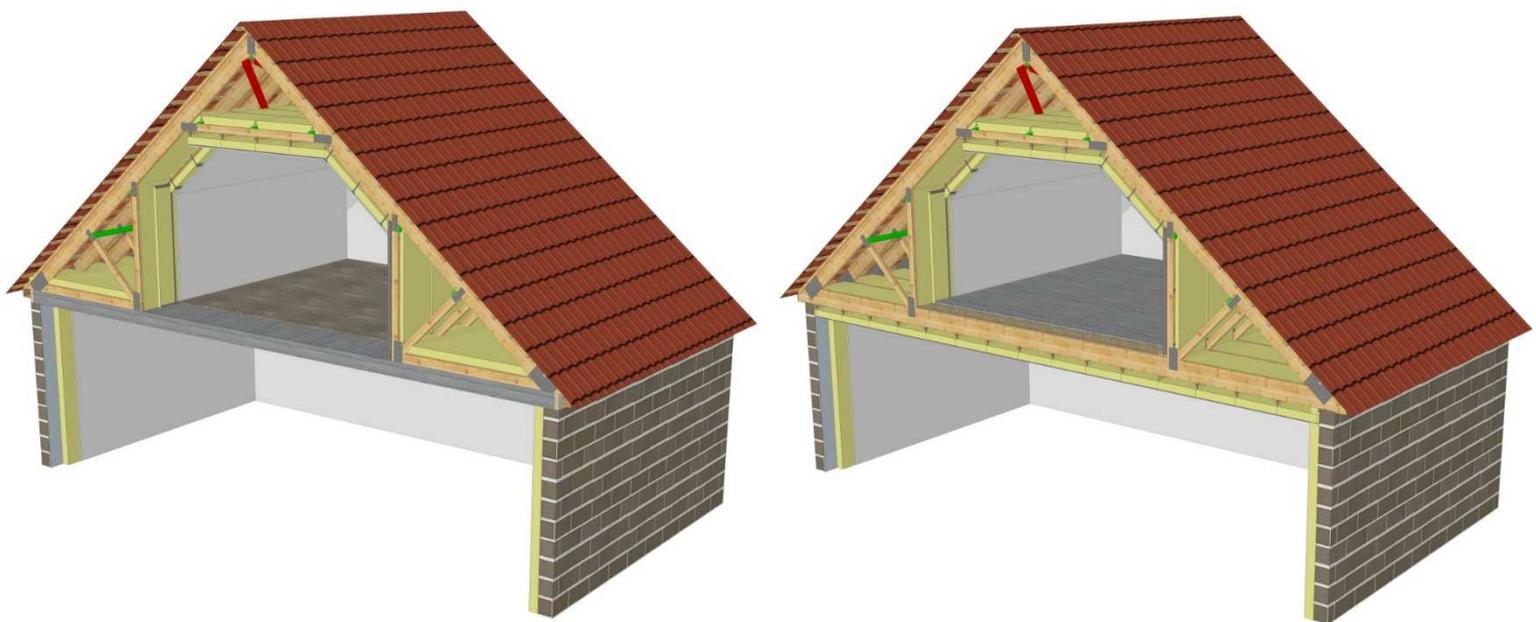


CHARPENTE INDUSTRIELLE A COMBLES AMENAGEABLES ET RESPECT DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE RT2012



RAPPORT D'ETUDE Février 2016

SOMMAIRE

1 - ETAT DE L'ART, IDENTIFICATION DES TECHNIQUES LES PLUS COURAMMENT EMPLOYEES	5
1.1 ETAT DE L'ART	5
1.2 REPRESENTATIVITE	8
2 - RAPPEL SUR LES EXIGENCES DE LA RT 2012	10
3 - IDENTIFICATION DES INTERACTIONS ENTRE LES CICA ET LES INDICATEURS REGLEMENTAIRES	12
3.2 PRESENTATION DE LA STRUCTURE ET DES CONDITIONS DE MODELISATION	13
3.3 LES FERMETTES SUR DALLE	16
3.5 LES FERMETTES A ENTRAIT PORTEUR.....	18
4 - IDENTIFICATION DES SOLUTIONS VIS-A-VIS DU RESPECT DE LA RT2012	20
4.1 LES FERMETTES SUR DALLE.....	21
4.2 LES FERMETTES A ENTRAIT PORTEUR.....	26
4.2.1 <i>Etanchéité à l'air des murs</i>	27
4.2.2 <i>Etanchéité à l'air des combles</i>	30
4.2.3 <i>Isolation et composition de parois</i>	42
4.3 LES POINTS SINGULIERS	46
4.3.1 <i>Les conduits de fumée</i> :.....	46
4.3.2 <i>Les conduits, tubes de VMC, canalisations</i>	48
5 - CONCLUSION	49
6 - BIBLIOGRAPHIE	51
ANNEXE I - TERMES ET DEFINITIONS	53
ANNEXE II - PLANS DU MODELE DE MAISON	54

TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 : FERME DE COMBLE EN A.....	6
FIGURE 2 : FERME A ENTRAIT PORTEUR.....	6
FIGURE 3 : FERME A LA MANSART (CNDB, 2014).....	6
FIGURE 4 : FERME BOITEUSE OU CHIEN ASSIS (CNDB, 2014)	7
FIGURE 5 : PRINCIPE DE MONTAGE ENGENDRANT DES EFFORTS HORIZONTAUX.....	7
FIGURE 6 : ZONES CLIMATIQUES CONSIDEREES.....	10
FIGURE 7 : CONFIGURATION D'ORIENTATION 1 (ENTREE SUD)	13
FIGURE 8 : CONFIGURATION D'ORIENTATION 2 (ENTREE OUEST)	14
FIGURE 9 : EXEMPLE DE COMPOSITION AVEC ENDUIT TECHNIQUE PERMEABLE A LA VAPEUR D'EAU (ADEME, 2012).....	27
FIGURE 10 : EXEMPLE DE COMPOSITION AVEC REVETEMENT TECHNIQUE PERMEABLE A LA VAPEUR D'EAU	28
FIGURE 11 : EXEMPLE DE COMPOSITION AVEC PV	29
FIGURE 12 : MISE EN ŒUVRE D'UNE RESINE ACRYLIQUE	38
FIGURE 13 : EXEMPLE DE SYSTEME DE GESTION DES PONTS THERMIQUES ET DE L'ETANCHEITE A L'AIR LORS DE LA TRAVERSEE DE TOITURE OU DE PLANCHER PAR UN CONDUIT METALLIQUE.....	46
FIGURE 14 : GESTION DE L'ETANCHEITE A L'AIR ENTRE LE MATERIAU DE CALFEUTREMENT ET LE CHEVETRE DU CONDUIT	47
FIGURE 15 : DEFINITION DE LA SURFACE HABITABLE (SCIBO, 2012)	53
FIGURE 16 : LARGEUR UTILISABLE	53

INTRODUCTION

Alors que l'application de la nouvelle Règlementation Thermique RT2012, est désormais généralisée à l'ensemble de la construction neuve, cette étude s'intéresse à vérifier la toujours bonne adéquation vis-à-vis de l'application de cette réglementation, d'une technique éprouvée et dominante dans l'habitat individuel et collectif. Cette technique mature est la charpente industrielle à combles aménageables.

En particulier :

- La géométrie des fermes et les sections unitaires des bois, sont-elles toujours compatibles avec l'augmentation induite des épaisseurs d'isolants à mettre en œuvre ?
- Les ponts thermiques périphériques en bords de dalles pour les fermettes sur dalles sont-ils gérables de façon acceptable ?
- Est-il possible de traiter efficacement et durablement, les multiples percements dans la membrane d'étanchéité à l'air dans le cas des fermettes à entrants porteurs ?
- Ce type de technique intervient-il à priori sur le confort d'été ?

C'est à toutes ces questions que se propose de répondre cette étude commandée par les industriels du Syndicat de la Charpente Industrialisée en BOis, SCIBO, membre de la Fédération de l'Industrie Bois Construction, FIBC, et financée par le COmité professionnel de Développement des Industries Française de l'Ameublement et du Bois, CODIFAB.

Pour ce faire, ce document établira, dans un premier temps, un état de l'art des Charpentes Industrielles à Combles Aménageables, CICA.

Dans un second temps, cette étude présentera les principaux indicateurs règlementaires de performances (Bbio, Cep, Tic, exigences de moyens) avec le développement des interactions et la détection d'éventuels points de vulnérabilité de la technique des CICA.

La méthode qui sera utilisée pour le développement de ces interactions et la détection de ces éventuelles vulnérabilité, repose sur la réalisation de simulations sous logiciel de calcul réglementaire, d'un bâtiment type et représentatif du marché de la CICA dans l'ensemble des zones climatiques de France métropolitaine.

Enfin, en face de chaque point de vigilance, il sera proposé un panel détaillé de solutions techniques pour atteindre la conformité réglementaire avec des niveaux de complexité acceptables avec les réalités du type d'opération visé.

PRINCIPALES ABREVIATIONS

AT	Avis Technique
Bbio	Besoin bioclimatique
CCFAT	Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques
Cep	Consommation en énergie primaire
CI	Charpente Industrielle
CICA	Charpente Industrielle à Combles Aménageables
DTA	Document Technique d'Application
ECS	Eau Chaude Sanitaire
ESA	Entretoisement entre pieds de fermes
FE	Lisse filante sur arbalétrier
GS	Groupe Spécialisé
LDV	Laine De Verre
MISD	Maisons Individuelles en Secteur Diffus
MISG	Maisons Individuelles en Secteur Groupé
PSE	Isolant en Polystyrène Expansé
PV	Pare-Vapeur
RdC	Rez-de-Chaussée
Tic	Température intérieure conventionnelle

1 - ETAT DE L'ART, IDENTIFICATION DES TECHNIQUES LES PLUS COURAMMENT EMPLOYEES

1.1 ETAT DE L'ART

Les Charpentes Industrielles (CI) désignées « fermettes » dans le langage courant, ont été développées aux Etats-Unis et importées en France au milieu du XXème siècle.

Celles-ci ont en effet vu le jour en 1952 à Pompano Beach en Floride (USA) grâce à A. Carroll Sanford qui inventa et breveta des connecteurs en plaques métalliques dentées.

La technique de la fermette s'est alors très fortement développée en France jusqu'à atteindre son apogée dans les années 1980.

Par rapport à une charpente traditionnelle, cette technologie met en œuvre des fermes constituées d'un système en treillis composé de section de bois massif de faible épaisseur (36 ou 45 mm), reliés entre eux par des connecteurs métalliques ou des goussets en panneaux de bois.

Ces fermes en treillis comprenant un arbalétrier, des fiches et contrefiches, des poinçons, des entrails et entrails retroussés, sont posées à entraxes faibles équivalents à ceux des chevrons, et servent ainsi de support direct au lattis, et dans le cas d'entrails porteurs, à la dalle de plancher.

De nos jours elle représente environ 70% des charpentes mises en œuvre dans le secteur de la maison individuelle en secteur diffus et groupé et 60% dans le secteur collectif.

Les Charpentes industrielles se différencient en des types de fermettes très variés, cependant il est possible de les classer en une dizaine de principes de conception. Ce document s'intéresse uniquement à celles qui permettent l'aménagement des combles.

Quatre principes constructifs peuvent alors être distingués :

- **La ferme de combles habitables en A** : est en appui sur un plancher intermédiaire, en général en béton, qu'elle soumet à une légère traction. Elle nécessite des appuis bloqués ; voir Figure 1.

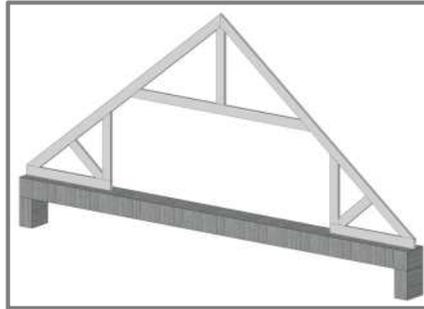


Figure 1 : ferme de comble en A

- **La ferme à entrain porteur de plancher** : représente sans doute le système économiquement le plus optimum pour la réalisation de combles habitables ; voir Figure 2.

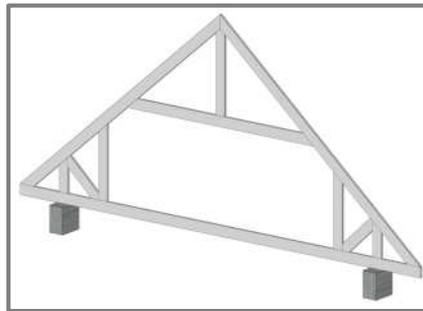


Figure 2 : ferme à entrain porteur

- **La ferme comble à la Mansart** : fonctionne comme un système composé d'éléments porteurs triangulés recevant une ferme en W ; voir Figure 3. Cette solution convient en général plus à des surélévations qu'à un bâtiment neuf.

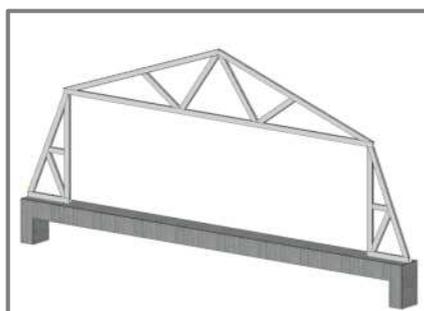


Figure 3 : ferme à la Mansart (CNDB, 2014)

➤ **La ferme boiteuse pour chien-assis :** Voir Figure 4.

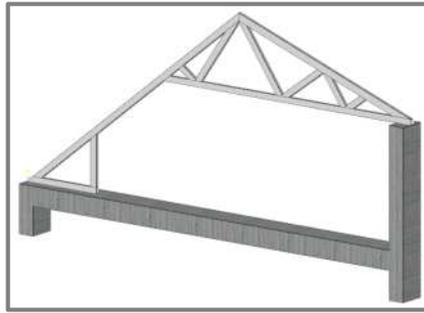


Figure 4 : ferme boiteuse ou chien assis (CNDB, 2014)

Remarque : L'adoption d'une ferme de comble en A posée sur des murs porteurs sans entrain, impose la reprise d'efforts horizontaux par la structure porteuse qui doit être dimensionnée dans ce but. Dans bien des cas, la mention « murs auto-stables » impose une vérification particulière

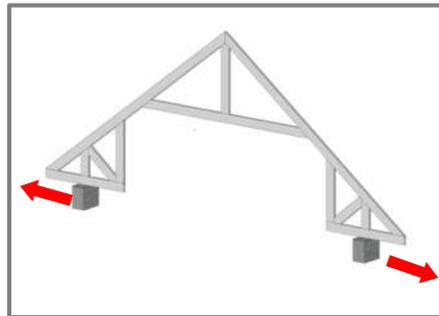


Figure 5 : principe de montage engendrant des efforts horizontaux

1.2 REPRESENTATIVITE

Dans l'optique de déterminer quelles sont les techniques les plus couramment utilisées, il convient d'étudier les parts de marché des CICA dans leur marché de prédilection, c'est-à-dire dans le secteur de la maison individuelle.

En effet, d'après les échanges avec tous les professionnels, les CICA sont peu présentes dans les Etablissement Recevant du Public, ERP et le tertiaire.

Ainsi, pour ce faire, la présente étude se base sur le document : « L'évolution des parts de marché des produits et matériaux de la construction » publié par l'Agence Qualité Construction.

Cet ouvrage est une étude sur la représentativité en général de l'ensemble des techniques utilisées dans l'habitat individuel et groupé.

Elle se base sur les fichiers issus de l'enquête du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD), bureau de l'Indice du Coût de Construction (ICC).

Elle porte à la fois sur les logements autorisés entre les années 2004 à 2006, ce qui représente 2 252 MISD et 9 734 MISG, et sur l'étude de même type réalisée sur les années 1995 à 1998. Les chiffres significatifs sont représentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Nous aurions bien évidemment souhaité disposer d'informations plus actuelles, mais après enquête auprès de la profession, ces données apparaissent toujours comme étant le reflet de la réalité du marché à cette heure.

	MISD 1995	MISD 2009	MISG2009
Les Combles			
Combles Perdus	42%	55%	11%
Combles habitables ou R+1	58%	45%	89%
La charpente			
Traditionnelle	22%	19%	12%
Industrielle	63%	72%	69%
<i>Dont combles perdus</i>	49%	56%	
<i>Dont Charpente Combles Aménagés à Planchers intermédiaires</i>	12%	14%**	
<i>Dont Charpente Combles Aménagés Entrants Porteurs</i>	2%	2%**	
Autre	15%	9%	19%

**Ces pourcentages sont obtenus en supposant que tous les planchers intermédiaires en bois correspondent à des CICA à entrain porteur.

Tableau 1 : Etude des parts de marchés des combles et charpentes (Agence Qualité Construction (AQC), 2009)

Ce tableau montre que la CI représente la grande majorité des charpentes aussi bien dans le secteur diffus que dans le secteur groupé.

Sur la famille des CI et donc sur une base de 100%, on peut en déduire la ventilation suivante :

- CI à Combles Perdus : 78%
- CI Combles Aménageables (CICA):
 - Sur dalle : 19%
 - Avec entrants porteurs : 3%

Les CI des combles perdus sont globalement des fermes de type M, W ou double W qui ne relèvent pas de cette étude puisque ne permettant pas d'aménager les combles.

L'étude de marché précédente montre ainsi la représentativité des CICA sur dalle et celui des CICA à entrant porteur faisant aussi office de solives, dans l'étude présentement menée.

2 - RAPPEL SUR LES EXIGENCES DE LA RT 2012

La RT 2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50kWh d'énergie primaire en moyenne. Elle s'applique à tous les bâtiments neufs ou parties neuves de bâtiments qui :

- Ont un permis de construire déposé depuis le 28 octobre 2011 pour le tertiaire et les habitations en ANRU ou depuis le 1^{er} janvier 2013 pour tous les autres bâtiments.
- Sont chauffés à plus de 12°C ou refroidis afin de garantir le confort des occupants.

Afin de respecter cette objectif de 50 kWh/(m².an) la RT 2012 fixe différentes exigences sur les résultats de la performance énergétique des bâtiments et sur les moyens mis en œuvres pour l'atteindre.

LES EXIGENCES DE RESULTATS (OU DE PERFORMANCES)

Au nombre de 3, elles constituent la base de cette nouvelle réglementation thermique :

- **L'efficacité énergétique intrinsèque du Bâti** : se traduit par le coefficient « Bbio,max », (besoins bioclimatiques maximale du bâti), exprimé par un nombre de points sans dimensions la valeur maximale acceptable pour le Bbio du projet. L'atteinte de ce critère est globalement conditionnée par la limitation des besoins de chauffage, de rafraîchissement et d'éclairage. Les paramètres influents sont essentiellement des éléments liés au comportement bioclimatiques du bâti, indépendamment des systèmes énergétiques qui seront mis en œuvre.
- **La limitation de la consommation énergétique** : Exprime au moyen du coefficient « Cepmax » (Consommation en énergie primaire maximale), la capacité du bâtiment à limiter ses besoins en énergie, dans la mesure où le Cep du projet doit y être inférieur. Elle s'applique à 5 postes : chauffage, refroidissement, ECS (eau chaude sanitaire), éclairage et auxiliaires (de chauffage, de refroidissement, d'ECS et de ventilation). La valeur moyenne de Cepmax est fixée à 50 kWhep/m², mais est modulable suivant le type de bâtiment, la localisation géographique, l'altitude, la surface moyenne du logement, et selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées.
- **Le confort d'été** : La température intérieure conventionnelle de référence « Ticref » représente la température intérieure à ne pas dépasser pour garantir le confort d'été. Elle est calculée pour une période de longue chaleur (en générale 5 jours) et en utilisant les données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique.

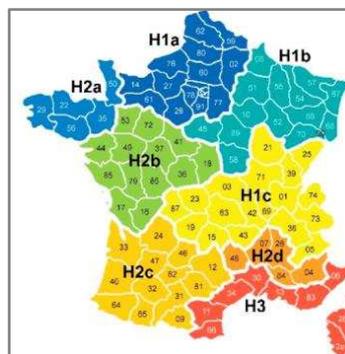


Figure 6 : Zones climatiques considérées.

