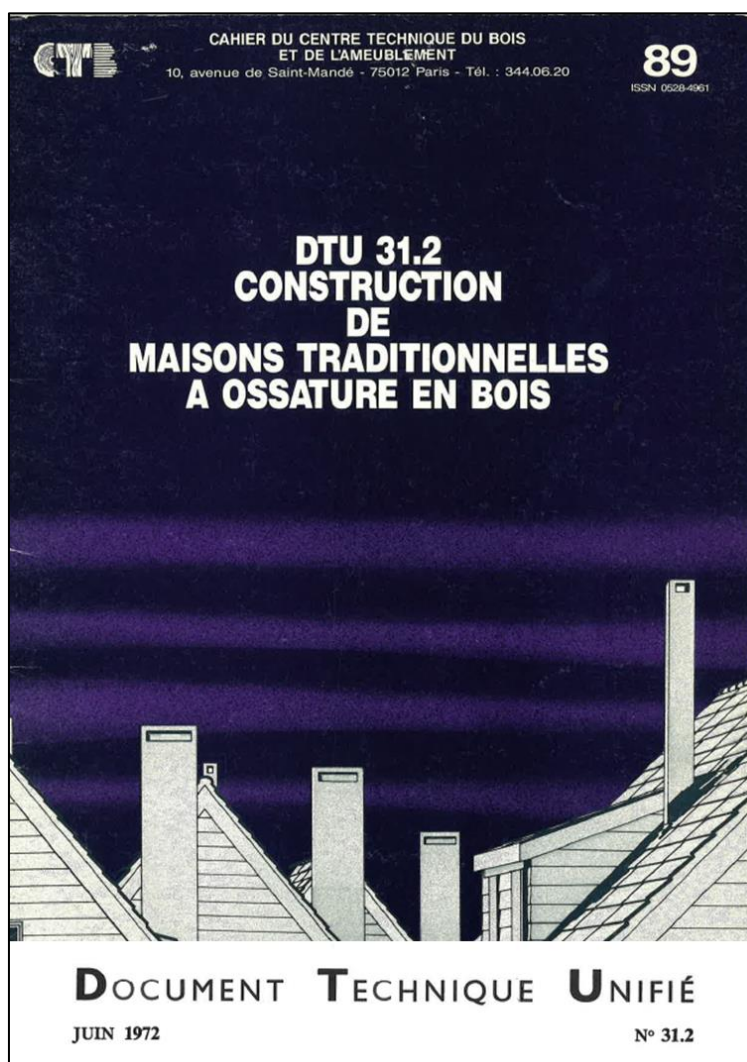


GUIDE PRATIQUE

RénoCOB

-

GUIDE DE RENOVATION DES MURS EXTERIEURS EN BOIS



Réalisé par



Financé par le

CODIFAB
Développement des Industries Françaises
de l'Ameublement et du Bois

FINANCEMENT



Le CODIFAB, Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois, a pour mission de conduire et financer, par le produit de la Taxe Affectée, des actions d'intérêt général en faveur des fabricants français de l'ameublement (meubles et aménagements) et du bois (menuiseries, charpentes, panneaux, bois lamellé, CLT, ossature bois, ...). Le CODIFAB fédère et rassemble 4 200 PME/ETI et plus de 10 000 artisans, représentés par leurs organisations professionnelles :



Les actions collectives ont pour objectif d'accompagner les entreprises de création, de production et de commercialisation par : une meilleure diffusion de l'innovation et des nouvelles technologies, l'adaptation aux besoins du marché et aux normes environnementales, la promotion, le développement international, la formation, et par toute étude ou initiative présentant un intérêt pour l'ensemble de la profession.

Pour en savoir plus : www.codifab.fr

AUTEURS



L'Institut Technologique FCBA (Forêt Cellulose Bois-Construction Ameublement), a pour mission de promouvoir le progrès technique, participer à l'amélioration de la performance et à la garantie de la qualité dans l'industrie. Son champ d'action couvre l'ensemble des industries de la sylviculture, de la pâte à papier, de l'exploitation forestière, de la scierie, de l'emballage, de la charpente, de la menuiserie, de la préservation du bois, des panneaux dérivés du bois et de l'ameublement. FCBA propose également ses services et compétences auprès de divers fournisseurs de ces secteurs d'activité.

Julien Lamoulié
Guillaume Martin
Eric Laurent
Julia Mézergues

COMITÉ DE PILOTAGE

Nous remercions les membres du Comité de Pilotage qui ont su orienter au mieux la rédaction du présent guide pour qu'elle corresponde aux attentes réelles des entreprises.

Jean-Michel MARTIN	CAPEB
Rodolphe MAUFRONT	UMB-FFB
Clément QUINEAU	UICB

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	6
1.1	Contexte	7
1.2	Domaine d'Application de ce guide	8
2.	PAROIS EXISTANTES : RECONNAISSANCE ET DIAGNOSTIC	9
2.1	Typologies des parois bois anciennes	10
	Chronologie des referentiels techniques et réglementations thermiques ayant eu une incidence sur les systèmes constructifs bois	10
	Parois verticales à ossature bois des années 1970	11
	Parois verticales à ossature bois des années 1980	13
	Parois verticales à ossature bois des années 1990 à 2010	15
	Parois verticales en madriers empilés (toutes époques confondues)	17
2.2	Diagnostic préalable des parois existantes	18
	Généralités	18
	Identification des supports, nature des matériaux, repérage de la structure	18
	Etat sanitaire du support et maîtrise de la durabilité	21
	Salubrité de la paroi existante liée aux transferts de vapeur	26
	Résistance mécanique du support existant vis-à-vis de la paroi rapportée	29
	Analyse et anticipation des interactions ancien/neuf pour tous les points singuliers	31
	Relevé géométrique de l'existant	32
	Diagnostic et sécurité incendie	33
	Cas particulier : Diagnostic des parois en madriers empilés	35
	Fiche de synthèse pour le diagnostic des parois verticales porteuses à ossature bois	36
3.	PREPARATION DES OPERATIONS DE RENOVATION	38
3.1	Choix de la solution de rénovation	39
	Volet réglementaire	39
	Solutions de rénovation types visées par le guide	43
	Performance « résistance à la pluie battante » des façades	53
	Intérêt de la préfabrication dans le cas de la rénovation	54
	Résultats du diagnostic de l'existant et conséquences sur la solution de rénovation	55
	Evaluation de la performance thermique de la solution rapportée et de la paroi globale	57
	Estimation du stockage Carbone grâce à la solution de rénovation choisie	60
	Conséquences du choix du bardage sur le choix de la solution d'ITE	64
	Synthèse : logigramme d'aide à la décision pour le choix de la solution de rénovation	65
3.2	Travaux préalables sur les parois existantes	66
	En cas de travaux d'isolation thermique par l'extérieur	66
	En cas de travaux d'isolation thermique par l'intérieur	67
4.	MISE EN ŒUVRE ET CARNETS DE DETAILS	68
4.1	Généralités	69

	Interfaces avec les autres corps d'état	69
	Spécifications communes de conception et mise en œuvre.....	69
4.2	Cas de l'ITE in-situ – Solution de type 1	73
4.3	Cas de l'ITE in-situ – Solution de type 2	92
4.4	Cas de l'ITE in-situ – Solution de type 3	92
4.5	Cas de l'ITE préfabriquée (FOB) - solution de type 4	93
4.6	Cas de l'ITE préfabriquée (FOB) - solution de type 5	102
4.7	Cas de l'ITE préfabriquée (FOB) - solution de type 6	110
4.8	Cas de l'ITE in-situ – Solution de type 7	118
4.9	Cas de l'ITI - solution de type 8	126
4.10	Cas de l'ITE sur madriers empilés – solution de type 9	133
	ANNEXE : Etude hygrothermique.....	140
A.1.	CONTEXTE ET OBJECTIF.....	141
A.2.	Présentation des moyens de calcul	141
A.3.	Hypothèses	141
A.4.	Cahier des charges	142
	Climats extérieurs	147
	Climats intérieurs	150
A.5.	Résultats.....	153
A.6.	Synthèse et conclusion	168

1. INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Plusieurs documents techniques évoquent la rénovation des bâtiments existants grâce à des solutions à base de bois.

On peut par exemple citer :

- Le Guide de réhabilitation des maisons individuelles - rénovez avec le bois (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/guide-de-rehabilitation-des-maisons-individuelles-renovez-avec-le-bois-372>)
- Le Guide de rénovation par façades bois préfabriquées (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/guide-de-renovation-par-facades-bois-prefabriquees-2647>)
- Le site Ambition Bois (<https://ambition-bois.fr/objectif-rehabilitation/>)

Cependant, ces documents ne visent pas la rénovation de parois « bois » existantes : seules les parois existantes en maçonnerie ou en béton sont visées, et à ce jour, aucun référentiel ne permet de rénover les parois en bois existantes.

Or, la construction bois et en particulier la conception des parois extérieures verticales, a fortement évolué ces 40 dernières années, particulièrement en lien avec le renforcement progressif des exigences thermiques. Cette émergence réglementaire et ses évolutions ultérieures ont conduit plusieurs générations de parois bois à être en décalage par rapport aux standards actuels de la construction neuve ou même des exigences relatives à la rénovation thermique des bâtiments.

Une première approche permet de mettre en évidence 4 grandes typologies de parois à ossature bois, périodes d'évolutions techniques, qui ont suivi les évolutions des réglementations thermiques successives ou des référentiels techniques constituant les Règles de l'Art de la Construction à Ossature Bois :

- Les années 1970
- Les années 1980-90
- Les années 2000
- A partir de 2005 et jusqu'à l'entrée en vigueur de la RT 2012

Ce guide a pour ambition de proposer des solutions techniques fiabilisées, permettant de **rénover thermiquement un certain nombre de générations de parois bois extérieures** constituant une partie de l'enveloppe du bâtiment bois tout en tenant compte des autres critères de conception et de performance (sécurité incendie, transfert de vapeur, durabilité...).



1.2 DOMAINE D'APPLICATION DE CE GUIDE

Le présent Guide vise les bâtiments dont **les parois extérieures verticales porteuses** sont réalisées :

- **En ossature bois** : montants verticaux espacés au maximum de 60 cm, contreventement des parois verticales par panneaux à base de bois fixés directement sur les montants d'ossature ou par d'autres dispositifs de contreventement (croix de Saint-André, feuillards métalliques...).
- **En madriers empilés massifs ou contrecollés** (les rondins usinés ou non ne sont pas visés, ni les madriers « sandwiches » avec isolant intégré).

Le présent document s'applique uniquement aux bâtiments contenant des locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

Les solutions de rénovation comportent **des revêtements extérieurs avec lame d'air ventilée**.

Ce guide ne s'applique pas aux bâtiments soumis à une exigence réglementaire relative à la propagation du feu par les façades.

Il s'applique aux bâtiments dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau est inférieure ou égale à 28 m. Toutefois la nature du revêtement extérieur et le mode d'intégration des fenêtres et portes extérieures dans les parois verticales peuvent limiter les hauteurs admissibles des bâtiments. Ces hauteurs sont précisées dans le référentiel dont relève le revêtement extérieur.

Ce document vise les locaux non climatisés ainsi que les locaux ponctuellement et temporairement rafraîchis en période chaude par un système d'appoint associé à la ventilation mécanique, pour autant que la température de consigne soit telle que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur soit inférieure ou égale à 5°C.

Cas particulier des murs à pans de bois et murs à colombages :

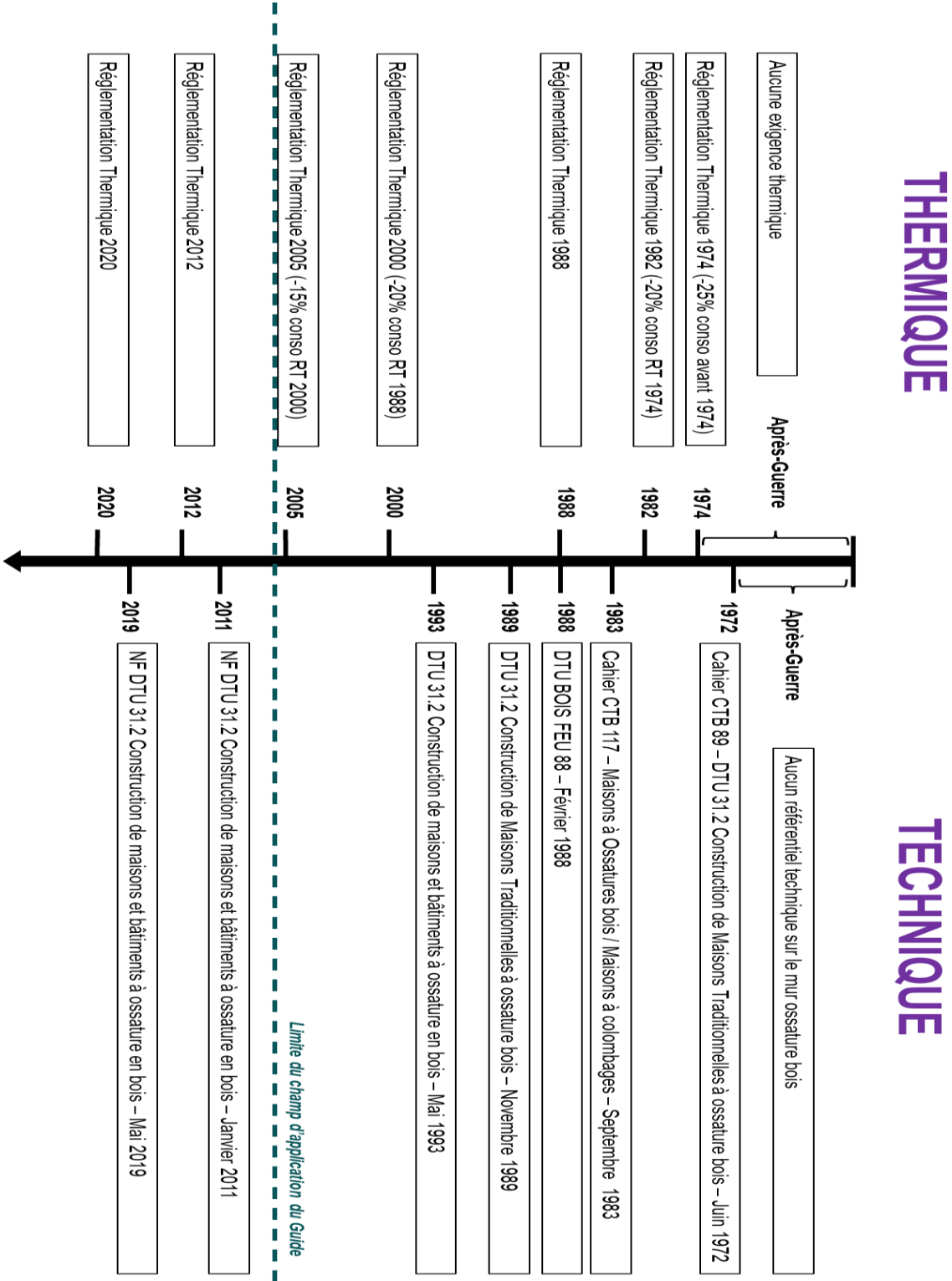
Le présent Guide ne vise pas les parois à pans de bois ou à colombage. Ces systèmes constructifs anciens présentent souvent des spécificités techniques ou esthétiques, notamment avec des remplissages en torchis, ou autres matériaux de maçonnerie tout venant, avec présence d'enduits adhérents à la chaux qui peuvent empêcher les opérations de réhabilitation ou de rénovation.

2. PAROIS EXISTANTES : RECONNAISSANCE ET DIAGNOSTIC

2. PAROIS EXISTANTES : RECONNAISSANCE ET DIAGNOSTIC

2.1 TYPOLOGIES DES PAROIS BOIS ANCIENNES

CHRONOLOGIE DES REFERENTIELS TECHNIQUES ET REGLEMENTATIONS THERMIQUES AYANT EU UNE INCIDENCE SUR LES SYSTEMES CONSTRUCTIFS BOIS



La construction bois renaît en France au milieu des années 1960, après avoir été occultée depuis le début du XXème siècle par des matériaux comme l'acier ou le béton jugés alors comme étant plus « modernes ».

Cette renaissance n'est pas spécifique à la France, c'est un phénomène européen qui a permis à la construction en bois de passer d'environ 6 000 maisons construites en 1967 à environ 120 000 maisons en 1980 à l'échelle continentale, d'après des publications du début des années 80.

L'intensité de ce développement est variable d'un pays à l'autre, selon que la filière « construction bois » y est plus ou moins bien développée et que la construction en bois y est culturellement plus ou moins bien valorisée. Mais dans tous les pays, cette croissance se fait au bénéfice des systèmes constructifs à ossature légère, descendants du *balloon-frame* américain, contre les modes constructifs plus traditionnels : poteau-poutre, pans de bois, ou bois massif empilé.

Avec cette renaissance émerge une filière industrialisée complémentaire à l'artisanat et aux traditions constructives qui prévalaient dans les siècles antérieurs. Les métiers, les outils, les domaines d'application et les performances des constructions ont donc évolué depuis lors.

PAROIS VERTICALES A OSSATURE BOIS DES ANNEES 1970

Il s'agit de la 1^{ère} génération de parois à ossature bois « standardisées », répondant aux exigences d'un référentiel technique.

Généralement, ces parois étaient composées :

- D'une ossature bois massif 36 x 80 mm, avec entraxe des montants d'ossature de 400 mm ou 600 mm
- D'un pare-vapeur type « polyane » **éventuel**
- D'un voile travaillant en panneau de particule type CTBH ou contreplaqué type CTBX
- D'un isolant type laine minérale entre montants de 80 mm
- D'un pare-pluie **éventuel**
- D'un revêtement extérieur ventilé ou non : bardage (clins, bardeaux, contreplaqué), ou enduit hydraulique (projeté directement sur le voile de contreventement sur treillis ou sur panneau laine de bois), enduit ciment sur mur de doublage en parpaing, mur de doublage en brique, brique collée ou clouée sur panneau
- D'un revêtement intérieur : plaque de plâtre, panneau à base de bois (contreplaqué, particules, fibres) posé directement sur l'ossature bois

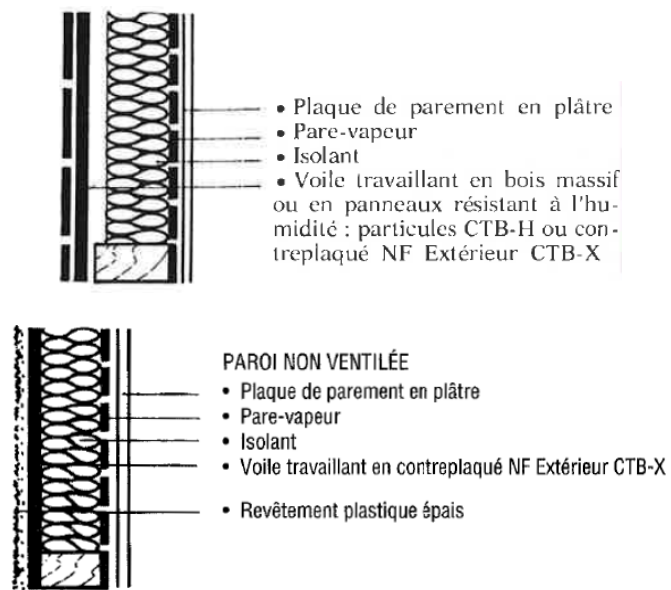


Figure 1 : Maison à ossature bois - Cahier du CTB 89 (juin 1972)



Figure 2 : Maison Leymonerie, 1977 - perspective (@ Jean-Pierre Watel)

PAROIS VERTICALES A OSSATURE BOIS DES ANNEES 1980

La première réglementation thermique et les premiers retours d'expérience conduisent à quelques évolutions. La composition des parois devient ainsi :

- Ossature bois massif dans une plage de dimensions entre 36×85 et 36×150 mm. 36×97 mm étant la section la plus courante (standard fermette)
- Entraxe des montants d'ossature 400 mm ou 600 mm
- Voile travaillant en panneau de particule type CTBH ou contreplaqué type CTBX entre 8 et 20 mm
- Isolant laine minérale entre montants 100 mm
- Pare-vapeur, film de type « polyane »
- Pare-pluie feutre bitumé
- Pas de changement significatif sur les revêtements, si ce n'est sur l'extérieur, la généralisation progressive d'une lame d'air ventilée, permettant de significativement limiter les entrées d'eau trop fréquemment constatée jusqu'alors avec les enduits directement mis en œuvre sur les voiles de contreventement.

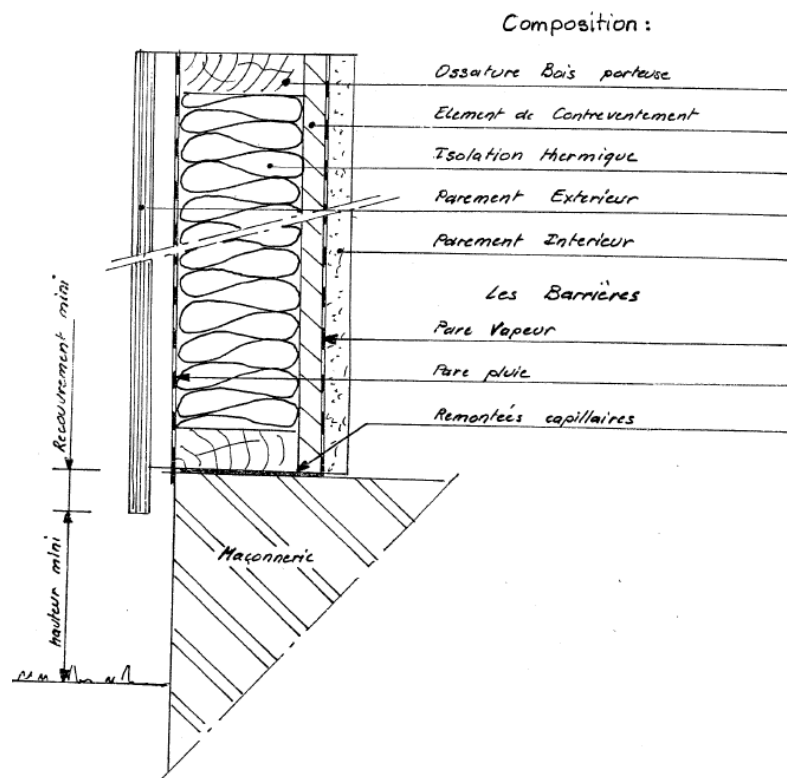


Figure 3 : dessin d'exécution pour une construction bois des années 1980 (Charpente Houot)

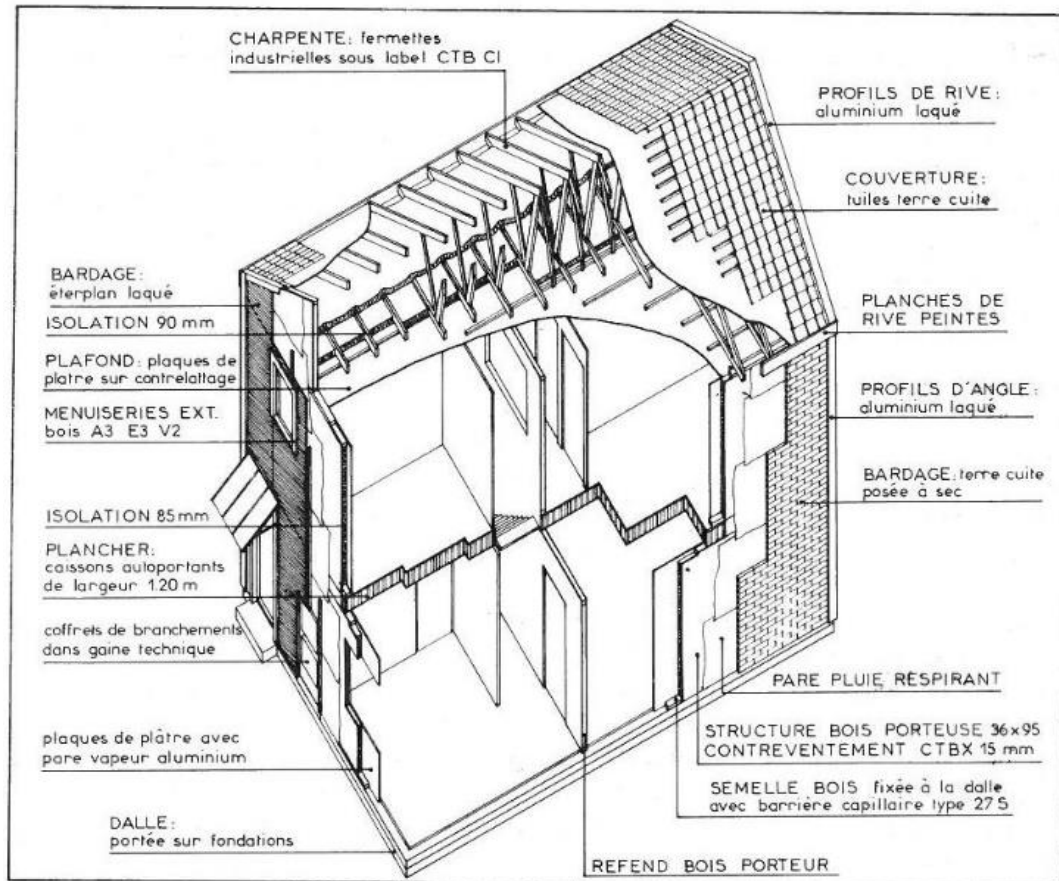


Figure 4 : La Borne de l'Espoir, axonométrie écorchée d'une maison 1983 (© Jean-Pierre Watel).

A noter qu'à la fin des années 80, le DTU Bois Feu 88 impose des parements intérieurs permettant de conférer aux parois verticales leur performance en termes de stabilité au feu.

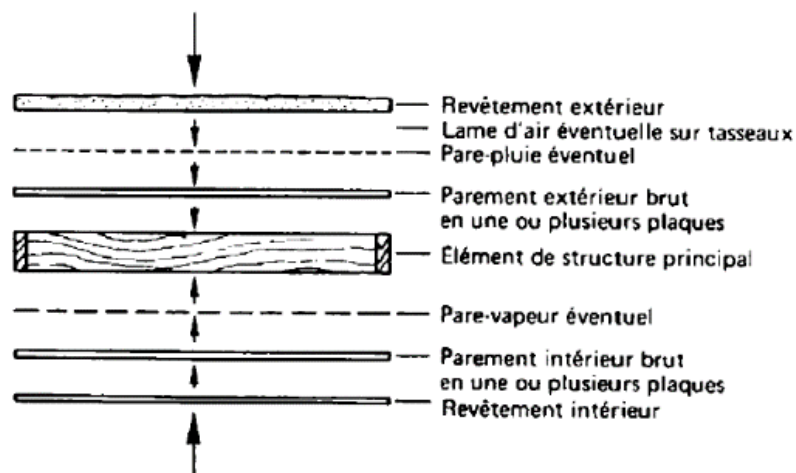


Figure 5 : Extrait du DTU Bois Feu 88

PAROIS VERTICALES A OSSATURE BOIS DES ANNEES 1990 A 2010

La publication du DTU Bois Feu 88 puis en 1989 d'une version du DTU 31.2 fortement remaniée permet de « stabiliser » et fiabiliser le système constructif à ossature bois.

La fin des années 90 voit l'émergence du concept « MBOC » (pour Maisons Bois Outils Concepts). C'est un système constructif mis au point sous l'égide du CNDB (Comité National pour le Développement du Bois). Il décrit avec précision tous les aspects de la construction d'un bâtiment ossature bois :

- conception et chiffrage
- commercialisation
- matériaux de construction préconisés
- outils de travail
- méthodes de préparation de chantier, de construction bois et de contrôle qualité

C'est la première tentative de standardisation de l'ossature bois en France, en lien avec les réseaux de négoce. La justification mécanique des ouvrages est basée sur un ensemble de règles de moyens et des abaques qui conduisent à généraliser la section de bois de 45 x 120. Cette largeur de montants permet d'embarquer une épaisseur d'isolant permettant de satisfaire aux exigences thermiques des RT 2000 et 2005.

On peut donc caractériser ainsi la paroi type de cette période :

- Ossature bois massif 45×120 mm avec entraxe des montants 400 mm (standard MBOC) ou 600 mm
- Voile travaillant en panneau de particule type CTBH ou contreplaqué type CTBX ou panneau OSB
- Isolant laine minérale entre montants 120 mm
- Pare-vapeur obligatoire, sans pour autant d'exigence de continuité ou de performance d'étanchéité à l'air.
- Pare-pluie obligatoire
- Revêtement extérieur ventilé ou enduit sur isolant (fin de la pose directe de l'enduit sur le contreventement)
- Revêtement intérieur avec vide technique.

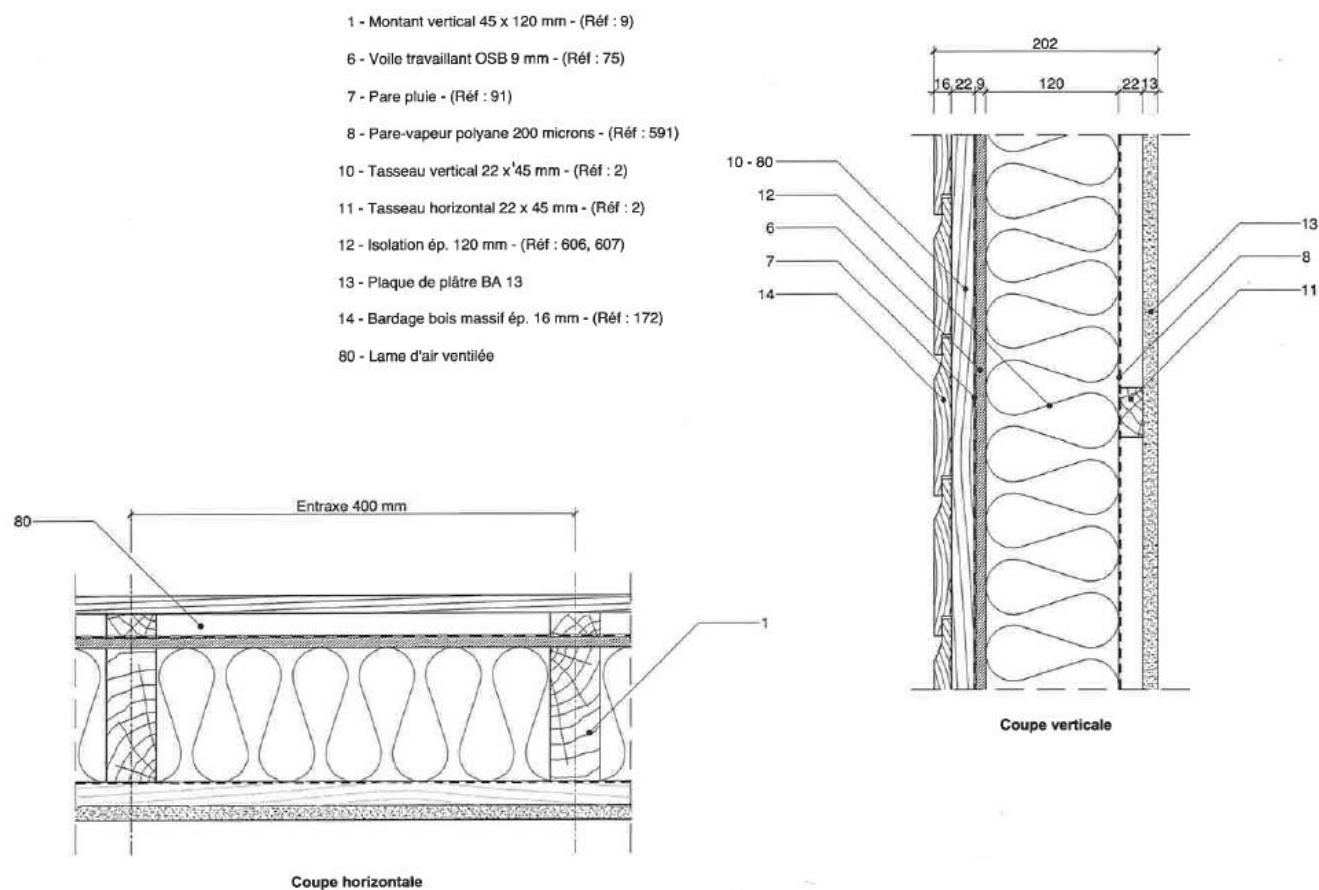


Figure 6 : Maisons Bois Outils Concept – Construire Tome 2 © CNDB

PAROIS VERTICALES EN MADRIERS EMPILES (TOUTES EPOQUES CONFONDUES)

Les constructions en bois massifs n'ont fait l'objet d'un référentiel que depuis 1998.

Le système constructif est un empilement horizontal de bois usinés le plus souvent en atelier (madriers ou rondins, massifs, multilamellés ou contrecollés) grâce à un profil et un contre-profil, de manière à former des pans de murs en bois massif. Les épaisseurs courantes des madriers étaient généralement 70,95,100 ou 130 mm.



Figure 7 : Construction en madriers empilés



Figure 8 : profilés types (extrait des Règles Professionnelles IRABOIS)

Sur les dernières générations de bâtiments en bois empilé, un complément d'isolant pouvait être disposé du côté intérieur de la paroi afin de satisfaire aux garde-fous de la RT2005.

2.2 DIAGNOSTIC PREALABLE DES PAROIS EXISTANTES

GENERALITES

De nombreux ouvrages, dont ceux cités en introduction, au chapitre 1.1 du présent guide, définissent des méthodes générales de diagnostic des parois existantes. On peut également citer le document suivant : <https://qualiteconstruction.com/ressource/points-sensibles-construction/reussir-chantier-renovation/>

L'objectif de ce chapitre est d'apporter **les compléments spécifiques aux parois à ossature bois existantes**, les documents cités ci-dessus (devraient également être consultés avant d'entreprendre un projet de rénovation.

ATTENTION : Ce guide aborde le diagnostic des parois verticales uniquement. Avant d'engager les travaux il est préférable d'établir un diagnostic, notamment structurel et sanitaire, des autres parois (plancher, toitures) mais également de la stabilité globale du bâtiment

IDENTIFICATION DES SUPPORTS, NATURE DES MATERIAUX, REPERAGE DE LA STRUCTURE

L'idéal avant de démarrer les travaux, est de pouvoir disposer du DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) du bâtiment à rénover, qui doivent comporter, les plans d'exécution conformes à l'ouvrage exécuté.

Comme il est malheureusement rarement possible de pouvoir compter sur le DOE (chantier ancien, changement de propriétaire...), les supports ossature bois doivent être identifiés précisément.

Ainsi, **sur chaque façade et au droit de certains points singuliers** du bâtiment à rénover (voir figure 9), **une dépose ponctuelle** des revêtements extérieurs et / ou intérieurs doit permettre de déterminer :

- **Pour les bois d'ossature :**
 - leur position (montants et traverses)
 - leur entraxe
 - leur section
 - la composition et la position des chevêtres

Ces relevés doivent être suffisamment exhaustifs pour permettre la réalisation d'un plan de calepinage précis de l'ossature.

