

EnerPHit - Vérification



Projet: REHABILITATION D'UNE ANCIENNE GRANGE
 Adresse: 105 Montée de la Delaine
 Code postal / localité: 69210 SAIN BEL
 Région: AUVERGNE RHONE ALPES FR-France
 Type de bâtiment: Maison
 Données climatiques: FR0004a-Lyon
 Zone climatique: 4: Climat tempéré Altitude: 245 m
 Maître(s) de l'ouvrage: Mr MAGNIN - Mme GRANET
 Adresse: 4 Place du Marché
 Code postal / localité: 69210 SAIN BEL
 Région: AUVERGNE RHONE ALPES FR-France

Bureau d'études fluides: BE&CO
 Adresse: 7 IMPASSE CHARASSIN
 Code postal / localité: 69210 L'ARBRESLE
 Région: AUVERGNE RHONE ALPES FR-France
 Certification: La Maison Passive
 Adresse: 110 rue réaumur
 Code postal / localité: 75002 Paris
 Région: Île-de-France FR-France

Température intérieure hiver [°C] 20,0
 Apports internes Chauffage [W/m²] 2,4
 Capacité thermique surfacique [Wh/K par m² SRE] 60
 Température intérieure été [°C] 25,0
 Apports internes Clim. [W/m²] 2,4
 Climatisation:

Architecte: Stephen MURE
 Adresse: 28 rue de Tardy
 Code postal / localité: 42000 SAINT-ETIENNE
 Région: AUVERGNE RHONE ALPES FR-France
 Bureau d'études thermiques: BE&CO
 Adresse: 7 IMPASSE CHARASSIN
 Code postal / localité: 69210 L'ARBRESLE
 Région: AUVERGNE RHONE ALPES FR-France
 Année de construction: 2018
 Nombre de logements: 1
 Nombre d'occupants: 2,9

Caractéristiques du bâtiment rapportées à la Surface de Référence Énergétique

	Surface de Référence Énergétique m²		Critères alternatifs		Conforme??		
			Critères	alternatifs			
Chauffer	Besoin de chauffage kWh/(m²a)	155,6	≤	20	-	oui	
	Puissance de chauffe W/m²	14	≤	-	-		
Refroidir	Refroidissement + déshumidification kWh/(m²a)	-	≤	-	-	-	
	Puissance de refroidissement W/m²	-	≤	-	-		
	Fréquence de surchauffe (> 25°C) %	2	≤	10			oui
	Fréquence d'humidité excessive (> 12 g/kg) %	0	≤	20			oui
Étanchéité à l'air	Test d'infiltrométrie n ₅₀ 1/h	0,9	≤	1,0		oui	
Energie primaire non-renouvelable (EP)	Consommation d'EP kWh/(m²a)	72	≤	126		oui	
	Consommation d'EP-R kWh/(m²a)	35	≤	-	-		
Energie primaire renouvelable (EP-R)	Production d'énergie renouvelable (par rapport à l'emprise au sol de la zone bâtie)	-	≥	-	-	-	

*champ vide: les données sont manquantes; "-": Aucune exigence

Le soussigné déclare que les résultats ci-dessus ont été fournis et calculés suivant la méthode de calcul PHPP sur base des caractéristiques du bâtiment. La note de calcul avec le PHPP est fournie en annexe.

EnerPHit Classique? **oui**
Signature

Fonction: 1-Concepteur Prénom: Clement Nom de Famille: DAVAL

18 COUT DU PROJET

Poste de dépense	Budget en k€	€/m ²
Ouvertures et gros œuvres	40	
Isolation de sol et chape	8	
Menuiseries extérieures	22	
Protections solaires BSO	5	
Structure plancher intermédiaire	11	
Ossature / Isolation intérieure	24	
Isolation de toiture / plafond	17	
Doublage / cloisons / Menuiseries intérieures	23	
Garde-corps extérieurs	6	
Ventilation	7	
Chauffage / ECS	15	
Plomberie Sanitaire (hors complément MOA)	11	
Electricité	16	
TOTAL Prestation BE&CO	205 k€ TTC	1314 €/m²
Acquisition Grange (frais de notaire inclus)	122 k€	
Peintures, sols, sanitaires, escalier, sous-sol	57 k€	
Mobilier et déco (cuisine, placard, luminaires)	16 k€	
Etudes diverses (Archi, Structure Audit)	6 k€	
Déduction Aides	- 17k€	
COÛT TOTAL DE L'OPERATION	389 k€	2495 €/m²

19 ANNEE DE CONSTRUCTION

Année de construction : **environ 1900**

Année de rénovation : **2018/2019**

20 ARCHITECTE

Stéphen MURE Architecte

21 BUREAU D'ETUDES THERMIQUES

BE&CO