NOTE 1 : Ne sont en outre pas visés par cette réglementation : les piscines, les patinoires, les bâtiments agricoles, les bâtiments dont l'usage est dédié à un procédé industriel.

LES CARACTERISTIQUES THERMIQUES ET LES EXIGENCES DE MOYENS ASSOCIES (ARRETE DU 26 OCTOBRE 2010) :

- **Le traitement global des ponts thermiques :** les ponts thermiques sont une source de déperdition énergétique, ils doivent donc être traités avec attention. A noter que plus l'enveloppe du bâti est isolée, plus les ponts thermiques non traités sont pénalisants pour le résultat de performance énergétique globale du bâtiment.
L'arrêté du 28 décembre 2012 fixe le ratio de transmission linéique à un maximum de 0,28 W/(m².K). Il correspond à la somme des coefficients de transmission thermique linéiques multipliés par leurs longueurs respectives, ceci pour l'intégralité des ponts thermiques linéaires du bâtiment.
Cet arrêté limite également le coefficient de transmission thermique linéique moyen des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé, à 0,6 W/(ml.K).
- **La perméabilité à l'air des logements :** L'arrêté du 19 décembre 2014 fixe la limite à 0,6 m³/(m².h) en Maison individuelle et à 1 m³/(m².h) en logement collectif. Ces valeurs correspondent à une mesure pour un cycle de pression/dépression sous 4 Pa (Q_{4Pasurf}).
- **La production d'ECS (eau chaude sanitaire)** à partir d'une source d'énergie renouvelable (EnR) en maison individuelle ;
- **Le comptage des consommations :** dans le but d'informer mensuellement l'occupant à des fins pédagogiques, les mesures sont indiquées par type de consommation : chauffage, refroidissement, production ECS, réseau des prises électriques et autres (éclairage, ventilation etc.)
- **Surface totale des baies vitrées :** elle doit être supérieure ou égale à 1/6 de la surface habitable afin de favoriser au maximum l'éclairage naturel. Ces surfaces vitrées doivent être équipées de protections solaires mobiles, avec une exigence sur le facteur solaire (Fs) et une obligation de surface ouvrante minimale.

LES ATTESTATIONS DU RESPECT DE LA REGLEMENTATION :

Leur but est d'attester de la prise en compte de la réglementation thermique par le biais de deux documents à établir à deux moments clés du processus de construction, c'est-à-dire :

- **Au dépôt du permis de construire :** ce document permet de s'assurer de la prise en compte de la conception bioclimatique du bâtiment au plus tôt du projet grâce au coefficient Bbio. Cette attestation contient également des éléments de conclusion de l'étude faisabilité des approvisionnements en énergie, permettant ainsi de démontrer qu'une réflexion sur les systèmes énergétiques a été engagée, en particulier le recours aux énergies renouvelables.
- **À l'achèvement des travaux :** ce document permet de vérifier que les trois exigences de la RT 2012 ont bien été respectées et que le bâtiment a été construit en vérifiant les points clefs, tel que la production d'énergie et l'étanchéité à l'air du bâtiment.

3 - IDENTIFICATION DES INTERACTIONS ENTRE LES CICA ET LES INDICATEURS REGLEMENTAIRES

Le but de ce chapitre est de déterminer quels sont les différents points d'interaction entre les CICA et les indicateurs réglementaires et d'en détecter les éventuelles vulnérabilités.

La méthode adoptée est de soumettre au calcul règlementaire une architecture type et représentative du marché de la CICA en maison individuelle et dans le but d'être exhaustif, dans toutes les zones climatiques de France métropolitaine en climat de plaine.

L'étude se déroule donc en trois phases :

- Recherche des solutions « bâtis » et « systèmes » les plus représentatives du marché ;
- Construction d'une matrice de solutions ;
- Présentation synthétique des points de sensibilités identifiés via le tableau suivant

INDICATEURS RT2012	CICA/DALLE	CICA/ENTRAITS PORTEURS
Bbiomax Cepmax Ratio de ponts thermiques		
Perméabilité à l'air		
Confort d'été Ticref		

Les points les plus sensibles feront l'objet d'une proposition détaillée de traitement dans la suite du document au chapitre 5.

3.2 PRESENTATION DE LA STRUCTURE ET DES CONDITIONS DE MODELISATION

La structure type choisie, fournie par les professionnels, est considérée comme représentative du marché de la maison individuelle en accession :

- Un plan rectangulaire en rez-de-chaussée
- Une toiture inclinée deux pans ;
- Un gros œuvre en éléments de maçonnerie creux ;
- Deux chambres ;
- Un séjour-Cuisine ;
- Une salle de bain ;

Les plans Permis de Construire du bâtiment étudié sont donnés en ANNEXE II.

Pour évaluer les éventuelles incidences de l'orientation du bâtiment, chaque climat réglementaire (Figure 6) a été simulé avec deux expositions :

1. La configuration de base est une entrée au Sud (Figure 7) ;
2. La seconde correspond à une entrée à l'Ouest, soit à une rotation de 90° de la construction par rapport aux points cardinaux (Figure 8).

NOTE 2 : Pour répondre aux exigences réglementaires de ratio d'ouvrant/surface au sol, il a été nécessaire d'ajouter au plan fourni, une menuiserie en Pignon dans le séjour-cuisine.

NOTE 3 : Le présent exercice a pour seul but un travail exploratoire et n'a bien évidemment pas pour vocation de justifier un projet particulier au regard du respect de la réglementation, la justification ne peut se faire qu'au cas par cas, affaire par affaire et cette étude de cadrage ne peut s'y substituer.

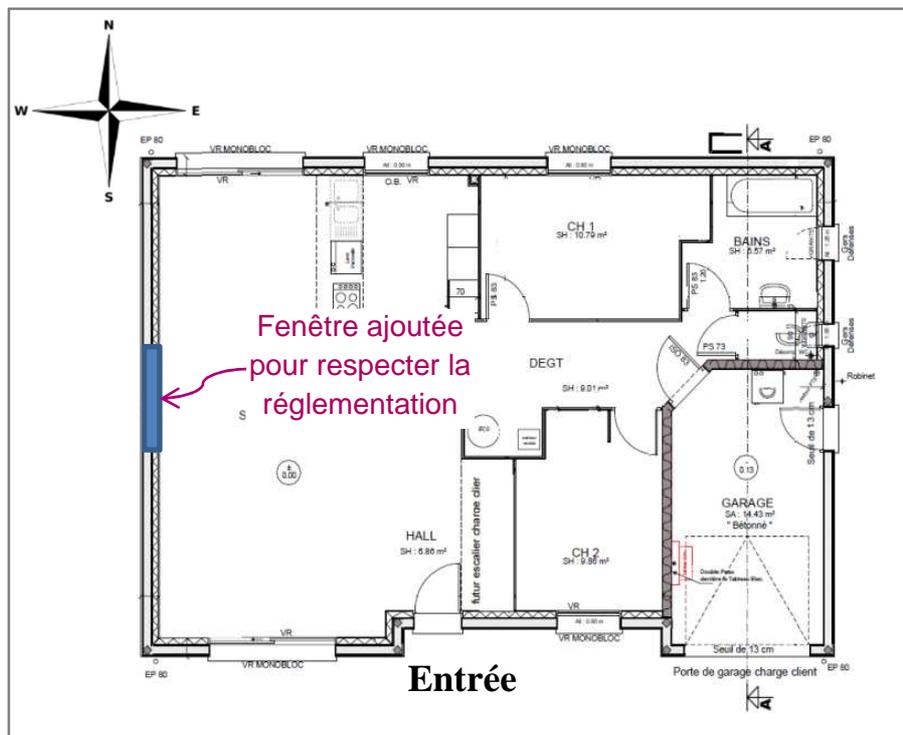


Figure 7 : Configuration d'orientation 1 (entrée SUD)

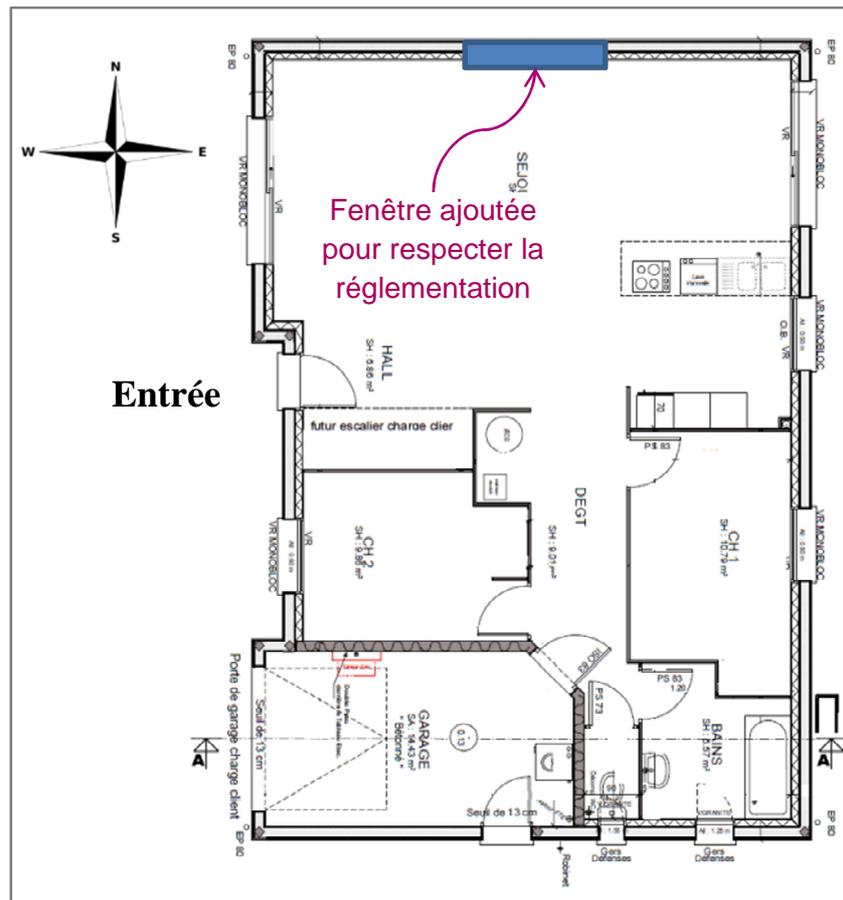


Figure 8 : Configuration d'orientation 2 (entrée OUEST)

Les hypothèses système se basent sur les solutions « bâtis » et « systèmes » les plus représentatives du marché (présentées dans le Tableau 2). Ces données ont permis d'obtenir la configuration suivante :

- **Ventilation** : Hygroréglable de type B avec groupe d'extraction basse consommation ;
- **Chauffage** : Chaudière individuelle gaz à condensation assurant uniquement le chauffage.
- **E.C.S.** : Chauffe-eau thermodynamique sur air extérieur de type T.Flow Activ avec appoint électrique. Une alternative suivant les projets (orientation et localisation) pourrait être constituée par un Chauffe-Eau Solaire individuel, CESI. Le choix s'est porté sur ce produit car le recours à une ENR pour la production d'ECS est obligatoire (Art.16 de l'arrêté du 26/10/2010).
- **Murs** : des murs en maçonnerie de petits éléments creux isolés par l'intérieur.
- **Plancher bas**: dallage sur terre-plein avec isolation sous dallage et remontées périphériques
- **Plancher intermédiaire** : En poutrelles et hourdis creux en béton épaisseur 16+4
- **Menuiserie extérieure** : Battante $U_w=1.4/U_{jn}=1.10$, Coulissante $U_w=1.6/U_{jn}=1.30$
 $Sw=0.40$ et $TL=0.50$
- **Perméabilité à l'air**: $Q_{4max}=0.6m^3/h.m^2$ et mieux

Représentativité des techniques sur le marché pour information :

	MISD 2009	MISG2009
Murs		
Murs en maçonnerie de petits éléments creux (parpaings ou briques)	91%	82%
Isolation		
Doublage intérieur en complexe collé ou contrecloison	95%	94%
Isolation des combles en laine minérale	90%	87%
Toiture		
Charpente en toiture inclinée	99%	92%
Couverture en petits éléments	100%	95%
Chauffage		
Electrique Effet Joules	90%	87%
Gaz	66%	42%
Ventilation		
Ventilation Simple Flux Auto	55%	43%
Ventilation Simple Flux Hygro	42%	56%

Tableau 2 : Solutions « bâtis » et « systèmes » les plus représentatives du marché (Agence Qualité Construction (AQC), 2009)

3.3 LES FERMETTES SUR DALLE

Lorsque cette famille de fermettes est appliquée à la structure type, les performances thermiques exigées par la RT 2012 sont atteintes dans toutes zones climatiques et quelle que soit l'orientation.

Par exemple, pour un bâtiment en zone H2a les hypothèses du bâti obtenues sont (Tableau 6) :

Partie du bâti	Coefficient de transmission surfacique visé	Exemples de solutions correspondantes
Dallage sur terre-plein	$U_e = 0,139$ W/m ² .K	Isolation sous dallage, 200 mm de PSE (+remontée d'isolation en périphérie)
Plancher sur garage	$U = 0,210$ W/m ² .K	Isolation de 200 mm de LDV sous le plancher intermédiaire
Plafond comble, rampant	$U = 0,130$ W/m ² .K	200 mm de LDV (entre fermette) + 140 mm de LDV (sous fermette)
Plafond intercomble	$U = 0,160$ W/m ² .K	Plancher béton 16+4 comprenant 200 mm de LDV + 100 mm de LDV (dans l'intercomble)
Mur extérieur et pieds de comble	$U = 0,226$ W/m ² .K	Respectivement doublage en PSE 120+13 mm et laine de verre 150mm en pied droit et 45mm sur ½ Stil
Lucarne	$U = 0,353$ W/m ² .K	100 mm de LDV
Cloison sur garage	$U = 0,410$ W/m ² .K	2x70 mm de LDV
Plancher intermédiaire		Dalle poutrelle + Hourdis avec planelle de rive isolante de 65mm
Menuiserie coulissante	$U_w = 1,30$ $U_{j_n} = 1,10$	Double vitrage, 4/16/4, argon, peu émissif avec $S_w = 0,40$ et $T_L = 0,50$
Menuiserie battante	$U_w = 1,30$ $U_{j_n} = 1,04$	Double vitrage, 4/16/4, argon, peu émissif avec $S_w = 0,40$ et $T_L = 0,50$
Fenêtre de toit	$U_w = 1,60$	Double vitrage, 33.1/14/4, argon, peu émissif avec $S_w = 0,23$ et $T_L = 0,23$
Porte d'entrée et sur garage	$U_w = 1,1$ W/m ² .K	Opaque isolée
Perméabilité à l'air	$Q_4 = 0,4$ m ³ /m ² .h	Perméabilité maximale améliorée

Tableau 3 : Hypothèses bâti pour exposition Nord-Sud en zone H2a

Le bouquet de solutions précédent ne représente pas de difficulté particulière, on souligne simplement les spécificités suivantes :

En ce qu'il peut représenter le point critique de cette solution, l'attention est particulièrement attirée sur le traitement du pont thermique périphérique du bord de dalle du plancher haut du rez-de-chaussée qui doit faire l'objet d'un traitement spécifique en ayant recours à des solutions améliorées par rapport au standard des règles Th-U Fascicule 5 (par exemple sous AT ou DTA GS16 de la CCFAT).

La présence de ce pont thermique peut ainsi conduire à devoir renforcer la valeur maximale réglementairement autorisée de la perméabilité à l'air, qui est pour mémoire de $0.6\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ pour de l'habitat individuel.

Contrairement à priori à la solution de CICA avec entrain porteur développée par la suite, les moyens techniques pour améliorer cette valeur de perméabilité maximale ne sont pas hors de portée des acteurs, un progrès sur ce critère semble donc accessible.

Celui-ci sera donc retenu comme étant la réponse à une moindre performance en termes de pont thermique en rive de dalle du plancher Ht RdC.

Pour cette technique de CICA, le dernier type d'interaction avec les indicateurs de la RT2012, est la participation du plancher haut du RdC dans le confort d'été, via la notion de la température intérieure conventionnelle Tic.

L'intervention d'une paroi lourde a un effet favorable dans la définition de la classe d'inertie quotidienne du local le plus défavorisé et c'est lui qui classera le projet complet de ce point de vue.

Une synthèse des interactions peut par exemple s'exprimer via le tableau suivant :

INDICATEURS RT2012	CICA/DALLE
Bbiomax Cepmax Ratio de ponts thermiques	**
Perméabilité à l'air	***
Confort d'été Ticref	***

Tableau 4 : Synthèse des interactions entre les CICA sur plancher intermédiaire et les indicateurs règlementaires

3.5 LES FERMETTES A ENTRAIT PORTEUR

A l'instar de ce qui précède, lorsque cette famille de fermettes est appliquée à la structure type, les performances thermiques exigées par la RT 2012 sont atteintes dans toutes zones climatiques et quelle que soit l'orientation.

Par exemple, pour un bâtiment en zone H2a les hypothèses du bâti présentées dans le Tableau 5 permettent d'obtenir :

- **Un Besoin bioclimatique (Bbio)** : de 62, soit un gain de 1,9% par rapport à la RT2012 qui le fixe à un maximum de 63.2.
- **Consommation d'énergie primaire (Cep)** de 44,7 kWh_{EP}/m²_{SHONRT}.an⁻¹ face à un maximum limité à 52.2 kWh_{EP}/m²_{SHONRT}/an, soit un gain de 14,4%.

Partie du bâti	Coefficient de transmission surfacique visé	Exemples de solutions correspondantes
Dallage sur terre-plein	$U_e = 0,139 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Isolation sous dallage, 200 mm de PSE (+remontée d'isolation en périphérie)
Plancher sur garage	$U = 0,210 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Plancher bois comprenant 200 mm de LDV
Plafond comble, rampant	$U = 0,130 \text{ W/m}^2.\text{K}$	200 mm de LDV (entre fermette) + 140 mm de LDV (sous fermette)
Plafond intercomble	$U = 0,160 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Plancher bois comprenant 200 mm de LDV + 100 mm de LDV (dans l'intercomble)
Mur extérieur et pieds de comble	$U = 0,226 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Respectivement doublage en PSE 120+13 mm et laine de verre 150mm en pied droit et 45mm sur ½ Stil
Lucarne	$U = 0,353 \text{ W/m}^2.\text{K}$	100 mm de LDV
Cloison sur garage	$U = 0,410 \text{ W/m}^2.\text{K}$	2x70 mm de LDV
Plancher intermédiaire	$U = 0,210 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Plancher bois comprenant 200 mm de LDV
Menuiserie coulissante	$U_w = 1,30$ $U_{j_n} = 1,10$	Double vitrage, 4/16/4, argon, peu émissif avec $S_w = 0,40$ et $T_L = 0,50$
Menuiserie battante	$U_w = 1,30$ $U_{j_n} = 1,04$	Double vitrage, 4/16/4, argon, peu émissif avec $S_w = 0,40$ et $T_L = 0,50$
Fenêtre de toit	$U_w = 1,60$	Double vitrage, 33.1/14/4, argon, peu émissif avec $S_w = 0,23$ et $T_L = 0,23$
Porte d'entrée et sur garage	$U_w = 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$	Opaque isolée
Perméabilité à l'air	$Q_4 = 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$	Perméabilité de référence

Tableau 5 : Hypothèses bâti pour exposition Nord-Sud en zone H2a

L'analyse de ces résultats amène aux mêmes conclusions que celles faites pour les CICA sur plancher intermédiaire, mais avec des spécificités propres à cette technique :

En ce qu'il peut représenter le point critique de cette solution, l'attention est particulièrement attirée sur le traitement de l'étanchéité à l'air qui sera plus délicate car l'enveloppe étanche est systématiquement traversée deux fois par les entrants porteurs.

On peut ainsi escompter que l'atteinte de la valeur maximale réglementairement autorisée de la perméabilité à l'air, qui est pour mémoire de $0.6\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ pour de l'habitat individuel, est un enjeu prioritaire.