- **Pour les voiles de contreventement :**

- le type de contreventement (par panneaux, par bois d'ossature, par feuillard métallique, ...)
- le type de panneau (contreplaqué, particules, OSB, autre)
- la position (extérieur ou intérieur de la paroi),
- l'épaisseur
- le type et l'entraxe de couturage du panneau sur l'ossature

- **Pour l'isolant :**

- La nature de l'isolant entre montants (Laine de verre, PSE, ...)
- L'épaisseur
- Rigide, semi-rigide ou souple
- Présence ou non d'un surfaçage (kraft, alu, ...)
- Présence ou absence d'un doublage intérieur ou extérieur, et si présence nature, entraxe et position des ossatures support d'isolant

- **Pour le pare-pluie :**

- Présence ou absence
- Si présence :
 - Nature (souple ou rigide)
 - Epaisseur si rigide
 - Continuité ou non

- **Pour le pare-vapeur :**

- Présence ou absence
- Si présence :
 - Nature (souple ou rigide)
 - Epaisseur si rigide
 - Continuité ou non

- **Pour le parement intérieur :**

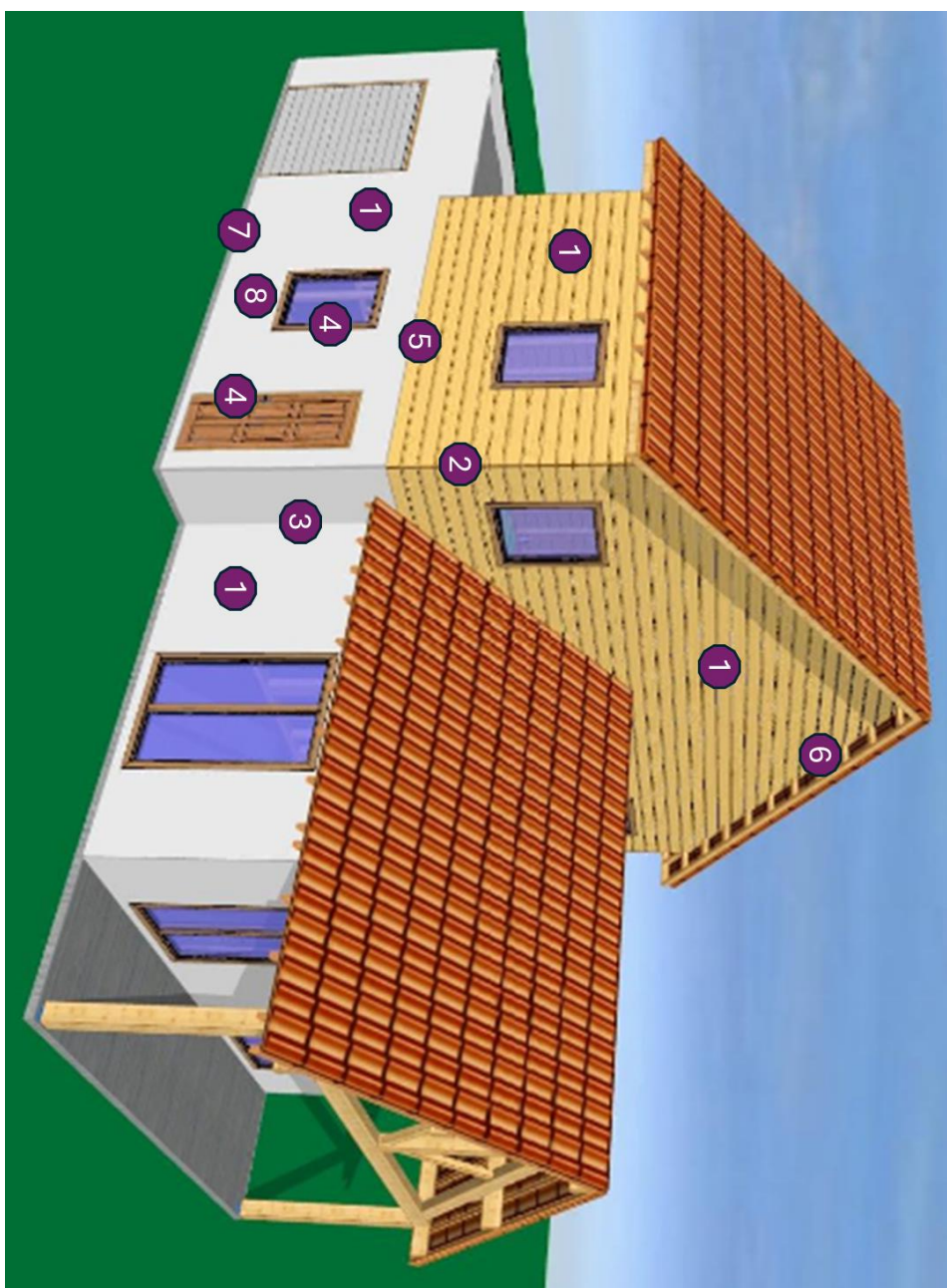
- Nature (plaque de plâtre, panneau bois, lambris bois...)
- Epaisseur
- Pose directe sur l'ossature ou présence d'une contre-cloison
- Nature de l'ossature de la contre-cloison éventuelle

- **Pour le parement ou revêtement extérieur :**

- Nature (enduit, bardage, maçonnerie...)
- Présence ou absence de lame d'air ventilée sur l'extérieur (voir chapitre « état sanitaire » ci-dessous)
- Si lame d'air ventilée, épaisseur et section des entrées et sorties

NOTE : l'état sanitaire des supports doit également être vérifié, voir chapitre ci-dessous.

1.	2. PAROIS EXISTANTES : RECO / DIAG	3.	4.	5.
----	---------------------------------------	----	----	----



- 1 Parties courantes : au moins 3 localisations sur chaque façade, à chaque niveau
- 2 Angles sortants
- 3 Angles rentrants
- 4 Chevêtres (fenêtres, portes, portes-fenêtres - les chevêtres peuvent être différents d'un élément menuisé à l'autre
- 5 Jonction mur / plancher intermédiaire
- 6 Jonction mur / toiture
- 7 Jonction mur / dalle
- 8 Parties de mur sous les appuis de baies

Figure 9 : localisation des sondages pour établir le plan de calepinage de l'ossature existante

ETAT SANITAIRE DU SUPPORT ET MAITRISE DE LA DURABILITE

Avant d'engager les travaux, il est impératif de s'assurer de la salubrité et de la non-dégradation des murs existants. Le diagnostic du support existant est nécessaire en réhabilitation pour prescrire la solution la plus adaptée. Ces analyses permettent de dresser des constats sur le support à isoler. Le choix des solutions techniques à adopter est donc conditionné en partie par ces analyses.

Certaines situations doivent interpeller et alerter sur le risque à entreprendre les travaux dans l'état, notamment, la présence d'humidité dans les parois, la présence de développement fongique ou de traces d'attaques d'insectes à larves xylophages ou de termites.

Dans le cas d'un mur à ossature bois, **les zones « sensibles » à vérifier prioritairement** sont celles situées au niveau des numéros 4, 7 et 8 de la figure 9 ci-dessus. Doivent également être vérifiées **les traversées ponctuelles du plan d'étanchéité à l'eau** de la façade (fourreaux, conduits, solives de balcons traversante...).

En cas de constat visuel, lors de la réalisation des sondages, de :

- dégradation des revêtements extérieurs engendrant des infiltrations
- traces d'humidité sur les revêtements intérieurs
- présence d'humidité dans les parois
- tassement de l'isolant entre montants
- défaut manifeste d'étanchéité à l'eau et à l'air de la paroi

alors des vérifications soignées de l'état sanitaire des bois au droit de ce constat doivent être entreprises.

Ces vérifications portent principalement sur :

- La recherche de pourriture causée par des champignons lignivores
- La recherche de termites
- La recherche d'insectes à larves xylophages (ILX)

Un premier niveau de vérification du bois de structure et des panneaux consiste en un **examen visuel**, un **sondage au poinçon** (le poinçon ne doit pas s'enfoncer plus facilement à certains endroits de la construction que sur le bois sain) et une **vérification de l'humidité avec un humidimètre à pointe** (toutes les humidités mesurées doivent être inférieures à 18%).

NOTE : la méthode d'utilisation de l'humidimètre à pointe est précisément décrite dans le document : « CONSTRUCTION BOIS ET GESTION DE L'HUMIDITE EN PHASE CHANTIER » (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/construction-bois-et-gestion-de-lhumidite-en-phase-chantier-2426>).

Les documents « Règlementation, diagnostic & traitement » édités par FCBA présentent les indices de présence de ces agents de dégradation biologique :

- Champignons : https://ctbaplus.fr/wp-content/uploads/2017/09/LIVRET_MERULE_23_mars_2015.pdf
- ILX : https://ctbaplus.fr/wp-content/uploads/2017/09/FICHE_ILX_23_MARS_2015.pdf
- Termites : https://ctbaplus.fr/wp-content/uploads/2017/09/FICHE_TERMITES_SOUTERRAINS_23_MARS_2015.pdf

Ces documents indiquent aussi, le cas échéant, comment pallier ces attaques et réagir conformément aux exigences réglementaires.

Il convient également de s'assurer qu'il n'y a pas de remontées capillaires qui se manifestent par des traces d'humidité linéaires dans la partie basse des pièces en rez-de-chaussée ou au droit des balcons.

Une barrière d'étanchéité et anti-capillarité doit être présente entre le bois et la maçonnerie.

Complément d'investigation pour les bois collés (bois lamellés-collés, bois aboutés, bois massifs reconstitués) :

La présence de fissuration ou de délamination (ouverture des plans de collage) doit être mise en évidence le cas échéant. Le document « STRUCTURES EN BOIS LAMELLÉ - Recommandations pour la réparation de bois lamellé structural présentant des fissures ou des fentes » édité par le SNBL (<https://www.glulam.org/wp-content/uploads/SNBL-Note-N%C2%B01-Fissures-fevrier-2016.pdf.pdf>) comporte une partie diagnostic adaptée aux bois collés. Ce document propose aussi des solutions de réparations.

Complément d'investigation pour les panneaux à base de bois :

Le voile de contreventement est considéré comme apte à son usage s'il apparaît sain lors du sondage : panneau sec, ayant gardé sa cohésion interne, et ne présentant pas de moisissures et de champignons.

Un voile de contreventement qui serait sujet à **des dégradations fongiques** perd ses propriétés mécaniques et ne permet plus d'assurer la fonction diaphragme, il sera nécessaire de le **remplacer**.

Un voile de contreventement présentant **des gonflements** liés à une humidité excessive, sans pour autant présenter des traces imputables à des champignons, doit être examiné pour pouvoir conclure.

FCBA a développé une méthode dont le principe est de corréliser l'aptitude à l'emploi du panneau par rapport à une variation d'épaisseur vis-à-vis d'une épaisseur nominale déclarée (cela nécessite de connaître l'épaisseur initiale du panneau). La méthode consiste à mesurer l'épaisseur des panneaux afin d'évaluer l'importance des variations d'humidité.

Les mesures sont effectuées sur un carottage d'environ 6 cm de diamètre prélevé à l'axe d'un montant afin d'en faciliter la repose par vissage.

Il faudra veiller à ce que le carottage soit effectué uniquement sur le panneau et par conséquent veiller à ne pas endommager l'ossature.

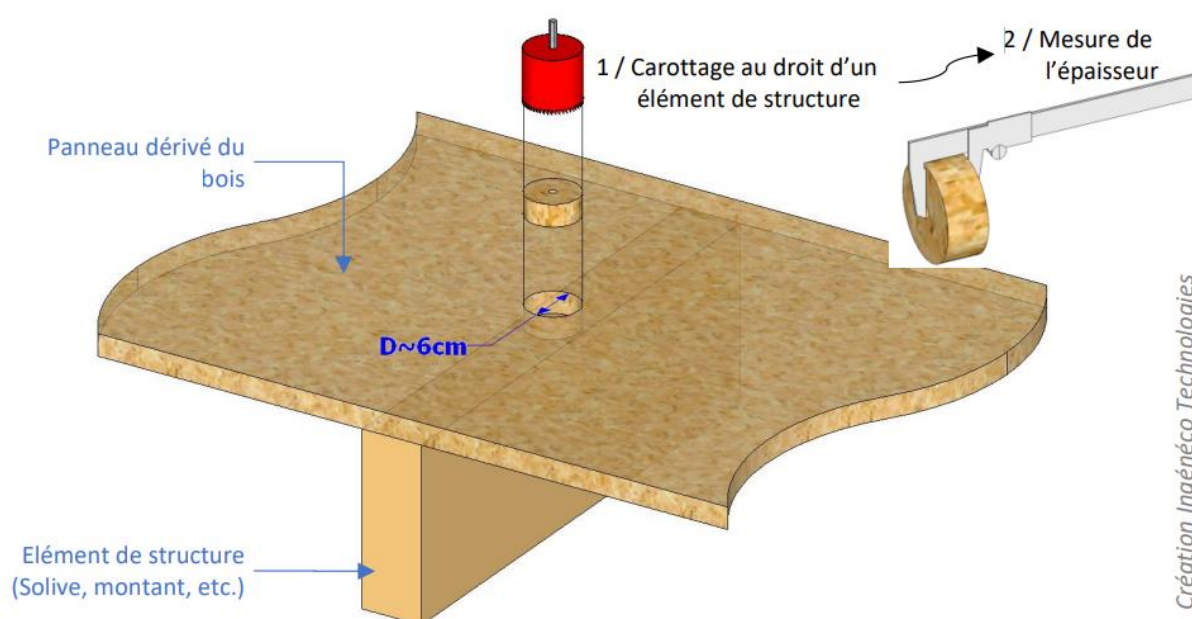


Figure 10 : Principe de carottage

L'échantillonnage prescrit est le suivant :

- Mesures réalisées sur les panneaux potentiellement exposés
- À chaque étage, 3 carottages par façade par tranche de 50 m² de surface apparaissant comme homogène
- Position : au droit d'un montant
- Dans le cas où le panneau est recouvert par un écran de protection ou un pare-pluie :
 - Avant carottage du panneau dérivé du bois, procéder à un découpage de la membrane sur un carré de 8 cm de côté.
 - Une fois le carottage réalisé et l'échantillon mesuré, revisser l'échantillon, et procéder à une réparation de la membrane par empiècement avec une pièce de 20 x 20 cm fixée par bandes adhésives adaptées.

Pour que les panneaux soient considérés aptes à leur usage de contreventement, l'épaisseur mesurée ne doit pas représenter une augmentation par rapport à l'épaisseur nominale

déclarée de plus de 10% (cette épaisseur de référence peut être celle mesurée sur un panneau de la construction qui, avec certitude, n'a jamais été humidifié).

Lorsque la variation d'épaisseur est comprise entre 11 et 15% (inclus), il faut réaliser des prélèvements pour une analyse mécanique en laboratoire des panneaux selon la NF EN 310 et la NF EN 322. Les valeurs obtenues via les essais sont alors prises en compte dans des calculs réalisés pour démontrer la faisabilité de la rénovation.

Lorsque la variation d'épaisseur est strictement supérieure à 15%, il faut procéder à un remplacement des panneaux concernés.

En synthèse :

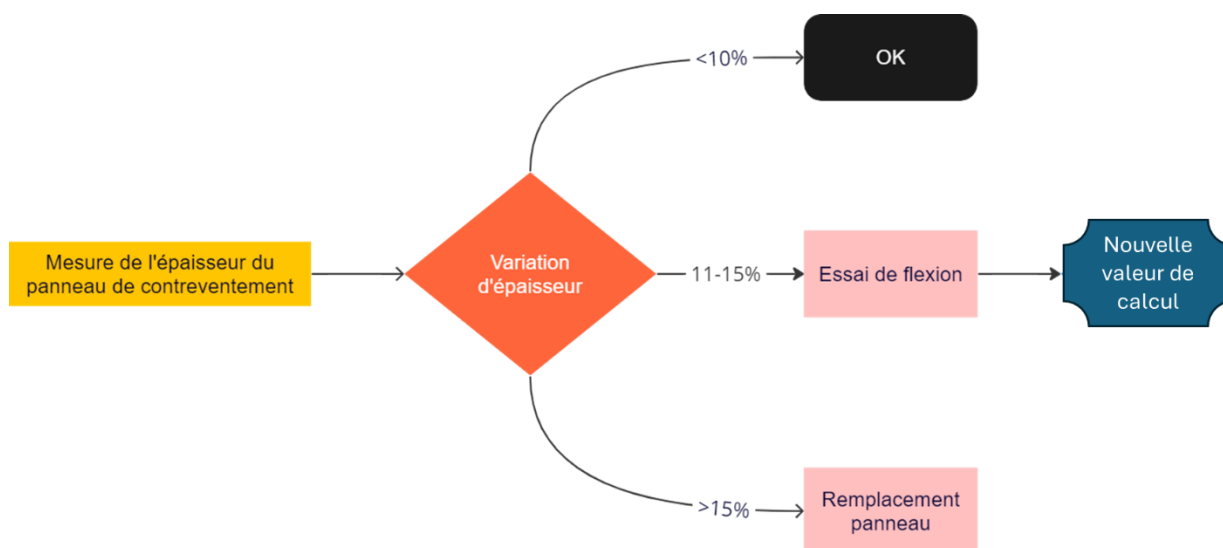


Figure 11 : Logigramme décisionnel pour le diagnostic de l'aptitude à l'usage des panneaux de contreventement

En cas de remplacement des panneaux, celui-ci se fait à l'avancement, panneau par panneau afin de ne pas fragiliser la structure globale du bâtiment.

Par défaut, si le panneau de contreventement est support direct d'un système d'enduit, il est recommandé de le remplacer.

Cas des assembleurs et connecteurs métalliques :

Si des conditions satisfaisantes de salubrité pour l'ouvrage bois ont été maintenues lors de la vie de l'ouvrage, il n'y a normalement pas eu de perte d'épaisseur du métal et la protection anticorrosion des éléments d'assemblage métalliques n'a pas été endommagée.

En cas de **trace d'humidification ou de corrosion** (présence de rouille, coulure...), pour pouvoir conserver l'élément métallique existant, **son épaisseur ou son diamètre devra être vérifiée**, devant être constants en tout point (épaisseur pour les assembleurs de type équerre et plaque ou diamètre pour les assembleurs de type tige constante).

Les différents cycles saisonniers de retrait / gonflement du bois peuvent par ailleurs avoir pour effet un desserrage des assemblages. Les éventuels jeux anormaux devront être relevés et corrigés le cas échéant. Le **serrage de l'ensemble des boulons** doit être vérifié en contrôlant que lors « d'un serrage au refus » l'écrou ne tourne pas.

NOTE : Le « serrage jusqu'au refus » peut généralement être compris comme pouvant être obtenu par l'effort d'un seul intervenant utilisant une clé de dimension normale sans rallonge, et peut être fixé comme le point où une clé à chocs commence à frapper.

Si l'ensemble des composants participant à la stabilité du bâtiment (montants, traverses, panneaux de contreventement, fixations, assembleurs...) sont sains, la structure peut être vérifiée mécaniquement par le calcul, pour déterminer si elle est apte à recevoir les éléments rapportés (voir ci-dessous).

Tous les composants présentant des marques visibles de dégradation remettant en cause leur performance mécanique **devront être remplacés** avant de passer à l'étape de dimensionnement.

NOTE : les bois neufs introduits dans le bâti ancien devront répondre à la réglementation concernant les termites et les insectes à larves xylophages, et être compatibles avec une utilisation en classe d'emploi 2.

SALUBRITE DE LA PAROI EXISTANTE LIEE AUX TRANSFERTS DE VAPEUR

La connaissance des matériaux composant la paroi, et par conséquent la connaissance de leur capacité de résistance à la transmission de vapeur d'eau permettra de maîtriser les flux de vapeur dans la paroi, en lien avec le nouveau complexe d'isolation.

A défaut, pour les composants (membranes, enduits et panneaux) pouvant créer un « effet barrière » à la vapeur d'eau dans la paroi on peut considérer, de manière sécuritaire par rapport à leur position dans la paroi :

- **Pour les enduits extérieurs existants :**

Comme indiqué ci-dessus à l'alinéa concernant les panneaux, si l'enduit est posé directement sur le voile de contreventement, l'ensemble {voile / enduit} devra être déposé.

- **Pour les membranes pare-pluie existantes :**

Les matériaux historiquement utilisés en tant que pare-pluie pouvaient être à base de papier bitumé ou d'aluminium, avec potentiellement des valeurs S_d très élevées, pouvant générer des condensations dans la paroi rénovée.

En cas de travaux de rénovation par l'extérieur, **le pare-pluie devra être déposé.**

Si, **lors de travaux par l'intérieur uniquement** la membrane pare-pluie existante est conservée, sa valeur S_d devra être vérifiée précisément, soit grâce aux fiches techniques des produits lorsqu'elles sont disponibles, soit par voie d'essai en laboratoire (prélèvement d'échantillons de membrane existante et essais selon NF EN 1931). Les résultats d'essai devront indiquer une valeur S_d inférieure ou égale à 0,18 m. Dans le cas contraire ($S_d > 0,18$ m), le risque lié aux transferts de vapeur d'eau peut être accru et une étude hygrothermique devra être réalisée pour l'ensemble de la paroi rénovée avec cette valeur S_d spécifique.

Remarque : les anciens pare-pluie à base de bitume présentent des valeurs S_d généralement très élevées.

- **Pour les membranes pare-vapeur existantes :**

Les sondages dans la paroi existante doivent permettre de définir la présence ou l'absence de pare-vapeur, indépendant ou intégré à l'isolant (surfaçage). Sa continuité devra également être vérifiée (tenue des collages par mastic ou bande adhésives entre lés).

Si la solution de rénovation ne comporte pas la mise en œuvre d'un pare-vapeur neuf (voir chapitre 3.1), la continuité du système pare-vapeur existant devra être vérifiée avant travaux, via une mesure de perméabilité à l'air du bâtiment. Cette mesure de perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment devra être réalisée conformément à la NF EN ISO 9972, et à son guide

d'application FD P50-784 associé (via un essai à la porte soufflante par exemple) pour permettre l'évaluation du débit de fuite et la détection de l'emplacement des fuites.

NOTE : Une bonne étanchéité à l'air des bâtiments contribue à minimiser les pertes de chaleur, à améliorer l'efficacité des systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, et à prévenir les problèmes liés à l'humidité.

La perméabilité à l'air du bâtiment est exprimée, conformément à la réglementation thermique, par le coefficient $Q_{4Pa-surf}$. Ce dernier représente le débit de fuite par m^2 de surface déperditive hors plancher bas sous une dépression de 4 Pa, et s'exprime en $m^3/(h.m^2)$.

- **Pour les panneaux de contreventement existants :**

Si le voile de contreventement existant est conservé après son diagnostic sanitaire, en l'absence de fiche technique définissant sa résistance à la diffusion de vapeur d'eau, au regard des caractéristiques des panneaux à base de bois « d'époque » la valeur s_d du panneau existant pourra être considérée égale à 7 m.

- **Pour les isolants existants :**

Concernant les isolants existants, les sondages doivent permettre de vérifier son épaisseur, son état, et notamment son tassement éventuel, pour pouvoir le prendre en compte ou pas lors de l'évaluation de la performance thermique globale de la paroi rénovée.

En complément de l'inspection visuelle réalisée lors de sondages, l'utilisation d'une caméra thermique peut aider à détecter les zones de ponts thermiques.

Si l'isolant ne présente pas de tassement, notamment en partie haute des murs, en l'absence de fiche technique définissant sa conductivité thermique, au regard des caractéristiques des isolants « d'époque » la conductivité thermique λ de l'isolant existant pourra être considérée égale à $0,041 W/(m.K)$.

- **Ventilation du bardage existant :**

Enfin, en cas de volonté de conservation du bardage existant ou du revêtement extérieur ventilé existant, afin de garantir la salubrité de la paroi rénovée, la ventilation de la lame d'air du bardage devra être vérifiée :

- Epaisseur de 20 mm minimum en partie courante
- Pas de tasseaux horizontaux contre la membrane pare-pluie (y compris posés en quinconce)
- Présence d'entrées et de sorties de lame d'air en pied et en tête de mur en partie courante et au niveau des points singuliers (en appui et en linteau des baies notamment)
- Largeur des entrées et des sorties : 10 mm minimum

- Section de ventilation au minimum égale à :
 - 50 cm² par mètre linéaire de façade si Hauteur_{lame d'air} < 3 m
 - 65 cm² par mètre linéaire de façade si Hauteur_{lame d'air} entre 3 m et 6 m
 - 80 cm² par mètre linéaire de façade si Hauteur_{lame d'air} entre 6 m et 10 m
 - 100 cm² par mètre linéaire de façade si Hauteur_{lame d'air} entre 10 m et 18 m
 - 115 cm² par mètre linéaire de façade si Hauteur_{lame d'air} entre 18 m et 24 m

Note 1 : Au-delà de 24 m, la lame d'air doit être obligatoirement fractionnée.

Note 2 : en cas de présence de grilles anti-rongeurs, la surface des perforations de la grille est supérieure ou égale à la section de ventilation indiquée ci-dessus

Si les conditions de ventilation indiquées ci-dessus ne sont pas respectées sur l'ouvrage existant, alors l'ouvrage de revêtement extérieur devra être déposé, ou lorsque cela est possible, modifié pour correspondre aux exigences ci-dessus.

RESISTANCE MECANIQUE DU SUPPORT EXISTANT VIS-A-VIS DE LA PAROI RAPPORTEE

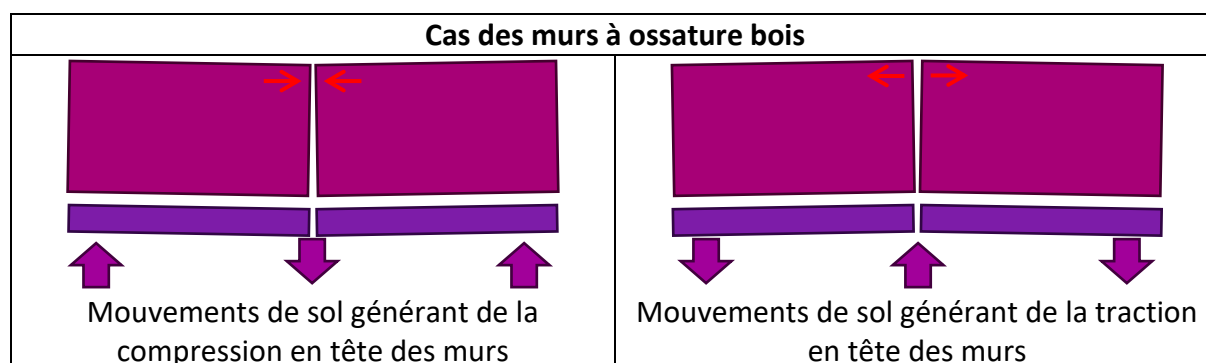
L'ouvrage existant supportant le complément d'isolation doit être évalué afin de confirmer que :

- Les fondations existantes peuvent supporter les descentes de charges liées à l'ajout d'un nouvel ouvrage
- La paroi existante peut résister aux contraintes liées à l'ajout d'un nouvel ouvrage

DIAGNOSTIC DES FONDATIONS

Le diagnostic des fondations et des sols est une étape indispensable dans les travaux de rénovation, qui vont générer un chargement supplémentaire des fondations.

D'une part, des fondations sursollicitées peuvent générer des efforts non désirés sur les parois bois existantes, avec un risque de déformation voire de rupture (au niveau des jonctions de murs, des baies). Un examen des fondations superficielles doit être fait afin de vérifier leur bon fonctionnement.



D'autre part, l'ajout de charges supplémentaires sur la structure n'a pas été prévu dans les hypothèses de dimensionnement des fondations. Même si des coefficients de sécurité sont pris, il convient de s'assurer que les fondations existantes et les sols sont aptes à supporter la charge des ouvrages complémentaires sans entraîner de sinistralité a posteriori.

Une méthodologie de diagnostic est proposée dans le guide *Pathologies des bâtiments* du CSTB : *Guide Pathologies des bâtiments CSTB – AQC (août 2021) : La pathologie des fondations superficielles – Diagnostic, réparation et prévention – Expertiser et prévenir les mouvements des sols sensibles – Maisons individuelles et bâtiments assimilés (ouvrage payant)*.

RESISTANCE MECANIQUE DES PAROIS A OSSATURE BOIS EXISTANTES

Les diagnostics sur les bois de structure et les panneaux devront avoir été réalisés préalablement, comme indiqué ci-dessus.

Si la classe de résistance mécanique des bois de la paroi existante est connue, les justifications mentionnées ci-dessous pourront être réalisées avec cette classe de résistance.

À défaut de ces informations, l'hypothèse sécuritaire d'une **classe C18** sera prise pour les bois de structure existants.

NOTE : Toutes les Règles de l'Art publiées depuis 1972 mentionnent une classe de résistance mécanique minimale au moins équivalente « à la 3^{ème} catégorie de la norme NF B 52-001 », soit une classe STIII de la norme NF B 52-001 actuelle, soit une équivalence C18 pour les bois résineux.

Les ouvrages d'isolation complémentaire ancrés sur la paroi existante génèrent des charges supplémentaires que devra reprendre la structure porteuse. Il convient de justifier par le calcul, selon les Règles de calcul Eurocode, le comportement à l'Etat Limite de Service (ELS) et l'Etat Limite Ultime (ELU) de la paroi existante et de ses composants.

Les actions à prendre en compte sont :

- Les actions climatiques liées au vent en fonction de la situation géographique et de la configuration de l'ouvrage
- Le poids propre de la solution rapportée elle-même

NOTE : la vérification spécifique vis-à-vis des actions sismiques est détaillée au chapitre 3.1

Les points suivants doivent à minima être vérifiés, en adaptant les justifications au type de solution de rénovation envisagé (voir chapitre 3.1) :

- Déformation hors plan de la structure existante
- Flambement des montants de l'ossature existante
- Résistance à la compression transversale de la traverse basse et de la lisse basse de chaque paroi existante
- Capacité d'ancrage locale de la structure existante (pour la fixation des contre-ossatures ou des éléments préfabriqués)

La justification en résistance au feu des parois existantes est abordée ci-dessous, au chapitre « DIAGNOSTIC ET SECURITE INCENDIE »

ANALYSE ET ANTICIPATION DES INTERACTIONS ANCIEN/NEUF POUR TOUS LES POINTS SINGULIERS

Dans le cas de travaux par l'extérieur, un état des lieux des points singuliers à traiter avant d'engager les travaux doit être dressé :

- **Baies** : débord des appuis de baie et des pièces d'encadrement par rapport au nu extérieur de la paroi existante avec nécessité ou non de les découper ou les déposer
- **Fermetures** : possibilité ou non de conserver ou déplacer les fermetures existantes
- **Sorties de ventilation ou autres éléments traversants** : nécessité ou non de prolonger les fourreaux
- **Descentes des eaux pluviales** : à déplacer nécessairement, **on ne doit jamais intégrer de descente EP dans l'épaisseur d'une paroi à ossature bois** (risque de fuite risque de condensation)
- **Acrotères** : nécessité ou non de remplacer la couvertine
- **Jonctions avec couverture** : débord de toiture suffisant pour venir coiffer l'ouvrage rapporté ou couvertine à prévoir
- **Éléments structuraux traversants : balcons, pergolas, escaliers extérieurs...** : réservation à prévoir dans l'ouvrage rapporté
- **Éléments pesant en façade (antennes, stores, brise-soleil)** : vérification de la possibilité de les conserver en place ou de les décrocher et réinstaller sur l'ouvrage rapporté, qui devra être dimensionné en conséquence.

Comme certains éléments présents en façades ou certains points singuliers doivent être modifiés et/ou déplacés, il est donc nécessaire d'anticiper ces opérations et, le cas échéant, de faire appel aux corps d'état appropriés.

Dans le cas de travaux par l'intérieur, des travaux préparatoires significatifs sont à prévoir et doivent être anticipés pour gérer les interactions avec les autres corps d'état (plomberie, électricité, menuiserie...). La nature des travaux peut varier en fonction des éléments de diagnostic de l'existant suivants :

- La nature de la pièce à doubler (pièce sèche ou humide)
- La présence de corps de chauffe situés sur les murs à doubler
- La présence de tuyauteries ou d'équipements électriques placés sur les murs à doubler
- L'interface menuiseries / coffres de volets roulants / doublages (jonctions, finition, débettement des ouvrants, positions des paumelles, possibilité d'entretien des volets roulant)

RELEVÉ GEOMETRIQUE DE L'EXISTANT

Les travaux de rénovation doivent être précédés d'un relevé géométrique des parois. Ce travail permet de visualiser le réglage nécessaire pour rattraper les tolérances ou irrégularités de la paroi support afin d'obtenir une coplanéité des contre-ossatures adaptée au système de bardage, tant pour satisfaire les exigences d'aspect que pour éviter des mises en contrainte du revêtement.

Pour chaque façade à rénover, les relevés à réaliser doivent être les suivants :

- Dimensions (hauteur x longueur) de chaque paroi
- Equerrage de chaque paroi
- 3 mesures d'aplomb par paroi
- 2 mesures de planéité par paroi
- Au niveau des chevêtres de menuiserie :
 - Dimensions (hauteur x largeur)
 - Flèche du linteau
 - Rectitude des montants et traverses composant le chevêtre

Ce relevé géométrique doit permettre de connaître les dimensions globales de l'ouvrage existant, l'implantation des points singuliers, la position des ouvertures, etc... Un jeu de plan sur la base de ce relevé doit alors être établi, il permet d'apporter les renseignements nécessaires à la définition de la solution de rénovation (voir chapitre 3.1) et au chiffrage du projet.

Remarque : afin de s'assurer de la manœuvrabilité des menuiseries extérieures neuves intégrées à des FOB, chaque baie existante devra être vérifiée comme indiqué ci-dessus.

NOTE : pour des bâtiments de grande dimension (logements collectifs multi-étagés, bureaux, ...), un relevé numérique précis de l'ouvrage existant pourra être effectué, permettant de générer une maquette numérique sous format BIM (IFC), qui servira de base à la réalisation des plans d'exécution du projet (voir également le guide de rénovation par façades bois préfabriquées (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/guide-de-renovation-par-facades-bois-prefabriquees-2647>)).

Trois technologies principales sont disponibles pour réaliser le relevé numérique d'un ouvrage :

- *Appareils photo ou caméras (+ drones ou élévateurs)*
- *Station totale permettant un relevé point par point*
- *Scanner laser 3D pour nuage de points*

DIAGNOSTIC ET SECURITE INCENDIE

Rappel :

Comme indiqué au chapitre 1.2 du présent Guide, les bâtiments soumis à une exigence réglementaire relative à la propagation du feu par les façades ne sont pas visés.

Chaque bâtiment doit réglementairement respecter :

- Les textes en vigueur à sa date de construction
- Les textes postérieurs pour ce qui concerne leurs dispositions rétroactives

L'objectif de ce Guide n'est pas d'évaluer la conformité des bâtiments existants.

Dans le cas des bâtiments existants, c'est la Circulaire du 13 décembre 1982 relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation ou d'amélioration des bâtiments d'habitation existants qui doit s'appliquer.

En synthèse :

- Les risques d'incendie doivent être réduits autant que faire se peut et en aucun cas aggravés
- Les travaux sont conçus et réalisés de manière à limiter la transmission du feu et des fumées d'un niveau à un autre
- Maintenir, sinon améliorer, les possibilités d'évacuation des occupants et d'intervention des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.