Contrairement à priori à la solution de CICA sur dalle développée précédemment, les ponts thermiques périphériques sont en revanche très faibles.

Pour cette technique de CICA aussi, le dernier type d'interaction avec les indicateurs de la RT2012, est la participation du bâti dans le confort d'été, via la notion de la température intérieure conventionnelle Tic.

Selon la méthode de détermination forfaitaire des règles Th-I, l'absence de paroi lourde a pour effet de classer l'ensemble du bâtiment en classe d'inertie quotidienne « très légère », ce qui, sous certains climats, appelle une prise en considération.

Une synthèse des interactions peut par exemple s'exprimer via le tableau suivant :

INDICATEURS RT2012	CICA/ENTRAITS PORTEURS
Bbiomax Cepmax Ratio de ponts thermiques	***
Perméabilité à l'air	**
Confort d'été Ticref	**

Tableau 6 : Synthèse des interactions entre les CICA à entrant porteur et les indicateurs réglementaires

4 - IDENTIFICATION DES SOLUTIONS VIS-A-VIS DU RESPECT DE LA RT2012

L'étude thermique entreprise au chapitre 3 a permis d'identifier les paramètres influents le respect des exigences définies par la RT 2012.

Chaque technique avait par ailleurs ses propres points d'excellence selon la représentation que l'on pourrait en faire ci-dessous :

INDICATEURS RT2012	CICA/DALLE	CICA/ENTRAITS PORTEURS
Bbiomax Cepmax Ratio de ponts thermiques	**	***
Perméabilité à l'air	***	**
Confort d'été Ticref	***	**

Tableau 7 : Synthèse des interactions entre les CICA et les indicateurs réglementaires

Ainsi, le présent chapitre, divisé en trois parties, présente différentes techniques constructives pour assurer une bonne mise en œuvre des isolants et de l'enveloppe étanche à l'air.

La première partie porte sur les détails des CICA sur plancher intermédiaire. La seconde traite les CICA à entrain porteur. La troisième et dernière partie est consacrée aux points singuliers identiques aux deux types de fermettes.

NOTE 4 :

- Les solutions décrites par la suite se basent sur la structure type modélisée sur le logiciel, et ce pour l'orientation 1 (entrée Sud) en zone thermique H2a. **Les épaisseurs d'isolants sont donc données à titre d'exemple, il faudra les vérifier en fonction des projets.**
- Dans tous les cas **le PV devra être positionné de façon à respecter la règle des « 2/3 (côté froid)-1/3 (côté chaud) » (3/4-1/4 pour zone de montagne) au sens du DTU 31.2 de janvier 2011.**

Rappel : le ratio 1/3-2/3 prend pour référence l'épaisseur totale de résistance thermique.

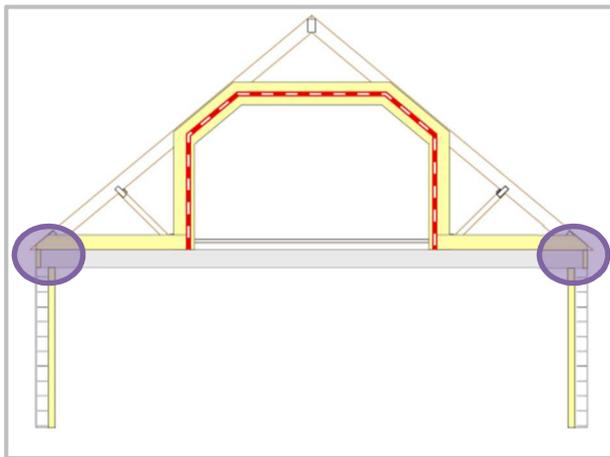
4.1 LES FERMETTES SUR DALLE

Ce chapitre détaille la façon de gérer les différentes liaisons de la charpente et d'assurer une bonne mise en œuvre de l'isolation et de l'étanchéité à l'air.

HYPOTHESES :

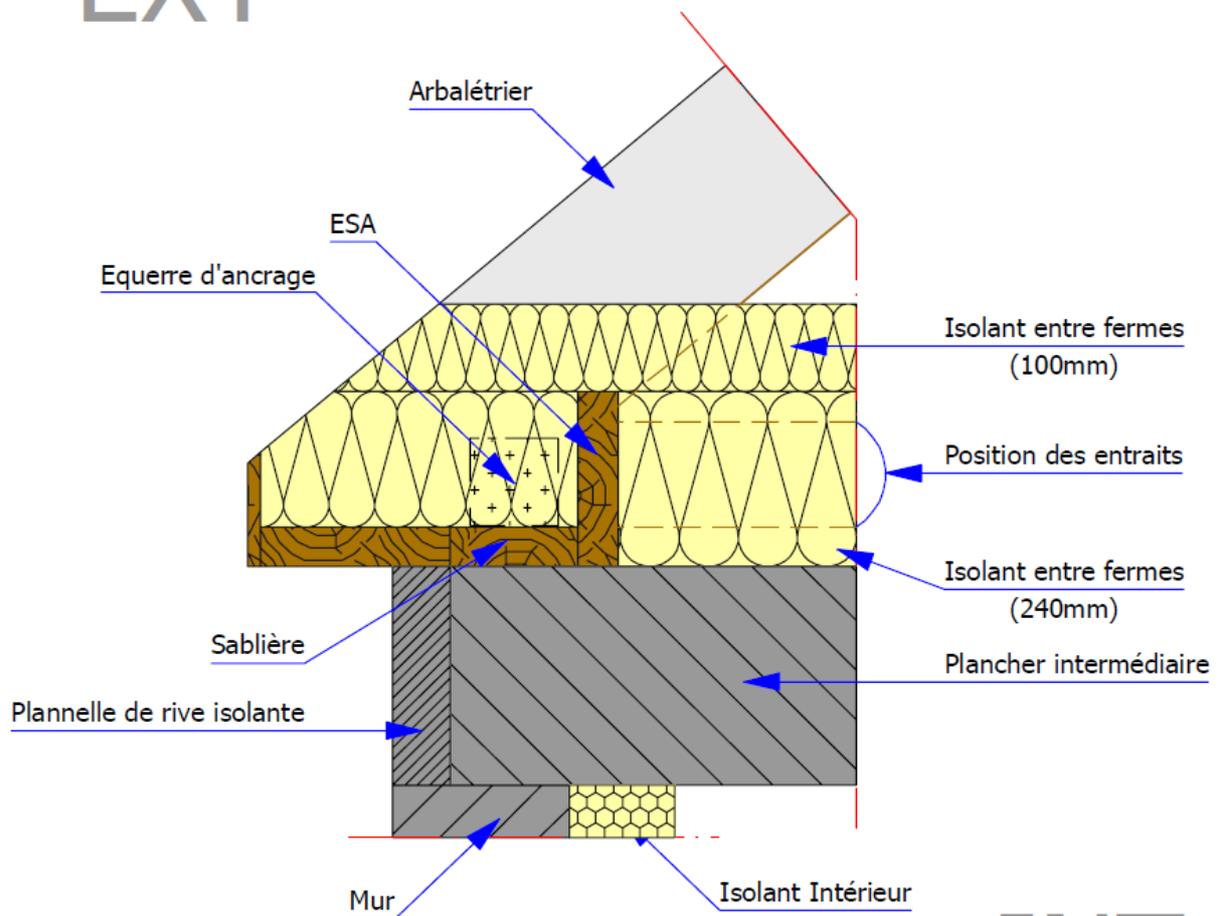
- **Générales** : le clos-couvert est effectué avant l'intervention du lot isolation/étanchéité à l'air, par conséquent toute la partie structure est terminée, y compris les contreventements de toiture et les palées de stabilité.
- **Ancrage** : réalisé sur des sablières et par des équerres métalliques combinant pointes et goujons d'ancrage.
- **Isolation** : Par l'intérieur
- **PV** : faisant aussi membrane d'étanchéité à l'air, positionné de façon à respecter la règle des 1/3-2/3, respectivement 1/4-3/4. Les éléments fixés par des organes traversant le PV devront avoir des éléments d'étanchéité au droit des pénétrations.
- **Parement intérieur** : plaque de plâtre d'épaisseur 12,5mm.

CICA SUR PLANCHER INTERMEDIAIRE LIAISON TETE DE MUR/PIED DE FERME



EXT

Coupe verticale



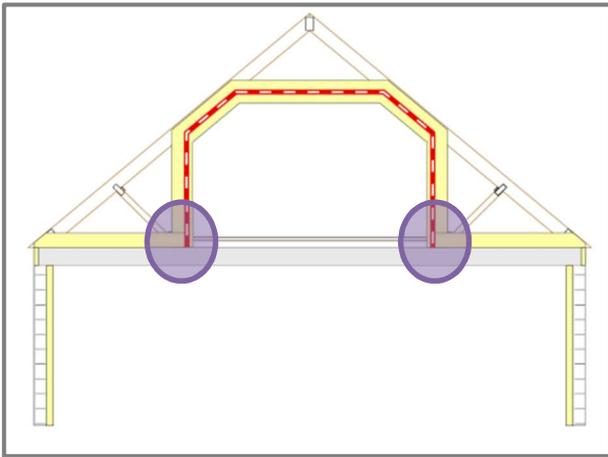
INT

NB :

➤ Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.

CICA SUR PLANCHER INTERMEDIAIRE

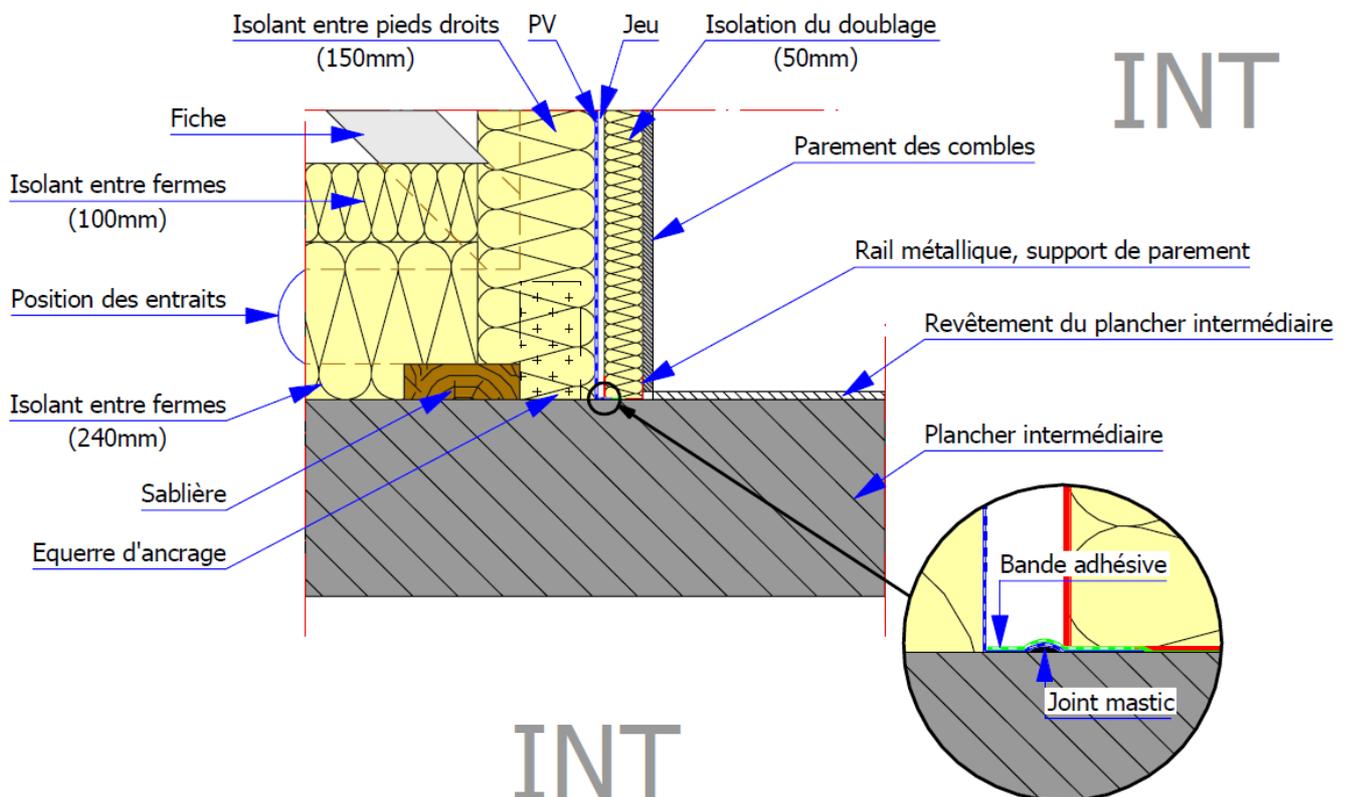
LIAISON PLANCHER/PIEDS DROITS



- ✓ **La jonction entre les PV** : sera assurée à la fois par un joint mastic entre les deux PV et une bande adhésive recouvrant cette jonction
- ✓ **Le doublage** :
 - Son ossature métallique sera fixée en partie basse sur le plancher intermédiaire.
 - Un jeu (10 mm environ) sera laissé entre le PV et le doublage.

EXT

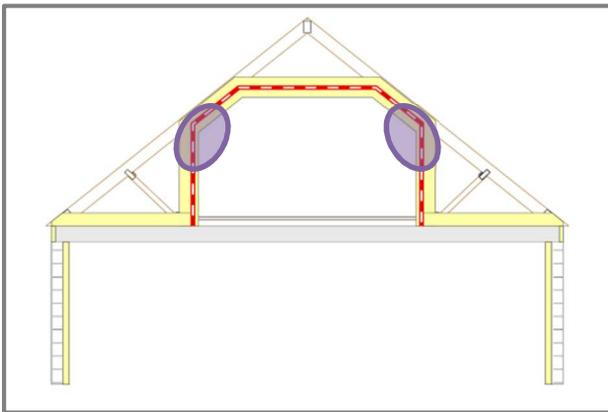
Coupe verticale



NB :

- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

CICA SUR PLANCHER INTERMEDIAIRE LIAISON PIED DROIT/RAMPANT



✓ La jonction entre les PV :

- Sera assurée à la fois par un joint mastic entre les deux PV et une bande adhésive recouvrant cette jonction ;
- Sera réalisée sur les panneaux de contreplaqués de 10 mm d'épaisseur.

✓ Les panneaux de contreplaqués :

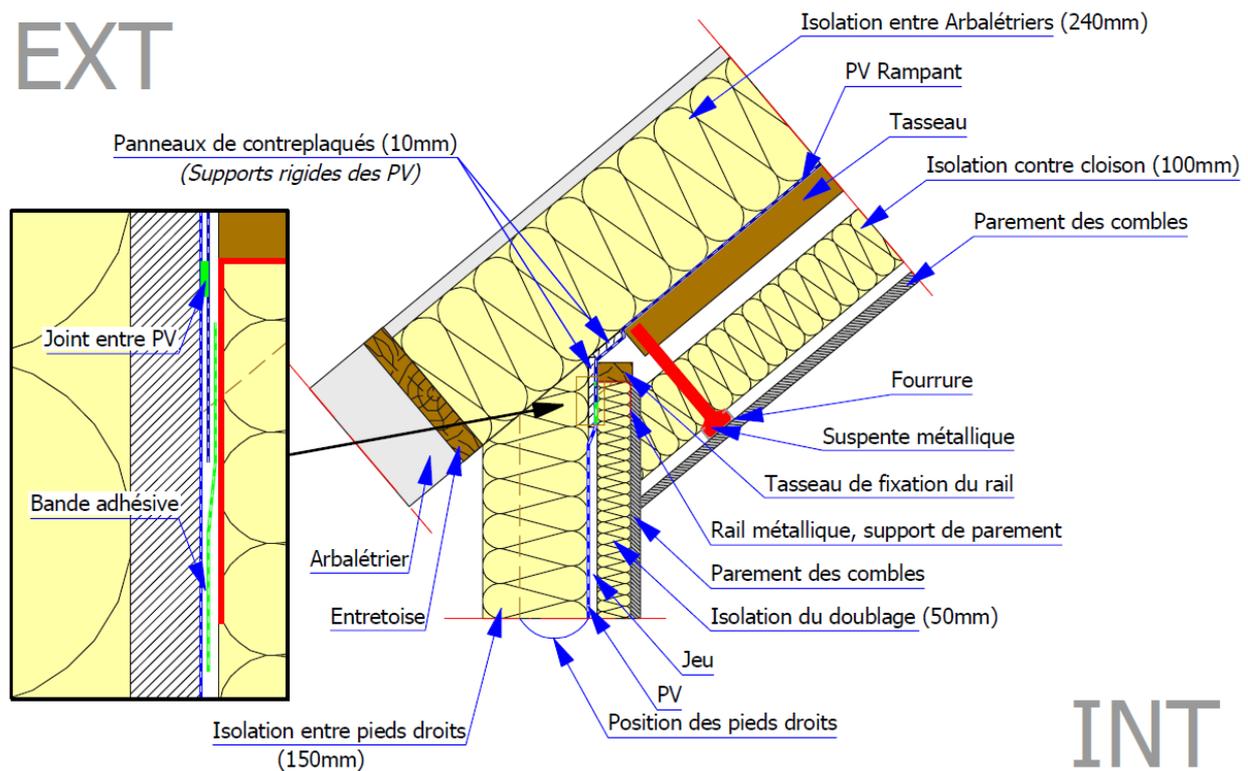
- Serviront de support à la liaison des PV ;
- Devront être fixés sur les arbalétriers et sur les pieds droits.

✓ **Le doublage** : son rail métallique support de parement sera fixé en partie haute sur un tasseau.

✓ **Les tasseaux** seront fixés parallèlement et sur les arbalétriers, avec des vis et des taquets d'étanchéité interposés entre le support et le tasseau.

Coupe verticale

EXT

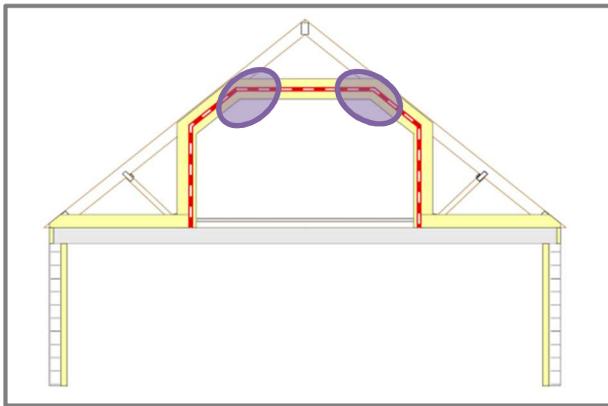


INT

NB :

- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

CICA SUR PLANCHER INTERMEDIAIRE LIAISON RAMPANT / PLAFOND DES COMBLES



✓ La jonction entre les PV :

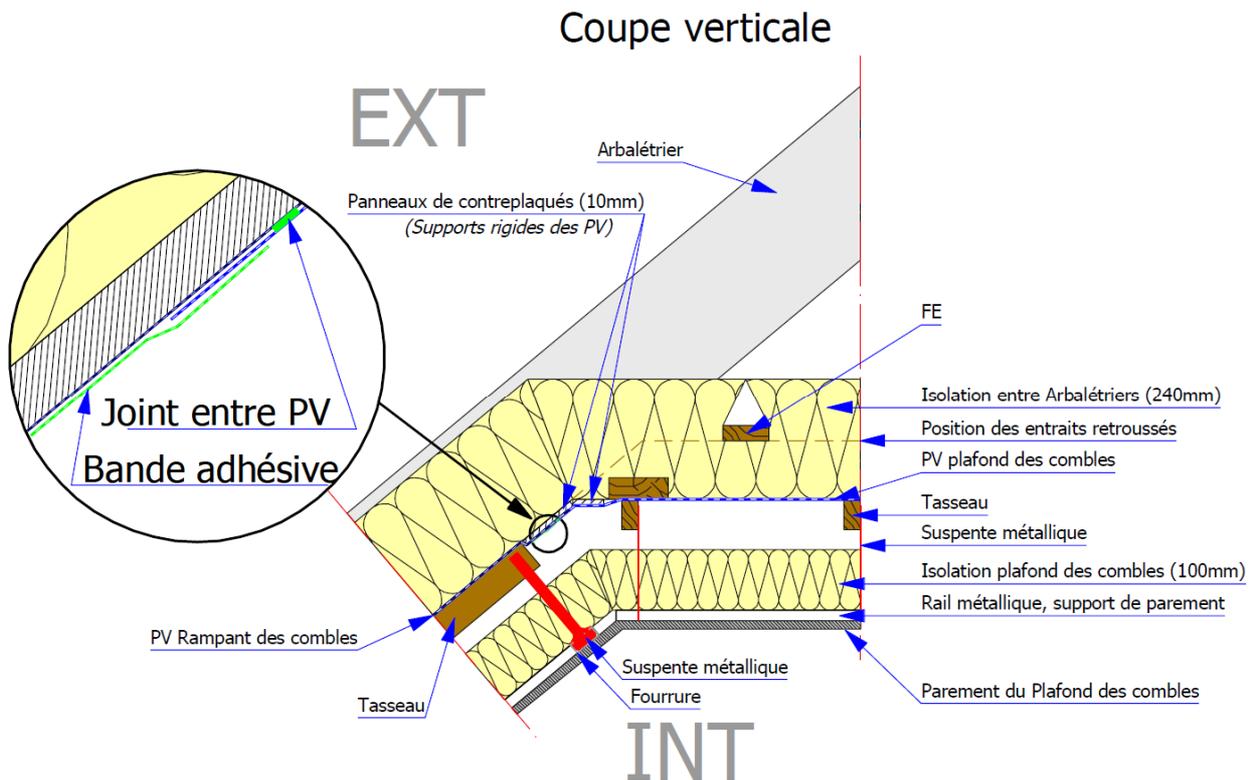
- Sera assurée à la fois par un joint mastic entre les deux PV et une bande adhésive recouvrant cette jonction ;
- Sera réalisée sur les panneaux de contreplaqués de 10 mm d'épaisseur.

✓ Les panneaux de contreplaqués :

- Serviront de support à la liaison des PV ;
- Devront être fixés sur les arbalétriers et sur les pieds droits.

✓ **L'isolant entre les entrants retroussés** devra être entaillé au niveau des lisses filantes sur entrants (FE), afin de **l'emprisonner** dans l'isolant plutôt que de le comprimer à ce niveau.

✓ **Les tasseaux** seront fixés parallèlement et sur les arbalétriers, avec des vis et des taquets d'étanchéité interposés entre le support et le tasseau.



NB :

- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

4.2 LES FERMETTES A ENTRAIT PORTEUR

Ce chapitre détaille la façon de gérer les différentes liaisons de la charpente et d'assurer une bonne mise en œuvre de l'isolation et de l'étanchéité à l'air.

HYPOTHESES :

- **Générales** : le clos-couvert est effectué avant l'intervention du lot isolation/étanchéité à l'air, par conséquent toute la partie structure est terminée, y compris les contreventements de toiture et les palées de stabilité.
- **Ancrage** : réalisé sur des sablières et par des équerres métalliques combinant pointes et goujons d'ancrage.
- **Isolation** : Par l'intérieur
- **PV** : faisant aussi membrane d'étanchéité à l'air, positionné de façon à respecter la règle des 1/3-2/3, respectivement 1/4-3/4. Les éléments fixés par des organes traversant le PV devront avoir des éléments d'étanchéité au droit des pénétrations.
- **Parement intérieur** : plaque de plâtre d'épaisseur 12,5mm.

4.2.1 Etanchéité à l'air des murs

Pour ce type de CICA, il a semblé opportun d'aborder l'étanchéité à l'air du gros œuvre de la sous-construction dans la mesure où, pour que la performance globale soit atteinte, il sera nécessaire de raccorder le PV du plancher intermédiaire à la solution d'étanchéité à l'air des murs.

Cette étude se base sur des murs en maçonnerie de petits éléments creux avec une isolation intérieure, dans ce cas de figure, les approches les plus répandues en matière de solution d'étanchéité à l'air sont :

- **Un enduit technique imperméable à l'air et perméable à la vapeur d'eau** mis en œuvre entre la maçonnerie et l'isolation et apte à recevoir un doublage d'isolant collé (Figure 9).

Exemple de produit sous Avis Technique :

- ✓ AEROBLUE® de la société Placoplatre® : enduit à base de plâtre et étanche à l'air, il est soumis à un Document Technique d'Application.
- ✓ Mono'Air® de Parex Lanko® : enduit à base de chaux étanche à l'air.

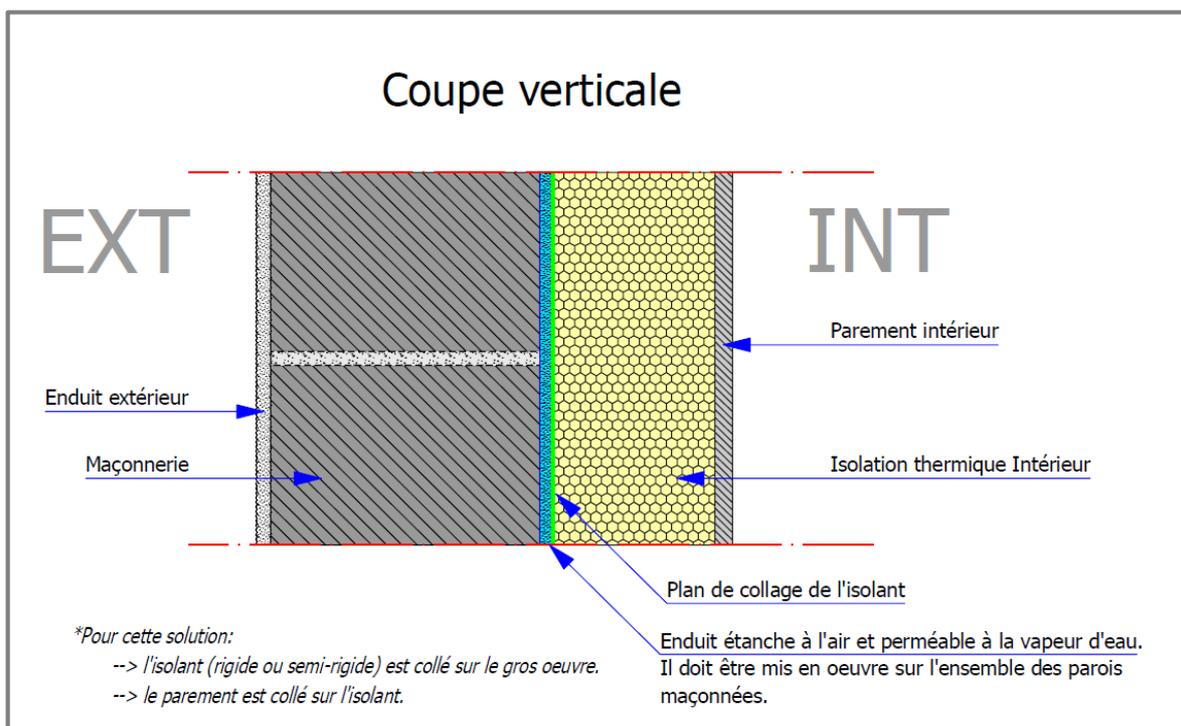


Figure 9 : Exemple de composition avec enduit technique perméable à la vapeur d'eau (ADEME, 2012)

NOTE 5 : Cette solution semble être la plus représentative du marché, elle impose une liaison entre un PV et un enduit au niveau de la jonction gros œuvre/entrants. Par conséquent la technique développée par la suite sera basée sur ce principe.

- **Une membrane étanche à l'air (perméable à la vapeur d'eau) côté froid de l'isolant.**
Cette technique a l'avantage de diminuer le risque de perçage de la membrane par rapport à la prochaine technique présentée.

Exemple de produit : Opt'air® de Isover®.

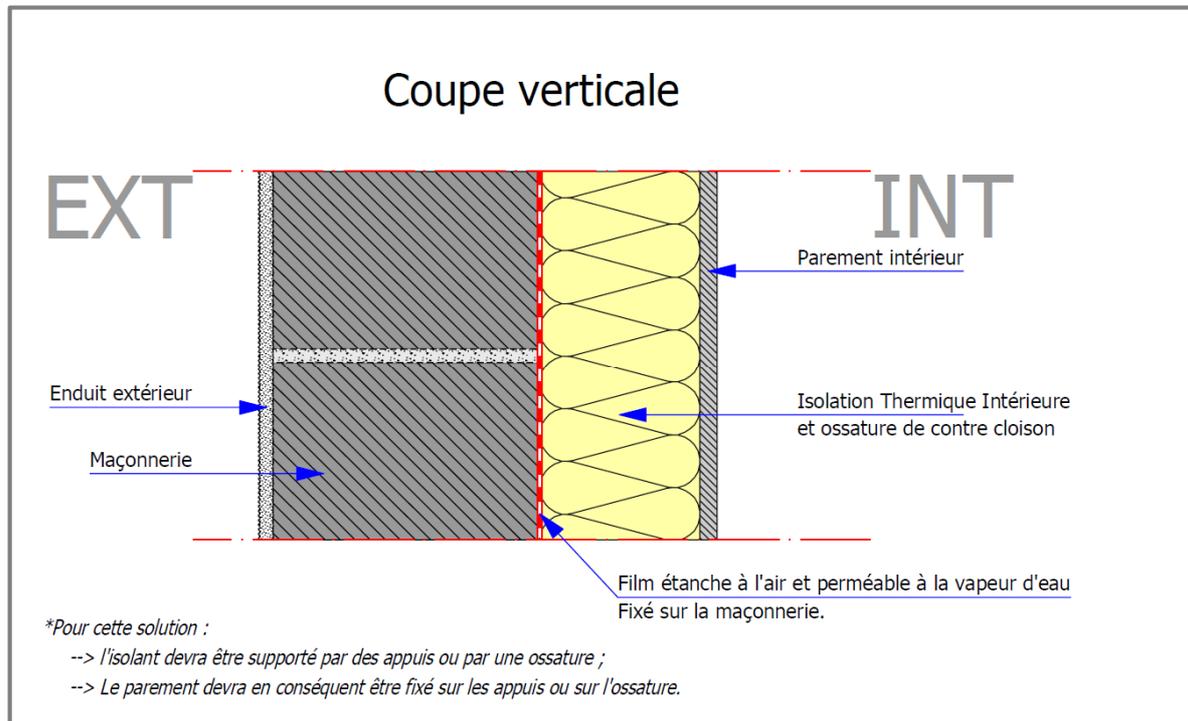


Figure 10 : Exemple de composition avec revêtement technique perméable à la vapeur d'eau

- **Une membrane de type par vapeur** côté chaud de l'isolant avec VT pour le passage de l'électricité. Cette technique a le défaut d'avoir un risque de percement de la membrane étanche lorsque les usagers viennent fixer des meubles sur le parement intérieur.

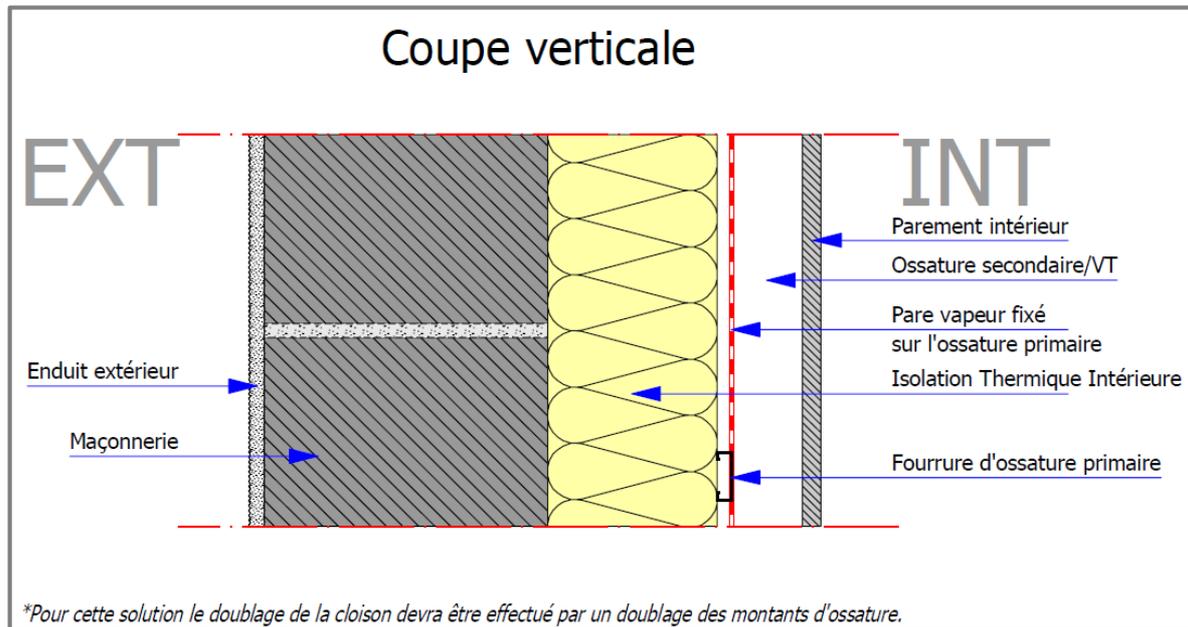


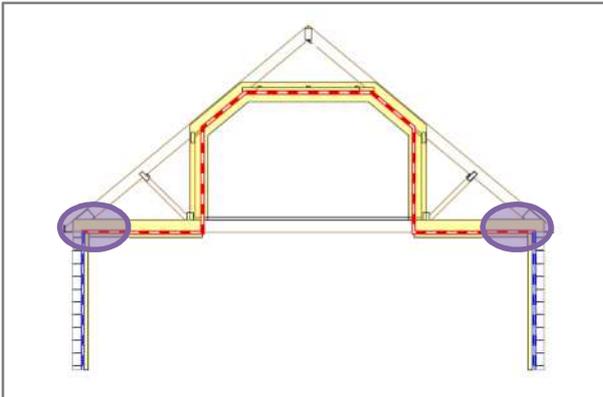
Figure 11 : Exemple de composition avec PV

NOTE 6 : La gestion de l'étanchéité à l'air au niveau de la liaison gros œuvre/entrants de ces solutions avec une membrane étanche à l'air peut simplement être assurée par un joint mastic et une bande adhésive.

4.2.2 Etanchéité à l'air des combles

Une fois l'étanchéité à l'air des élévations du Gros-œuvre réalisée, il s'agit premièrement de raccorder la membrane d'étanchéité de la sur-construction à celle-ci :

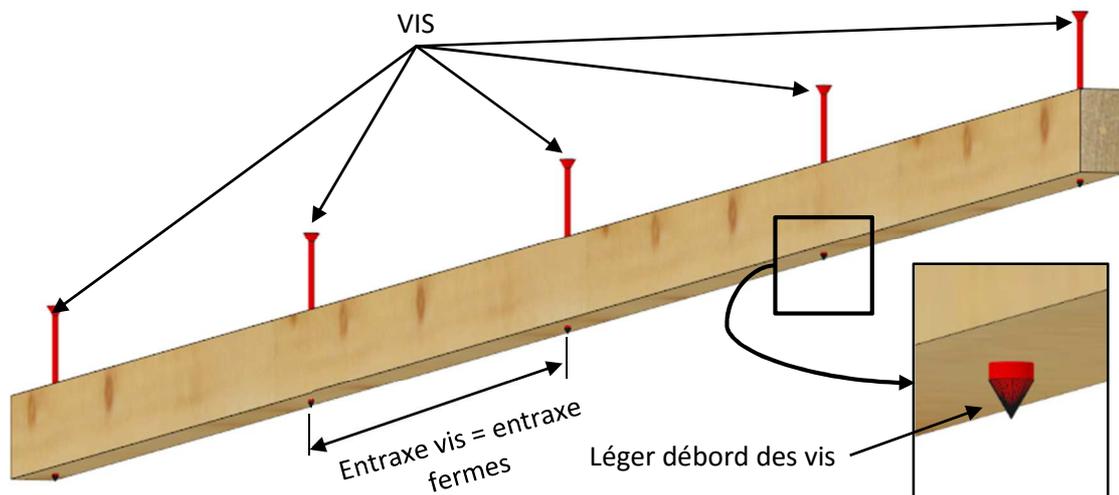
4.2.2.1 Interface gros œuvre/entrait



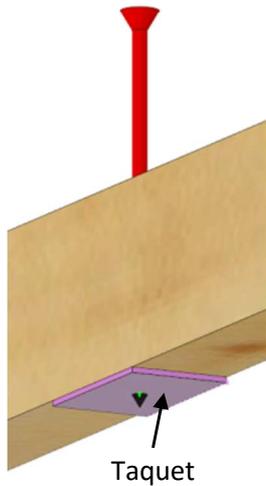
Ce point implique de lier un enduit étanche à l'air avec une membrane PV, il ne sera donc pas possible d'assurer cette jonction avec une simple bande adhésive.

La solution développée combine des tasseaux et des bandes compressibles.

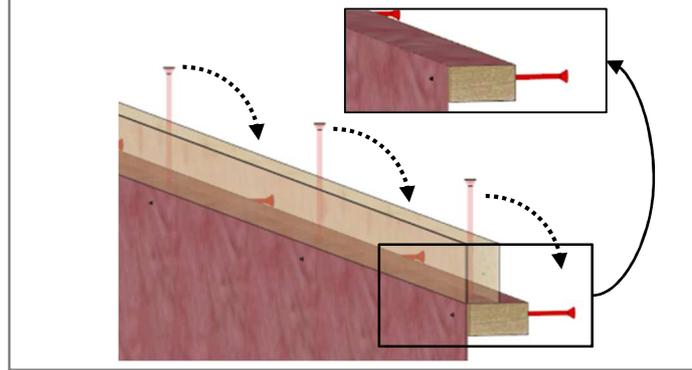
1. Préparer les vis sur le tasseau en laissant légèrement dépasser la pointe :



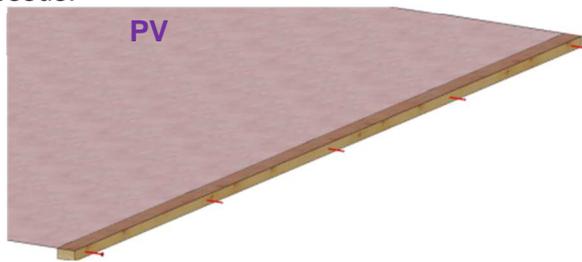
2. **Mise en place d'un taquet d'étanchéité** au bout de chaque vis, elles doivent légèrement dépasser.