NOTE : Pour les IMH (Immeubles de Moyenne Hauteur), en complément, s'applique le décret n° 2019-461 du 16 mai 2019. En premier lieu, il est impératif de connaître quelle est l'exigence de résistance au feu applicable aux parois verticales porteuses pour le bâtiment à rénover.

NOTE : le Guide pratique : Règles de la Sécurité Incendie pour les charpentiers & constructeurs (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/guide-pratique-regles-de-la-securite-incendie-2013>) permet de définir ce niveau d'exigence

En cas de travaux de rénovation par l'extérieur, de nouvelles charges vont s'appliquer sur la structure, qui sera tout d'abord vérifiée « à froid » (voir chapitre « résistance mécanique du support existant » ci-dessus).

Pour ne pas aggraver le risque incendie, lors de ces travaux de rénovation par l'extérieur, si le parement intérieur existant est conservé, **il faut identifier si celui-ci est apte à protéger à lui tout seul, la structure du feu pendant la durée de résistance au feu** requise par la réglementation, en jouant le rôle d'écran thermique.

Le tableau 1 ci-dessous, basé sur les solutions figurant dans l'Annexe Nationale de la partie « feu » de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-2/NA) indique, en fonction du parement existant quel niveau de résistance au feu il est possible d'atteindre en fonction du type de parement intérieur.

Type de parement intérieur existant	Niveau de résistance au feu de la paroi
Plaque de plâtre type BA 13 A	REI 15
Panneau à base de bois épaisseur ≥ 16 mm	REI 15
Lambris bois épaisseur en tout point ≥ 15 mm	REI 15
Plaque de plâtre type BA 15 F	REI 30
Plaque de plâtre type BA 18 A	REI 30
2 plaques de plâtre type BA 13 A	REI 30
2 plaques de plâtre type BA 15 F	REI 60
2 plaques de plâtre type BA 18 A	REI 60

Tableau 1 : Parements intérieurs constituant des écrans thermiques permettant d'assurer seuls la résistance au feu de la paroi existante

Si les parements intérieurs existants sont en adéquation avec l'exigence réglementaire applicable au bâtiment à rénover, alors on peut considérer que **le risque incendie n'est pas aggravé**.

Si les parements intérieurs existants sont différents de ceux indiqués ci-dessus, ou si la durée exigée par la réglementation n'est pas atteinte grâce aux parements existants, alors les travaux de rénovation **peuvent constituer une aggravation du risque incendie, car la structure bois va participer à la résistance au feu**.

Dans ce cas, les parois concernées par les travaux de rénovation **devront être vérifiées en situation d'incendie** (calcul avec participation de la structure à la résistance au feu réalisé selon l'annexe B de la norme NF EN 1995-1-2/NA), en prenant en compte la contribution du parement intérieur existant et le nouveau cas de charge lié aux travaux de rénovation.

Si ces calculs ne sont pas concluants, ou s'ils ne sont pas réalisés, alors le parement intérieur devra être remplacé ou complété pour être conforme aux solutions de parement intérieur décrites dans l'Annexe Nationale de la partie « feu » de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-2/NA).

Si le parement intérieur d'origine est conservé au cours des travaux de rénovation, lors des sondages nécessaires à la réalisation du diagnostic, **la continuité du parement intérieur ne devra pas être dégradée ou restituée à l'identique**, pour ne pas aggraver le risque incendie.

CAS PARTICULIER : DIAGNOSTIC DES PAROIS EN MADRIERS EMPILES

L'ensemble des prescriptions du présent chapitre 2.2 (identification des supports, état sanitaire, salubrité...), s'appliquent pour les constructions en madriers empilés, avec les compléments ci-dessous.

TYPE DE MADRIERS :

- Précision sur la nature des éléments bois : madriers massifs, multilamellés ou contrecollés
- Section des madriers

RESISTANCE MECANIQUE DES PAROIS EN BOIS MASSIF EMPILE :

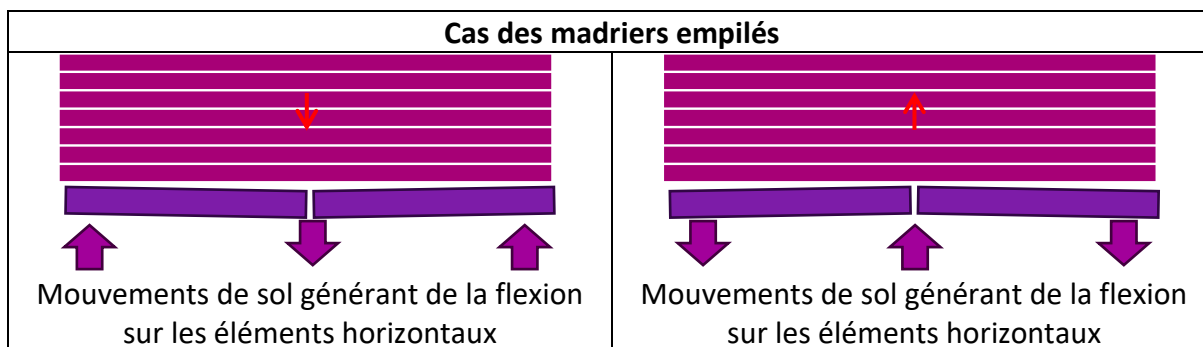
Si la classe de résistance mécanique des bois de la paroi existante est connue, les justifications mentionnées ci-dessous pourront être réalisées avec cette classe de résistance.

À défaut de ces informations, l'hypothèse sécuritaire d'une **classe C18** sera prise pour les bois de structure existants.

L'ajout d'un complexe d'isolant supplémentaire sur la paroi en madriers empilé existante génère des charges supplémentaires qu'elle devra reprendre. De même, afin de choisir des revêtements adaptés, ces déformations hors plan devront être connues. Ainsi, devront être dans ce cas vérifiés :

- La déformation hors plan de la structure existante
- Résistance à la compression transversale des madriers (notamment ceux en partie basse de la construction)
- Capacité d'ancrage locale de la structure existante (pour la fixation des contre-ossatures ou des éléments préfabriqués)

Pour les parois en madriers empilés les fondations doivent également être vérifiées comme indiqué ci-dessus pour les parois à ossature bois, afin de ne pas générer de la flexion dans les madriers.



FICHE DE SYNTHÈSE POUR LE DIAGNOSTIC DES PAROIS VERTICALES PORTEUSES A OSSATURE BOIS

Le tableau ci-dessous constitue une liste des vérifications pour pouvoir tendre vers l'exhaustivité du diagnostic.

Étapes du diagnostic	Page(s) du Guide concernée(s)	Effectué
Préalable : analyse de la stabilité globale du bâtiment	18,19	<input type="checkbox"/>
Ossature		
Repérage	18, 19, 20	<input type="checkbox"/>
Section	18, 19, 20	<input type="checkbox"/>
Entraxe	18, 19, 20	<input type="checkbox"/>
Contrôle de l'état sanitaire	21, 22	<input type="checkbox"/>
Mesures de l'humidité	21	<input type="checkbox"/>
Réalisation d'un plan de calepinage de la structure	18, 32	<input type="checkbox"/>
Voiles de contreventement		
Type de contreventement	19	<input type="checkbox"/>
Type de panneau	19, 27	<input type="checkbox"/>
Position panneau	19	<input type="checkbox"/>
Contrôle de l'état sanitaire	22	<input type="checkbox"/>
Contrôle épaisseur panneau	19, 22, 23, 24	<input type="checkbox"/>
Type et entraxe du couturage du panneau sur l'ossature	19	<input type="checkbox"/>
Assembleurs et connecteurs métalliques		
Vérification corrosion	24, 25	<input type="checkbox"/>
Contrôle diamètre / épaisseur	25	<input type="checkbox"/>
Serrage des assemblages	25	<input type="checkbox"/>
Isolant entre montants d'ossature		
Nature de l'isolant	19	<input type="checkbox"/>
Épaisseur	19	<input type="checkbox"/>
Rigide ou semi-rigide	19	<input type="checkbox"/>
État / performance	19, 27	<input type="checkbox"/>
Contrôle surfacage (kraft, alu, ...)	19, 26	<input type="checkbox"/>
Pare-pluie		
Nature	19	<input type="checkbox"/>
Épaisseur si rigide	19	<input type="checkbox"/>
État / performance	19, 26	<input type="checkbox"/>
Continuité	19	<input type="checkbox"/>
Pare-vapeur		
Nature	19	<input type="checkbox"/>
Épaisseur si rigide	19	<input type="checkbox"/>
État / performance	19, 26, 27	<input type="checkbox"/>
Continuité	19	<input type="checkbox"/>

Parement intérieur		
Nature	19	<input type="checkbox"/>
Epaisseur	19	<input type="checkbox"/>
Pose directe ou contre-cloison	19	<input type="checkbox"/>
Vérification adéquation Sécurité Incendie	19, 33, 34	<input type="checkbox"/>
Parement / revêtement extérieur		
Nature	19, 26	<input type="checkbox"/>
Vérification lame d'air ventilée (débits, tasseautage...)	19, 27, 28	<input type="checkbox"/>
Evaluation de la résistance mécanique de l'existant		
Diagnostic des fondations	29	<input type="checkbox"/>
Déformation hors plan	30	<input type="checkbox"/>
Flambement des montants	30	<input type="checkbox"/>
Compression transversale traverses et lisses basses	30	<input type="checkbox"/>
Capacité d'ancrage locale	30	<input type="checkbox"/>
Contrôle interactions ancien / neuf		
Vérifications de tous les points singuliers	31	<input type="checkbox"/>
Relevé géométrique de l'existant		
Dimensions des façades	32	<input type="checkbox"/>
Tolérances des façades (équerrage / aplomb / planéité)	32	<input type="checkbox"/>
Dimensions et tolérances des chevêtres	32	<input type="checkbox"/>
Etapes du diagnostic	Page(s) du Guide concernée(s)	Effectué

Tableau 2 : Diagnostic de l'existant – liste des vérifications

3. PREPARATION DES OPERATIONS DE RENOVATION

3. PREPARATION DES OPERATIONS DE RENOVATION

3.1 CHOIX DE LA SOLUTION DE RENOVATION

VOLET REGLEMENTAIRE

Cette partie aborde les textes réglementaires en vigueur au moment de la publication du Guide. Il appartient au lecteur de s'assurer que des évolutions plus récentes n'ont pas eu lieu.

De plus, les exigences réglementaires relatives à la rénovation n'étant pas spécifiques « bois » les documents existants sur le sujet ne seront pas répétés ici, seuls des renvois seront faits.

A noter que les exigences réglementaires peuvent varier si la rénovation peut être considérée comme « lourde ». Sont considérés comme « rénovation lourde » :

- les changements de destination (par exemple, création de logements dans le grenier d'un immeuble collectif, transformation d'un immeuble de bureaux en logements collectifs)
- la modification des planchers et/ou de la structure de l'immeuble
- la modification de la répartition des espaces (par exemple, la division de grands appartements pour en faire de plus petits)
- le remplacement des façades et/ou des toitures
- les travaux importants sur les équipements collectifs (chaufferie, ascenseur, VMC collective)

Les travaux définis dans le présent Guide ne s'apparentent pas, a priori, à une rénovation dite lourde.

THERMIQUE

Le document « Les exigences réglementaires pour les travaux de rénovation » publié par l'ADEME fait un état des lieux sur ce sujet : <https://librairie.ademe.fr/societe-et-politiques-publiques/6423-les-exigences-reglementaires-pour-les-travaux-de-renovation-9791029721717.html>

NOTE : Les exigences réglementaires décrites dans ce document sont les performances minimales exigées par la réglementation. Lors de la rénovation d'un logement, des performances supérieures des matériels et équipements sont possibles et même exigées pour obtenir des aides financières. Retrouvez les informations sur www.france-renov.gouv.fr/aides

Les solutions de rénovation proposées dans le présent Guide permettent de respecter la réglementation thermique mais aussi de viser des niveaux de performances thermiques plus élevés, permettant d'obtenir des aides financières ou de viser des labels de performances énergétiques.

Le label « BBC EFFINERGIE RÉNOVATION 2024 » fixe des niveaux de performance plus élevés que celles de la réglementation (<https://www.effinergie.org/web/labels/renovation>)

SECURITE INCENDIE

Rappel : les solutions définies par le présent Guide ne sont pas compatibles avec les bâtiments visés par une exigence réglementaire relative à la propagation du feu par les façades (en application de l'IT 249).

La réglementation impose une non-aggravation du risque existant. Pour respecter cette exigence, le diagnostic de la paroi existante est primordial (voir le chapitre « Diagnostic et sécurité incendie ci-dessus »).

En cas de reprise totale du bâtiment (rénovation lourde) : c'est la réglementation « neuf » habitations ou ERP qui s'applique.

D'un point de vue sécurité incendie, le principe des solutions de rénovation définies dans le présent Guide est celui de **l'écran thermique intérieur** (constitué par le parement intérieur de la paroi) qui confère, **seul**, à la paroi verticale porteuse son niveau de résistance au feu réglementaire. Ainsi les parements intérieurs neufs ou existants doivent être conformes à ceux décrits dans l'Annexe Nationale de la partie « feu » de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-2/NA).

ACOUSTIQUE

Le document « RÉNOVATION DES LOGEMENTS - PRENDRE EN COMPTE L'ACOUSTIQUE » publié par l'AQC <https://qualiteconstruction.com/ressource/points-sensibles-construction/renovation-logements-acoustique/> permet de définir les exigences réglementaires et les bonnes pratiques pour associer rénovation et **non dégradation de la performance acoustique du bâtiment existant**.

SISMIQUE

Comme pour les autres exigences réglementaires, une rénovation à « visée thermique », ne doit en aucun cas aggraver la vulnérabilité au séisme du bâtiment existant.

L'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » s'applique aux bâtiments neufs et à des bâtiments existants subissant des modifications substantielles qu'il définit dans son article 3 (<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022941755/>).

Ces dispositions sont explicitées sur le site : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/construction-risques-sismiques>

En cas de travaux ne correspondant pas à ces modifications substantielles, il n'y a pas d'obligation réglementaire, sauf à vérifier que des modifications éventuelles n'aggravent pas la vulnérabilité du bâtiment vis-à-vis du séisme.

La collecte d'information sur un bâtiment est donc une étape décisive pour évaluer la capacité de la structure à résister à un séisme de la façon la plus fiable et la plus précise possible (voir pour cela le chapitre 2.2 ci-dessus).

Il peut exister localement une réglementation parasismique particulière, dans les communes ayant fait l'objet d'un Plan de Prévention des Risques Naturels. Dans ce cas-là, l'attention doit être attirée sur plusieurs spécificités. La réglementation locale prévaut sur la réglementation nationale. En particulier, les actions sismiques applicables aux constructions neuves peuvent être différentes de celles préconisées dans la réglementation nationale.

Le site Géorisques (<https://www.georisques.gouv.fr/citoyen-recherche-map>) permet sur la base de l'adresse du chantier de déterminer le niveau de risque sismique associé (entre autres risques)

Le document « RENFORCER LE BÂTI EXISTANT EN ZONE SISMIQUE » publié par l'AQC <https://qualiteconstruction.com/ressource/points-sensibles-construction/renforcer-bati-existant-zone-sismique/> permet de définir les mesures de prévention à prendre dans le cas d'une rénovation en zone sismique.

Le Guide « Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme » publié par l'AFPS et le CSTB <https://www.afps-seisme.org/guides-techniques/guide-technique-diagnostic-et-renforcement-du-b%C3%A2ti-existant-vis-%C3%A0-vis-du-s%C3%A9isme> livre un ensemble de méthodes afin de sécuriser le bâtiment existant, avec notamment des précisions sur :

- Les caractéristiques de l'ouvrage utilisés dans les calculs
- Les chargements à considérer
- Les critères de régularité (NF EN 1998-1-1)
- L'évaluation préliminaire avec vérification de la résistance des murs et facteurs de conformité
- La décision concernant l'intervention sur la structure
- La conception de l'intervention sur la structure

SOLUTIONS DE RENOVATION TYPES VISEES PAR LE GUIDE

La diversité des solutions de rénovations présentées ci-dessous permet de pouvoir s'adapter aux différentes typologies de parois existantes ainsi qu'à leurs « états de conservation » potentiellement variés, tout comme leurs parements.

La compatibilité hygrothermique des solutions de rénovation a été vérifiée dans le cadre de la rédaction du présent Guide : voir Annexe

On distingue ainsi 9 familles de solutions de rénovation.

Sept familles permettent une rénovation des parois à ossature bois par l'extérieur :

- **L'ITE mise en œuvre in-situ, à rattacher aux compléments d'isolation par l'extérieur définis dans le NF DTU 31.2**
 - Type 1 : ITE in-situ – fixation directe verticale / isolant 1 lit
 - Type 2 : ITE in-situ – fixation directe / isolant 2 lits
 - Type 3 : ITE in-situ – fixation directe horizontale / isolant 1 lit
 - Type 7 : ITE in-situ – désolidarisée
- **L'ITE préfabriquée, à rattacher aux façades à ossature bois définies dans le NF DTU 31.4**
 - Type 4 : ITE préfabriquée – isolant en âme et voile de stabilité extérieur
 - Type 5 : ITE préfabriquée – isolant en âme et voile de stabilité intérieur
 - Type 6 : ITE préfabriquée – isolant en âme et complément extérieur

Une famille permet une rénovation des parois à ossature bois par l'intérieur

- Type 8 : ITI désolidarisée

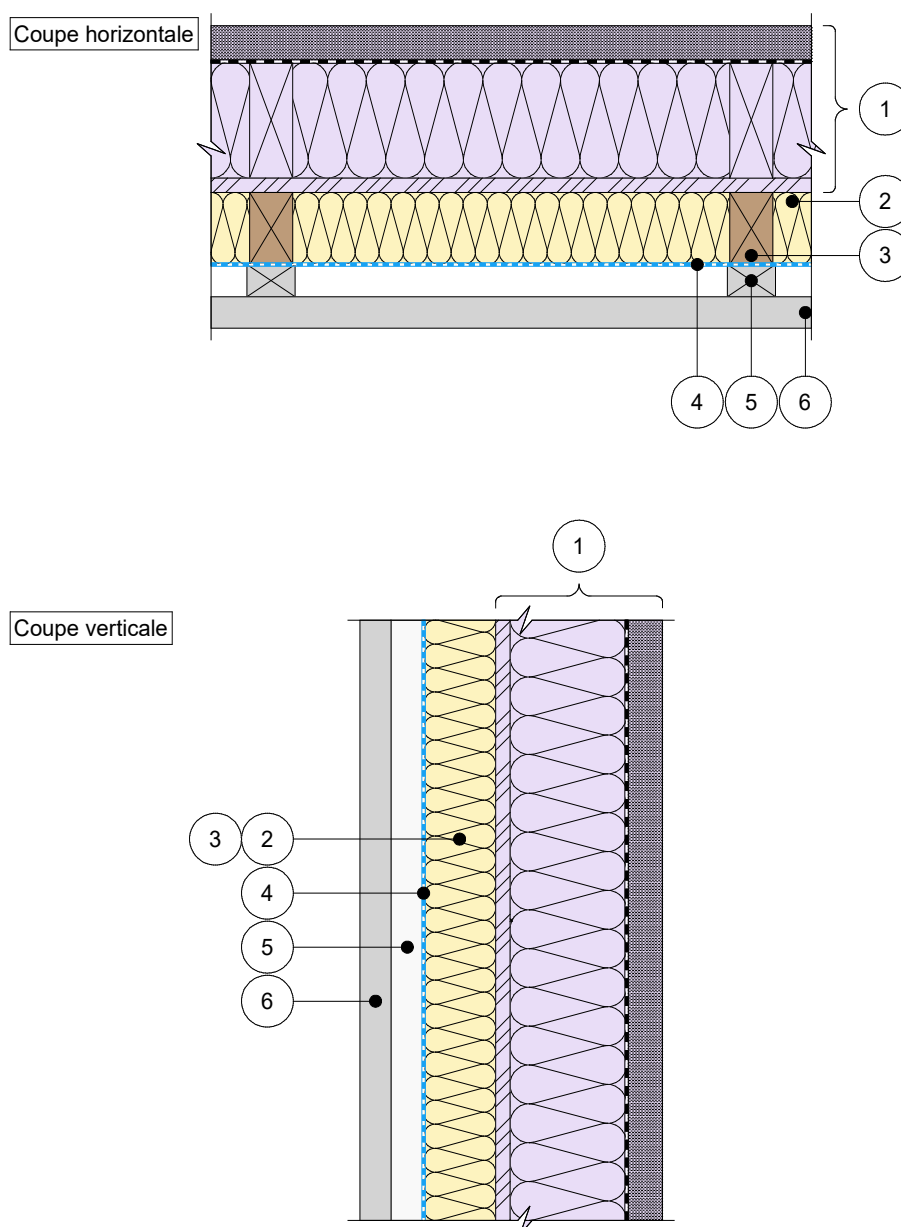
Une famille permet une rénovation des parois en madriers empilés par l'extérieur

- Type 9 : ITE in-situ

Tous les matériaux prescrits, sauf mention contraire, sont traditionnels au sens du NF DTU 31.2, du NF DTU 31.4, du NF DTU 36.2 ou du NF DTU 41.2. Leur mise en œuvre doit également se faire selon les prescriptions de ces mêmes DTU.

Sont exposées dans le présent chapitre les parois type en partie courante. Les carnets de détails sont présentés au chapitre 4.

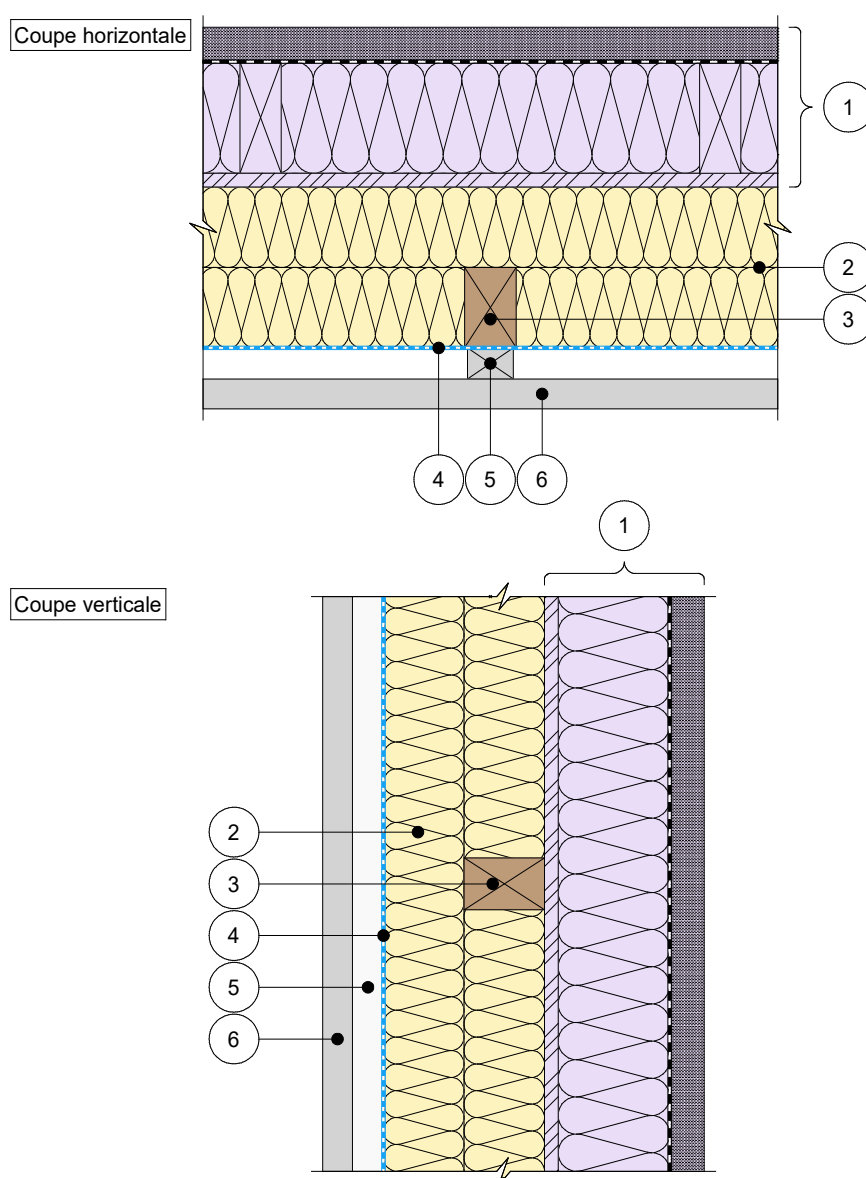
TYPE 1 : ITE IN SITU – FIXATION DIRECTE VERTICALE / ISOLANT 1 LIT



Légende

- [1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)
- [2] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.2 ou selon DTA
- [3] Contre-ossature verticale ou horizontale en bois : Compatible classe d'emploi 2, dimensionnement selon NF DTU 31.2
- [4] Pare-pluie $S_d \leq 0,18$ m conforme au NF DTU 31.2
- [5] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau - fixée dans les contre-ossatures en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie
- [6] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

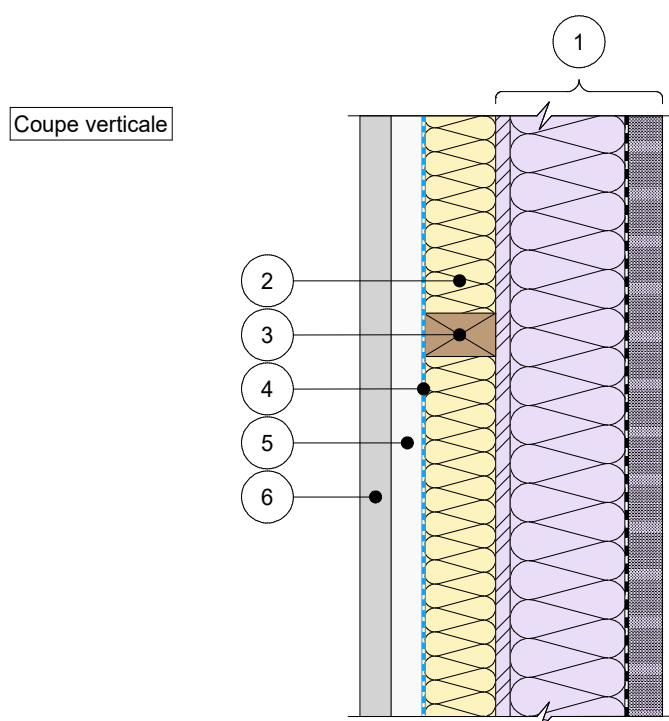
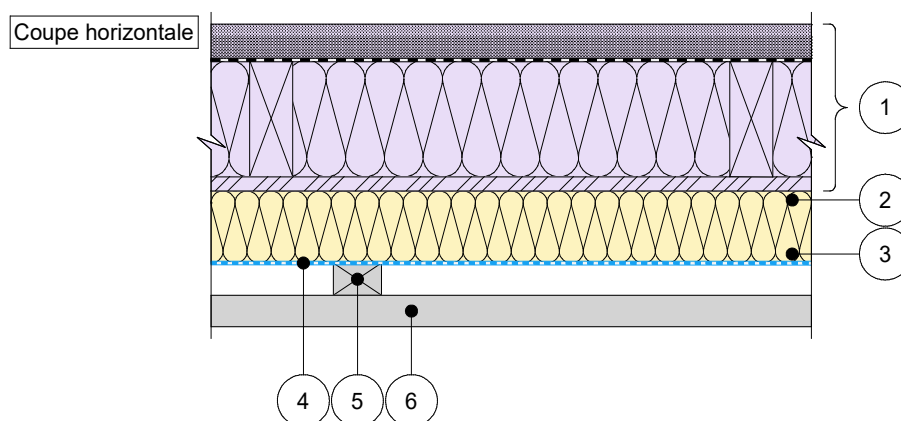
TYPE 2 : ITE IN SITU – FIXATION DIRECTE / ISOLANT 2 LITS



Légende

- [1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)
- [2] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.2 ou selon DTA
- [3] Contre-ossature verticale et horizontale en bois : Compatible classe d'emploi 2, dimensionnement selon NF DTU 31.2
- [4] Pare-pluie $S_d \leq 0,18$ m conforme au NF DTU 31.2
- [5] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau - fixée dans les contre-ossatures en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie
- [6] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

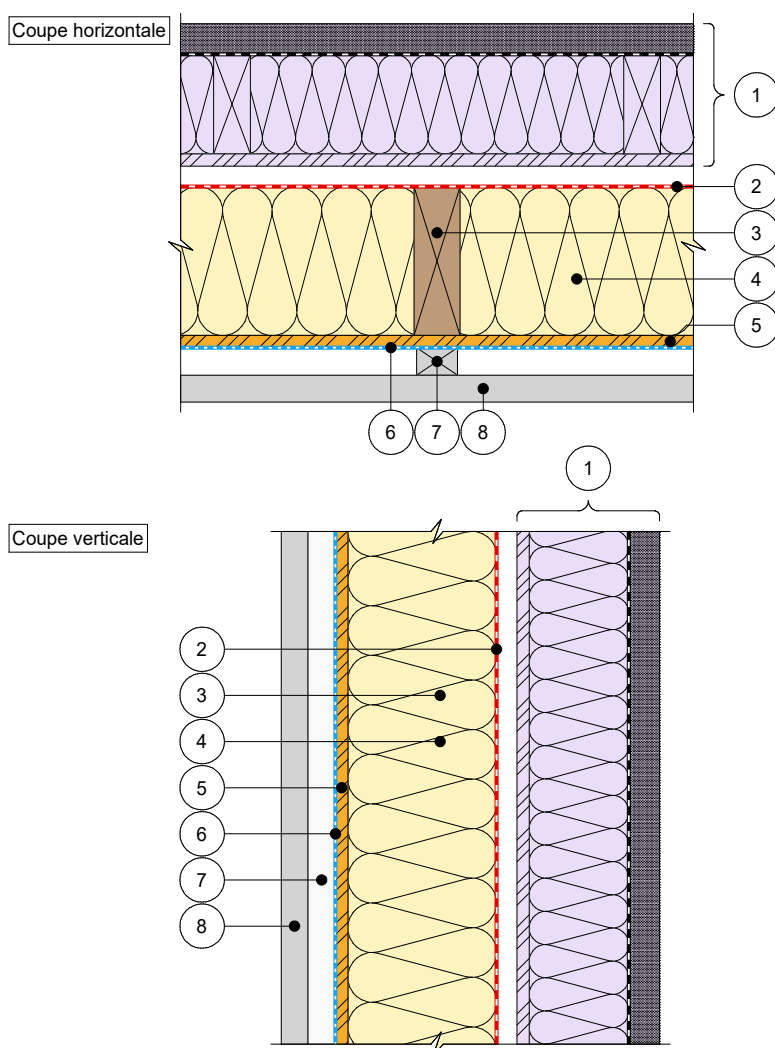
TYPE 3 : ITE IN SITU – FIXATION DIRECTE HORIZONTALE / ISOLANT 1 LIT



Légende

- [1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)
- [2] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.2 ou selon DTA
- [3] Contre-ossature verticale ou horizontale en bois : Compatible classe d'emploi 2, dimensionnement selon NF DTU 31.2
- [4] Pare-pluie $S_d \leq 0,18$ m conforme au NF DTU 31.2
- [5] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau - fixée dans les contre-ossatures en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie
- [6] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

TYPE 4 : ITE PREFABRIQUEE (FOB) – ISOLANT EN AME ET VOILE DE STABILITE EXTERIEUR

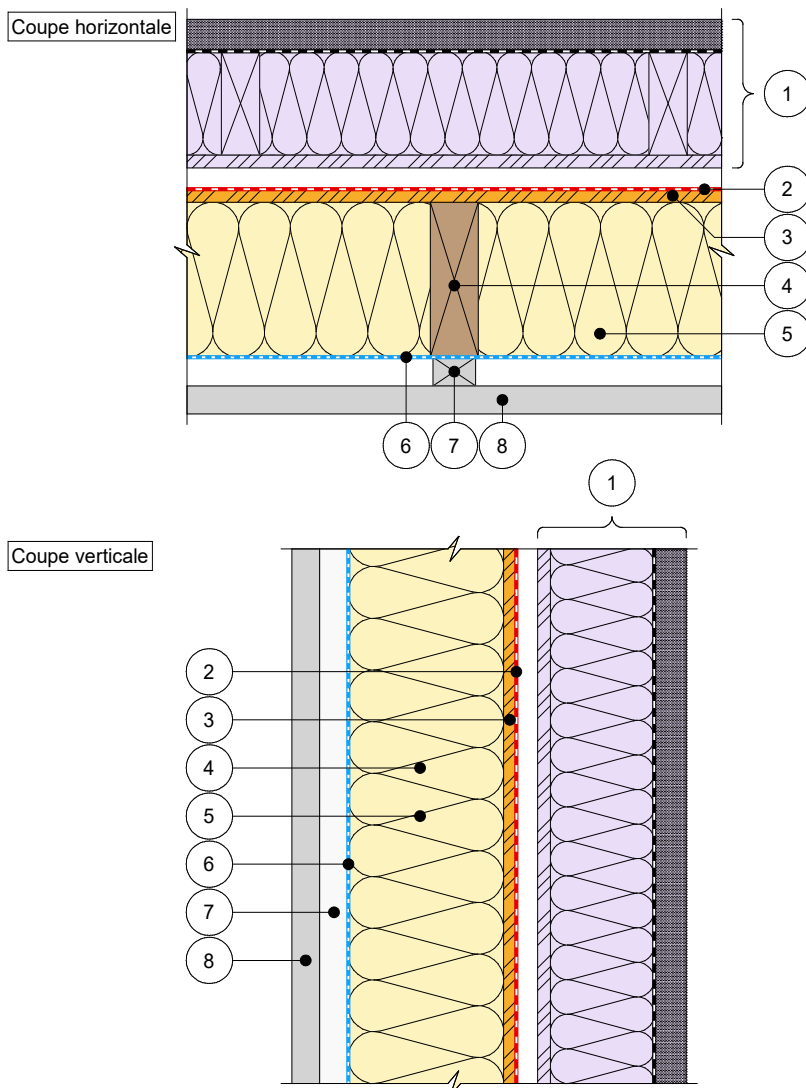


NOTE : la lame d'air située entre la paroi existante et la paroi rapportée ne doit pas être ventilée (voir carnet de détails au chapitre 4). Ce vide technique permet de loger les ferrures des FOB et de compenser les défauts de planéité de la paroi existante

Légende

- [1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)
- [2] Pare-vapeur : $S_d \geq 18m$
- [3] Montant et traverses bois massif ou bois massif abouté : épaisseur 45 mm - entraxe 400 ou 600 mm - Élancement (rapport largeur / épaisseur) de 6 maxi - C18 mini - Compatible classe d'emploi 2
- [4] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.4 ou selon DTA
- [5] Voile de stabilité selon NF DTU 31.4
- [6] Pare-pluie $S_d \leq 0,18 m$ conforme au NF DTU 31.4
- [7] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau fixée au droit des montants en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie
- [8] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