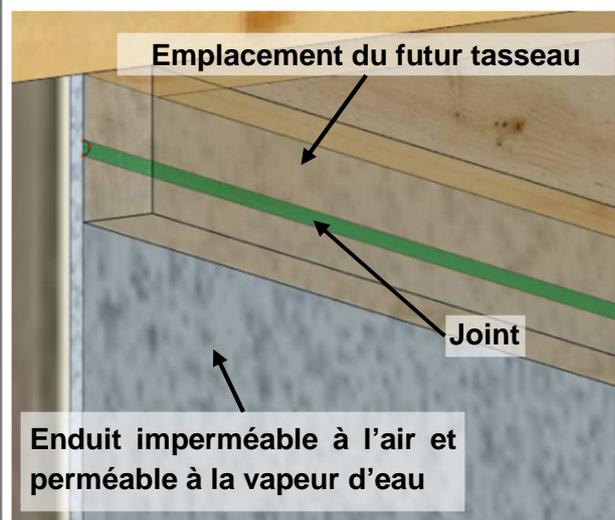
4. **Tourner d'un quart de tour.**



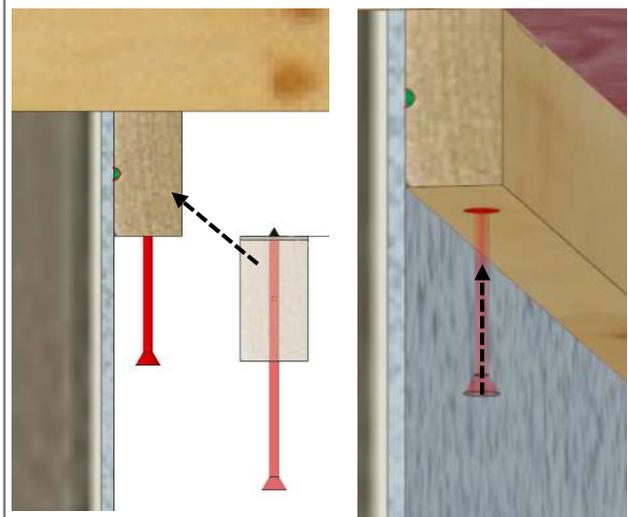
3. **Poser le tasseau à flan et positionner le PV à plat dessus.**



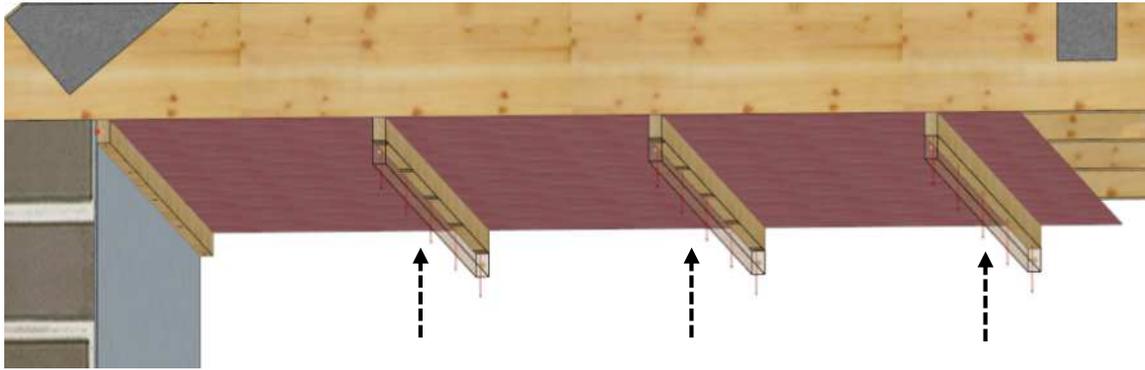
5. **Appliquer un joint sur le revêtement du mur maçonné à l'endroit où sera mis en contact le PV.**



6. **Positionner et visser l'ensemble tasseau + PV.**



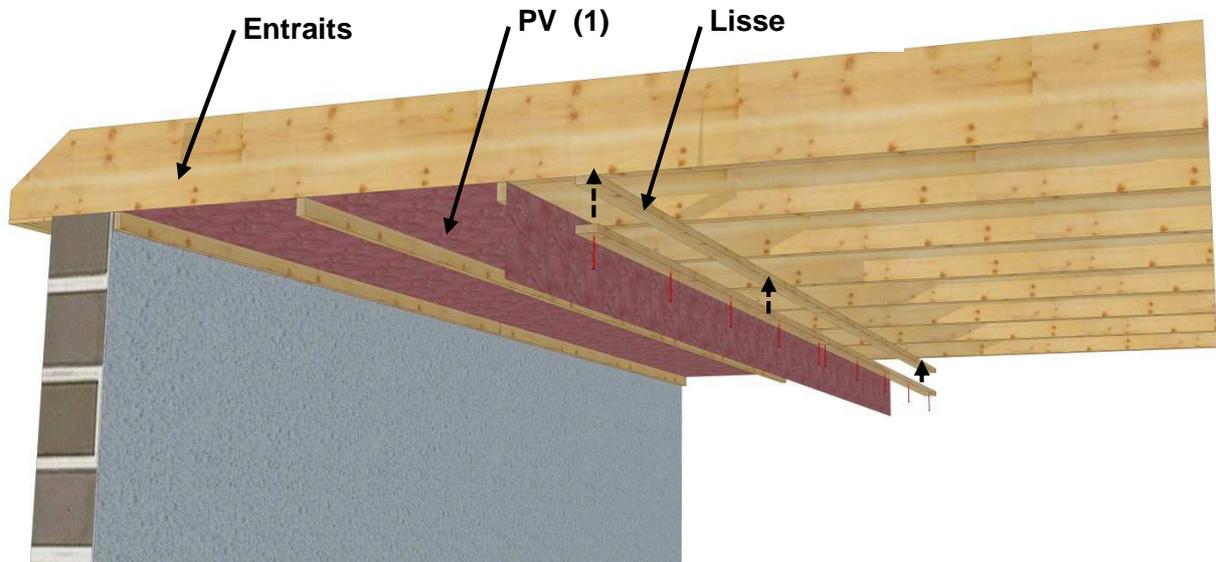
7. Préparer et positionner les tasseaux suivant, ils seront préparés également avec des taquets et des vis qui dépassent.



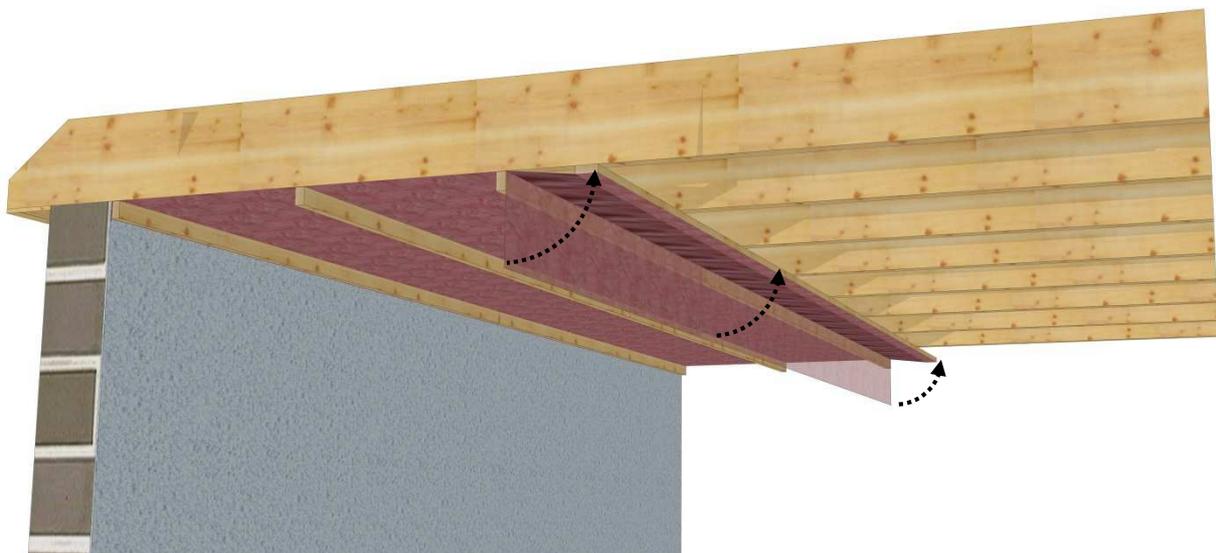
4.2.2.2 Raccord entre deux PV

a) Raccord entre deux PV perpendiculairement aux entrails :

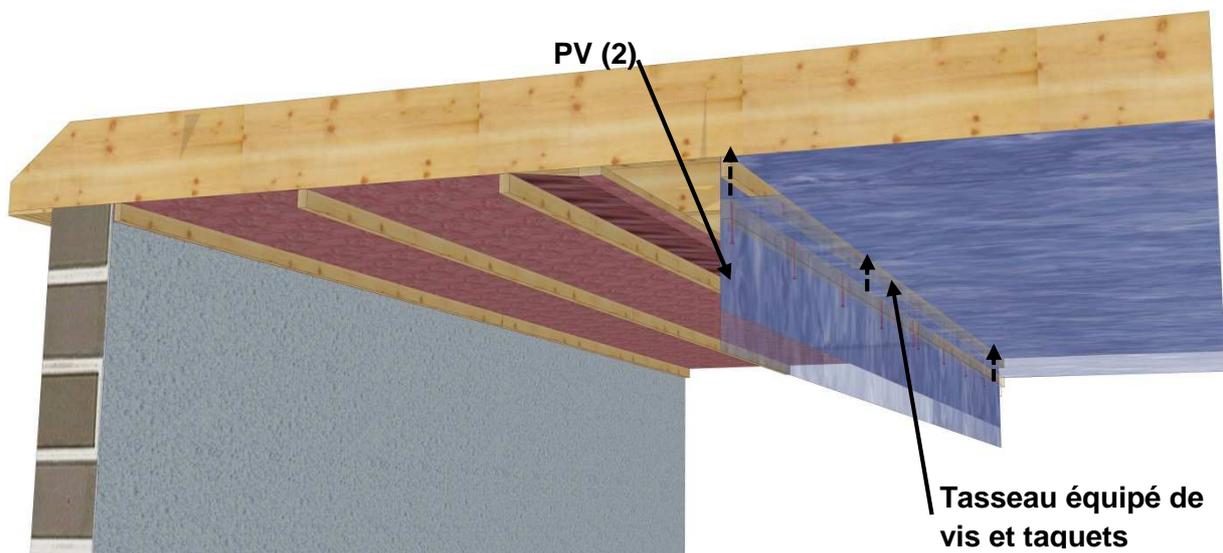
1. Fixer une lisse à plat, elle permettra d'avoir un appui rigide lors du raccord des PV.



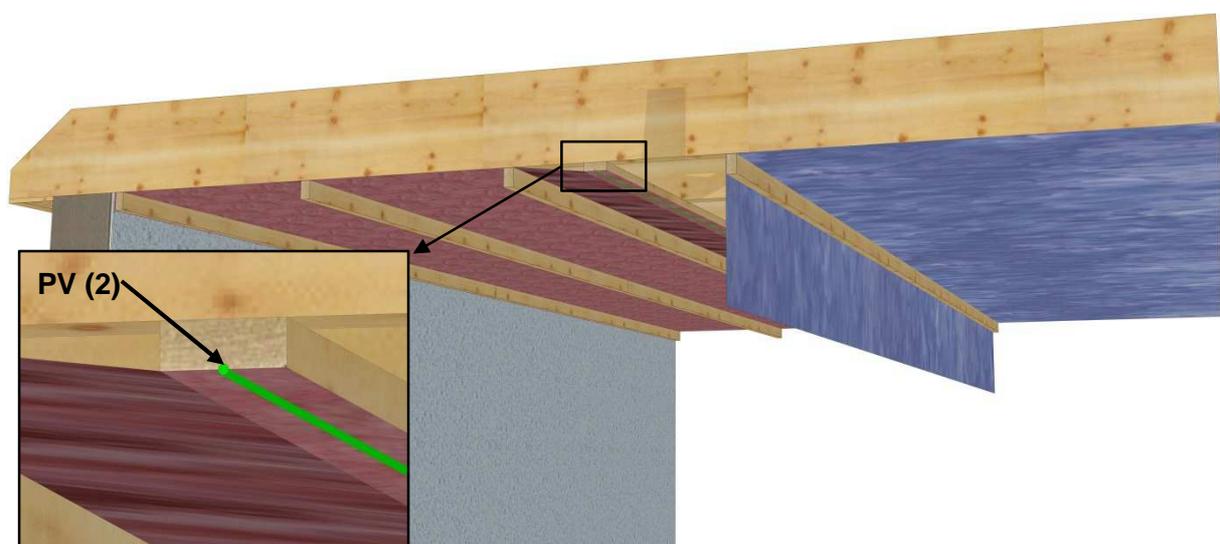
2. Agraffer ou coller le 1^{er} PV (rose) sur la lisse.



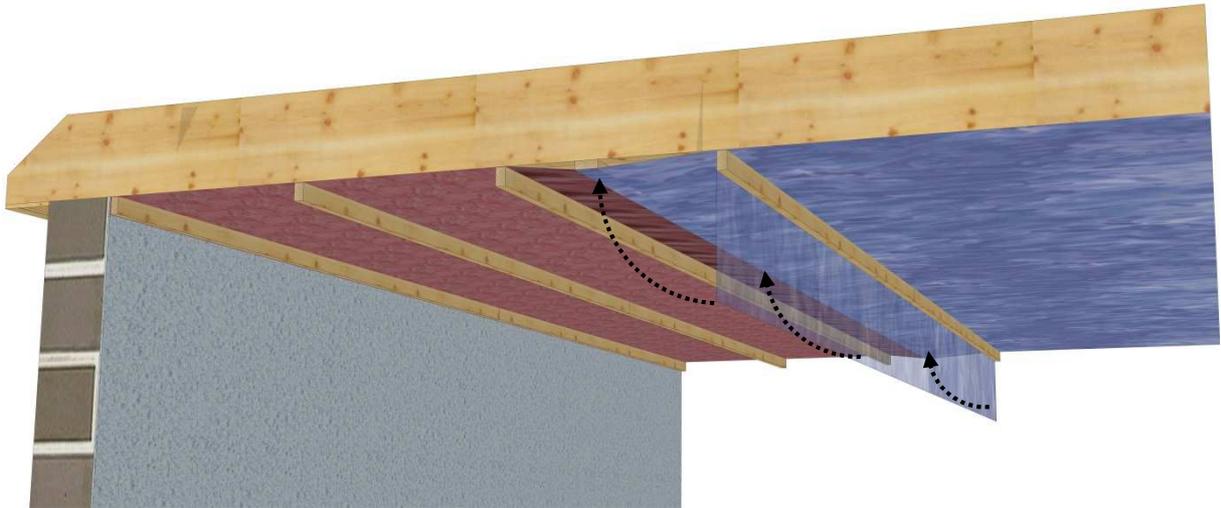
3. Préparer un tasseau avec la nouvelle bande de PV (bleu) et venir les fixer.



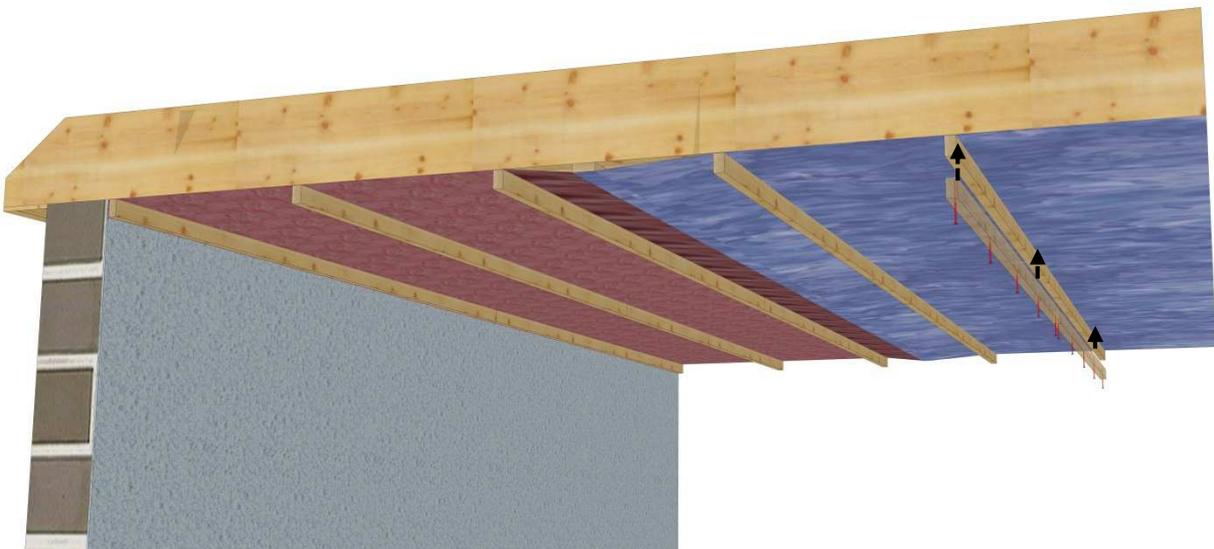
4. Appliquer un joint sur la 1ère bande de PV (rose) au niveau de la future jonction.



5. **Agrafer ou coller la 2ème bande de PV (bleu)** en s'assurant que le joint soit bien en contact avec les deux PV. Appliquer un ruban adhésif au niveau de cette jonction.



6. **Continuer à ajouter les tasseaux manquants**



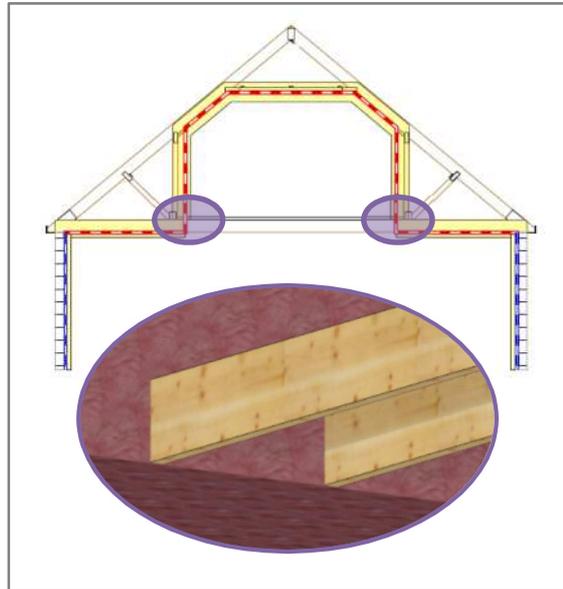
b) Raccord entre deux PV parallèlement aux entrants :

Cette jonction peut se faire directement sur les entrants, la mise en œuvre se décompose en 3 étapes :

1. Fixer le premier PV sur les entrants en l'agrafant ou en le collant.
2. Appliquer un joint sur toute la longueur.
3. Agrafer ou coller le 2ème PV en s'assurant que le joint est bien en contact avec les 2 PV. Appliquer un ruban adhésif au niveau de cette jonction.

4.2.2.3 Interface membrane étanche/Entraits

L'autre principale difficulté pour ce type de CICA est de gérer de façon performante et pérenne l'étanchéité à l'air au niveau des différents points singuliers et notamment des pénétrations telles que la liaison entrails/membrane d'étanchéité.



Etant donné que chaque entrail pénètre nécessairement cette membrane, ces points doivent être traités avec attention. Ils devront permettre une mise en œuvre de qualité.

Le Passivhaus Institut a publié une étude sur la gestion de la pénétration des poutres en bois au travers des membranes d'étanchéité à l'air. Ce document a été utilisé dans la présente étude.

Plusieurs approches, dont certaines s'en inspirent, sont proposées par la suite, d'autres relèvent d'essais de prototypage réalisés en propre.

NOTE 7 : Pour garantir un bon fonctionnement, les solutions qui vont être présentées devront avoir des **supports propres et dépoussiérés**.

a. Les résines acryliques :

Elles offrent de très bonnes propriétés d'étanchéité à l'air lorsqu'elles sont correctement mises en œuvre. Elles permettent de parer aux imperfections du matériau bois, telles que des fissures ou fentes. En revanche un temps de séchage devra être respecté.

Exemple de produits : DELTA®-FIXX FX de DÖRKEN®

Mise en œuvre en trois étapes :

1. **Application d'une première couche de résine** sur le PV autour de l'entrait et sur le contour de l'entrait. La surface enduite doit permettre un recouvrement suffisant du géotextile sur le PV, ce recouvrement est indiqué par le fabricant de résine ;
2. **Appliquer le géotextile sur la surface enduite** (plus grande que la surface couverte par le géotextile) ;
3. **Imbiber à saturation le géotextile** avec une seconde couche de résine en le recouvrant en totalité.