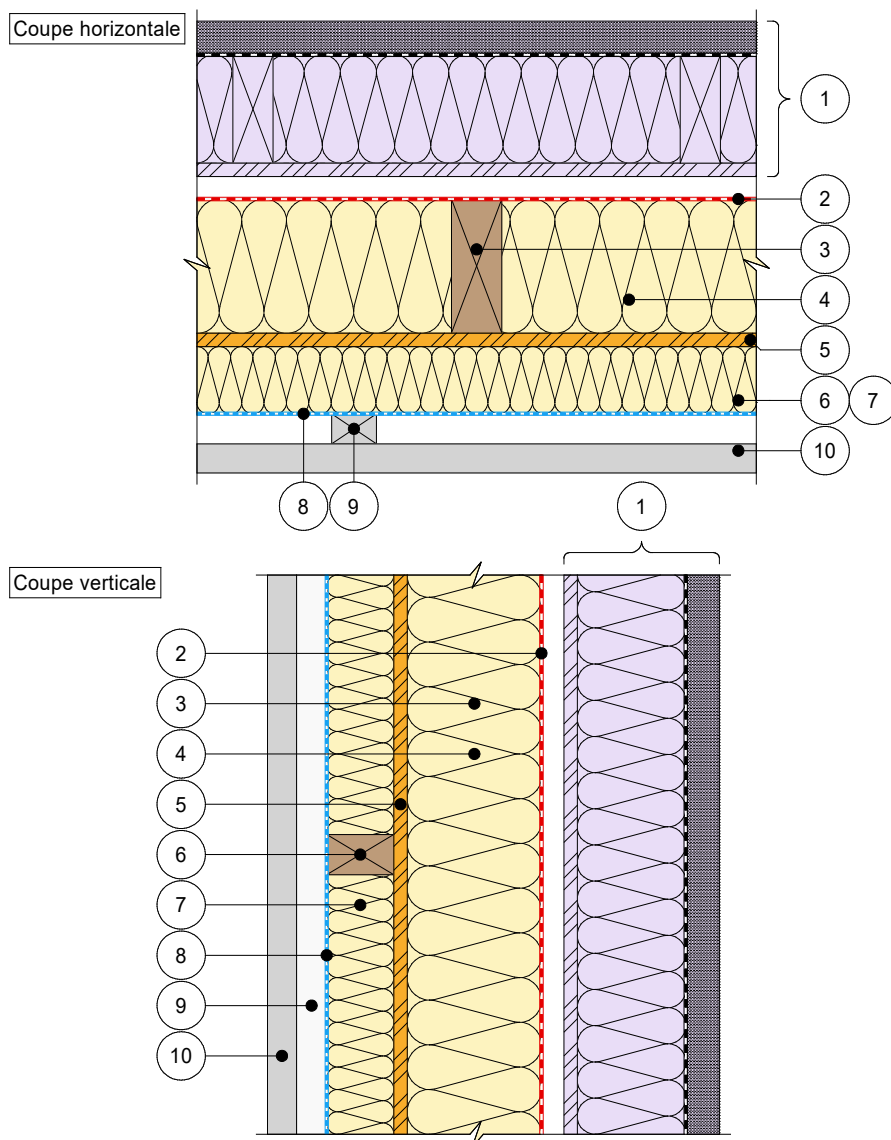
TYPE 5 : ITE PREFABRIQUEE (FOB) – ISOLANT EN AME ET VOILE DE STABILITE INTERIEUR



Légende

- [1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)
- [2] Pare-vapeur : $S_d \geq 18m$
- [3] Voile de stabilité selon NF DTU 31.4
- [4] Montant et traverses bois massif ou bois massif abouté : épaisseur 45 mm - entraxe 400 ou 600 mm - Élancement (rapport largeur / épaisseur) de 6 maxi - C18 mini - Compatible classe d'emploi 2
- [5] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.4 ou selon DTA
- [6] Pare-pluie $S_d \leq 0,18 m$ conforme au NF DTU 31.4
- [7] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau fixée au droit des montants en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie
- [8] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

TYPE 6 : ITE PREFABRIQUEE (FOB) – ISOLANT EN AME ET COMPLEMENT D'ISOLANT EXTERIEUR



NOTE : la lame d'air située entre la paroi existante et la paroi rapportée ne doit pas être ventilée (voir carnet de détails au chapitre 4). Ce vide technique permet de loger les ferrures des FOB et de compenser les défauts de planéité de la paroi existante

Légende

[1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)

[2] Pare-vapeur : $S_d \geq 18m$

[3] Montant et traverses bois massif ou bois massif abouté : épaisseur 45 mm - entraxe 400 ou 600 mm - Élancement (rapport largeur / épaisseur) de 6 maxi - C18 mini - Compatible classe d'emploi 2

[4] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.4 ou selon DTA

[5] Voile de stabilité selon NF DTU 31.4

[6] Contre-ossature horizontale en bois : Compatible classe d'emploi 2, dimensionnement selon NF DTU 31.4

[7] Isolant semi-rigide selon NF DTU 31.4 ou selon DTA

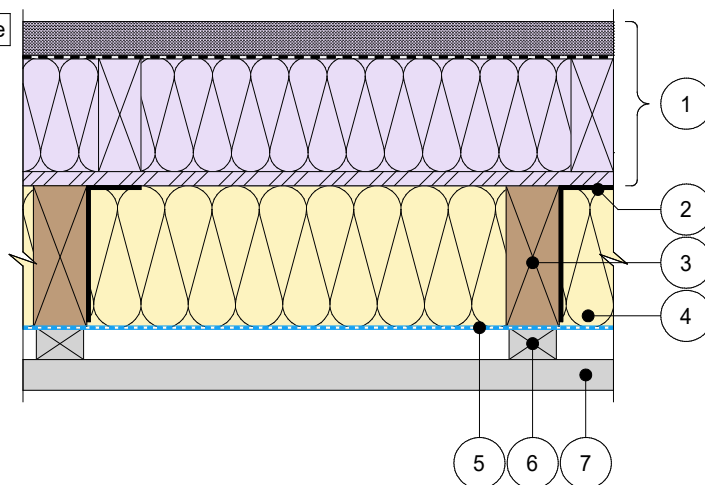
[8] Pare-pluie $S_d \leq 0,18 m$ conforme au NF DTU 31.4

[9] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau - fixée dans les contre-ossatures en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie

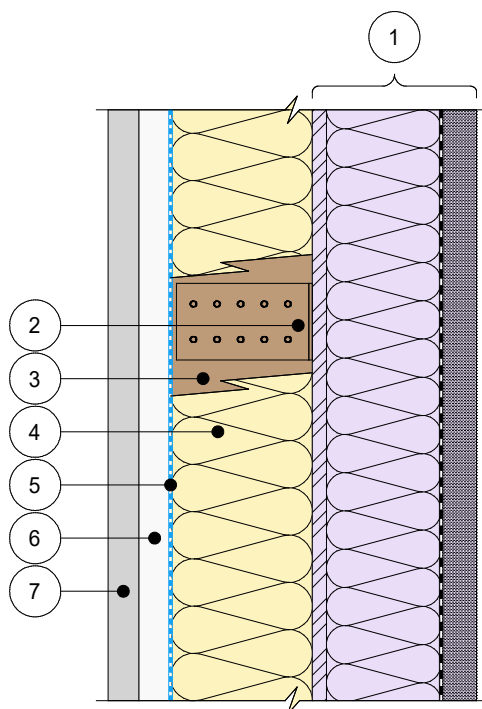
[10] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

TYPE 7 : ITE IN SITU – FIXATION DEPORTEE

Coupe horizontale



Coupe verticale

**Légende**

[1] Paroi existante avec conservation du parement intérieur, sans conservation du revêtement extérieur (contreventement extérieur mis à nu)

[2] Patte de fixation pour reprise des efforts hors plan uniquement

[3] Contre-ossature verticale ou horizontale en bois : Compatible classe d'emploi 2. Dimensionnement selon NF DTU 41.2

[4] Isolant semi-rigide selon NF DTU 41.2 ou selon DTA

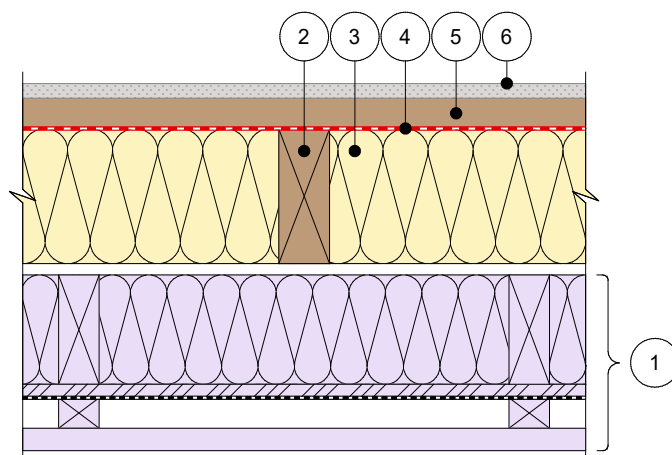
[5] Pare-pluie $S_d \leq 0,18$ m conforme au NF DTU 31.2

[6] Ossature support de bardage : Bois ou métal - en pose verticale ou à double réseau (ossature et contre-ossature) - fixée au droit des montants en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie

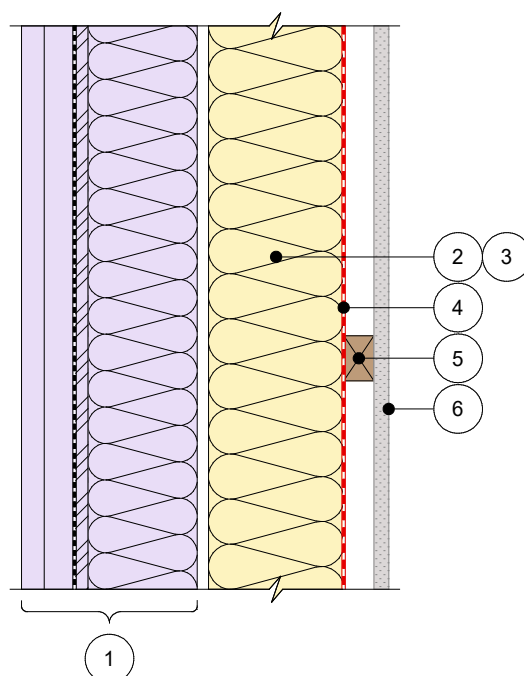
[7] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

TYPE 8 : ISOLATION PAR L'INTERIEUR

Coupe horizontale



Coupe verticale

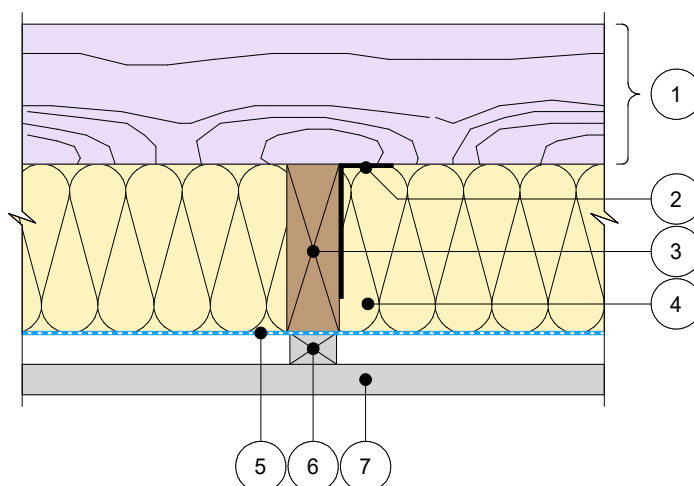


Légende

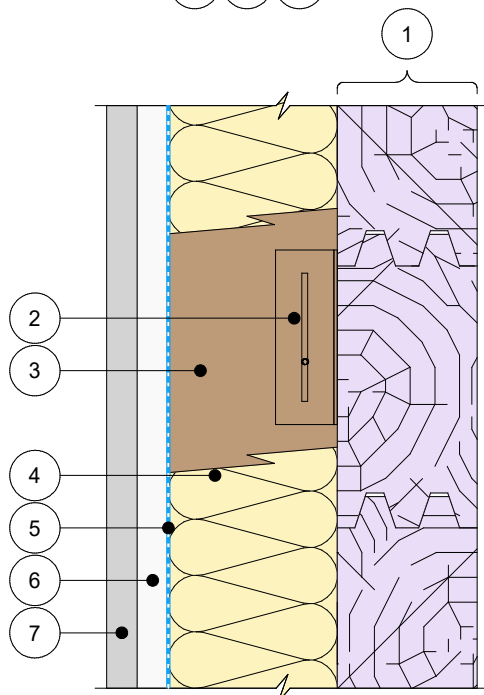
- [1] Paroi existante avec conservation du revêtement extérieur, sans conservation du parement intérieur et du pare-vapeur
- [2] Ossature en bois conforme au NF DTU 36.2
- [3] Isolant semi-rigide selon NF DTU 36.2 ou selon DTA
- [4] Pare-vapeur : $S_d \geq 18m$
- [5] Contre-ossature intérieure en bois ou en métal, indépendante ou fixée au droit des montants en conformité avec les DTU et Avis Techniques des parements intérieurs
- [6] Parement intérieur suivant NF DTU, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre devant des murs à ossature bois

TYPE 9 : ITE IN SITU SUR PAROIS EN MADRIERS EMPILES

Coupe horizontale



Coupe verticale



Légende

[1] Paroi existante en madriers empilés

[2] Equerre coulissante permettant d'absorber les variations dimensionnelles des madriers (voir chapitre 4.10)

[3] Contre-ossature verticale en bois : Compatible classe d'emploi 2, dimensionnement selon NF DTU 41.2

[4] Isolant semi-rigide selon NF DTU 41.2 ou selon DTA

[5] Pare-pluie $S_d \leq 0,18$ m conforme au NF DTU 31.2

[6] Ossature support de bardage : en pose verticale ou à double réseau (ossature et contre-ossature) - fixée au droit des montants en conformité avec le référentiel dont relève le bardage et permettant la

ventilation du complexe entre le nu intérieur du bardage et le pare-pluie

[7] Bardage ventilé suivant NF DTU, Recommandations Professionnelles, DTA ou ATec visant favorablement une mise en œuvre sur support bois

Remarque : Lorsqu'ils doivent être rénovés, les bâtiments en madriers empilés présentent souvent des dégradations fongiques ou des défauts de fonctionnement liés aux fortes variations dimensionnelles subies par les madriers exposés aux intempéries (voir chapitre 4.10). De fait, pour ce type de constructions, seule une solution d'ITE, permettant de régler conjointement ces deux problèmes est proposée dans le présent Guide.

PERFORMANCE « RESISTANCE A LA PLUIE BATTANTE » DES FAÇADES

Selon la zone de vent, la catégorie de rugosité de terrain et la hauteur du bâtiment (conformément à la NF EN 1991-1-4), la pression dynamique de pointe du vent et la concomitance pluie/vent sur la façade varient fortement, ainsi que le risque de pénétration de l'eau de pluie à l'intérieur des parois à ossature bois.

Ainsi le NF DTU 31.2 (version 2019) et le NF DTU 31.4 définissent deux niveaux vis à vis du risque de pénétration d'eau :

- un niveau d'exigence courant, dit de type « Ee1 – Etanchéité à l'eau de niveau 1 »
- un niveau d'exigence élevé dit de type « Ee2 – Etanchéité à l'eau de niveau 2 »

Ces niveaux d'exigences minimaux, en fonction de la région de vent, de la catégorie de rugosité du terrain et de la hauteur de la façade sont rappelés dans le tableau 3 ci-dessous.

Région de vent ^a	Catégorie de rugosité du terrain ^a	Hauteur du plancher bas du dernier niveau H (m)		
		$H \leq 9$	$9 < H \leq 18$	$18 < H \leq 28$
1	IV	Ee1	Ee1	Ee1
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee1
	IIIa	Ee1	Ee1	Ee1
	II	Ee1	Ee1	Ee1
	0	Ee2	Ee2	Ee2
2	IV	Ee1	Ee1	Ee1
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee1
	IIIa	Ee1	Ee1	Ee2
	II	Ee1	Ee1	Ee2
	0	Ee2	Ee2	Ee2
3	IV	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIa	Ee1	Ee2	Ee2
	II	Ee1	Ee2	Ee2
	0	Ee2	Ee2	Ee2
4	IV	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIa	Ee2	Ee2	Ee2
	II	Ee2	Ee2	Ee2
	0	Ee2	Ee2	Ee2

^a Définies conformément à NF EN 1991-1-4 et ses annexes nationales.

Tableau 3 : Exigence de résistance à la pénétration de la pluie battante

A défaut de précision dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), la catégorie de rugosité du terrain de l'ouvrage est définie selon la topographie du site de l'ouvrage (méthode par défaut) telle que :

- mer ou zone côtière exposée aux vents de mers, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km : catégorie de terrain 0
- campagne : catégorie de terrain II
- zones urbaines ou industrielles : catégorie de terrain IIIb

Les NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 définissent des solutions relatives au plan d'étanchéité à l'eau dans le plan de la façade elle-même (pare-pluie) pour une compatibilité Ee1 ou Ee2.

NOTE : Une disposition constructive compatible avec le niveau d'exigence Ee2 est de fait compatible avec le niveau d'exigence Ee1.

Les dispositions de conception et de mise en œuvre des solutions techniques définies dans le présent document pour les parties courantes et pour les points singuliers sont identifiées comme étant compatibles avec le niveau d'exigence Ee1 ou Ee2, et permettent de respecter les exigences du NF DTU 31.2 et du NF DTU 31.4.

Pour le cas des revêtements extérieurs ventilés :

- un bardage à joints ouverts est compatible avec un niveau d'exigence Ee1 seulement
- un bardage à joints fermés est compatible avec un niveau d'exigence Ee2

INTERET DE LA PREFABRICATION DANS LE CAS DE LA RENOVATION

L'intérêt de la préfabrication en construction bois est multiple : elle permet de gagner du temps, d'améliorer la qualité, de protéger les éléments sensibles des intempéries, de réduire les coûts et de limiter l'impact environnemental.

Dans le cas de la rénovation, notamment en cas de **travaux réalisés en site occupé**, la durée de chantier est très significativement raccourcie, les nuisances (bruit, poussière...) aux occupants des bâtiments en cours de rénovation sont d'autant limitées.

Pour un rendu équivalent, entre une solution intégralement in-situ et une solution avec un niveau de préfabrication élevé (exemple d'une FOB avec revêtement extérieur mis en œuvre en atelier) le temps d'intervention sur site peut passer de plusieurs semaines à quelques jours.

Remarque : En cas de préfabrication, dans l'optique de renforcer la rentabilité de l'opération de rénovation, il est préférable de pouvoir standardiser les éléments préfabriqués et leur dimension. La réalisation d'éléments de grandes dimensions permet un gain de temps, en atelier et surtout à la pose.

De plus, pour accélérer la fabrication et faciliter la pose, il est préférable de standardiser les panneaux de façade autant que possible. Dans tout le process industriel de nombreuses tâches génèrent des coûts fixes quelques soient le format de panneaux (levage, manutention...). Plus le panneau est grand, plus ces coûts sont faibles rapportés au m² produit et posé. La préfabrication exige cependant un diagnostic extrêmement soigné, notamment d'un point de vue géométrie de l'existant.

Ainsi, pour une maison individuelle avec une architecture complexe, cette optimisation peut ne pas être possible, contrairement à un bâtiment tertiaire ou un logement collectif.

RESULTATS DU DIAGNOSTIC DE L'EXISTANT ET CONSEQUENCES SUR LA SOLUTION DE RENOVATION

RELEVÉ GEOMETRIQUE DE L'EXISTANT

Pour pouvoir mettre en œuvre une solution d'ITE in-situ en fixation directe sur le support existant, les tolérances du NF DTU 31.2 (2019) doivent être respectées sur la paroi existante :

- Planéité des parois :
 - Sous réglet de 20 cm inférieure ou égale à 2 mm
 - Sous règle de 2 m inférieure ou égale à 5 mm
- Faux équerage inférieur ou égal à 1mm / m avec une limite à 8 mm
- Faux-aplomb inférieur ou égal au maximum des deux valeurs suivantes :
 - 5 mm sur une hauteur d'étage
 - $H / 600$ (avec H la hauteur d'un étage)
- Raccordement entre éléments de parois juxtaposés ou superposés inférieur ou égal à 3 mm
- Pour les chevêtres de menuiserie :
 - Flèche du linteau inférieure ou égale à 1/500^{ème} de la portée, sans dépasser 10 mm
 - Rectitude des montants et des traverses du chevêtre sous règle de 2 m inférieure ou égale à 3 mm

Si les tolérances ci-dessus ne sont pas respectées les solutions type 1, 2 et 3 NE PEUVENT PAS être utilisées. Seules des solutions désolidarisées pourront être utilisées (solutions type 4, 5, 6 ou 7)

RESISTANCE MECANIQUE DU SUPPORT EXISTANT

Comme indiqué au chapitre 2.2, les points suivants sont vérifiés en prenant en considération notamment les actions climatiques liées au vent et le poids propre de la solution rapportée elle-même :

- Déformation hors plan
- Flambement des montants de l'ossature existante
- Résistance à la compression transversale de la traverse basse et de la lisse basse de chaque paroi existante
- Capacité d'ancrage locale de la structure existante (pour la fixation des contre-ossatures ou des éléments préfabriqués)
- Non aggravation de la vulnérabilité du bâtiment au séisme

Il peut s'avérer lors de ces vérifications que l'ouvrage existant n'est pas en capacité à reprendre les nouveaux efforts enduits par la rénovation.

Si la fixation de contre-ossatures directement sur les montants de l'ossature existante n'est pas possible (capacité d'ancrage réduite, règles de pinces non respectées, poids propre du bardage trop élevé...), **il faudra alors envisager une solution désolidarisée** avec reprise des charges verticales en pied et des charges hors-plan en tête :

- **ITE in-situ (solution de type 7)**
- **ITE préfabriquée (solutions de type 4, 5 ou 6)**

Remarque : L'isolation par l'intérieur (solution de type 8) est également désolidarisée de l'ossature verticale existante. Les charges de la solution de rénovation sont alors reprises par les planchers existants.

ETANCHEITE A L'AIR ET A LA VAPEUR D'EAU :

L'étanchéité à l'air de la construction existante doit être évaluée (voir chapitre 2.2).

Si le débit de fuite de l'enveloppe existante est **supérieur à $1,70 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$** (seuil au-delà duquel il est considéré que le risque de convection dans la paroi est fort, avec risque pour la salubrité des composants), alors **le système pare-vapeur ne peut pas être conservé en l'état** :

- Soit la paroi rénovée devra comporter son propre système pare-vapeur « neuf » et continu (solutions d'ITE préfabriquées type 4, 5 ou 6, solution d'ITI type 8)
- Soit le système pare-vapeur existant devra être rendu continu (localisation des fuites et réparation par bandes adhésives ou bandes pare-vapeur neuves rapportées).

Si l'opération de rénovation fait l'objet d'un label de performance énergétique, ou si le BET Thermique de l'opération souhaite viser un niveau de performance particulier, le seuil de débit de fuite au-delà duquel un pare-vapeur « neuf » doit être mis en œuvre peut être réduit par rapport à l'exigence ci-dessus. Par exemple, le label BBC rénovation impose débit de fuite inférieur à $1,20 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$

Si le système pare-vapeur existant est trop perméable à l'air et ne peut pas être réparé (travaux d'ITE uniquement) alors la solution de rénovation devra comporter son propre système pare-vapeur « neuf » et continu (**solutions de type 4, 5 ou 6**).

EVALUATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DE LA SOLUTION RAPPORTEE ET DE LA PAROI GLOBALE

La performance thermique de la solution rapportée peut varier selon l'objectif visé :

- Une « simple » conformité aux exigences réglementaires (voir ci-dessus)
- Une conformité aux exigences du label « BBC EFFINERGIE RÉNOVATION 2024 », qui fixe des niveaux de performance plus élevés que celles de la réglementation (<https://www.effinergie.org/web/labels/renovation>)

Spécificité paroi / référentiel	Résistance thermique minimale pour la paroi verticale rénovée
Niveau « Réglementaire » (RT bâtiments existants)	$3,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$ (ou $2,2 \text{ m}^2.\text{K/W}$ pour la zone H3 à moins de 800 m d'altitude)
Niveau BBC rénovation 2024 en cas d'ITE	$4,4 \text{ m}^2.\text{K/W}$
Niveau BBC rénovation 2024 en cas d'ITI	$3,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$

Tableau 4 : Objectif de résistance thermique – parois verticales

Spécificité paroi / référentiel	Coefficient de transmission thermique maximal pour la solution de rénovation des menuiseries vitrées
Niveau « Réglementaire » (RT bâtiments existants)	$1,9 \text{ W/m}^2.\text{K}$
Niveau BBC rénovation 2024	$1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Tableau 5 : Objectif de coefficient de transmission thermique – menuiseries extérieures

Des calculs de résistance thermique ont été réalisés sur les solutions de rénovation visées par le présent document, avec des variantes. Les résultats sont fournis dans les tableaux 6 à 9 ci-dessous :

- **Cas des solutions d'ITE in-situ, sur paroi existante à ossature bois :**

ITE in-situ / solutions de type 1,2,3 ou 7			
Epaisseur totale d'isolant rapporté (en 1 ou 2 lits)	Résistance thermique de la solution rapportée ($m^2.K/W$)	Résistance thermique totale paroi existante + solution rapportée ($m^2.K/W$)	
		Paroi existante avec isolant de 95 mm	Paroi existante avec isolant de 120 mm
60 mm	1,43	3,79	4,41
80 mm	1,90	4,26	4,87
95 mm	2,26	4,61	5,23
120 mm	2,83	5,18	5,80
155 mm	3,67	6,02	6,64

Tableau 6 : Résistance thermique des solutions du guide – **SOLUTIONS ITE IN-SITU (OB)**

- **Cas des solutions d'ITE préfabriquées (FOB), sur paroi existante à ossature bois :**

ITE préfabriquée (FOB) / solutions de type 4,5 ou 6			
Epaisseur totale d'isolant rapporté	Résistance thermique de la solution rapportée ($m^2.K/W$)	Résistance thermique totale paroi existante + solution rapportée ($m^2.K/W$)	
		Paroi existante avec isolant de 95 mm	Paroi existante avec isolant de 120 mm
95 mm	2,33	4,68	5,30
120 mm	3,02	5,37	5,99
145 mm	3,64	5,99	6,61
200 mm	5,91	8,26	8,88

Tableau 7 : Résistance thermique des solutions du guide – **SOLUTIONS ITE PREFABRIQUEES (FOB)**

- Cas des solutions d'ITE in-situ, sur paroi existante en madriers empilés :

ITE in-situ / solutions de type 9				
Epaisseur totale d'isolant rapporté	Résistance thermique de la solution rapportée (m ² .K/W)	Résistance thermique totale paroi existante + solution rapportée (m ² .K/W)		
		Paroi existante de 55 mm	Paroi existante de 80 mm	Paroi existante de 100 mm
80 mm	1,90	2,33	2,52	2,67
95 mm	2,26	2,68	2,87	3,02
120 mm	2,83	3,25	3,44	3,60
155 mm	3,67	4,09	4,29	4,44

Tableau 8 : Résistance thermique des solutions du guide – **SOLUTIONS ITE in-situ (madriers)**

- Cas des solutions d'ITI, sur paroi existante à ossature bois :

ITI / solution de type 8			
Epaisseur totale d'isolant rapporté (en 1 lit)	Résistance thermique de la solution rapportée (m ² .K/W)	Résistance thermique totale paroi existante + solution rapportée (m ² .K/W)	
		Paroi existante avec isolant de 95 mm	Paroi existante avec isolant de 120 mm
60 mm	1,75	4,10	4,59
80 mm	2,23	4,58	5,09
95 mm	2,59	4,94	5,46
120 mm	3,19	5,54	6,09
145 mm	3,78	6,14	6,71

Tableau 9 : Résistance thermique des solutions du guide – **SOLUTIONS ITE IN-SITU (OB)**

NOTE METHODOLOGIQUE :

Les valeurs portées dans les tableaux 6 à 9 ci-dessus sont issues de calculs réalisés conformément aux règles Th-Bât, avec les hypothèses suivantes :

- Bois d'ossature : $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$
- Isolant « neuf » : $\lambda = 0,032 \text{ W/m.K}$
- Isolant « ancien » : $\lambda = 0,041 \text{ W/m.K}$
- Panneau à base de bois : $\lambda = 0,13 \text{ W/m.K}$
- Plaque de plâtre : $\lambda = 0,25 \text{ W/m.K}$

ESTIMATION DU STOCKAGE CARBONE GRACE A LA SOLUTION DE RENOVATION CHOISIE

La volonté d'un maître d'ouvrage entreprenant des travaux de rénovation peut être aussi de permettre à son bâtiment de stocker du carbone. Cette volonté peut être reconnue grâce à des labels spécifiques, comme le label BBCA rénovation par exemple (<https://www.batimentbas carbone.org/renovation-bas-carbone/>).

Le présent chapitre permet d'estimer le stockage Carbone permis par les travaux de rénovation.

NOTE METHODOLOGIQUE :

Sur demande de la DHUP, FCBA et Karibati ont développé des modalités de calcul pour évaluer le stockage de carbone dans les opérations de rénovation pour des solutions de rénovations à base de bois. L'outil développé permet d'estimer la quantité de matière biosourcée (en kg/m²) et la quantité équivalente de carbone biogénique stocké (en kgCO₂eq /m²) par m² de paroi traitée.

Le contenu en biosourcé des produits a été évalué en suivant les règles des normes :

- NF EN 16785-1 Produits biosourcés — Teneur biosourcée — Partie 1 : Détermination de la teneur biosourcée par une analyse au radiocarbone et une analyse élémentaire ;

- NF EN 16785-2 Produits biosourcés — Teneur biosourcée — Partie 2 : Détermination de la teneur biosourcée à l'aide de la méthode basée sur le bilan matières

Par conséquent, conformément à ces normes, pour les produits bruts (bois, paille) le contenu en biosourcé est de 100% de la masse du produit et pour les produits en mélange c'est la méthode du bilan matière qui s'applique principalement.

Pour les différentes familles de produits d'isolation, le contenu en biosourcé a été calculé sur la base d'une masse volumique moyenne des produits et du pourcentage de biosourcé « certifié » dans le cadre du label produit biosourcé (obtenu conformément aux normes ci-dessus) lorsque c'était possible. Ceci afin d'avoir une donnée fiable et validée par tierce partie.

Dans les autres cas (produits non bruts ou non labellisés), le contenu en biosourcé a été évalué sur la base de la connaissance des produits (données fabricants), en prenant une marge de sécurité (valeur par défaut pénalisante).

La quantité de carbone biogénique, exprimée en kgCO₂eq, a été calculée à partir de la quantité de biosourcé multipliée par un coefficient de 1,5, coefficient moyen de captation de CO₂ lors de la photosynthèse pour les espèces végétales concernées.

Pour l'ensemble des autres matériaux, les données ont été obtenues sur la base des informations contenues dans les fiches FDES collectives accessibles sur la base INIES et sur DE-BOIS.

Pour les panneaux à base de bois, des familles de produits ont été réalisées pour limiter et simplifier le choix (contreplaqué, OSB, panneaux de particules, panneaux MDF et panneaux HDF). Le calcul du contenu en biosourcé a été calculé sur la base d'une masse volumique moyenne pour chaque famille. En fonction des typologies de travaux les épaisseurs de panneaux ont été adaptées pour répondre aux habitudes de mise en œuvre.

Cette méthode a ainsi été appliquée aux solutions de rénovation visées par le présent document, avec des variantes. Les résultats sont fournis dans les tableaux 10, 11 et 12 ci-dessous :

- **Cas des solutions d'ITE in-situ :**

Pour les calculs de quantité de matière biosourcée et quantité équivalente de carbone biogénique stocké de ces solutions de rénovation, les hypothèses suivantes ont été prises :

- bardage bois : lames en épicea d'épaisseur 18 mm sur tasseaux bois 27x40
- bardage métallique (acier, aluminium...) sur ossature métallique
- section ossature bois : 45 x épaisseur isolant
- isolant semi-rigide : fibres végétales entre 40 et 55 kg/m³
- isolant minéral : laine de verre ou laine de roche

ITE in-situ / solutions de type 1,2,3,7 ou 9								
Epaisseur totale d'isolant rapporté (en 1 ou 2 lits)	bardage métallique + isolant minéral		bardage bois + isolant minéral		bardage métallique + isolant fibres de bois		bardage bois + isolant fibres de bois	
	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)
60 mm	2,00	3,10	10,70	17,10	4,20	6,34	12,90	20,34
80 mm	2,70	4,10	11,40	18,10	5,60	8,42	14,30	22,42
95 mm	3,20	4,90	11,90	18,90	6,60	10,03	15,30	24,03
120 mm	4,10	6,20	12,80	20,20	8,40	12,68	17,10	26,68
155 mm	5,30	8,00	14,00	22,00	10,90	16,37	19,60	30,37

Tableau 10 : quantité de matière biosourcée (en kg/m²) et quantité équivalente de carbone biogénique stocké (en kgCO₂éq /m²) par m² de paroi – **SOLUTIONS ITE IN-SITU**

• **Cas des solutions d'ITE préfabriquées (FOB) :**

Pour les calculs de quantité de matière biosourcée et quantité équivalente de carbone biogénique stocké de ces solutions de rénovation, les hypothèses suivantes ont été prises :

- bardage bois : lames en épicéa d'épaisseur 18 mm sur tasseaux bois 27x40
- bardage métallique (acier, aluminium...) sur ossature métallique
- FOB : montants de section 45 x épaisseur d'isolant, entraxe 60 cm, OSB 3 de 9 mm
- isolant semi-rigide : fibres végétales entre 40 et 55 kg/m³
- isolant minéral laine de verre ou laine de roche

ITE préfabriquée (FOB) / solutions de type 4, 5 ou 6								
Epaisseur totale d'isolant rapporté	bardage métallique + isolant minéral		bardage bois + isolant minéral		bardage métallique + isolant fibres de bois		bardage bois + isolant fibres de bois	
	Quantité biosourcée (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcée (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcée (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcée (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)
95 mm	9,00	14,96	18,74	30,51	12,24	19,82	21,98	35,37
120 mm	10,40	16,97	20,14	32,52	14,72	23,45	24,46	39,00
145 mm	11,70	19,09	21,44	34,64	16,92	26,92	26,66	42,47
200 mm	14,50	23,24	24,24	38,79	21,70	34,04	31,44	49,59

Tableau 11 : quantité de matière biosourcée (en kg/m²) et quantité équivalente de carbone biogénique stocké (en kgCO₂éq /m²) par m² de paroi – **SOLUTIONS ITE PREFABRIQUEES (FOB)**

• **Cas des solutions d'ITI :**

Pour les calculs de quantité de matière biosourcée et quantité équivalente de carbone biogénique stocké de ces solutions de rénovation, les hypothèses suivantes ont été prises :

- lambris bois : lames en épicéa d'épaisseur 18 mm sur tasseaux bois 27x40
- section ossature bois : 36 x épaisseur isolant
- isolant semi-rigide : fibres végétales entre 40 et 55 kg/m³
- Plaque de plâtre type BA13 sur ossature métallique
- isolant minéral : laine de verre ou laine de roche

ITI / solution de type 8								
Epaisseur totale d'isolant rapporté	BA13 + isolant minéral		lambris bois + isolant minéral		BA 13 + isolant fibres de bois		lambris bois + isolant fibres de bois	
	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)	Quantité biosourcé (kg /m ²)	Quantité carbone biogénique (kg CO ₂ éq. /m ²)
60 mm	1,60	2,50	10,30	16,50	3,80	5,74	12,50	19,74
80 mm	2,20	3,30	10,90	17,30	5,10	7,62	13,80	21,62
95 mm	2,60	3,90	11,30	17,90	6,00	9,03	14,70	23,03
120 mm	3,30	4,90	12,00	18,90	7,60	11,38	16,30	25,38
145 mm	3,90	6,00	12,60	20,00	9,10	13,83	17,80	27,83

Tableau 12 : quantité de matière biosourcée (en kg/m²) et quantité équivalente de carbone biogénique stocké (en kgCO₂éq /m²) par m² de paroi – **SOLUTIONS ITI**

CONSEQUENCES DU CHOIX DU BARDAGE SUR LE CHOIX DE LA SOLUTION D'ITE

Le référentiel (DTU , Avis Technique, ...) dont relève le système de bardage peut définir pour les tasseaux supports de bardage des entraxes maximum spécifiques (dépendant de la nature du produit, l'orientation des lames ou panneaux de bardage, de la sollicitation de vent sur l'ouvrage, ...).