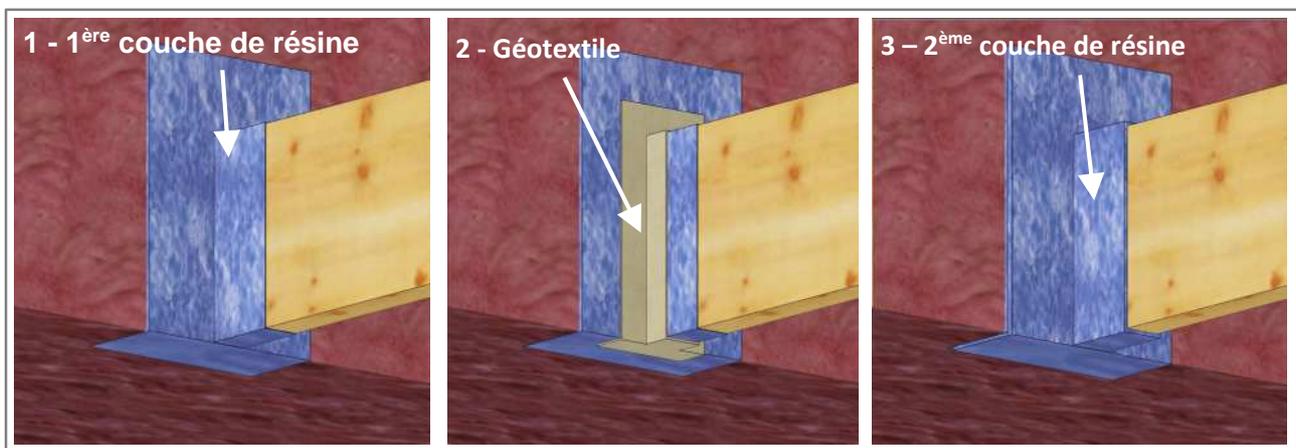


Figure 12 : Mise en œuvre d'une résine acrylique

b. Les bandes d'étanchéité adhésives seules ou avec accessoires du commerce :

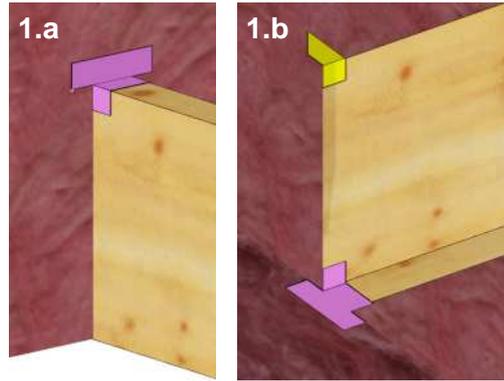
La mise en œuvre devra être soignée, les trous et fissures qui peuvent exister au niveau des entrants devront être au préalable bouchés. Cela peut se faire avec un mastic, il faut toutefois vérifier que ce dernier pénètre suffisamment dans la fissure.

Pour garantir une bonne étanchéité à l'air, il est possible d'utiliser soit un seul et même type d'adhésif, soit d'en combiner plusieurs différents pour peu qu'ils soient compatibles dans la durée. Deux solutions tournant autour de la combinaison de plusieurs adhésifs sont présentées dans les points suivants.

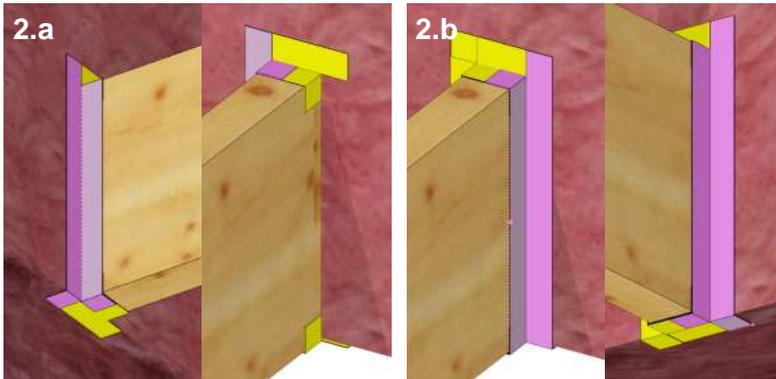
➤ **Bandes d'étanchéité adhésives seules**

1. Mise en place de 2 bandes adhésives sur le champ des entrails

**Il est possible d'ajouter un primaire d'adhésif pour améliorer la liaison entre l'adhésif et le bois.*

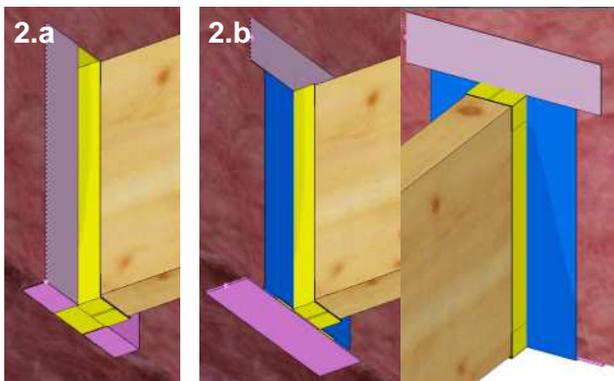


2. Mise en place de 2 bandes adhésives sur le champ des entrails

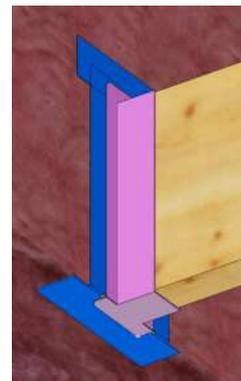


** Il est possible d'ajouter un primaire d'adhésif pour améliorer la liaison entre l'adhésif et le bois.*

3. Scotcher les parties en contact avec le PV.



4. Mettre de la bande adhésive flexible à cheval sur l'entrait et le PV pour assurer une parfaite étanchéité dans les angles.



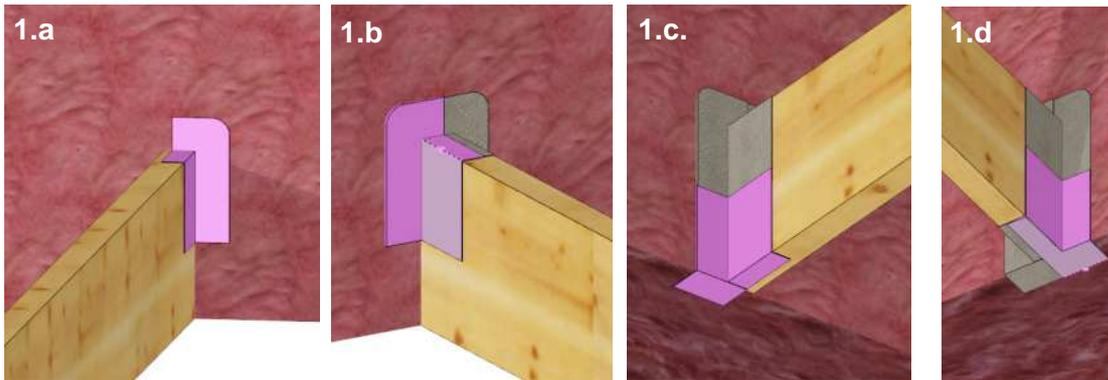
➤ **Bandes d'étanchéité adhésives avec accessoires du commerce :**

Il existe des accessoires ayant déjà spécialement la forme de l'angle. Il est donc possible d'utiliser ce type de produit, mais il est également envisageable de les remplacer par des morceaux de bandes adhésives Butyle.

Exemple de produits : DELTA®-FAS CORNER

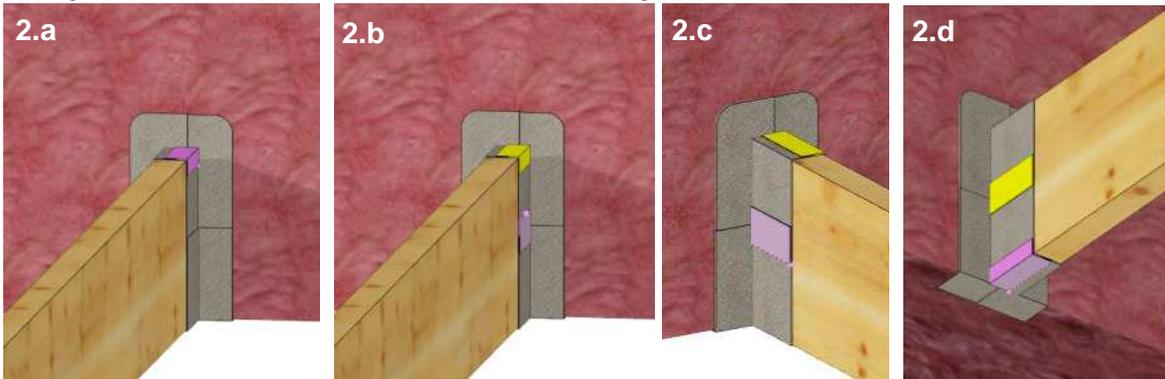
La mise en œuvre est réalisée comme expliqué ci-dessous :

1. Mise en place des accessoires d'angles :

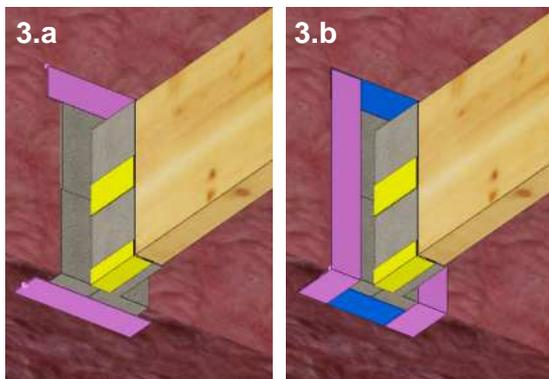


* Il est possible d'ajouter un primaire d'adhésif pour améliorer la liaison entre l'adhésif et le bois.

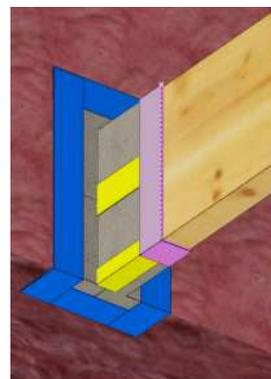
2. Ajout de bandes adhésives au niveau des jonctions entre les accessoires :



3. Ajout de bandes adhésives au niveau des jonctions accessoires/PV

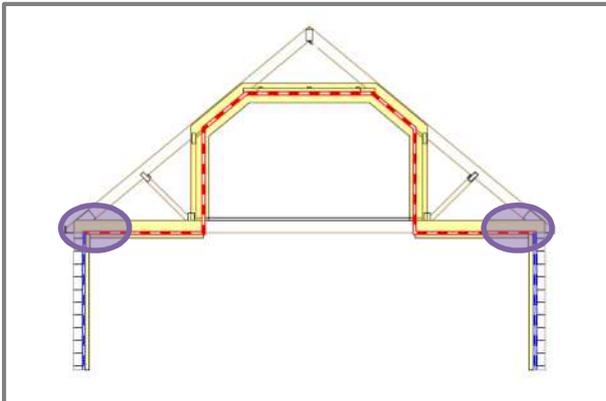


4. Ajout d'une bande adhésives au niveau de la jonction accessoires/Entrait



4.2.3 Isolation et composition de parois

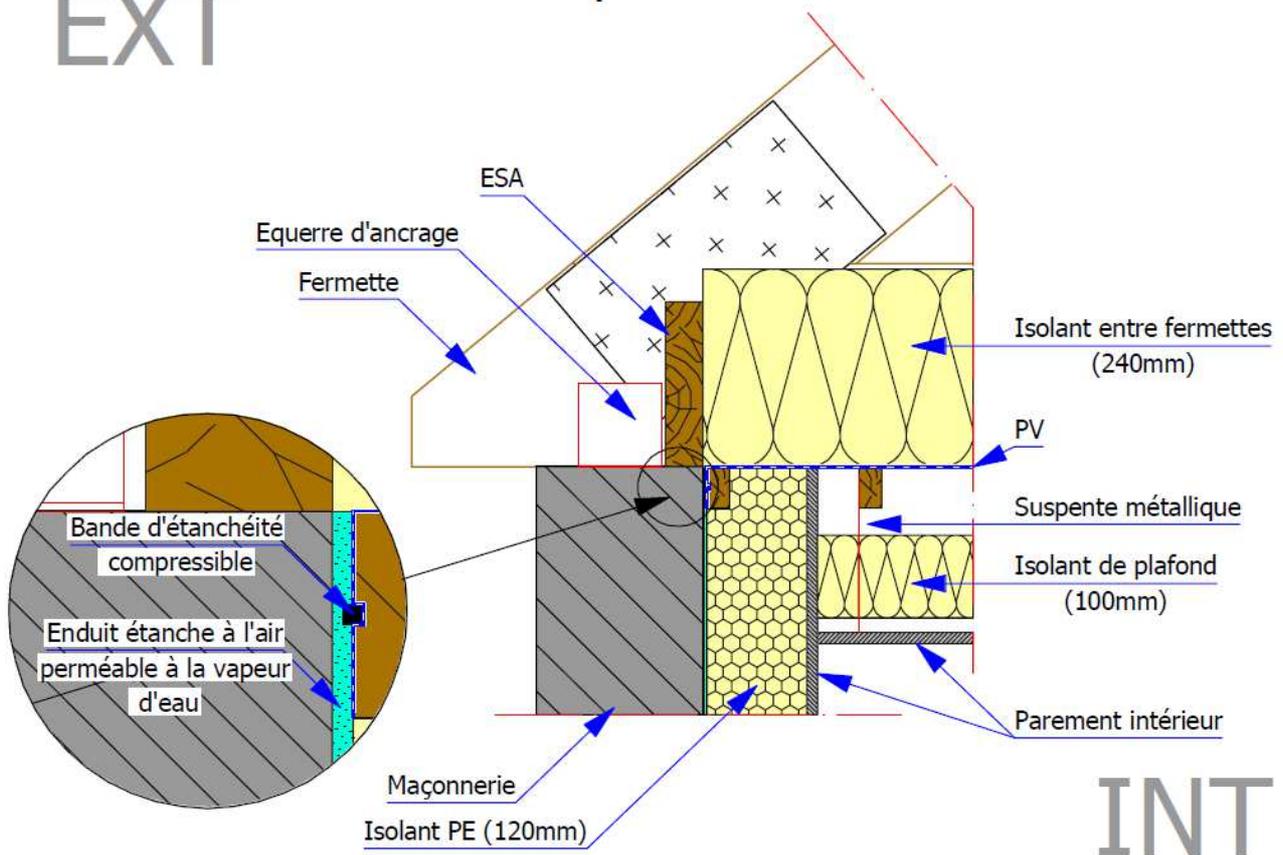
CICA A ENTRAIT PORTEUR LIAISON GROS ŒUVRE/ENTRAIT



- ✓ L'isolant PE : collé sur l'enduit étanche à l'air.
- ✓ La jonction entre le PV et l'enduit étanche à l'air sera assurée par une bande étanche compressible placée entre un enduit et un tasseau.
- ✓ La fixation tasseaux se fera par des vis et taquets d'étanchéité interposés entre les entrails et les tasseaux.

EXT

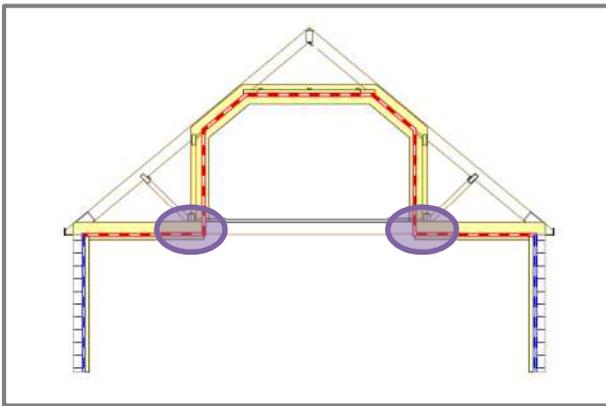
Coupe verticale



NB :

- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

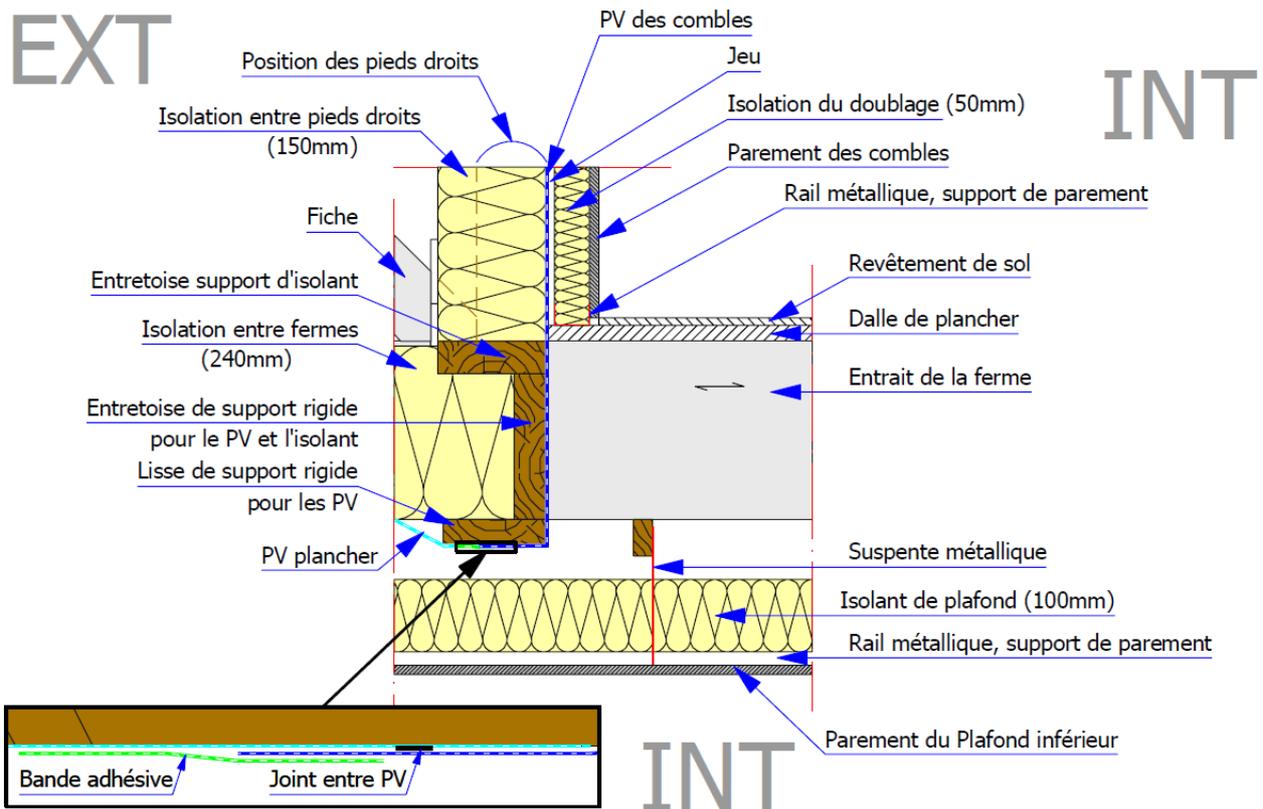
CICA A ENTRAIT PORTEUR LIAISON ENTRAIT / PIED DROIT



- ✓ **Le doublage** : son rail métallique support de parement sera fixé en partie basse sur la dalle de plancher. Un jeu (10 mm environ) sera laissé entre le PV et le doublage.

- ✓ **La jonction entre les PV** :
 - Sera assurée à la fois par un joint mastic entre les deux PV et une bande adhésive recouvrant cette jonction ;
 - Sera réalisée sur les lisses posées à plat en guise de support rigide.
- ✓ **Les Entretoises** : elles serviront de support à l'isolant ou au PV. Elles devront être fixées entre les fermes.
- ✓ **L'isolant** : dans le cas où il ne remplirait pas entièrement l'angle de jonction, il faudra ajouter une seconde couche plus fine.

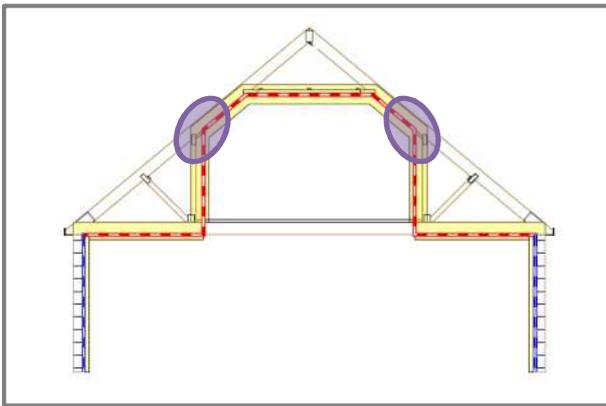
Coupe verticale



NB :

- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

CICA A ENTRAIT PORTEUR LIAISON PIED DROIT/RAMPANT



✓ La jonction entre les PV :

- Sera assurée à la fois par un joint mastic entre les deux PV et une bande adhésive recouvrant cette jonction ;
- Sera réalisée sur les panneaux de contreplaqués de 10 mm d'épaisseur.

✓ Les panneaux de contreplaqués :

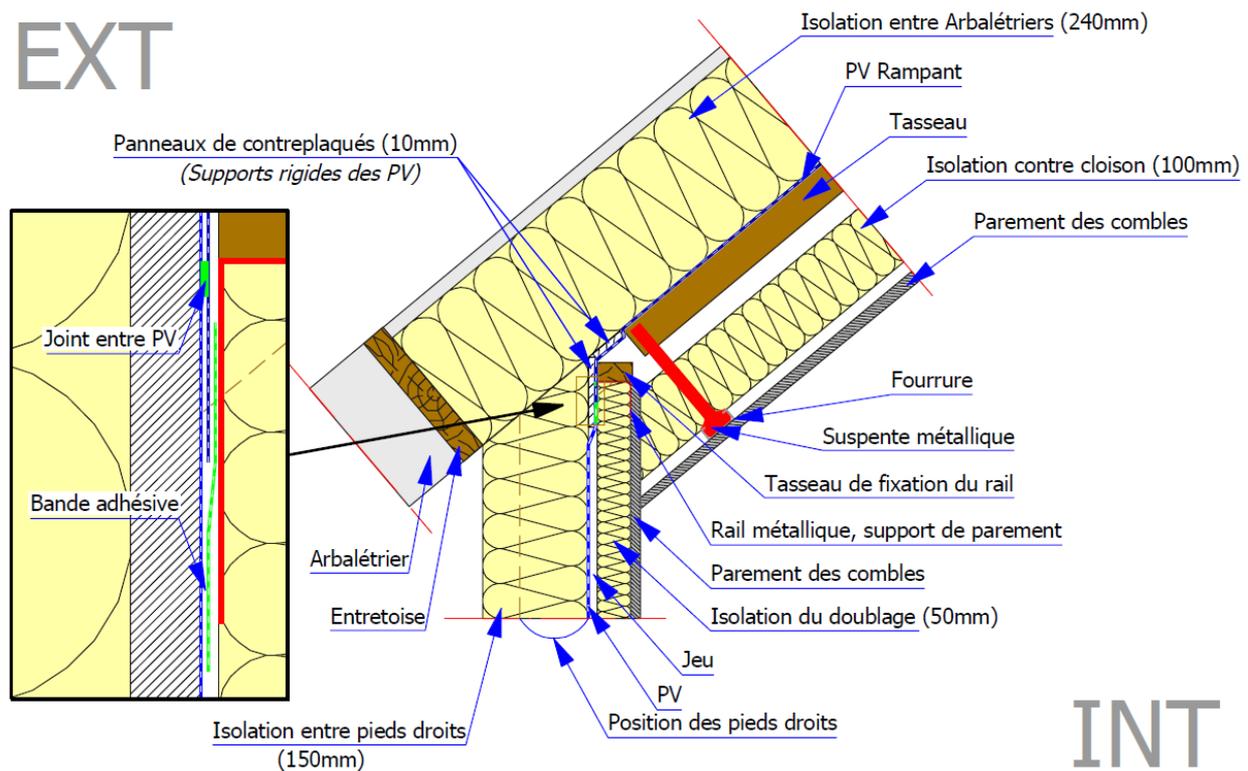
- Serviront de support à la liaison des PV ;
- Devront être fixés sur les arbalétriers et sur les pieds droits.

✓ **Le doublage** : son rail métallique support de parement sera fixé en partie haute sur un tasseau.

✓ **Les tasseaux** seront fixés parallèlement et sur les arbalétriers, avec des vis et des taquets d'étanchéité interposés entre le support et le tasseau.

Coupe verticale

EXT

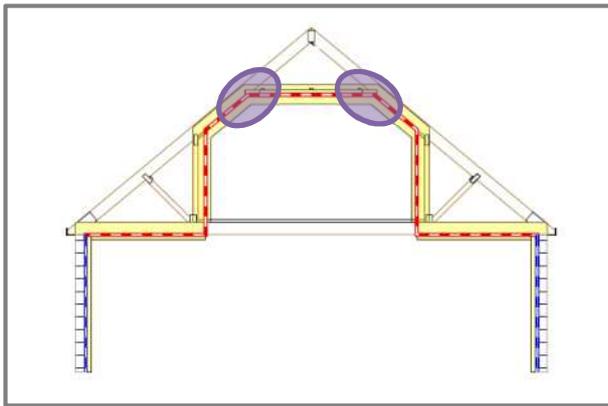


INT

NB :

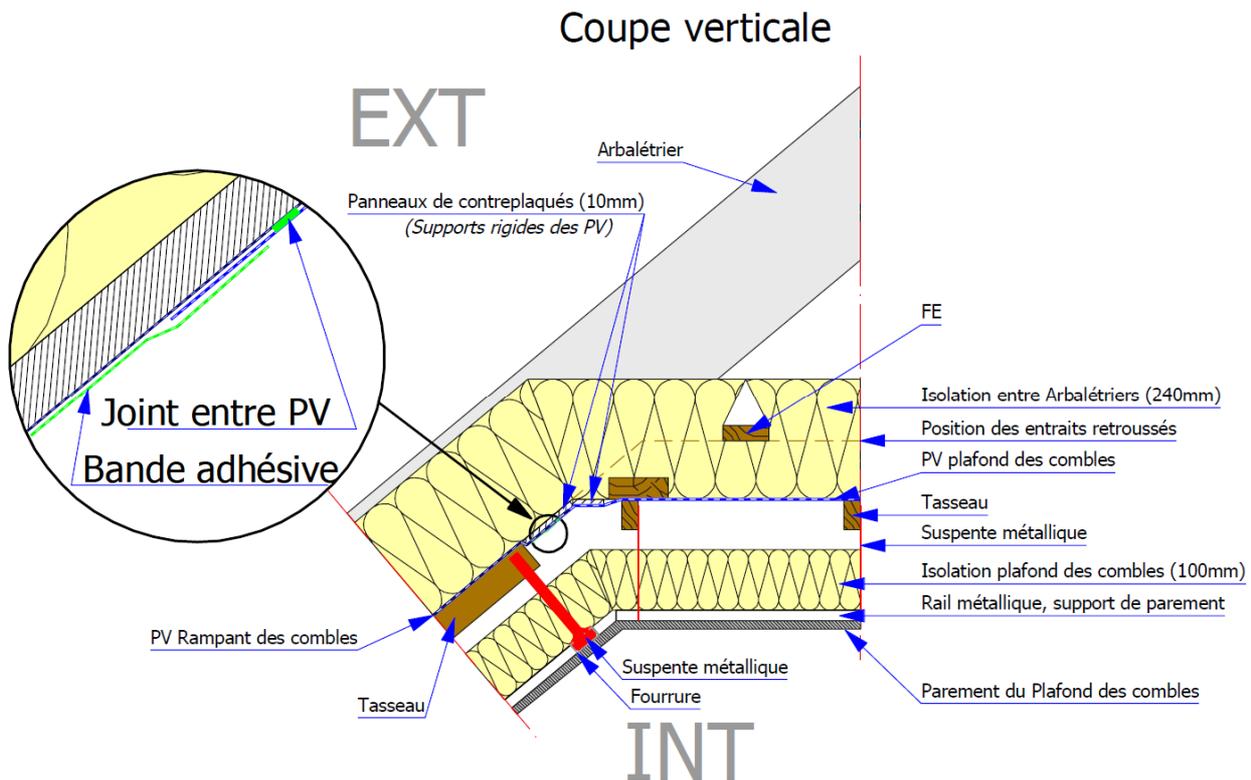
- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

CICA A ENTRAIT PORTEUR LIAISON RAMPANT / PLAFOND DES COMBLES



- ✓ **La jonction entre les PV :**
 - Sera assurée à la fois par un joint mastic entre les deux PV et une bande adhésive recouvrant cette jonction ;
 - Sera réalisée sur les panneaux de contreplaqués de 10 mm d'épaisseur.
- ✓ **Les panneaux de contreplaqués :**
 - Serviront de support à la liaison des PV ;
 - Devront être fixés sur les arbalétriers et sur les pieds droits.

- ✓ **L'isolant entre les entrains retroussés** devra être entaillé au niveau des lisses filantes sur entrains (FE), afin de **l'emprisonner** dans l'isolant plutôt que de le comprimer à ce niveau.
- ✓ **Les tasseaux** seront fixés parallèlement et sur les arbalétriers, avec des vis et des taquets d'étanchéité interposés entre le support et le tasseau.



NB :

- Les épaisseurs d'isolant données ne sont valables que dans le cadre de cette étude.
- Il est important de positionner le PV de façon à ce qu'il respecte la règle des "2/3-1/3" ou "3/4-1/4" selon le DTU 31.2.

4.3 LES POINTS SINGULIERS

4.3.1 Les conduits de fumée :

Il a été vu précédemment que la performance d'étanchéité à l'air pouvait être significativement diminuée au droit des singularités. Des solutions ont cependant été développées.

NOTE : L'article 5 de l'arrêté du 22 octobre 1969 proscrit la présence de joints dans les traversées d'ouvrages tels que chaînage, planchers de béton armé, etc.

4.3.1.1 Gestion des conduits de fumée métalliques

Plusieurs produits permettant de palier aux problèmes de pont thermique et d'étanchéité à l'air existant sur le marché. Leur principe de fonctionnement consiste à isoler la zone de distance de sécurité avec un isolant ininflammable. L'étanchéité à l'air, quant à elle, est assurée par une plaque de distance de sécurité étanche.

⚠ Tous les systèmes étant basés ce principe dérogent au DTU 24.1 et doivent donc faire l'objet d'une évaluation technique adaptée telle un AT, document qui va fixer un certain nombre de règles et de conditions à respecter pour en faciliter la mise en œuvre.

Exemples de système :

- ✓ **COQISOL®** de POUJOLAT ;
- ✓ **LAHE-SAFE** de LAHERA PRODUCTIONS
- ✓ Le système isolé pour traverser de paroi horizontale et verticale de ISOTIP-JONCOUX
- ✓ **ISOTEN** de TOLERIE EMAILLERIE NANTAISE

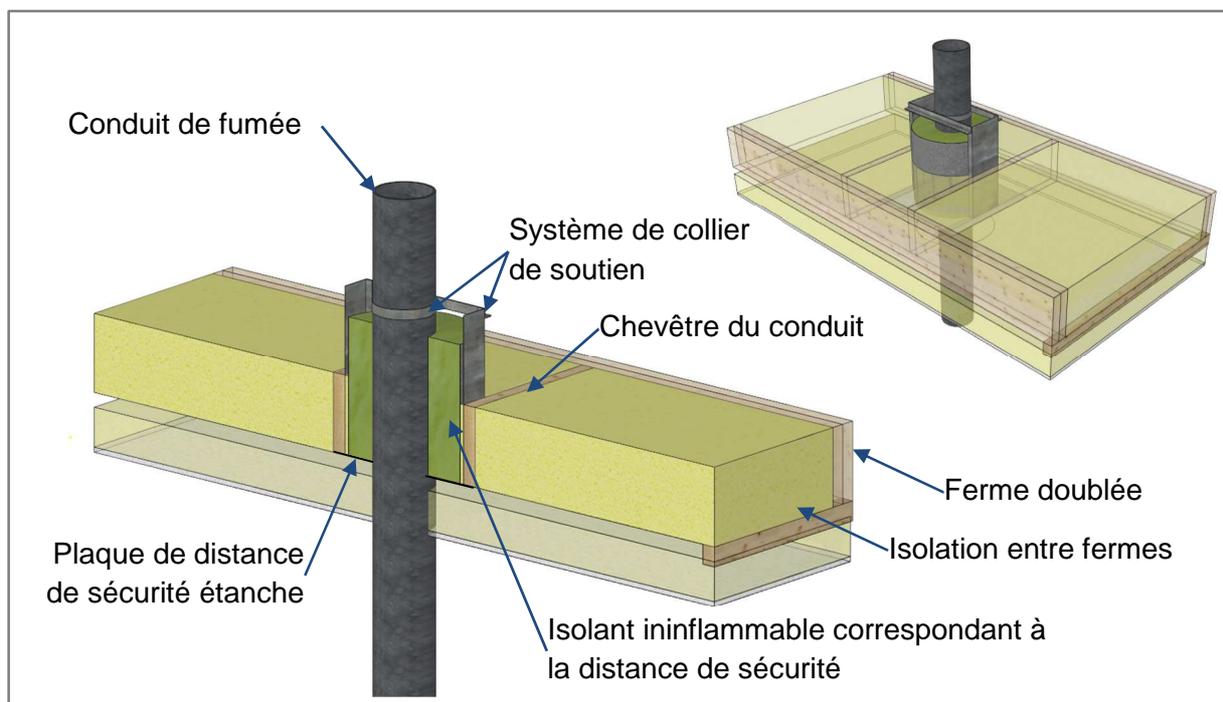


Figure 13 : Exemple de système de gestion des ponts thermiques et de l'étanchéité à l'air lors de la traversée de toiture ou de plancher par un conduit métallique

4.3.1.2 Gestion des conduits de fumée maçonnés

Conformément au DTU 24.1, lors de la traversée de plancher ne servant que de guidage du conduit, un matériau doit remplir l'espace séparant le conduit et la trémie. Il doit permettre la libre dilation du conduit et doit être réalisé en matériau inerte et classé au moins M0 ou A2-s1, d0.

Ce matériau peut participer à la gestion de l'étanchéité à l'air car il permet de la garantir dans l'espace qui sépare le conduit de la trémie. La continuité de l'étanchéité à l'air se fera donc au niveau de la jonction calfeutrement/trémie. Cela peut être géré simplement en appliquant un mastic entre le pare-vapeur sur le chevêtre en bois.

Exemple de produit : mastic Solimur combiné avec le Système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau, utilisé en comble perdu ou aménagé **LDS 100/LDS 100 Plus** (système soumis à un Atec).

⚠ Il convient de vérifier si le mastic et le PV utilisés sont applicables à la pratique décrite dans ce chapitre.

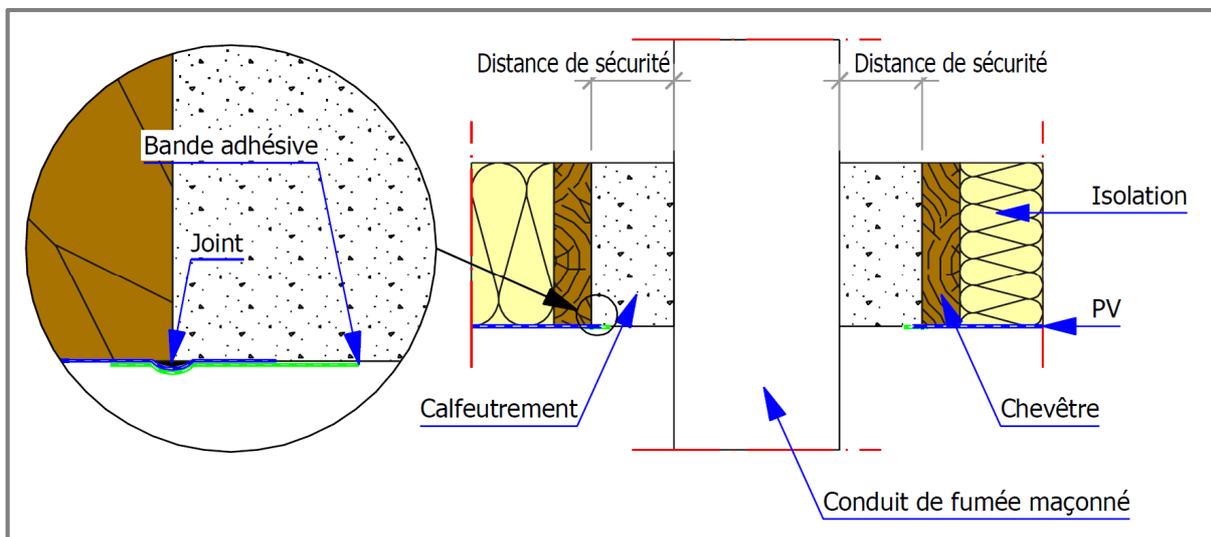


Figure 14 : Gestion de l'étanchéité à l'air entre le matériau de calfeutrement et le chevêtre du conduit

4.3.2 Les conduits, tubes de VMC, canalisations

Une large gamme de produits existe pour traiter ces différents points. Toutes les solutions de gestion de l'étanchéité à l'air ne vont pas être présentées en détail. Les différents principes existant sont résumés aux travers des exemples de produit dans le Tableau 8.

PRINCIPE	Exemple de produit	Fournisseur
Etanchéité liquide de type résine acrylique	KIT DELTA-LIQUIXX	DÖERKEN®
Bande/Ruban adhésif	DELTA FLEXX-BAND	
	MASTIC VARIO KB1	ISOVER®
	PERMO TR	KLOEBER®
Manchon	MANCHON DE RACCORD	
	MANCHON UNIVERSEL (M75-125)	KNAUF INSULATION®
Bande butyle	-	ubbink®
	-	
	Tyvek® Butyl	Tyvek®
Mastic/Colle	MASTIC VARIO DS	ISOVER®

Tableau 8 : exemples de produits pour l'interface membrane étanche à l'air/conduits

5 - CONCLUSION

La Règlementation Thermique RT 2012 impose à la fois l'atteinte d'objectifs avec une certaine obligation de moyens.

L'objet de cette étude a été de vérifier la compactibilité de la technique des Charpentes Industrielles pour Combles Aménageables, CICA, avec le respect à priori de cette réglementation.

Ainsi, d'emblée, il a été constaté que la conformité est atteignable et que ce n'est pas tant la technique de la CICA elle-même qui rendrait difficile l'atteinte de la conformité, mais plutôt la façon dont cette technique interagit avec le reste des ouvrages et des indicateurs RT, notamment au droit du gros œuvre, à l'interface avec les solutions d'isolation et les membranes d'étanchéité.

Conséquemment, on peut conclure de la façon suivante :

1. Pour les fermettes en A posées sur dalle, il s'agit de traiter de façon satisfaisante le pont thermique présent sur toute la rive périphérique du plancher haut du rdc dans un contexte où, comme le montrent les études de marchés, ce sont les techniques d'isolation intérieure qui prédominent largement dans l'isolation des élévations verticales. Bien que le traitement de ce point puisse être réalisé, il n'est pas à exclure qu'une recherche de plus grande performance en étanchéité à l'air soit nécessaire pour atteindre la conformité, la mise en œuvre relativement aisée de la solution d'étanchéité à l'air dans ce cas devrait le permettre
2. Pour les fermettes à entrain porteur, c'est bien le traitement de l'étanchéité à l'air au droit des très réguliers franchissements du plan d'étanchéité à l'air, qui est le principal sujet à traiter, les différentes solutions développées précédemment doivent permettre de répondre à cet impératif
3. Quels que soient les cas, les surépaisseurs d'isolants induites, sont possibles sans empiètement exagéré dans le volume utilisable en mettant à profit au maximum les vides de construction et plenum existants
4. En ce qui concerne la question du confort d'été, la solution de CICA sur dalle permet à priori d'atteindre un bon niveau de confort d'été de façon passive du fait de l'inertie apportée par le plancher haut du RdC, pour les CICA sur entrain, ce point est à vérifier avec acuité au cas par cas et peut conduire à l'adoption d'un système actif permettant de conserver un bon niveau de confort durant les périodes les plus chaudes. Cette dernière hypothèse peut ne pas être forcément handicapante pour peu que l'on en ait tenu compte en amont dans la détermination de la stratégie globale de chauffage et refroidissement via l'emploi, par exemple, d'un système réversible.