En général, ces entraxes sont compris entre 300 mm et 650 mm.

POUR LES SOLUTIONS D'ITE IN-SITU :

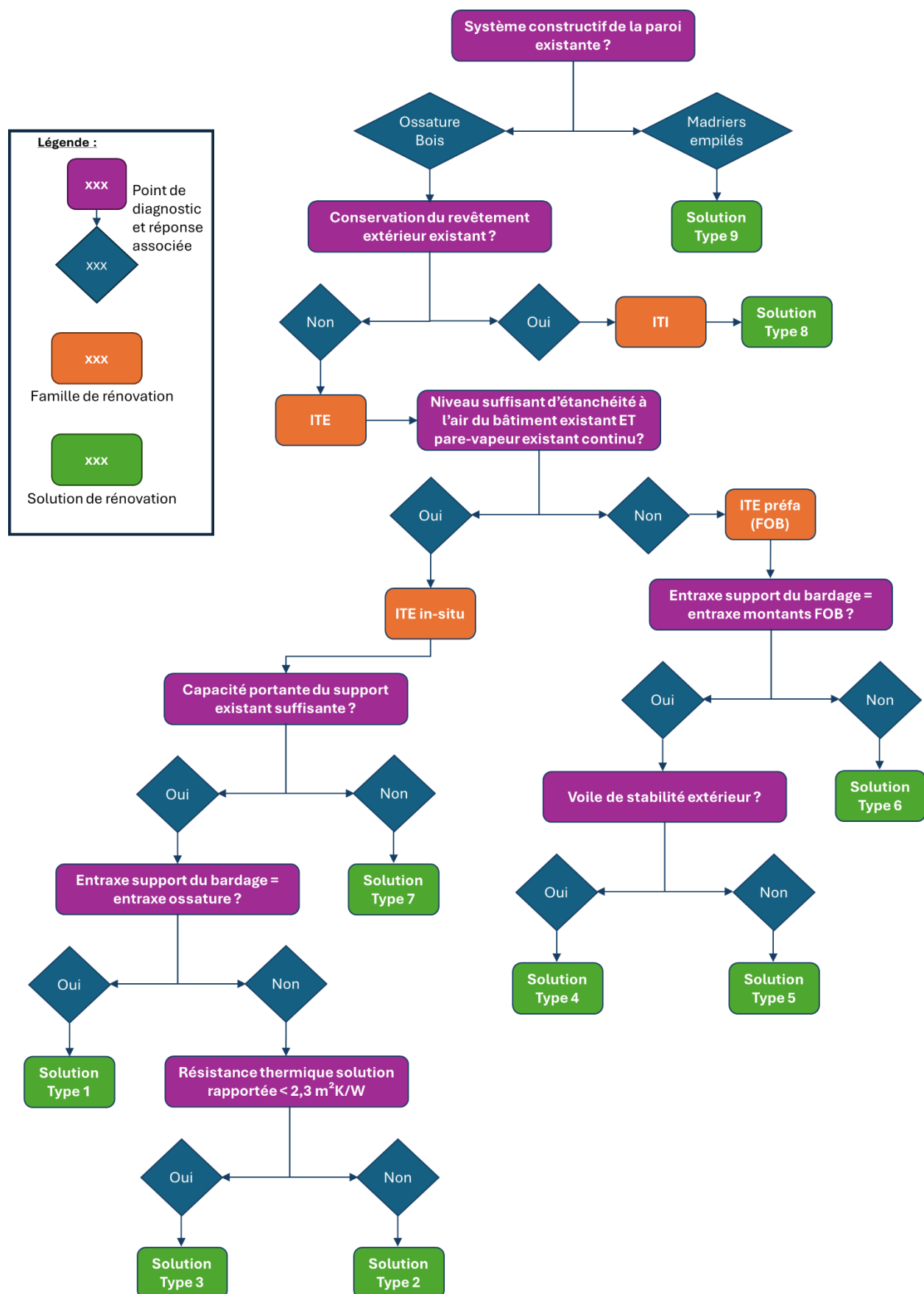
Dans le cas des solutions de type 1 et de type 7, l'entraxe des tasseaux supports de bardage devra être le même que celui de l'ossature existante.

Les solutions de type 2 et 3, avec leur 1^{er} réseau de contre-ossatures horizontales permettent de décorrélérer l'entraxe des tasseaux support de bardage et celui de l'ossature existante.

POUR LES SOLUTIONS D'ITE PREFABRIQUEES (FOB)

Généralement les montants de FOB, pour une question d'optimisation des couts et d'optimisation de la production, ont un entraxe variant entre 600 et 645 mm. Si le bardage impose des tasseaux supports avec un entraxe différent, la solution de type 6, avec contre-ossature horizontale, pourra être privilégiée.

SYNTHESE : LOGIGRAMME D'AIDE A LA DECISION POUR LE CHOIX DE LA SOLUTION DE RENOVATION



3.2 TRAVAUX PREALABLES SUR LES PAROIS EXISTANTES

Ces interventions sur la paroi existante avant de mettre en œuvre la solution de rénovation, visent à :

- **Rendre accessible la structure** existante, pour pouvoir y ancrer les éléments rapportés
- **Supprimer les éléments gênants** pour la gestion des transferts de vapeur dans la paroi rénovée
- **Améliorer la planéité de la façade** existante en partie courante et au droit des points singuliers.

EN CAS DE TRAVAUX D'ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTERIEUR

Les principaux travaux à prévoir sont :

- Dépose des descentes d'eaux pluviales
- Dépose des éléments pesants en façade (brise-soleil, stores, antennes, ...) si non intégration à la solution de rénovation
- Dépose du revêtement extérieur existant (bardage, enduit, ...) et des tasseaux support associés
- Dépose des bavettes et larmiers existants (recoupement de lame d'air)
- Dépose du pare-pluie existant
- Dépose des fermetures existantes si celles-ci sont situées dans le périmètre d'intervention de l'opération de rénovation
- Dépose des menuiseries extérieures s'il est prévu de les remplacer
- Dépose ou arase au niveau du voile de contreventement existant des éléments d'encadrement de baie ou d'habillage de baie existants (appuis de baie, jambages, sous-face de linteau)
- Remplacement des éléments de structure (montants, panneaux de contreventement) selon les résultats du diagnostic (voir chapitre 2.2)
- Prolongation si besoin des fourreaux des sorties de ventilation ou autres éléments traversants

EN CAS DE TRAVAUX D'ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTERIEUR

Les principaux travaux à prévoir sont :

- Dépose des éléments pesants fixés sur le parement intérieur ou sur l'ossature bois (placards hauts, radiateurs, chaudière, chauffe-eau, ...)
- Dépose des réseaux électrique / plomberie le cas échéant
- Dépose du parement intérieur existant
- Dépose du pare-vapeur existant
- Dépose des menuiseries extérieures s'il est prévu de les remplacer
- Dépose ou arase au niveau du nu intérieur des montants existants des éléments d'encadrement de baie ou d'habillage de baie existants
- Remplacement des éléments de structure (montants, panneaux de contreventement) selon les résultats du diagnostic (voir chapitre 2.2)
- Remplacement éventuel de l'isolant existant

ATTENTION : RENOUVELLEMENT D'AIR DANS LES LOCAUX

La thématique du renouvellement de l'air dans les locaux ou les VMC présentes ou pas dans les locaux existants n'est pas abordée dans ce Guide.

Toutefois, les travaux de rénovation modifient et déséquilibrent l'aération des locaux, car ils deviennent plus étanches à l'air. Il est donc impératif de connaître le système de ventilation en place, et au besoin d'installer une ventilation générale et permanente (ou de la rénover), afin d'assurer un air sain et d'éliminer les risques de condensation dans les parois.

Il est ainsi recommandé d'intervenir sur la ventilation dès que des travaux d'isolation ou de changement des menuiseries sont prévus :

- S'orienter vers une VMC simple-flux hygroréglable avec entrées d'air obligatoires.
- Etudier la possibilité d'une VMC double flux, plus performante, si la configuration des locaux est favorable

Un document édité par le Pôle Fenêtre de la FFB permet d'apporter les précisions techniques nécessaire à ces opérations en lien avec la ventilation, consultable sur <https://www.polefenetre.fr/files/GUIDE-CHANGEMENT-DE-FENETRES-VENTILATION-decembre-2016.pdf>.

4. MISE EN ŒUVRE ET CARNETS DE DETAILS

4. MISE EN ŒUVRE ET CARNETS DE DETAILS

4.1 GENERALITES

INTERFACES AVEC LES AUTRES CORPS D'ETAT

La rénovation thermique ou énergétique des parois verticales d'un bâtiment doit s'inscrire dans un cadre plus global, notamment concernant **la gestion des interactions et des interfaces** entre les lots « Enveloppe » (parois opaques et menuiseries extérieures) et les lots « Equipements » (chauffage, VMC, ECS, électricité).

Ces sujets n'étant pas traités dans le présent Guide, il conviendra se référer au document « *Rénovation thermique performante par étapes - Comment garantir un résultat global performant et durable ?* » publié par l'Agence Qualité Construction :

(<https://qualiteconstruction.com/wp-content/uploads/2024/05/Plaquette-Renovation-Energetique-AQC.pdf>)

SPECIFICATIONS COMMUNES DE CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE

RECONNAISSANCE TECHNIQUE DES OUVRAGES

Comme indiqué au chapitre 3.1, les ouvrages rapportés, sauf mention contraire ci-dessous, sont traditionnels au sens du NF DTU 31.2, du NF DTU 31.4, du NF DTU 36.2 ou du NF DTU 41.2.

Ainsi la justification des performances des solutions de rénovation d'un point de vue :

- De l'étanchéité à l'eau
- De la durabilité
- De la résistance mécanique (vent, poids propre, séisme)

est réalisée selon les Règles de l'Art précitées.

Dans le cas de l'utilisation d'une solution d'ITE, celle-ci doit être associée à un revêtement extérieur de type bardage ventilé. Ce bardage devra faire l'objet d'un référentiel visant favorablement la mise en œuvre sur support ossature bois.

Pour les supports conformes **au NF DTU 31.2**, on peut citer :

- Les **bardages bois** conformes au NF DTU 41.2
- Les **bardages en panneaux HPL, en panneaux fibres-ciment ou en clins PVC** conformes aux Recommandations Professionnelles « Bardages rapportés en panneaux ou clins sur parois bois COB et CLT »
- Les **bardages en ardoises** naturelles ou fibres-ciment conformes aux Recommandations Professionnelles « Bardages rapportés en ardoises sur parois bois COB et CLT »
- Les **bardages en tuiles de terre cuite** conformes aux Règles Professionnelles « bardages de tuiles en terre cuite sur construction à ossature bois et panneaux CLT »
- Les **bardages métalliques** conformes aux Recommandations Professionnelles « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable »
- Les **bardages en clins et cassettes métalliques** (acier, acier inoxydable, alliage d'aluminium, zinc et cuivre et alliages de cuivre) conformes au Cahier CSTB 3747
- Les bardages faisant l'objet d'une ATEx, d'un Avis Technique ou d'un DTA visant la pose sur parois conformes au NF DTU 31.2

Pour les supports conformes **au NF DTU 31.4**, on peut citer :

- Les **bardages bois** conformes au Guide FOBBARD (<https://www.fnbois.com/bardages-bois-sur-fob-un-guide-technique-pour-combler-le-vide-normatif/>)
- Les bardages faisant l'objet d'une ATEx, d'un Avis Technique ou d'un DTA visant la pose sur parois conformes au NF DTU 31.4

Lorsque les fermetures sont également remplacées dans le cadre des travaux de rénovation, celles-ci devront être mises en œuvre selon le Guide « Fermetures extérieures sur parois ossature bois » (<https://www.codifab.fr/actions-collectives/fermetures-exterieures-sur-parois-ossature-bois>)

RESISTANCE AUX CHOCS INTERIEURS DE SECURITE

Les parois à ossature bois, quelle que soit leur situation dans l'ouvrage, sont soumises à une exigence de résistance aux chocs intérieurs de sécurité de type « 900 Joules / M50 », afin de garantir la sécurité des personnes.

La performance de la paroi est assurée par la combinaison parement intérieur / voile de contreventement.

Dans le cas de la mise œuvre d'une **solution de type ITE**, il n'y a **pas d'aggravation** des conditions de sécurité, **voire une amélioration** de la performance de la paroi.

Dans le cas de l'ITI (solution de type 8), le parement intérieur étant remplacé, pour satisfaire aux exigences de résistance aux chocs intérieurs de sécurité, les montants de la solution rapportée doivent être **mis en œuvre à mi-entraxe** par rapport aux montants de l'ossature existante, comme illustré sur la figure 12 ci-dessous.

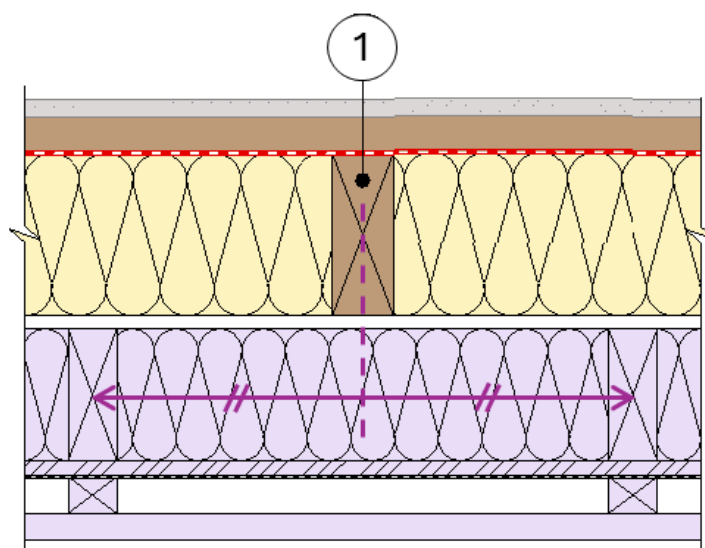


Figure 12 : Positionnement des montants de la solution d'ITI pour assurer la résistance aux chocs intérieurs de sécurité de la paroi

SPECIFICITES POUR LES ISOLANTS

Dans le cadre du présent Guide, les solutions de rénovation doivent uniquement comporter **des isolants semi-rigides et fibreux**, en laine minérales ou en fibres de bois, ou faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA visant favorablement la mise en œuvre entre montants de parois à ossature bois.

De plus, pour tous les isolants à base de fibres végétales, d'un point de vue de leur résistance au développement des moisissures, en référence au Cahier 3713_V4 de février 2025, les solutions de rénovation décrites dans le présent Guide correspondent aux conditions répertoriées dans le tableau 13 ci-après :

Solution de rénovation	Justification « résistance à la moisissure » à apporter pour les isolants utilisés
Type 1	Condition 1
Type 2	Condition 1 pour la couche d'isolant extérieur, condition 3 pour la couche d'isolant intérieur
Type 3	Condition 1
Type 4	Condition 3
Type 5	Condition 1
Type 6	Condition 1 pour la couche d'isolant extérieur, condition 3 pour la couche d'isolant intérieur
Type 7	Condition 1
Type 8	Condition 3
Type 9	Condition 1

Tableau 13 : condition hygrothermique et justification « résistance à la moisissure » à apporter pour les isolants utilisés

Remarque : Les isolants en fibres de bois (conformes à la norme NF EN 13171) ne sont compatibles qu'avec la condition 3. C'est pourquoi, les isolants en fibres de bois ne peuvent pas être mis en œuvre directement sous une membrane pare-pluie souple.

NOTE : Les Conditions 1 et 3 sont équivalents respectivement aux anciennes appellations « scénario HR95 » et « scénario HR85 ». Ces deux conditions, issues de la norme NF EN 17886, constituent un équivalent, pour les isolants à base de fibres végétales, des classes d'emplois du bois : La condition 1 correspond à des situations « humides » avec une humidité relative supérieure à 85% sur de longues périodes, la condition 3 correspond à des situations « sèches » avec une humidité relative inférieure à 85%

4.2 CAS DE L'ITE IN-SITU – SOLUTION DE TYPE 1

La conception et la mise en œuvre de la solution de rénovation doivent respecter les exigences du chapitre 9.3.1.4 du NF DTU 31.2 – Mise en œuvre d'un complément d'isolation extérieure.

La mise en œuvre de la membrane pare-pluie respecte également les exigences du NF DTU 31.2, en partie courante et au droit des points singuliers.

Le carnet de détail ci-dessous illustre les prescriptions relatives à la gestion des points singuliers, et indique si le détail est compatible avec l'exigence Ee1 ou Ee2 d'un point de vue résistance à la pluie battante (voir chapitre 3.1).

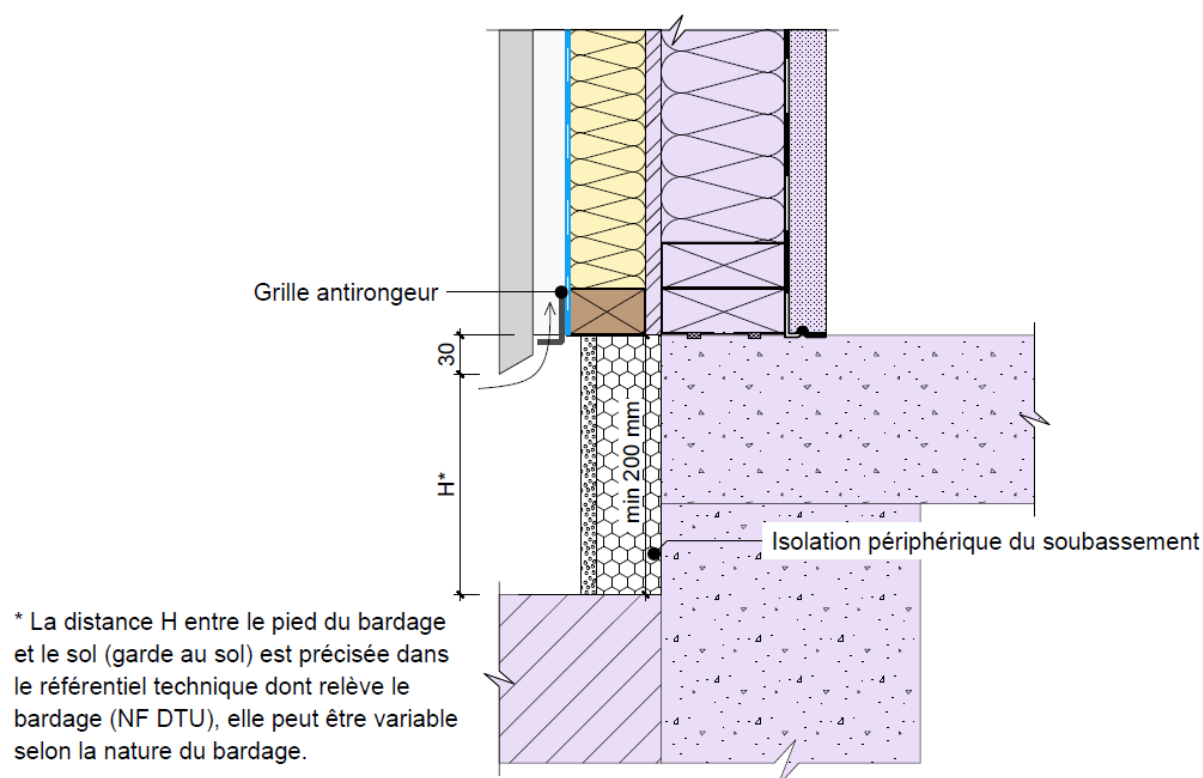


Figure 13 : Pied de mur (coupe verticale)

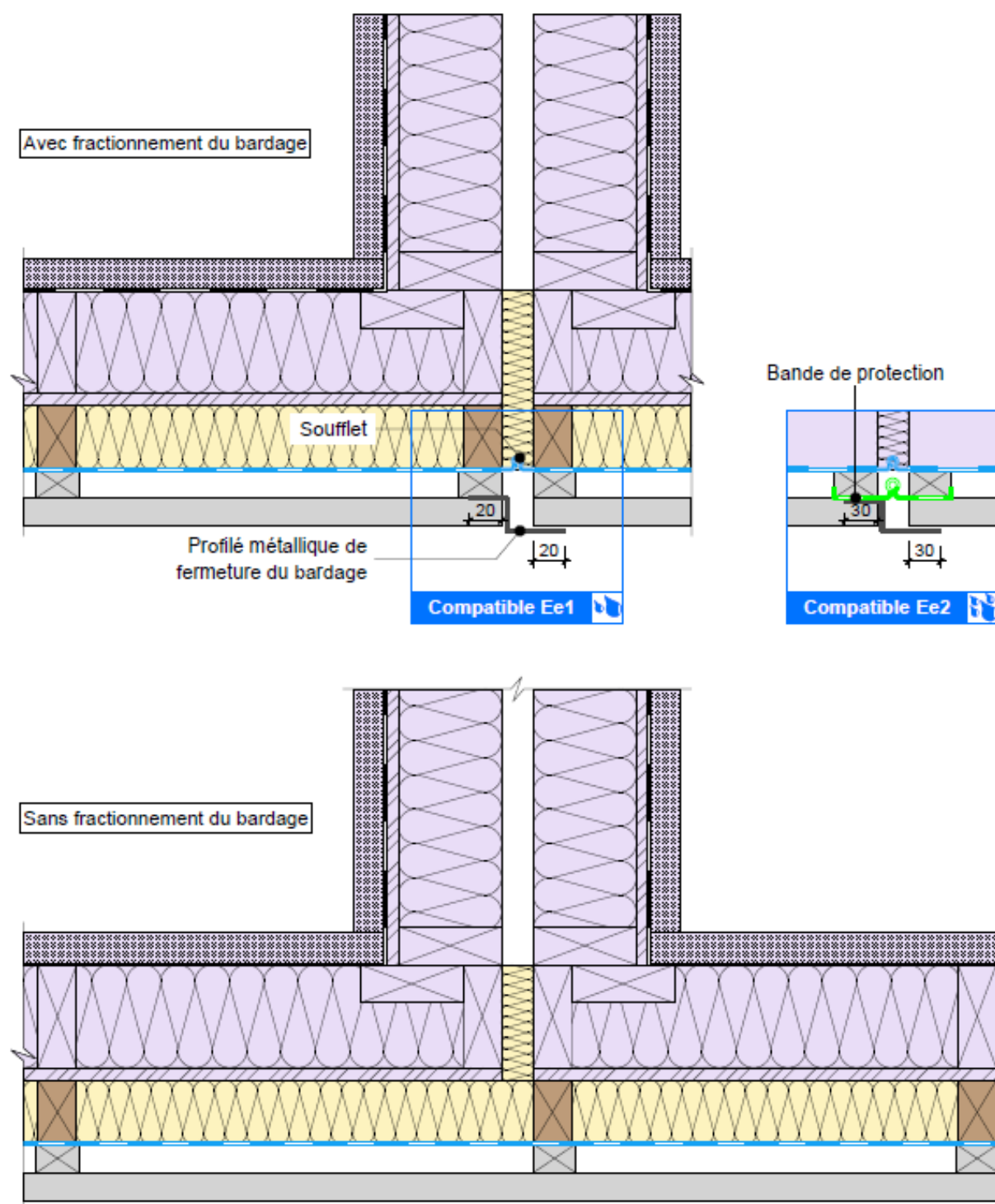


Figure 14 : Jonction entre parois verticales séparatives (coupes horizontales)

NOTE : S'il existe un risque de mouvement différentiel entre les deux éléments de façade de part et d'autre des parois séparatives (risque identifié lors du diagnostic mécanique de la structure existante) alors le bardage doit être fractionné

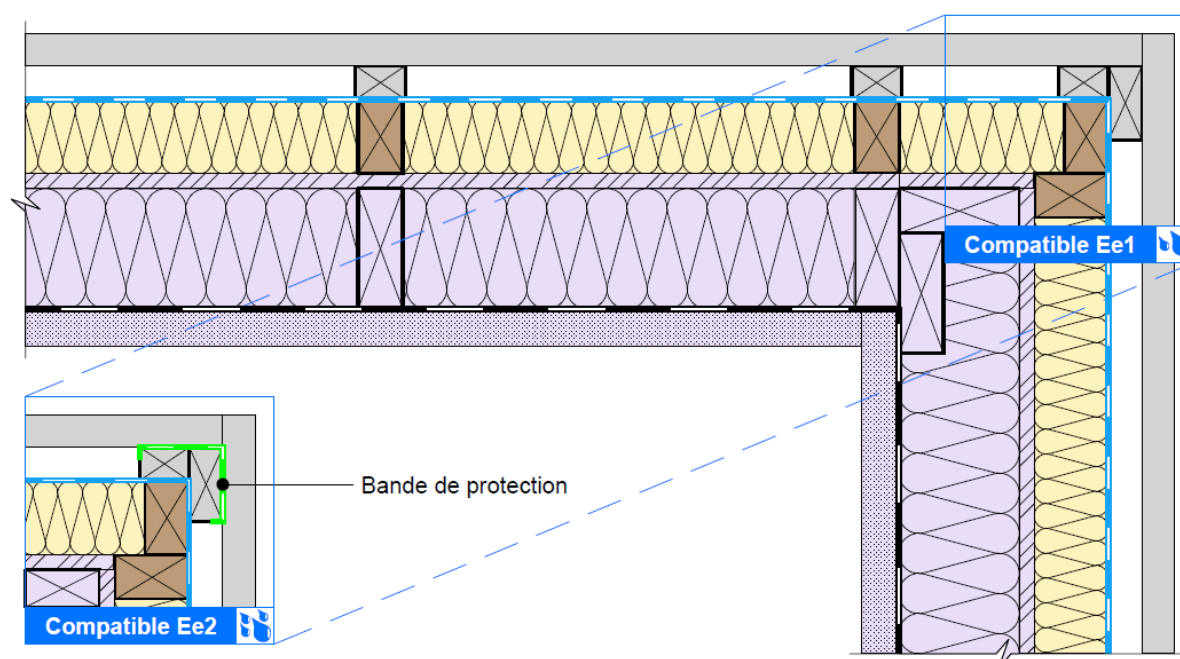


Figure 15 : Angle sortant (coupe horizontale)

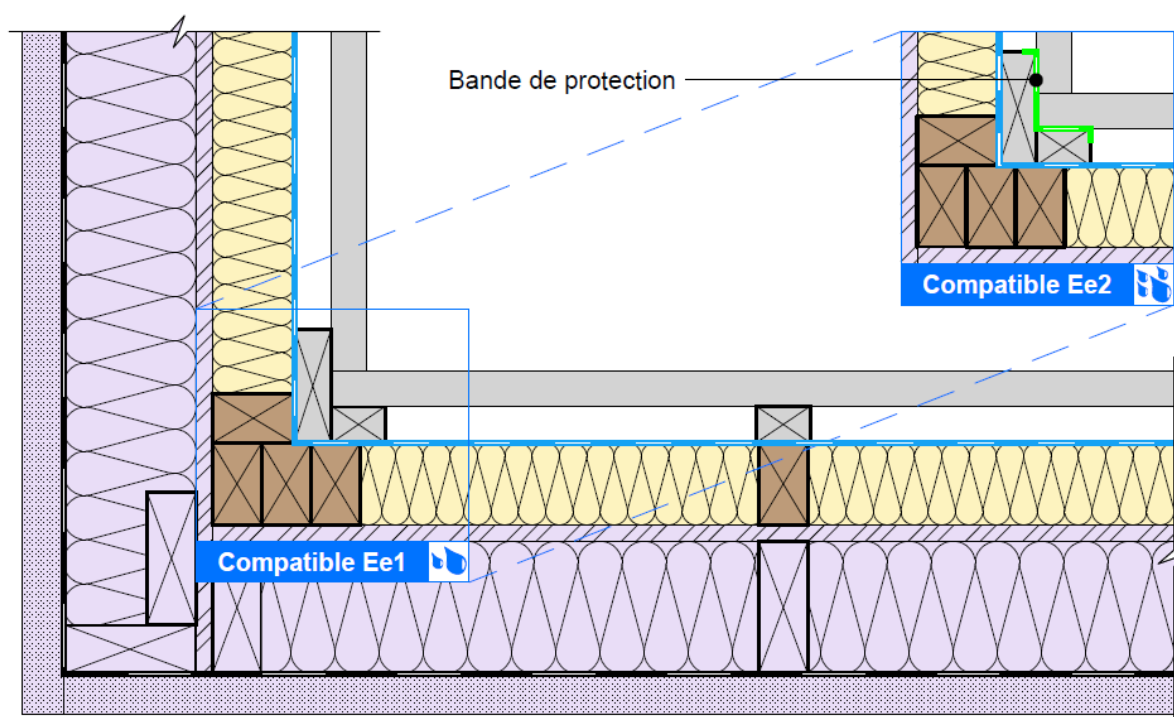


Figure 16 : Angle rentrant (coupe horizontale)

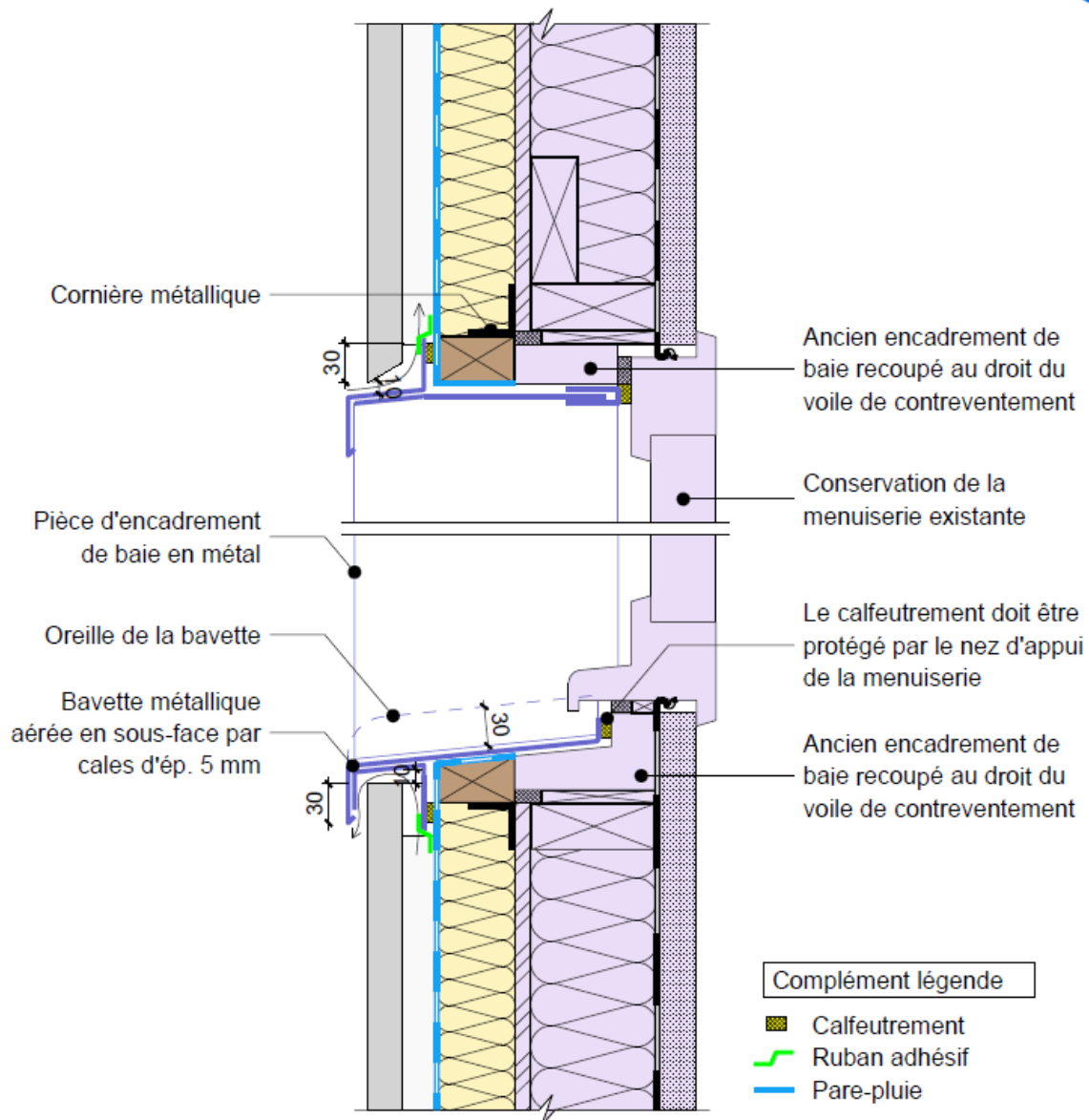


Figure 17 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe verticale)