D'une façon générale, de nombreuses solutions techniques qualifiées sont disponibles sur le marché pour le traitement des singularités les plus courantes (fenêtres de toit, conduit de fumée, etc.), y compris pour traiter la jonction membrane d'étanchéité de la surconstruction avec l'étanchéité de la maçonnerie. Bien entendu, pour ces ouvrages particuliers, la qualité de la mise en œuvre conditionne de façon très importante leur performance et leur durabilité.

Enfin, si l'on voulait résumer le propos, on pourrait représenter une synthèse de ce qui précède sous la forme d'un tableau qui mettrait en évidence les points forts de chacune des techniques au regard des familles d'indicateurs prévues par la réglementation :

INDICATEURS RT2012	CICA/DALLE	CICA/ENTRAITS PORTEURS
Bbiomax Cepmax Ratio de ponts thermiques	**	***
Perméabilité à l'air	***	**
Confort d'été Ticref	***	**

6 - BIBLIOGRAPHIE

ADEME Étanchéité à l'air des bâtiments : DVD + guide à l'usage des professionnels [En ligne] // ADEME / éd. Bourgogne. Conseil régional. - Février 2012. - 07 Juillet 2015. - <http://www.ademe.fr/etancheite-a-lair-batiments-dvd-guide-a-lusage-professionnels>. - Organisme : ADEME, CONSEIL REGIONAL ALSACE, CONSEIL REGIONAL FRANCHE-COMTE, CONSEIL REGIONAL BOURGOGNE, CONSEIL REGIONAL PAYS DE LA LOIRE.

afnor NF DTU 24.1 P1 : Travaux de bâtiment - Travaux de fumisterie - Système d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils - Partie 1 : CCT - Règles générales + Amendement A1 (décembre 2011) + Ammendement A2 (décembre 2012). - 02 2012 (A2).

afnor NF DTU 24.1 P2 : Travaux de bâtiment - Travaux de fumisterie - Système d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils - Partie 2. - 12 2011 (A1).

afnor NF DTU 24.1 P3 : Travaux de bâtiment - Travaux de fumisterie - Système d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils - Partie 3 [Ouvrage]. - 02 : [s.n.], 2006.

afnor NF DTU 31.3 P1.1 - Travaux de bâtiment - Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT). - [s.l.] : DTU3111, janvier 2012.

afnor NF DTU 31.3 P1-2 - Travaux de bâtiment - Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets - Partie 2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM).

afnor NF DTU 31.3 P2 - Travaux de bâtiment - Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets - Partie 2 - Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS).

afnor NF DTU 31.3 P3 - Travaux de bâtiment : Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets - Partie 3 : Règles de conception. - juin 2012.

Agence Qualité construction (AQC) [En ligne] // Qualité construction. - 2014-2015. - Etude des solutions proposées.

Agence Qualité construction (AQC) [En ligne] // Regles de l'Art Grenelle Environnement 2012 (RAGE). - 2014-2015. - <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr/>.

Agence Qualité Construction (AQC) L'évolution des parts de marché des produits et matériaux de la construction [Ouvrage]. - [s.l.] : Au fil du temps à Paris, 2009. - p. 83.

BATIRAMA Gros plan sur un DTU : Conduits de fumée maçonnés : béton ou terre cuite ? [En ligne] // Batirama. - 09 12 2008. - 07 2015. - <http://www.batirama.com/article/708-gros-plan-sur-un-dtu-conduits-de-fumee-maconnes-beton-ou-terre-cuite.html#commentaires>.

Charpentes Françaises [En ligne]. - octobre 2009. - 12 2014. - <http://www.charpentes-francaises.fr/>.

CNDB Charpente industrialisée [En ligne]. - 2014. - 12 2014. - http://www.cndb.org/?p=charpente_industrielle.

CSTB [En ligne] // Réglementation thermique. - 2015. - <http://www.rt-batiment.fr/>.

CSTB Isolation des combles aménagés - Produits en rouleaux, panneaux [Ouvrage]. - 2012. - Section guide pratique - Développement durable.

CSTB pour ISOTIP-JONCOUX ATec - Système isolé pour traversée horizontale et verticale. - 20 10 2014. - p. 12. - Avis Technique 14/14-2008.

CSTB pour la société Poujolat ATec - Kit isolé de traversée d'étage ou de paroi - COQISOL®. - 9 11 2012. - p. 8. - Avis Technique 14/12-1790.

CSTB pour LAHERA PRODUCTIONS Atec - Système "LAHE-SAFE". - 12 10 2012. - Avis Technique 14/12-1769.

CSTB pour société PLACOPLATRE® DTA - AEROBLUE®. - 26 07 2013. - Référence Avis Technique 9/12-954.

CSTB pour TOLERIE EMAILLERIE NANTAISE ATec - Système d'isolation ISOTEN. - 15 01 2013. - p. 9. - Avis Technique 14/12-1817.

Döerker DELTA ® [En ligne]. - 2015. - Etude de la gamme de produits et des solutions proposées.

FCBA & CODIFAB Toitures / Planchers [En ligne] // catalogue construction bois. - 2014-2015. - <http://www.catalogue-construction-bois.fr/solutions-constructives-bois/parois/toitures>.

FFTB & CAPEB Guide de mise en oeuvre de conduit de fumée en de boisseaux de terre cuite // GUIDE. - 09 2015.

ISOVER® [En ligne] // ISOVER. - 2015. - <http://www.isover.fr/>. - Etude de la gamme de produits et des solutions proposées.

Kloeber [En ligne]. - <http://www.kloeber.fr/>. - Etude de la gamme de produits et des solutions proposées.

KNAUF [En ligne] // knauf-batiment. - <http://www.knauf-batiment.fr/>. - Etude de la gamme de produits et des solutions proposées.

PAREXLENCO MONO'air. - Fiche technique.

Passive House Institute Integrating wood beams into the airtight layer [Rapport]. - 2014. - p. 78.

Poujolat RT 2012 Guide de Conseil - Solutions conduits de cheminées en maison individuelle neuf et rénovation. - En collaboration avec CERIC (Centre d'Etudes et de Recherches des Industries de la Cheminée).

RESEAU PRO BOIS & MATERIAUX Guide étanchéité à l'air. - <http://www.reseaupro.fr/>.

SCIBO La charpente industrialisée en bois un produit maîtrisé [En ligne]. - 2012. - 12 2014. - <http://www.charpente-industrielle.fr/>.

ubbink Etanchéité à l'air [En ligne] // ubbink. - 2014-2015. - <http://www.ubbink.fr/Produits/Etancheite-a-l-air.aspx>. - Analyse de la gamme de produits et des solutions proposés.

ANNEXE I - TERMES ET DEFINITIONS

Charpente industrielle : fermes constituées d'un système treillis composé de bois de faible épaisseur, 36 ou 45 mm, reliés entre eux par des connecteurs métalliques.

Fermette : autre désignation pour charpente industrielle.

Conduit de fumée : Construction comprenant une ou plusieurs parois délimitant un ou plusieurs canaux. D'allure verticale, il est destiné à évacuer les produits de combustion à l'extérieur du bâtiment et a son origine au niveau où se trouvent le ou les appareils qu'il dessert ou à un niveau inférieur.

La surface habitable : surface pour laquelle la hauteur sous plafond est supérieure à 1,80m.

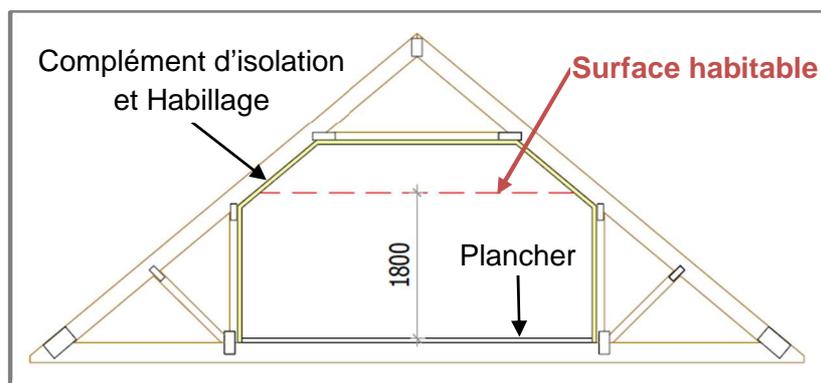


Figure 15 : Définition de la surface habitable (SCIBO, 2012)

La largeur utilisable : Elle correspond à la distance entre les pieds droits. Cette distance dépend principalement du dimensionnement de la CICA ; par conséquent du type de fermette, de la portée, des sections de bois, etc.

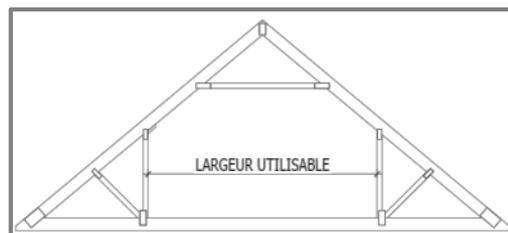
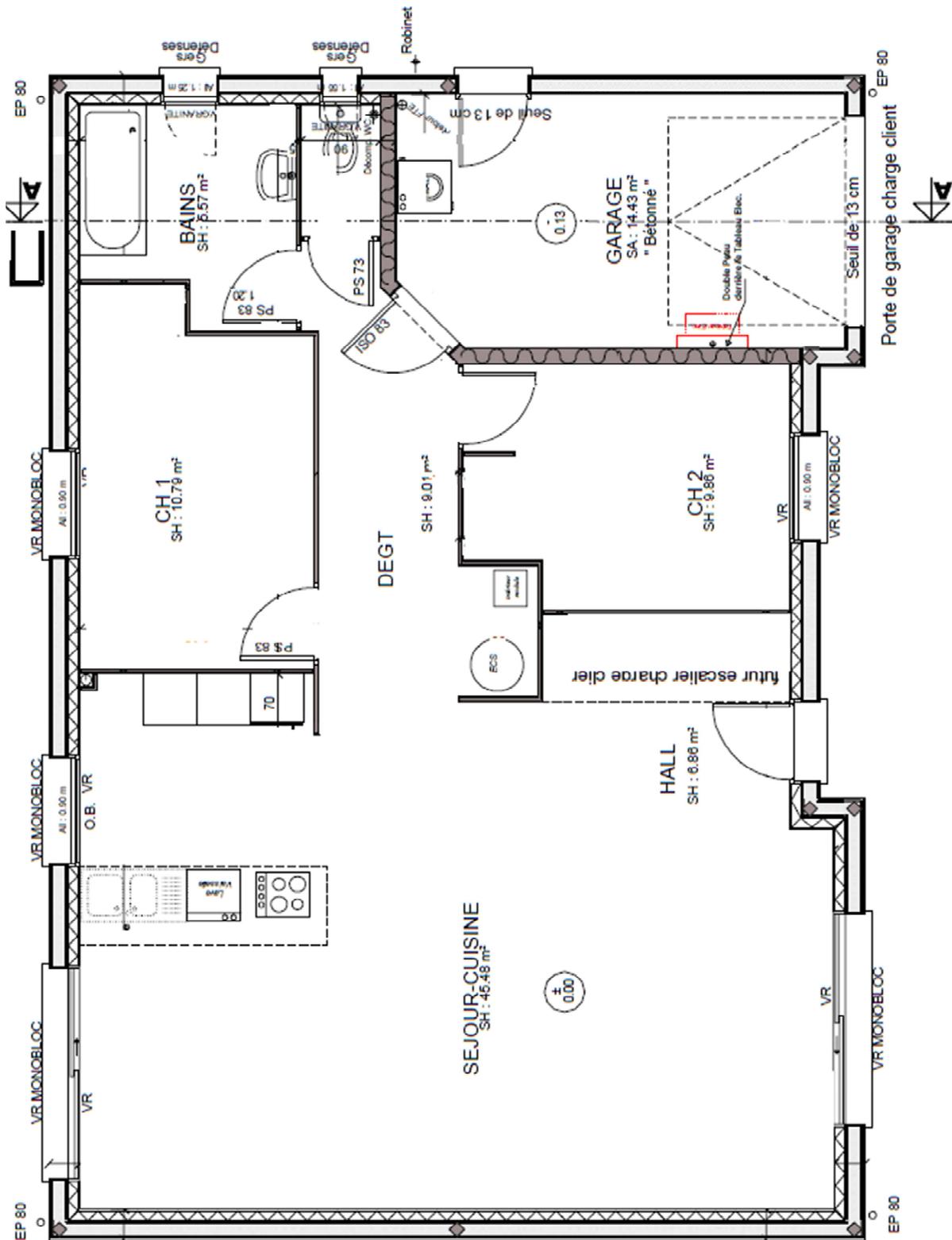


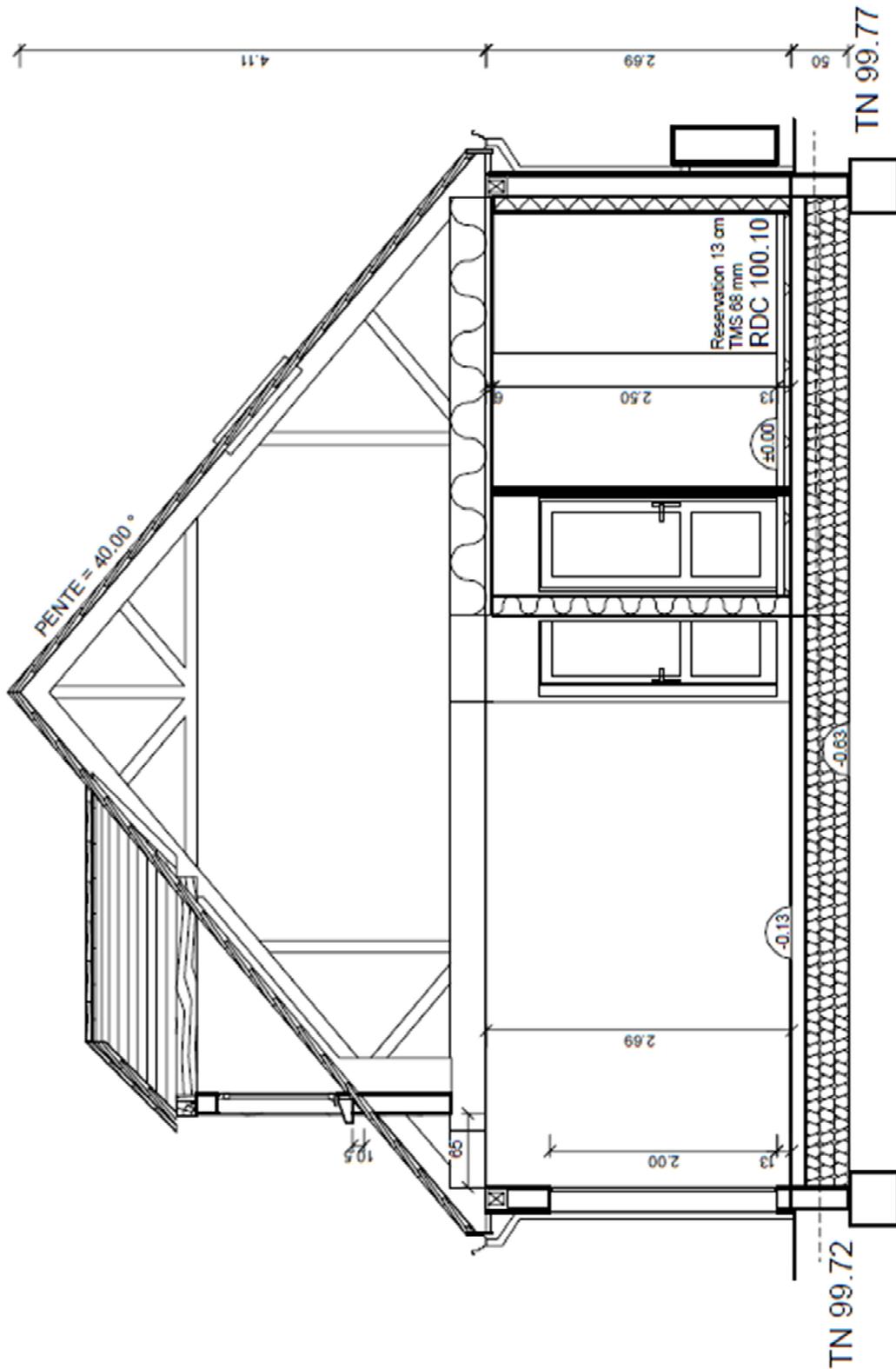
Figure 16 : Largeur utilisable

ANNEXE II - PLANS DU MODELE DE MAISON

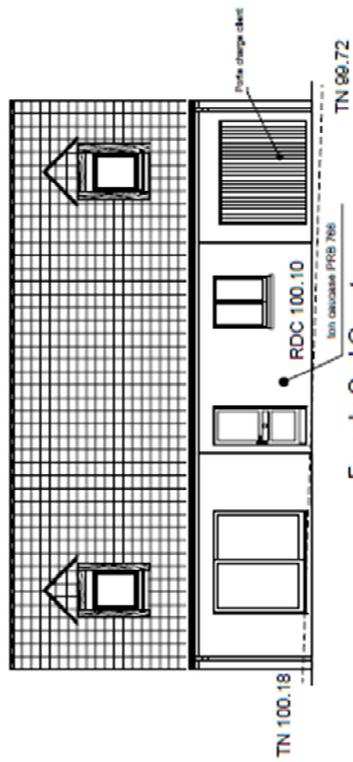
Plan du Rez-de-Chaussée



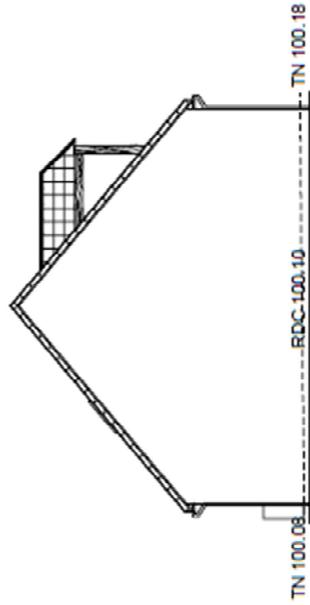
Coupe A-A



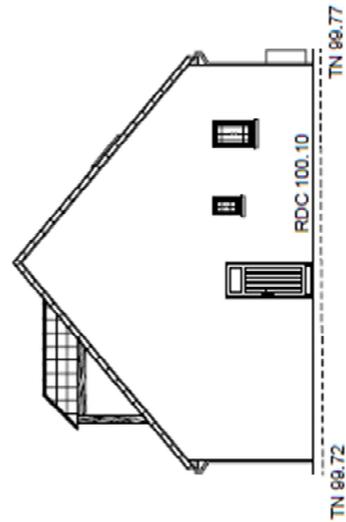
Façades



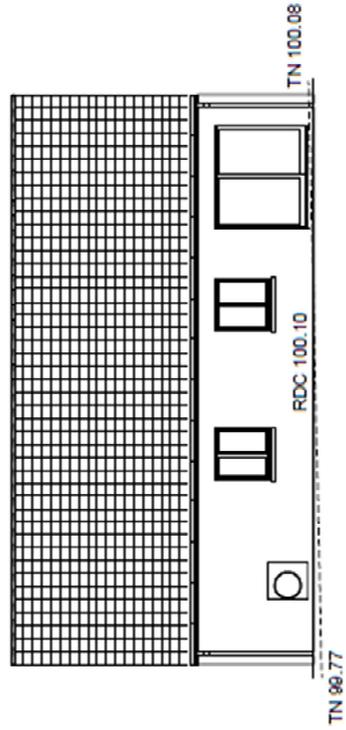
Façade Sud Ouest



Façade Nord Ouest



Façade Sud Est



Façade Nord Est