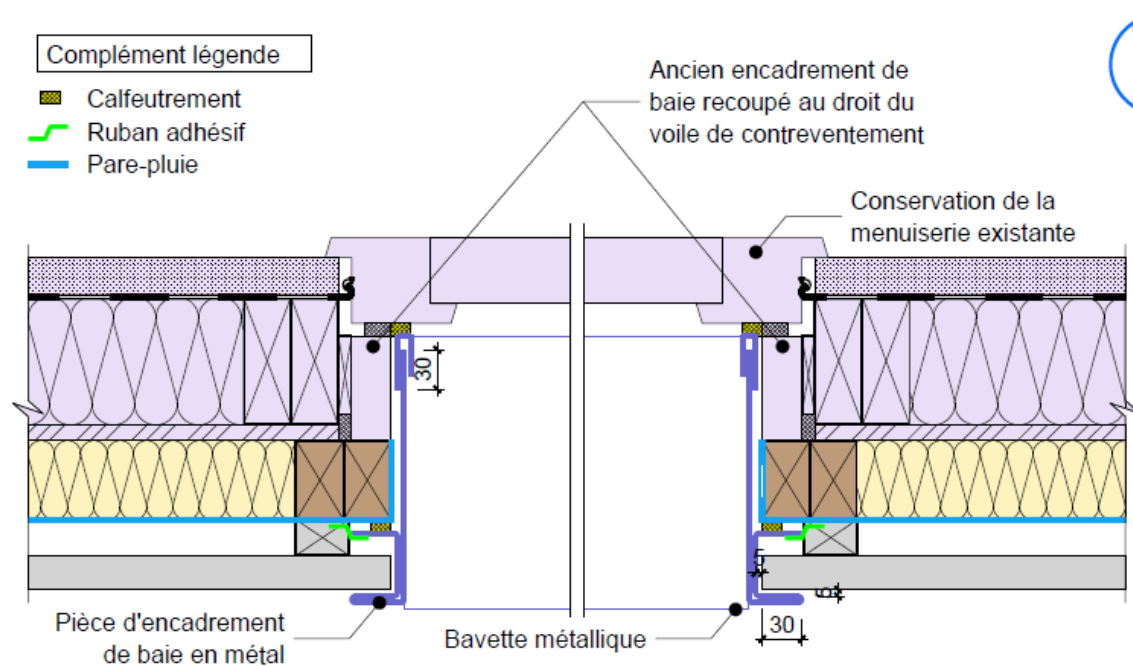


Figure 18 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe horizontale)

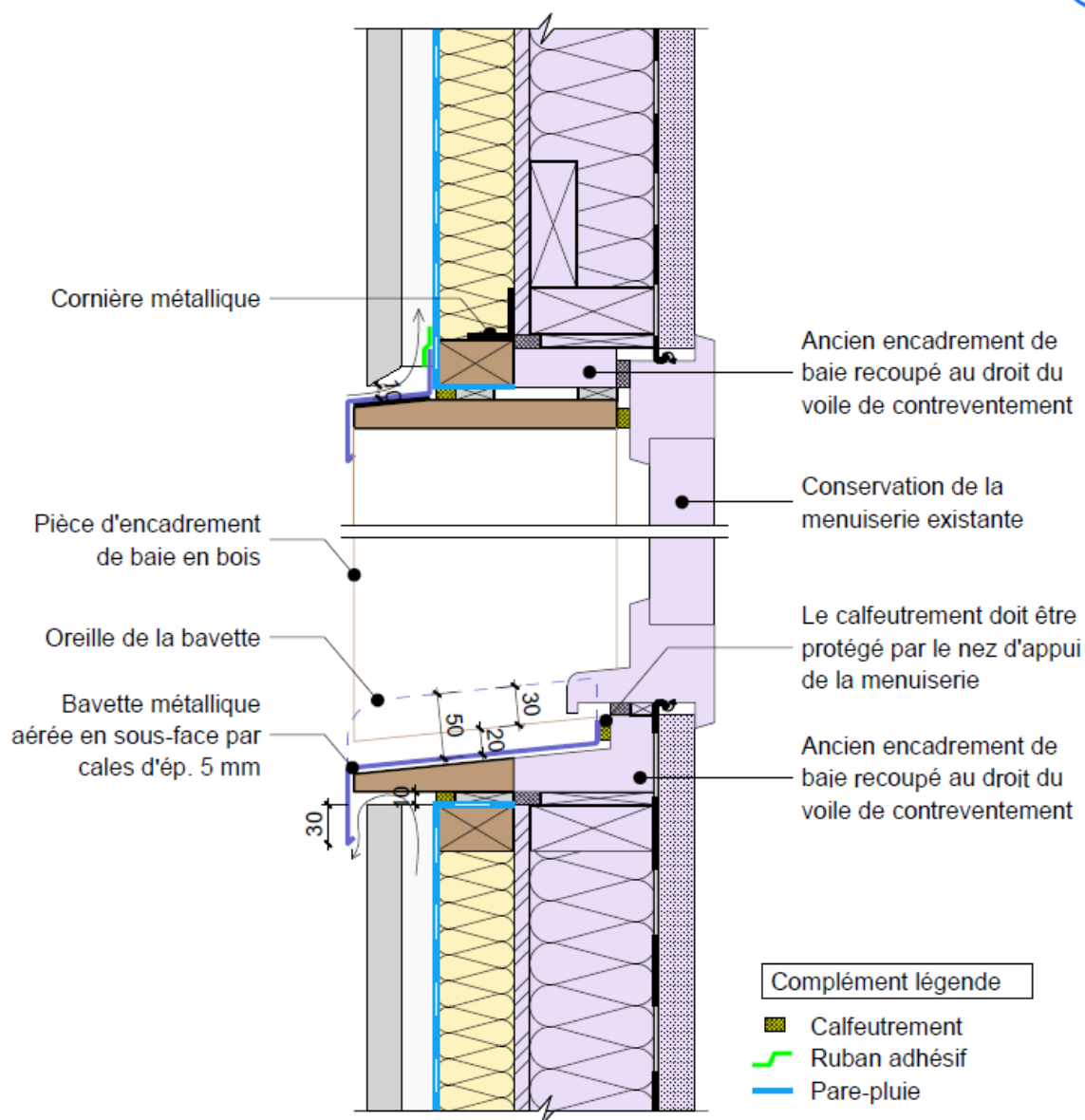


Figure 19 : Baie avec encadrement rapporté en bois (coupe verticale)

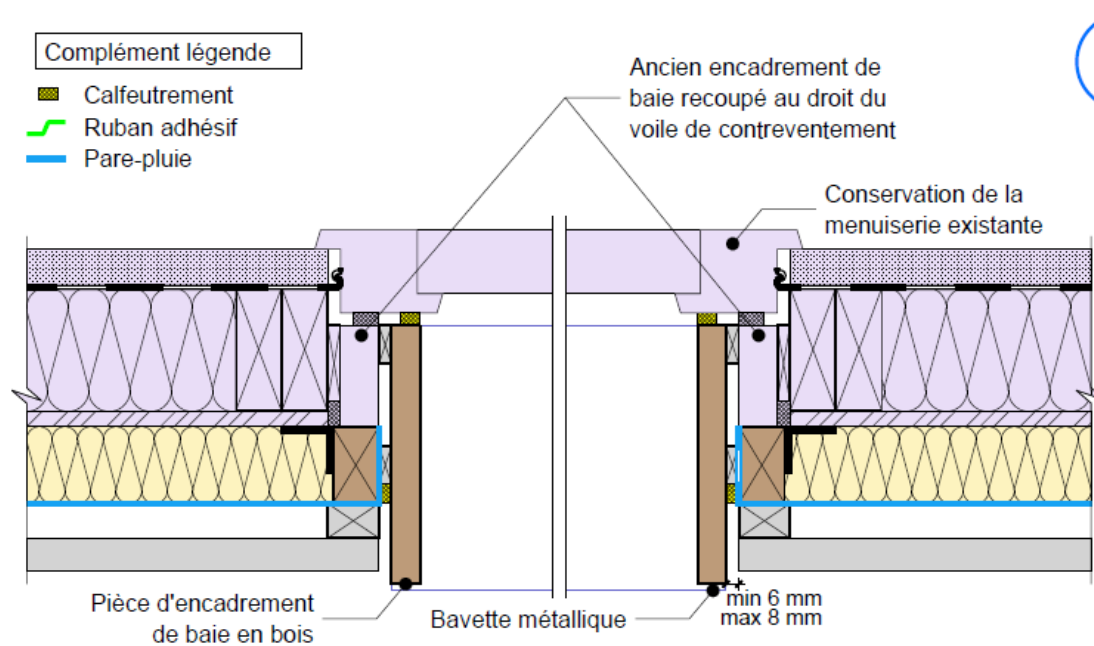


Figure 20 : Baie avec encadrement rapporté en bois (coupe horizontale)

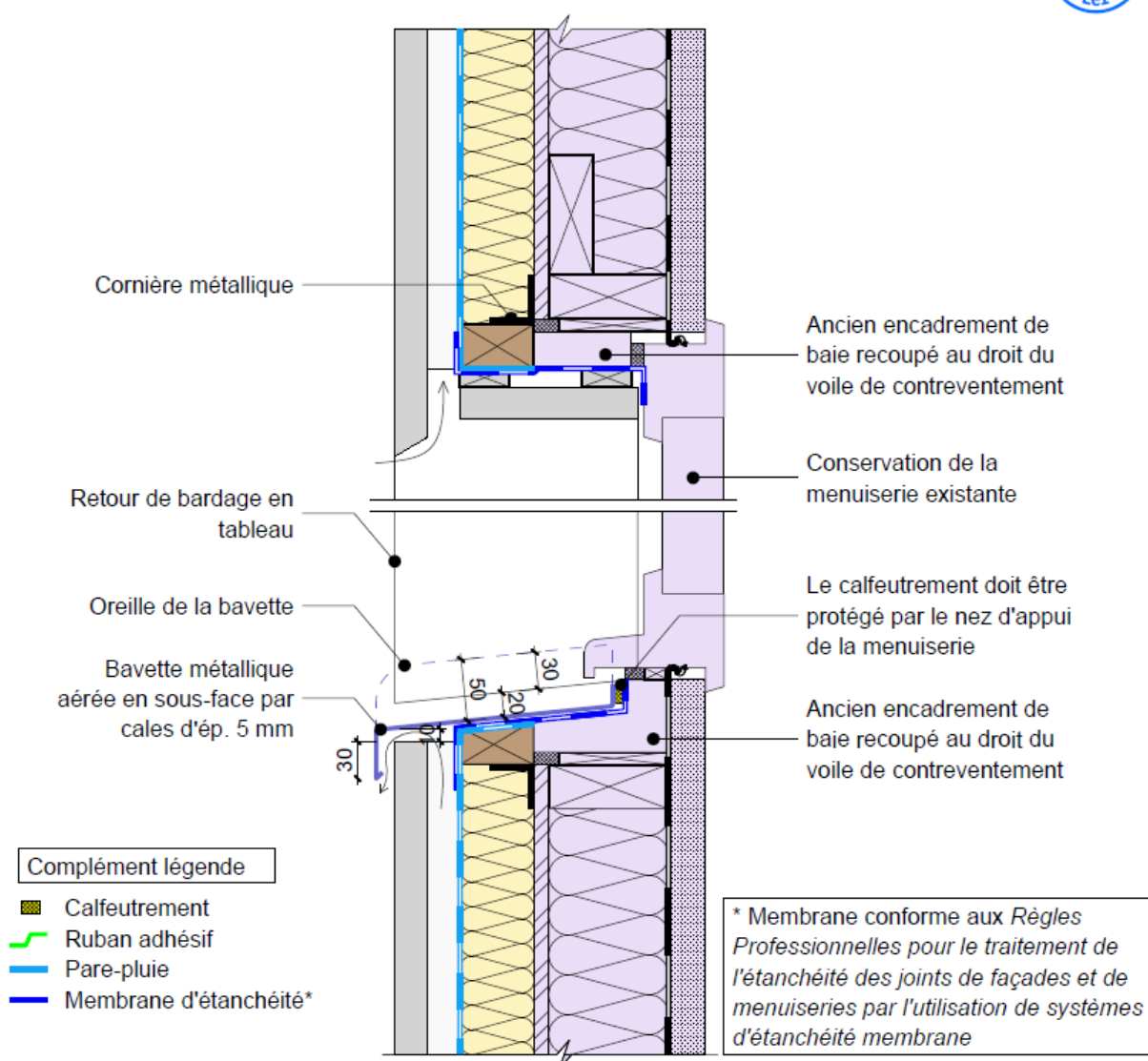
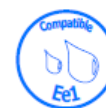
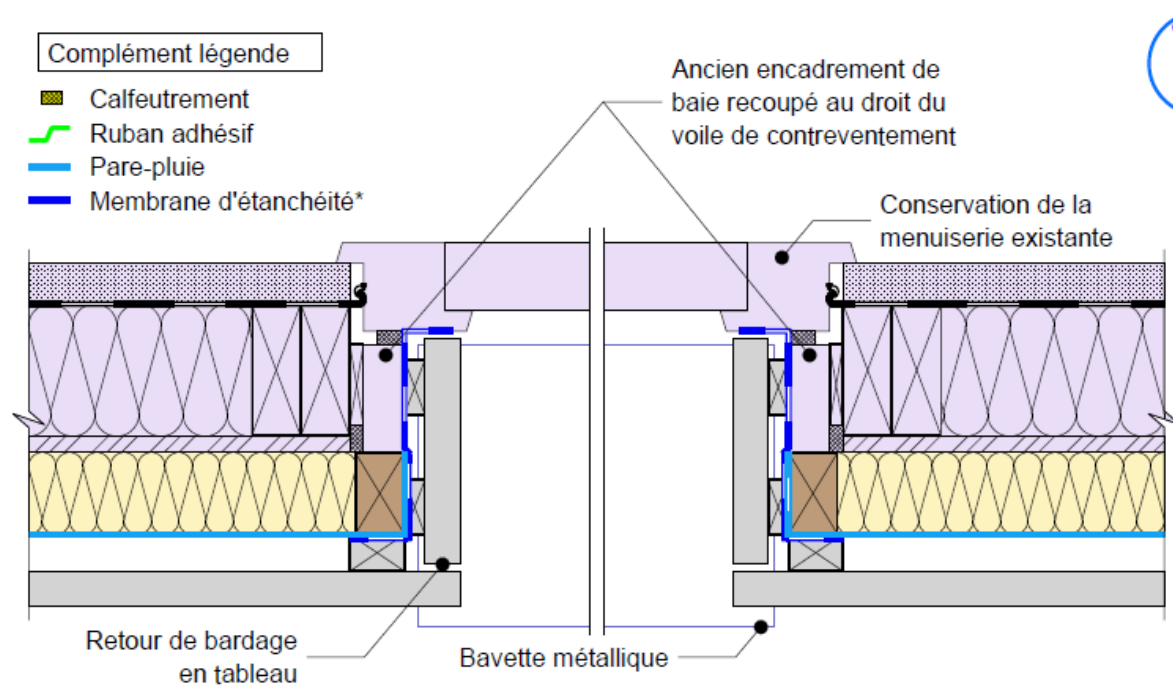


Figure 21 : Baie avec retour de bardage en tableau (coupe verticale)



* Membrane conforme aux Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane

Figure 22 : Baie avec retour de bardage en tableau (coupe horizontale)

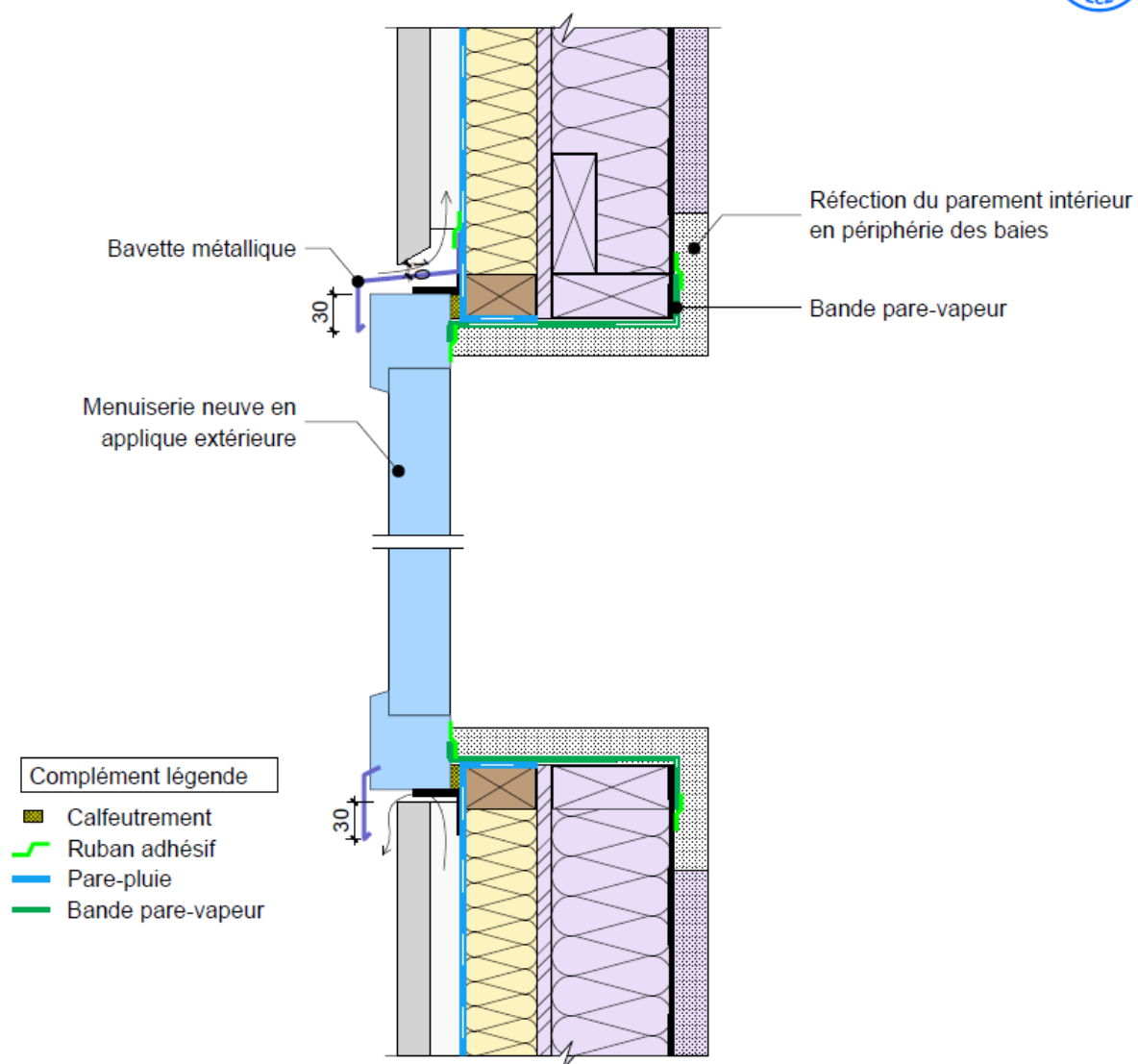


Figure 23 : Menuiserie neuve posée en applique extérieure (coupe verticale)

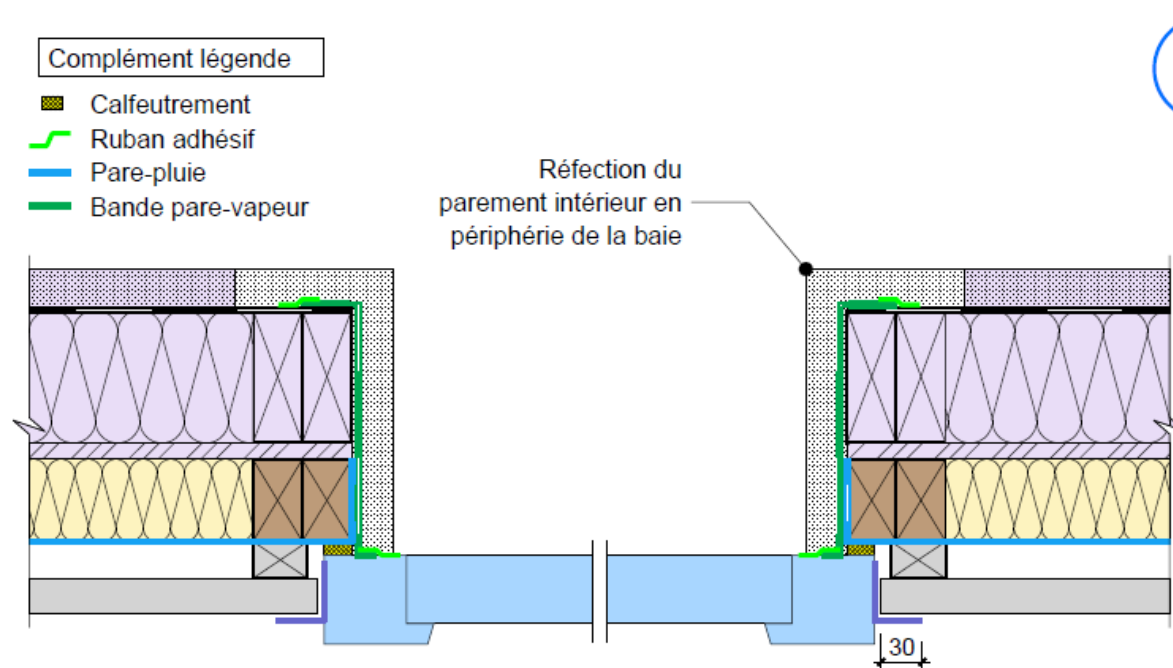


Figure 24 : Menuiserie neuve posée en applique extérieure (coupe horizontale)

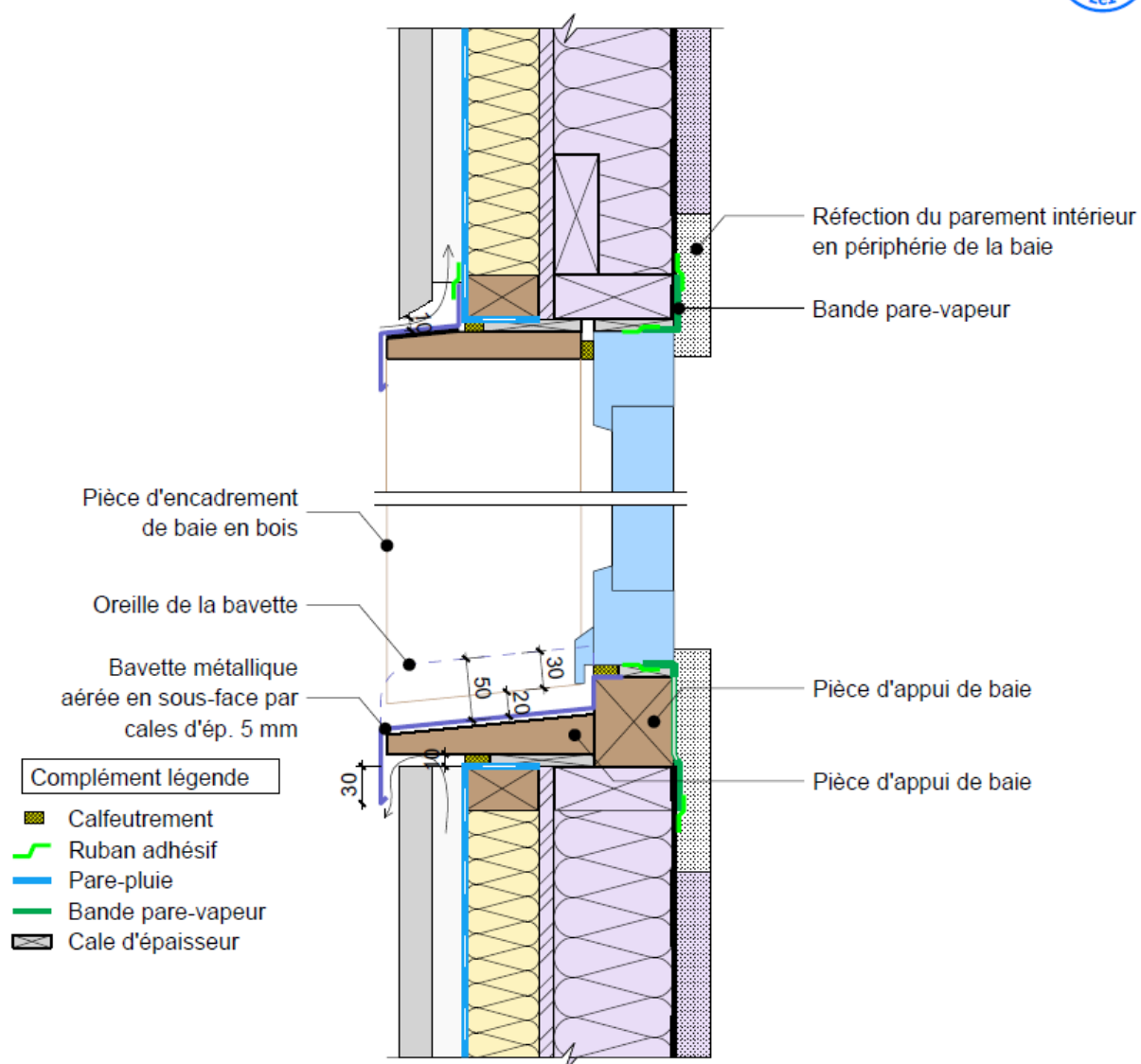


Figure 25 : Menuiserie neuve posée en tunnel (coupe verticale)

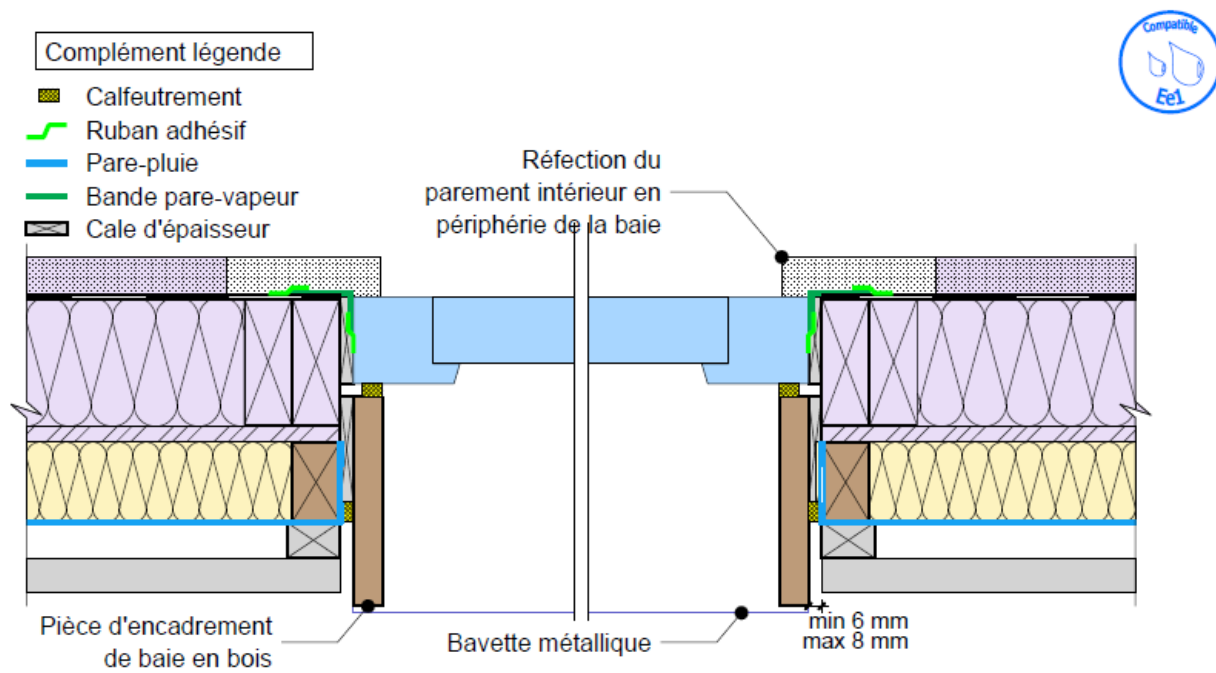


Figure 26 : Menuiserie neuve posée en tunnel (coupe horizontale)

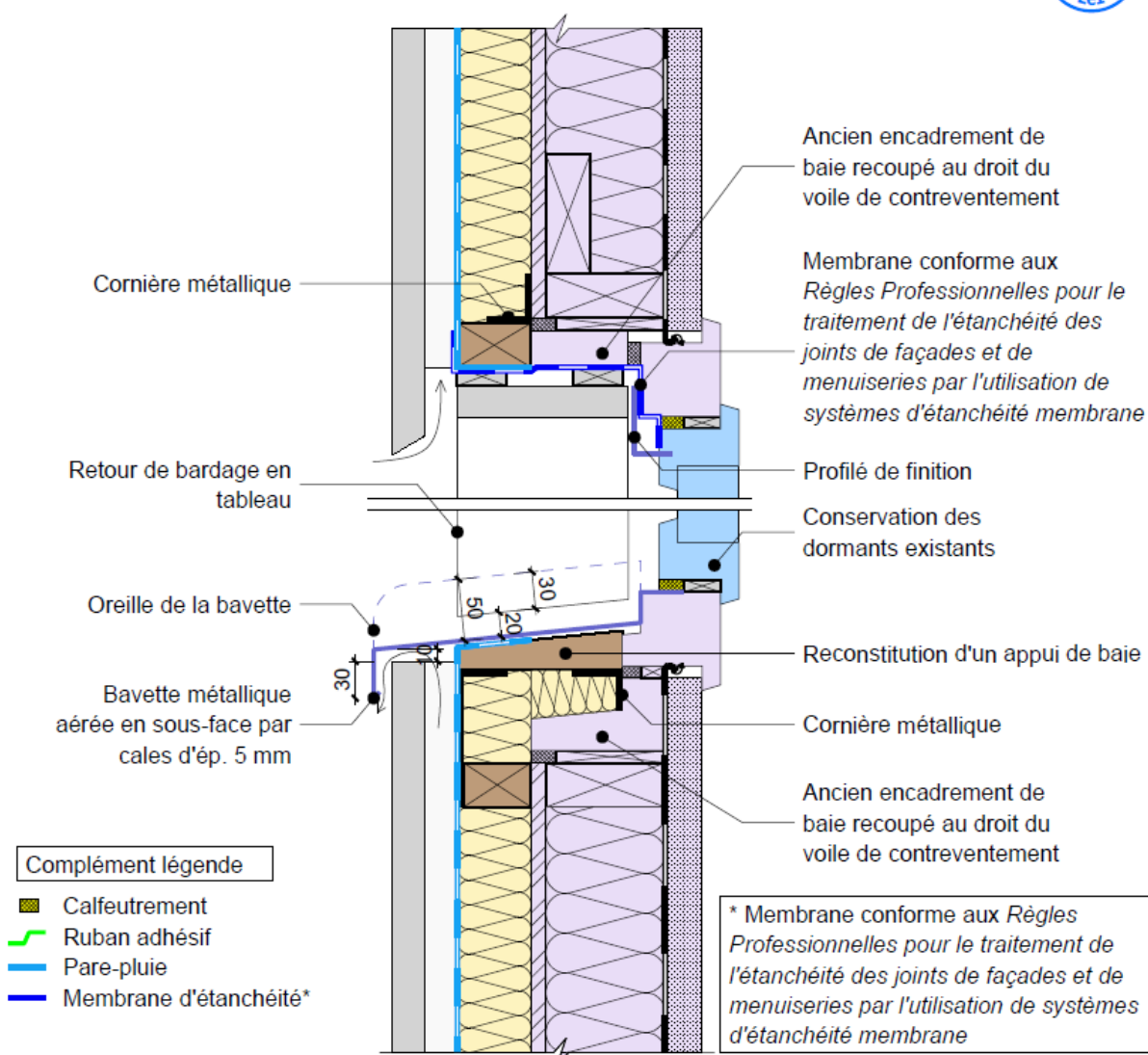
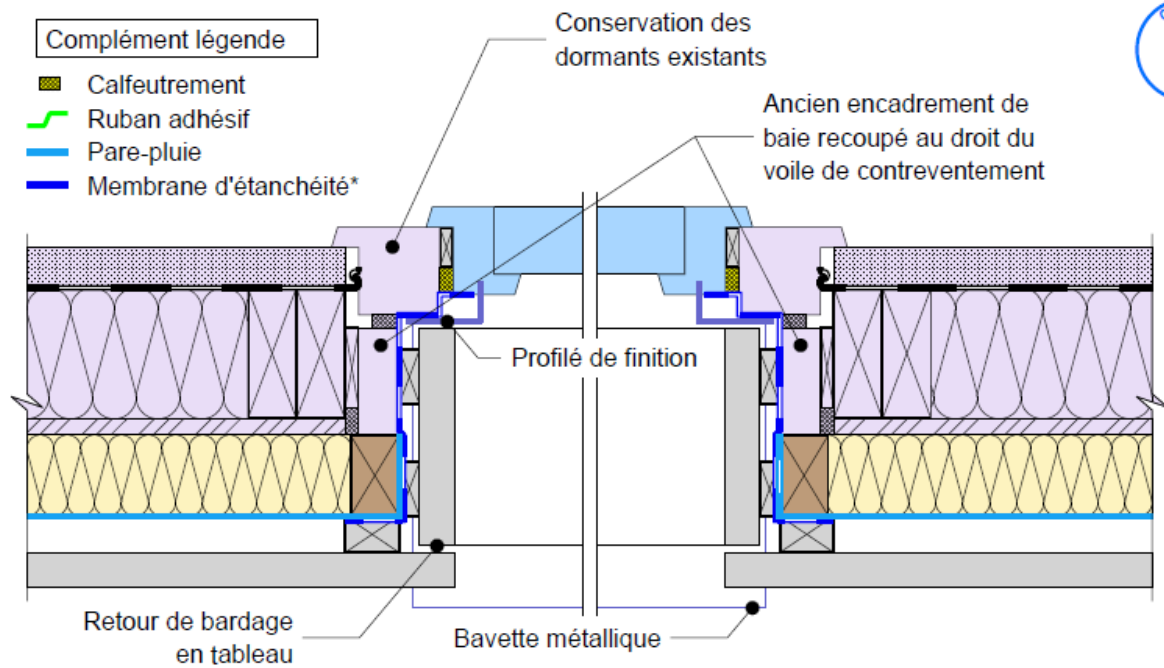


Figure 27 : Menuiserie neuve posée sur dormant existant (coupe verticale)



* Membrane conforme aux Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane

Figure 28 : Menuiserie neuve posée sur dormant existant (coupe horizontale)

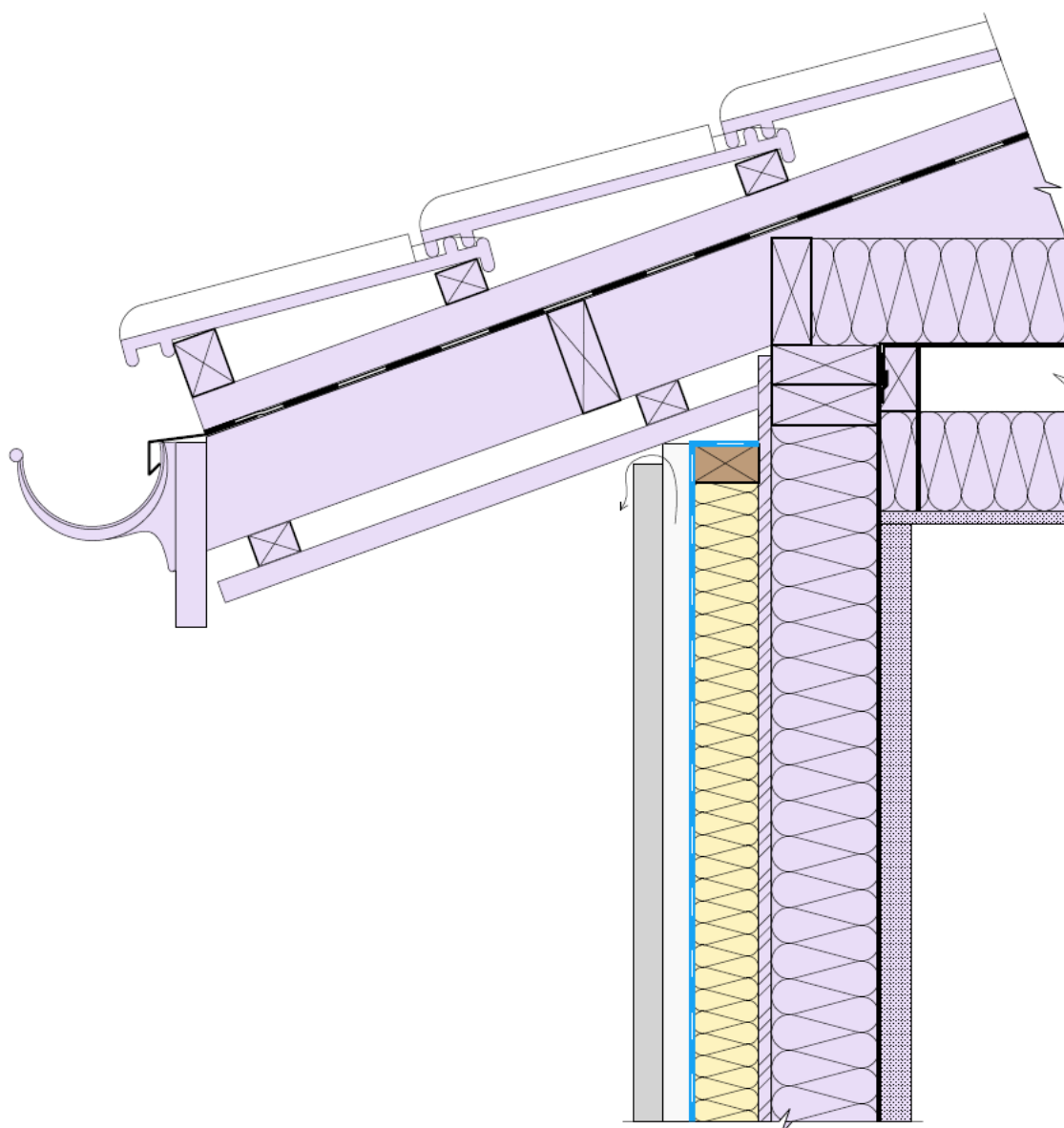


Figure 29 : Raccordement sous débord de toiture (coupe verticale)

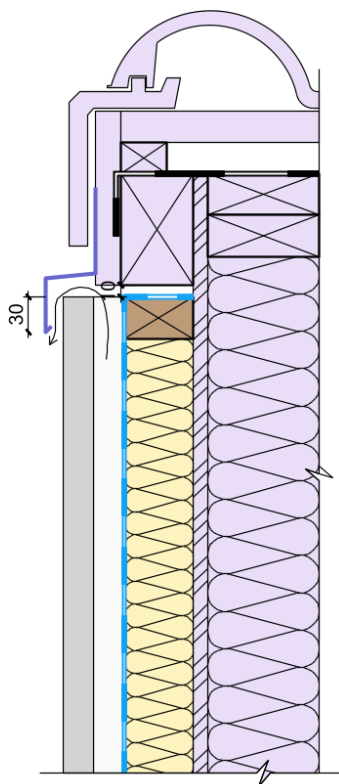


Figure 30 : Raccordement en pignon sans débord (coupe verticale)

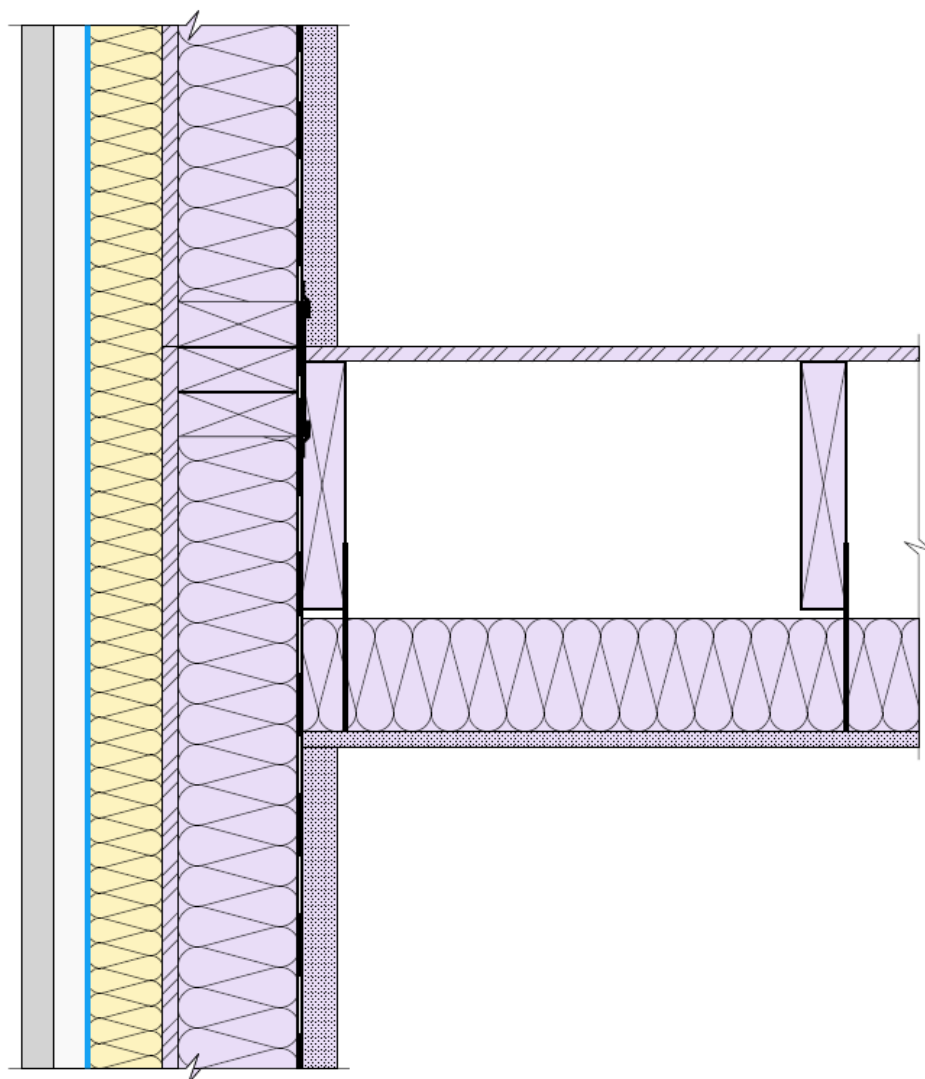


Figure 31 : Plancher intermédiaire – sans fractionnement du bardage (coupe verticale)

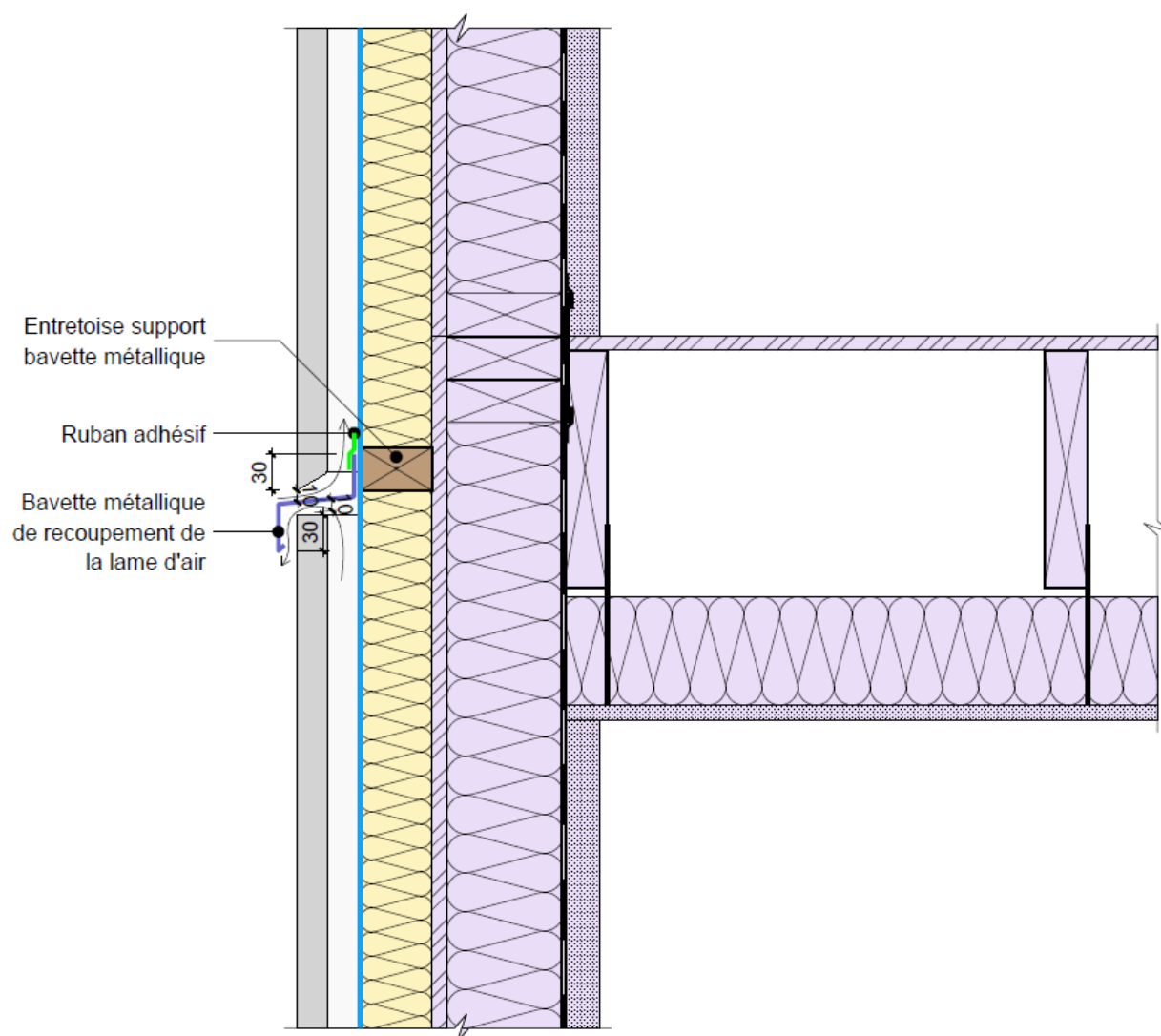


Figure 32 : Plancher intermédiaire – avec fractionnement du bardage (coupe verticale)

NOTE : La nécessité ou non de fractionner le bardage au droit du plancher est précisé dans le référentiel dont relève le bardage

4.3 CAS DE L'ITE IN-SITU – SOLUTION DE TYPE 2

Il n'y a pas de spécificités liées à cette solution. Les prescriptions et le carnet de détails du chapitre 4.2, pour la solution de type 1 ci-dessus s'appliquent.

Seule exception d'un point de vue conception : du fait de la présence d'une double contre-ossature, la règle de moyens du NF DTU 31.2 ne peut pas s'appliquer et **un dimensionnement des contre-ossatures doit être réalisé dans tous les cas.**

4.4 CAS DE L'ITE IN-SITU – SOLUTION DE TYPE 3

Il n'y a pas de spécificités liées à cette solution. Les prescriptions et le carnet de détails du chapitre 4.2, pour la solution de type 1 ci-dessus s'appliquent.

4.5 CAS DE L'ITE PREFABRIQUEE (FOB) - SOLUTION DE TYPE 4

Pour cette configuration, la conception et la mise en œuvre de la solution de rénovation doivent respecter les exigences du NF DTU 31.4.

NOTE : Les FOB rapportées étant traditionnelles, d'autres détails sont disponibles sur le site : <https://catalogue-bois-construction.fr/structures-enveloppes/ite-ossature-bois/ite-ossature-bois-sans-exigences-globales-feu-facade/ite-prefabriquee/ite-prefabriquee-1-isolant-en-ame/> notamment pour illustrer les différents types de FOB (sur appui multiples, fondées en pied,...).

La résistance thermique de la FOB rapportée doit être au moins le double de la résistance thermique de la paroi existante (pour pouvoir appliquer la règle dite des « 2/3 - 1/3 »).

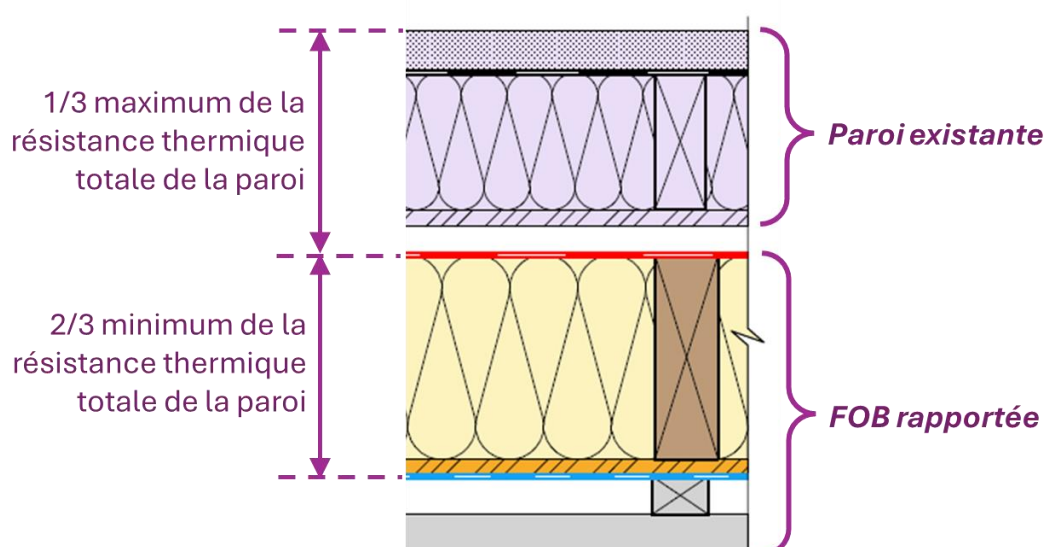
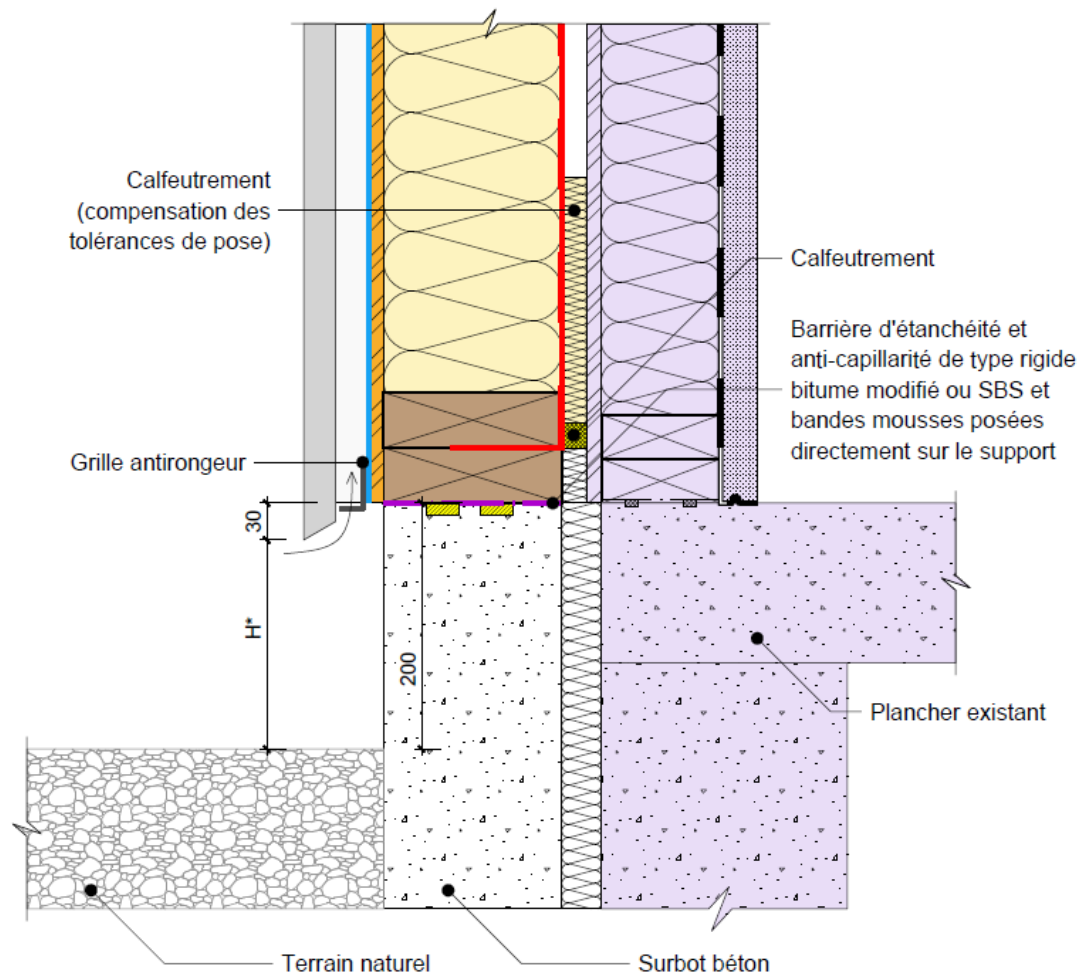


Figure 33 : Application de la règle « 2/3 - 1/3 » au cas de la rénovation par FOB rapportée

Le carnet de détail ci-dessous illustre les prescriptions relatives à la gestion des points singuliers, et indique si le détail est compatible avec l'exigence Ee1 ou Ee2 d'un point de vue résistance à la pluie battante (voir chapitre 3.1).

Comme illustré sur les figures 34 à 42 ci-dessous, **en périphérie** des éléments de FOB préfabriqués, **un calfeutrement et un isolant compressible** doivent être mis en œuvre pour remplir le jeu entre la FOB et la paroi existante afin de compenser les tolérances de pose et empêcher toute perturbation thermique ou circulation d'air parasite entre les deux parois.



* La distance H entre le pied du bardage et le sol (garde au sol) est précisée dans le référentiel technique dont relève le bardage (NF DTU), elle peut être variable selon la nature du bardage.

Figure 34 : Pied de mur – FOB fondée en pied (coupe verticale)

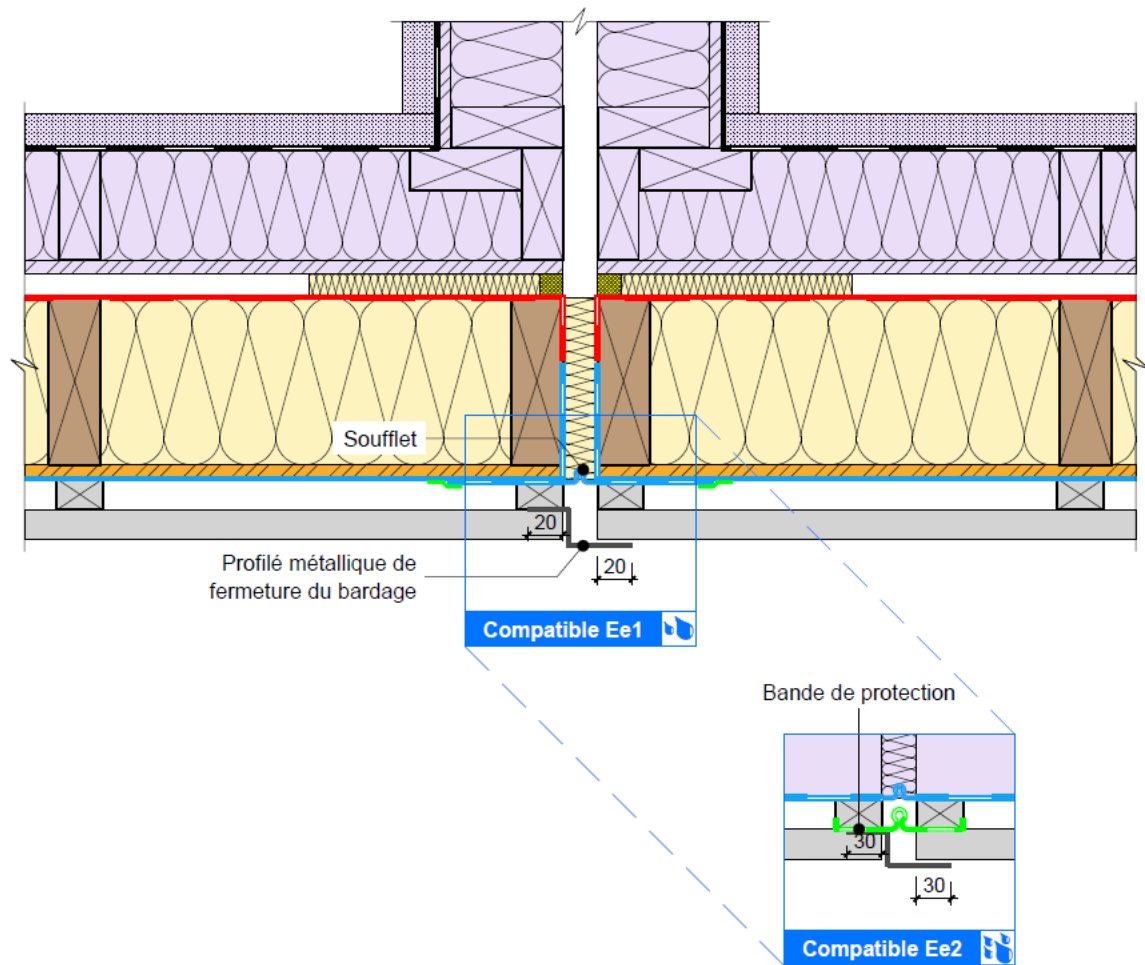


Figure 35 : Jonction entre parois verticales séparatives (coupe horizontale)

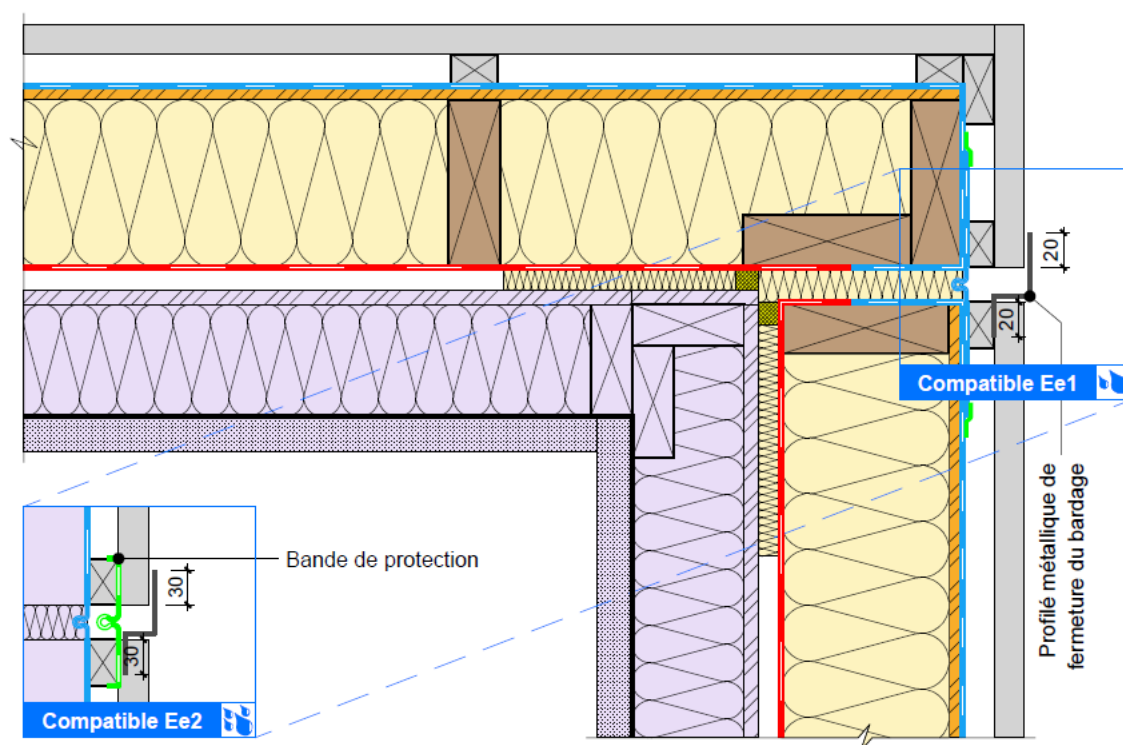


Figure 36 : Angle sortant (coupe horizontale)

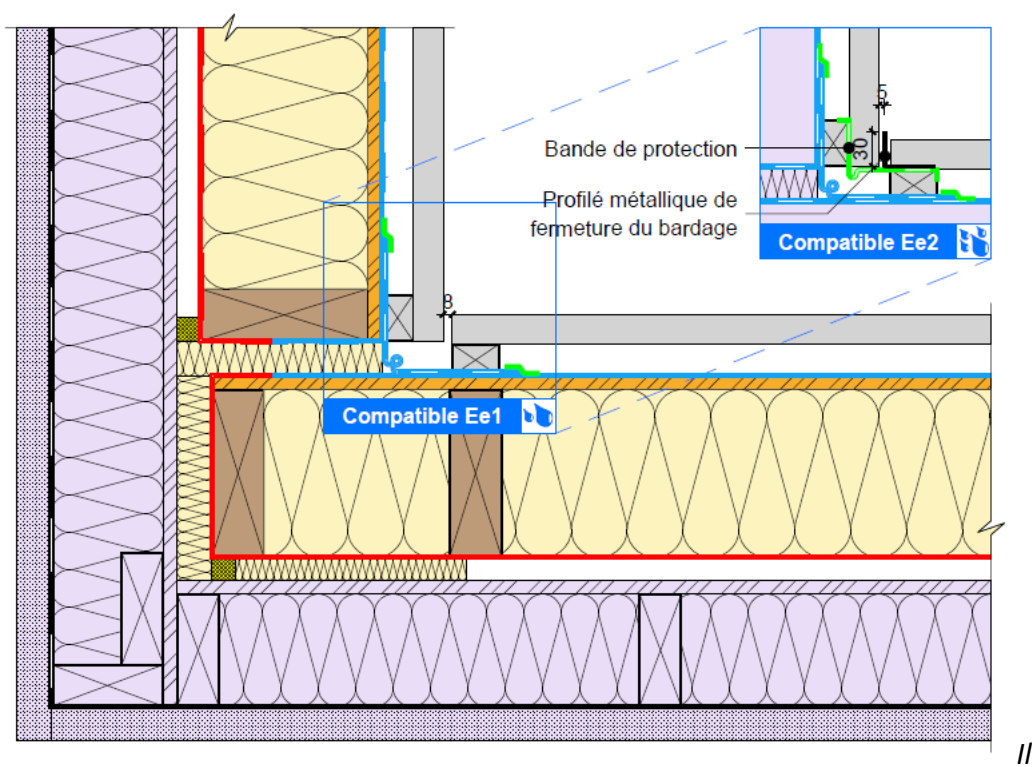


Figure 37 : Angle rentrant (coupe horizontale)

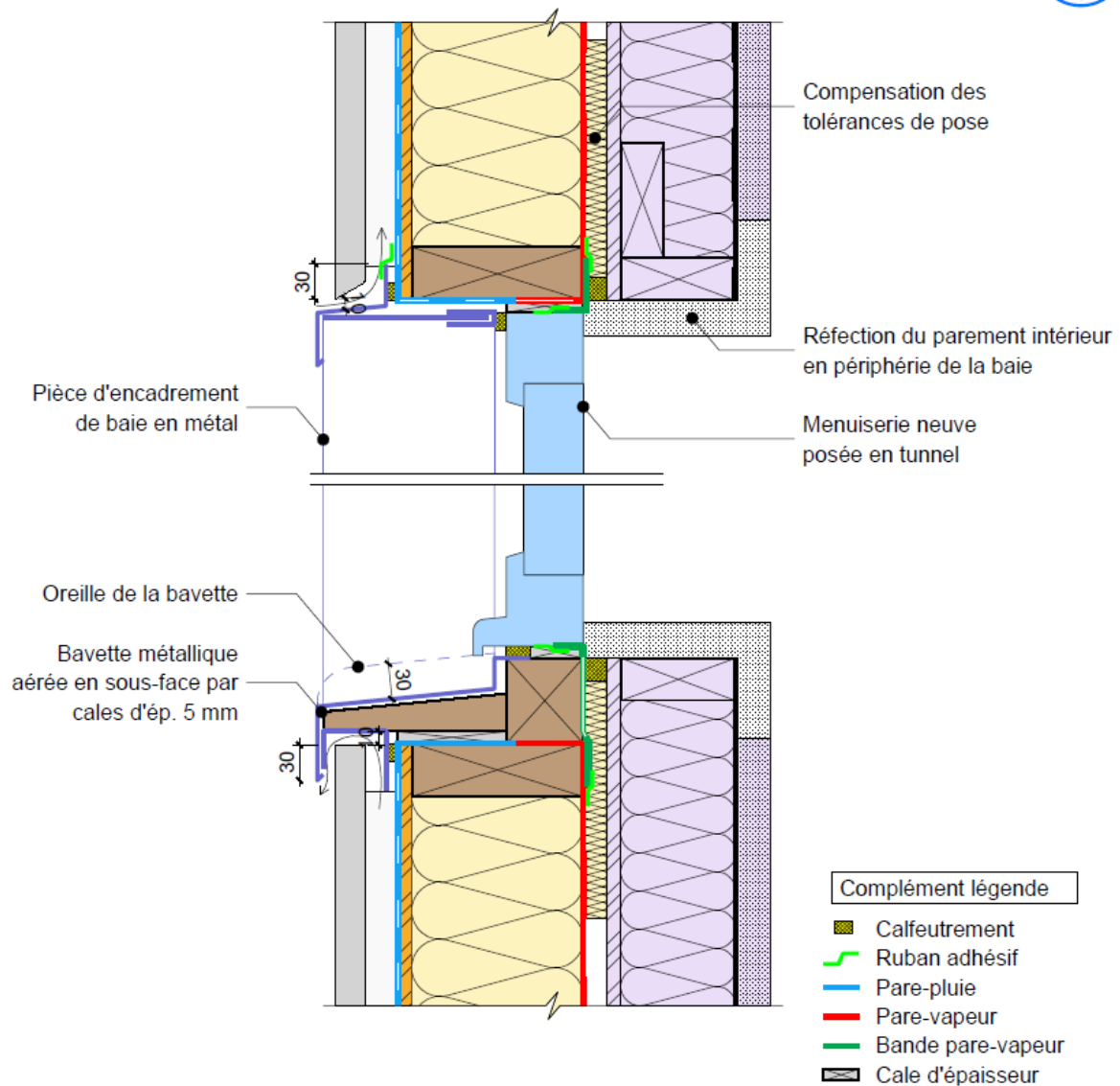


Figure 38 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe verticale)

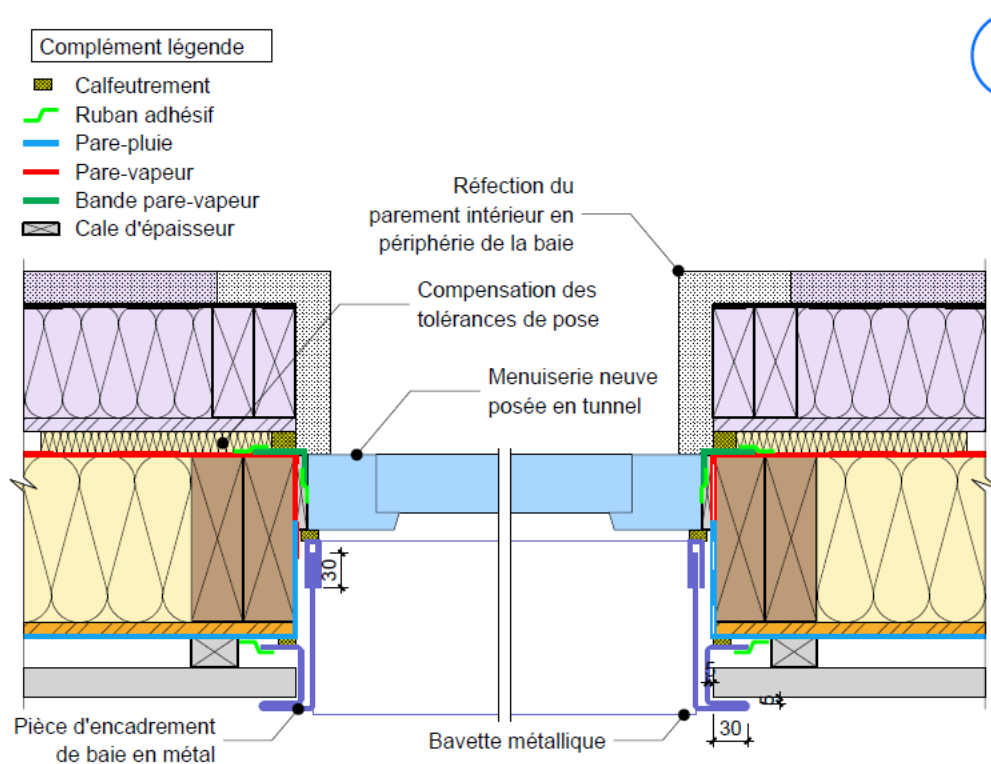


Figure 39 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe horizontale)

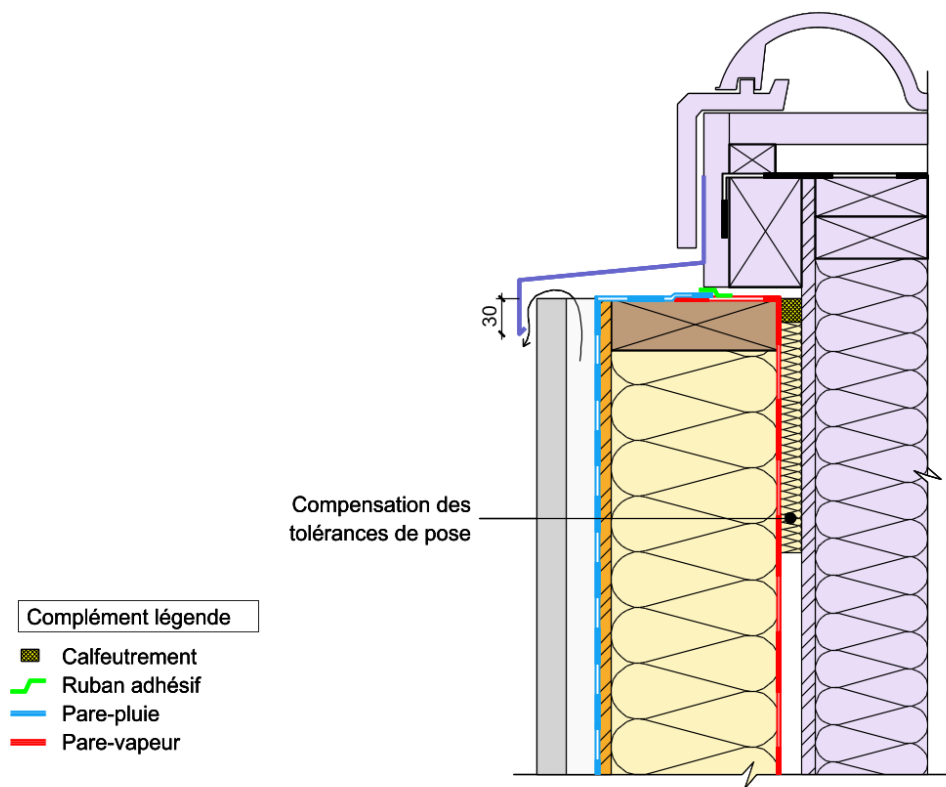


Figure 41 : Raccordement en pignon sans débord (coupe verticale)

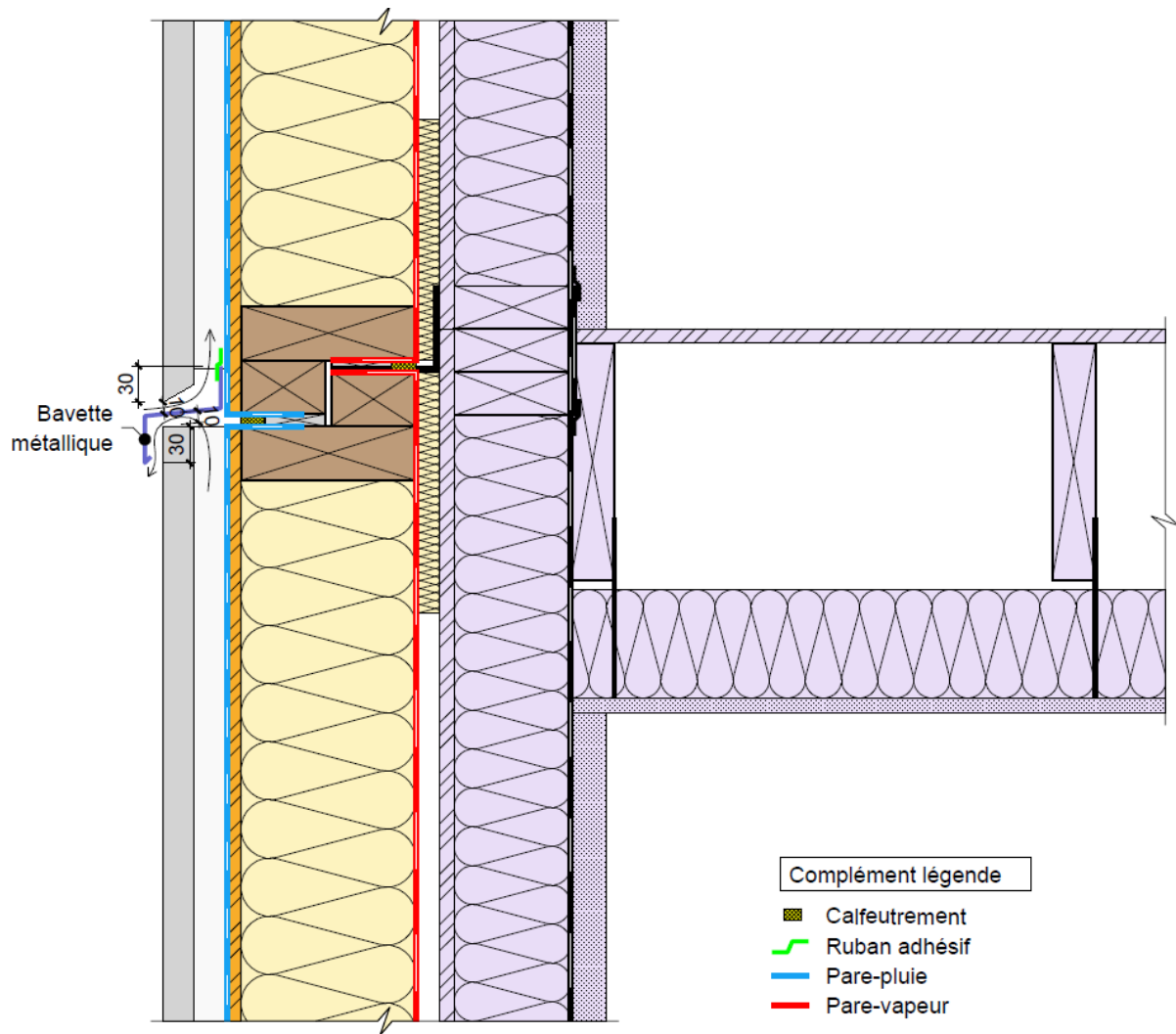


Figure 42 : Plancher intermédiaire – avec recoupement de lame d’air du bardage (coupe verticale)

NOTE : La figure 42 ci-dessus représente une ITE préfabriquée fondée en pied. Selon le NF DTU 31.4, ce type d’ouvrage est limité à 3 niveaux superposés.

4.6 CAS DE L'ITE PREFABRIQUEE (FOB) - SOLUTION DE TYPE 5

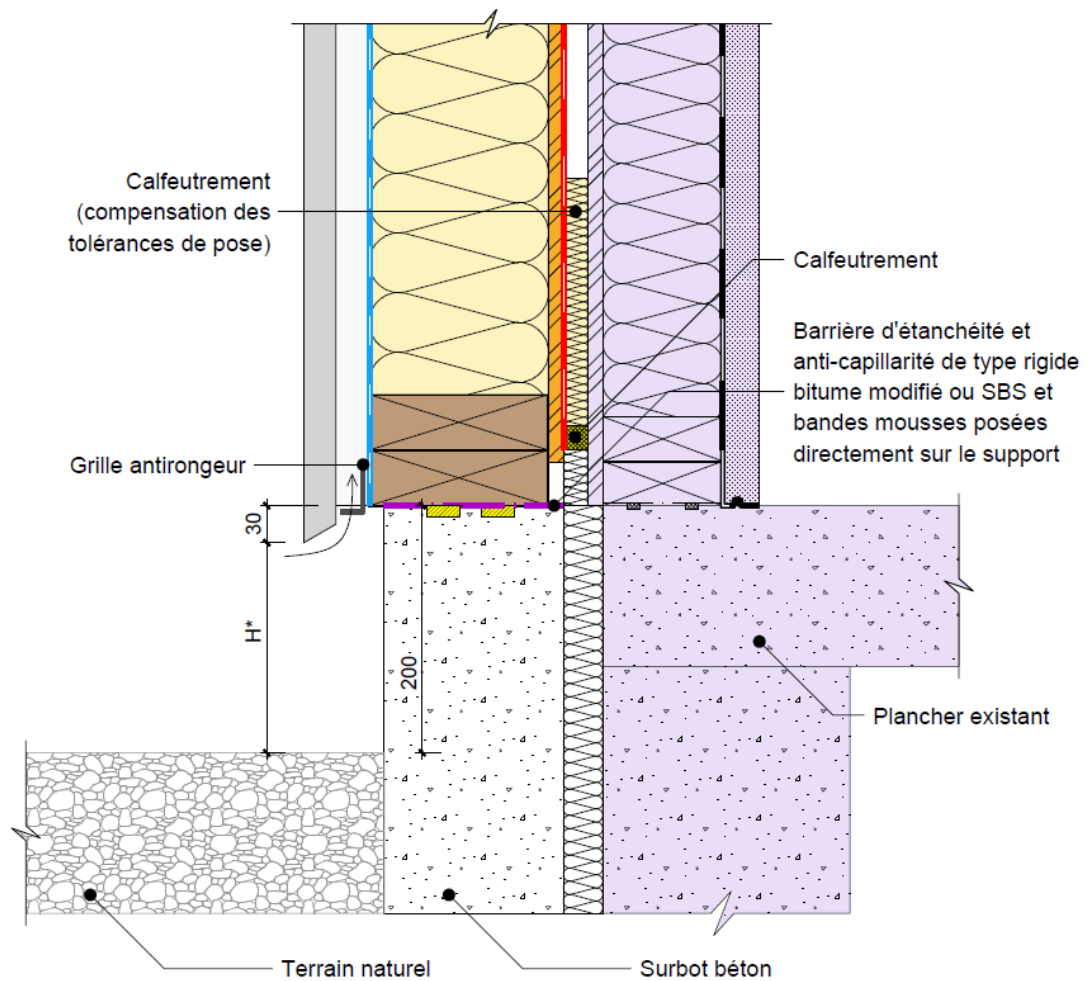
Pour cette configuration, la conception et la mise en œuvre de la solution de rénovation doivent respecter les exigences du NF DTU 31.4.

NOTE : Les FOB rapportées étant traditionnelles, d'autres détails sont disponibles sur le site : <https://catalogue-bois-construction.fr/structures-enveloppes/ite-ossature-bois/ite-ossature-bois-sans-exigences-globales-feu-facade/ite-prefabriquee/ite-prefabriquee-1-isolant-en-ame/> notamment pour illustrer les différents types de FOB (sur appui multiples, fondées en pied,...).

La résistance thermique de la FOB rapportée doit être au moins le double de la résistance thermique de la paroi existante (pour pouvoir appliquer la règle dite des « 2/3 - 1/3 ») (voir figure 33).

Le carnet de détail ci-dessous illustre les prescriptions relatives à la gestion des points singuliers, et indique si le détail est compatible avec l'exigence Ee1 ou Ee2 d'un point de vue résistance à la pluie battante (voir chapitre 3.1).

Comme illustré sur les figures 43 à 50 ci-dessous, **en périphérie** des éléments de FOB préfabriqués, **un calfeutrement et un isolant compressible** doivent être mis en œuvre pour remplir le jeu entre la FOB et la paroi existante afin de compenser les tolérances de pose et empêcher toute perturbation thermique ou circulation d'air parasite entre les deux parois.



* La distance H entre le pied du bardage et le sol (garde au sol) est précisée dans le référentiel technique dont relève le bardage (NF DTU), elle peut être variable selon la nature du bardage.

Figure 43 : Pied de mur – FOB fondée en pied (coupe verticale)

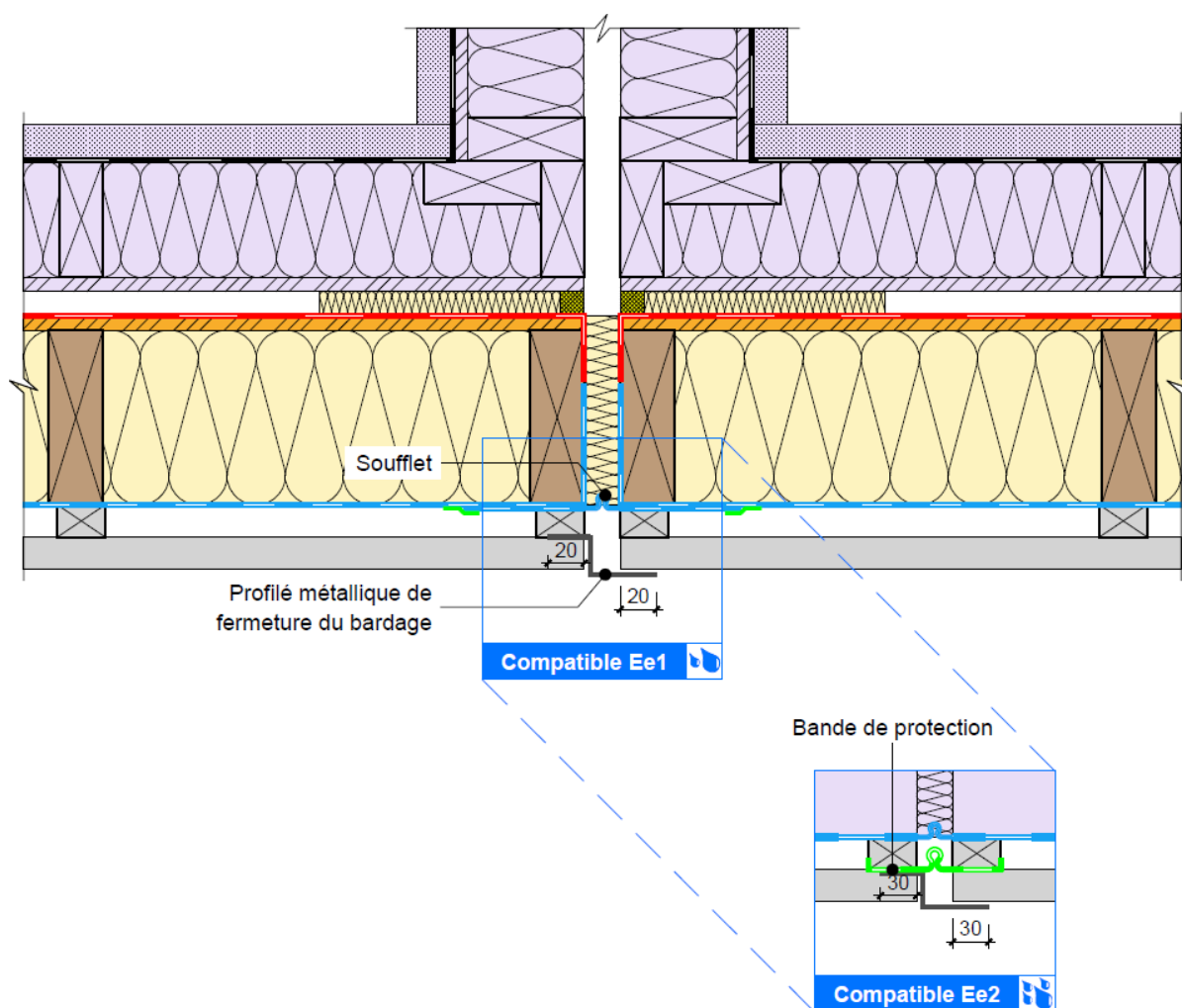


Figure 44 : Jonction entre parois verticales séparatives (coupe horizontale)

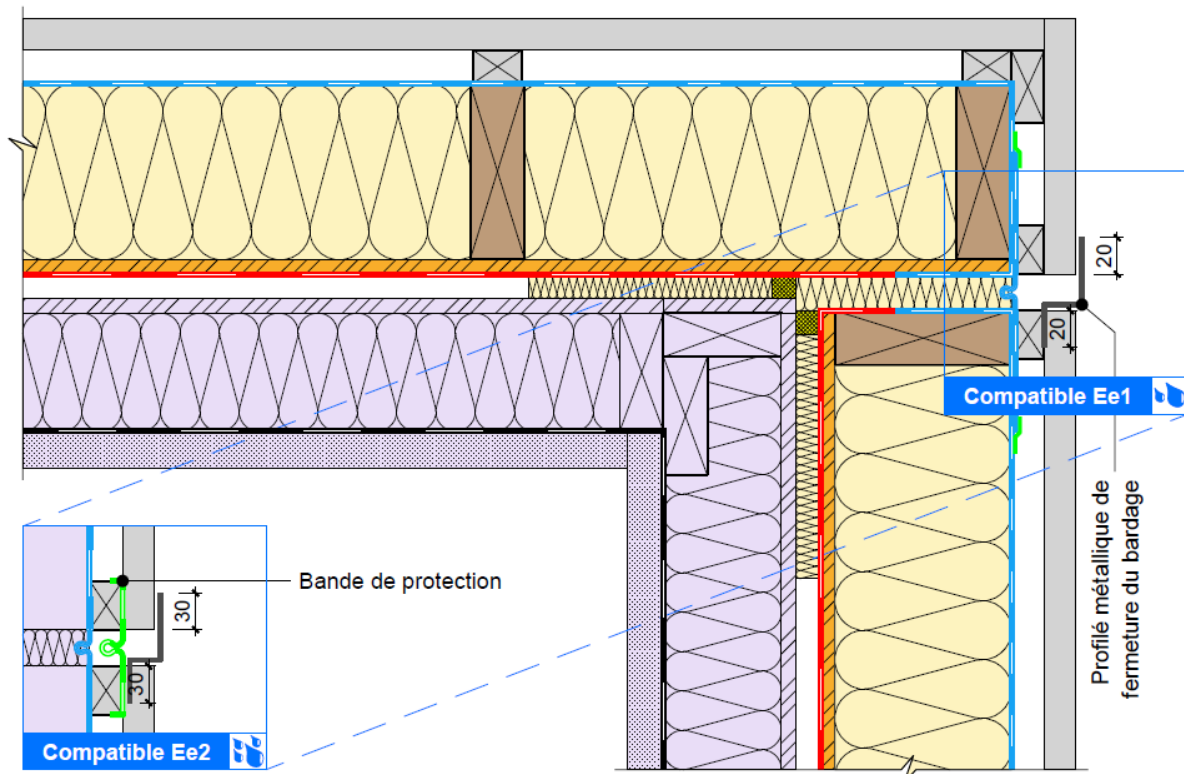


Figure 45 : Angle sortant (coupe horizontale)

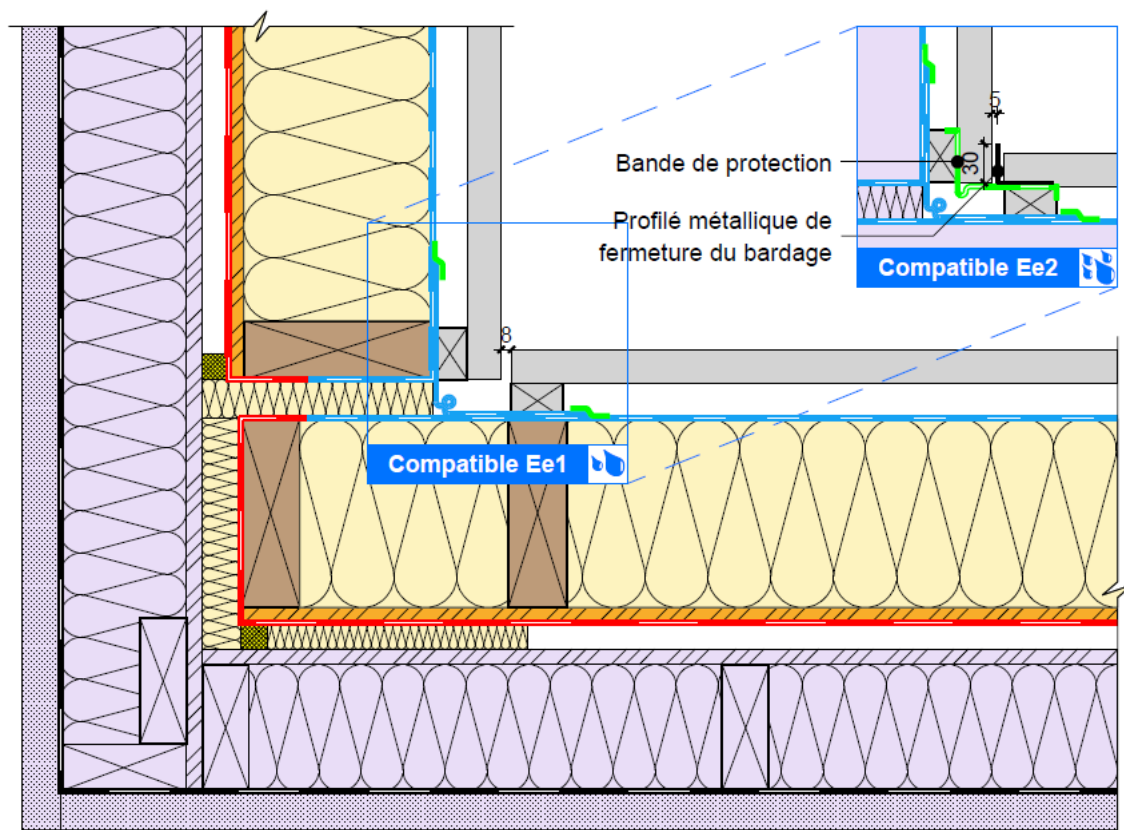


Figure 46 : Angle rentrant (coupe horizontale)

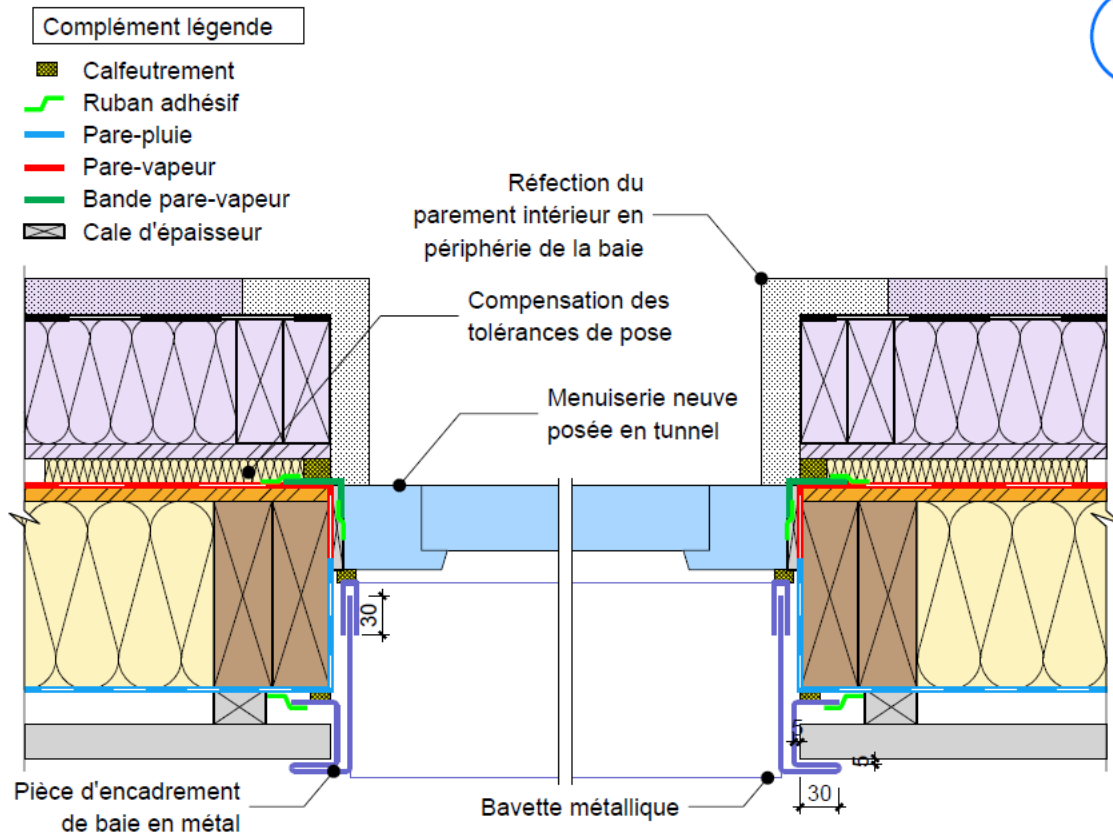


Figure 48 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe horizontale)

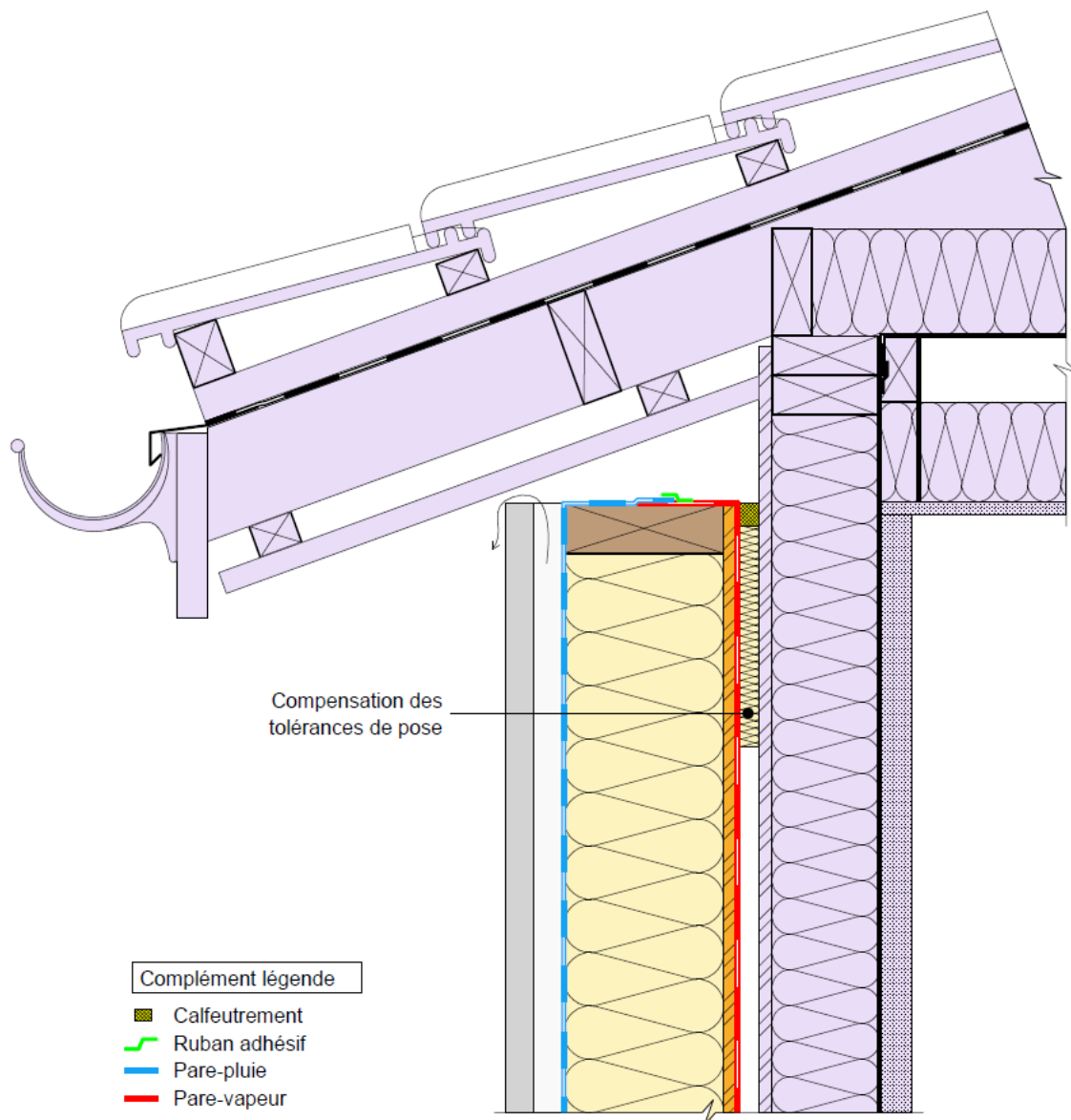


Figure 49 : Raccordement sous débord de toiture (coupe verticale)

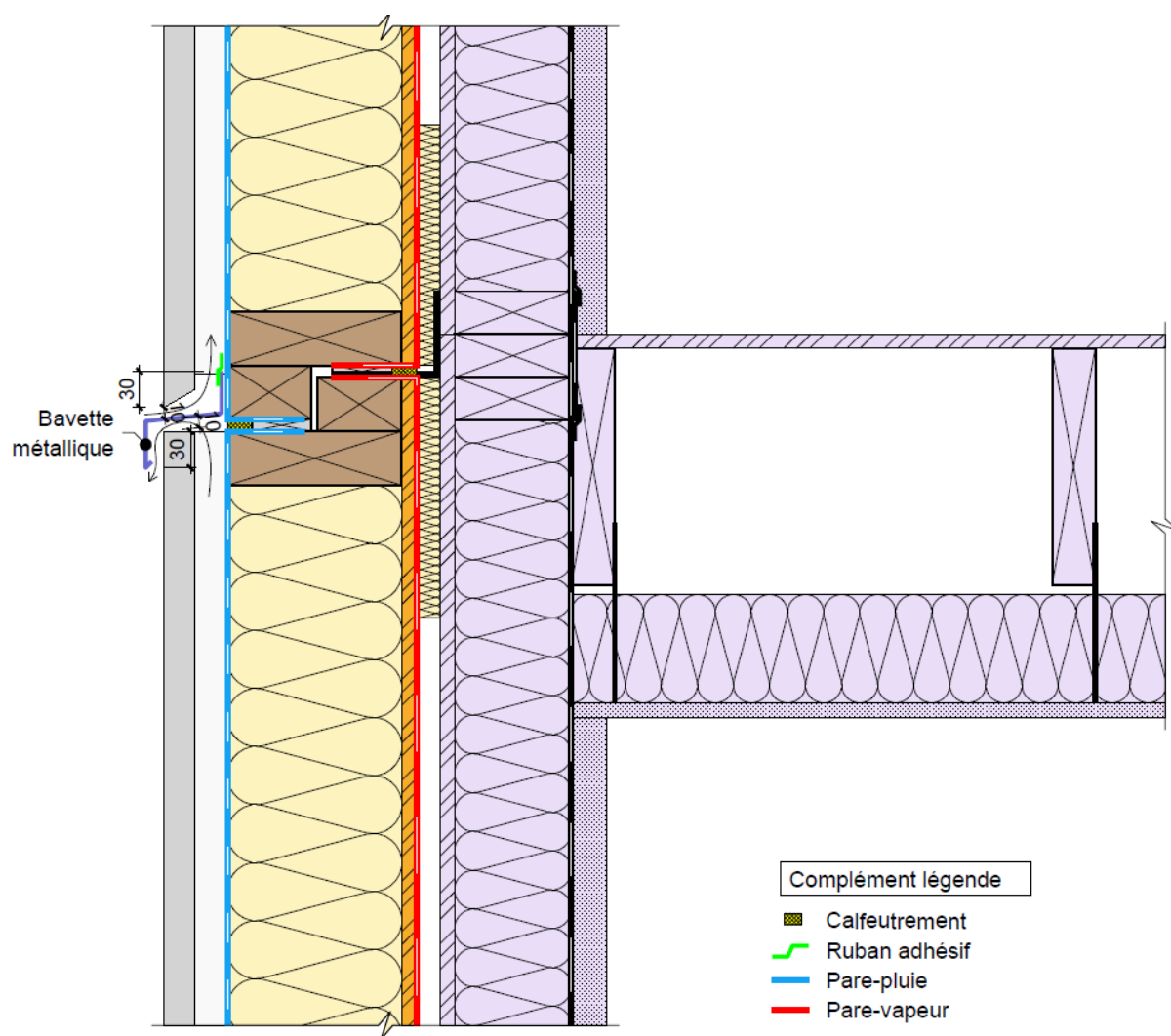


Figure 50 : Plancher intermédiaire – avec recoupement de lame d’air du bardage (coupe verticale)

NOTE : La figure 42 ci-dessus représente une ITE préfabriquée fondée en pied. Selon le NF DTU 31.4, ce type d’ouvrage est limité à 3 niveaux superposés.

4.7 CAS DE L'ITE PREFABRIQUEE (FOB) - SOLUTION DE TYPE 6

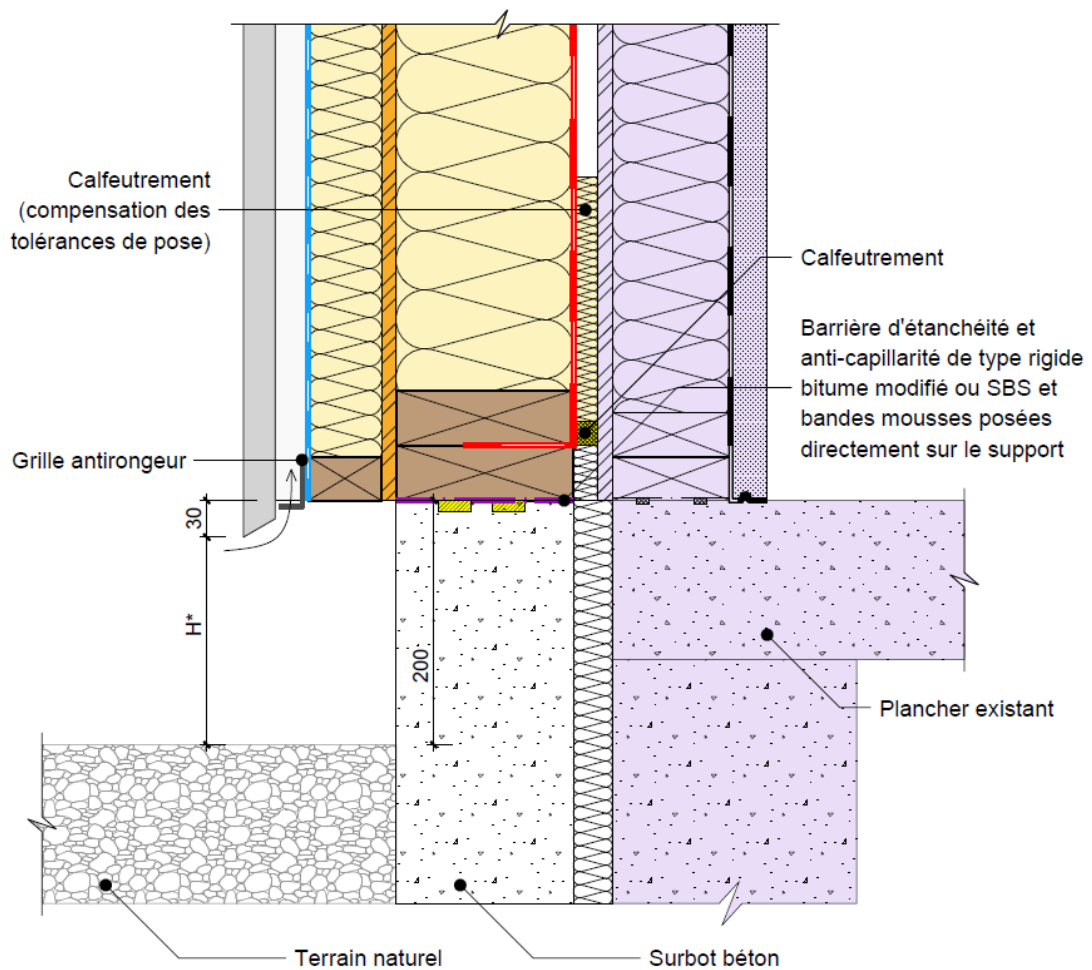
Pour cette configuration, la conception et la mise en œuvre de la solution de rénovation doivent respecter les exigences du NF DTU 31.4.

NOTE : Les FOB rapportées étant traditionnelles, d'autres détails sont disponibles sur le site : <https://catalogue-bois-construction.fr/structures-enveloppes/ite-ossature-bois/ite-ossature-bois-sans-exigences-globales-feu-facade/ite-prefabriquee/ite-prefabriquee-1-isolant-en-ame/> notamment pour illustrer les différents types de FOB (sur appui multiples, fondées en pied,...).

La résistance thermique de la FOB rapportée doit être au moins le double de la résistance thermique de la paroi existante (pour pouvoir appliquer la règle dite des « 2/3 - 1/3 ») (voir figure 33).

Le carnet de détail ci-dessous illustre les prescriptions relatives à la gestion des points singuliers, et indique si le détail est compatible avec l'exigence Ee1 ou Ee2 d'un point de vue résistance à la pluie battante (voir chapitre 3.1).

Comme illustré sur les figures 51 à 58 ci-dessous, **en périphérie** des éléments de FOB préfabriqués, **un calfeutrement et un isolant compressible** doivent être mis en œuvre pour remplir le jeu entre la FOB et la paroi existante afin de compenser les tolérances de pose et empêcher toute perturbation thermique ou circulation d'air parasite entre les deux parois.



* La distance H entre le pied du bardage et le sol (garde au sol) est précisée dans le référentiel technique dont relève le bardage (NF DTU), elle peut être variable selon la nature du bardage.

Figure 51 : Pied de mur – FOB fondée en pied (coupe verticale)

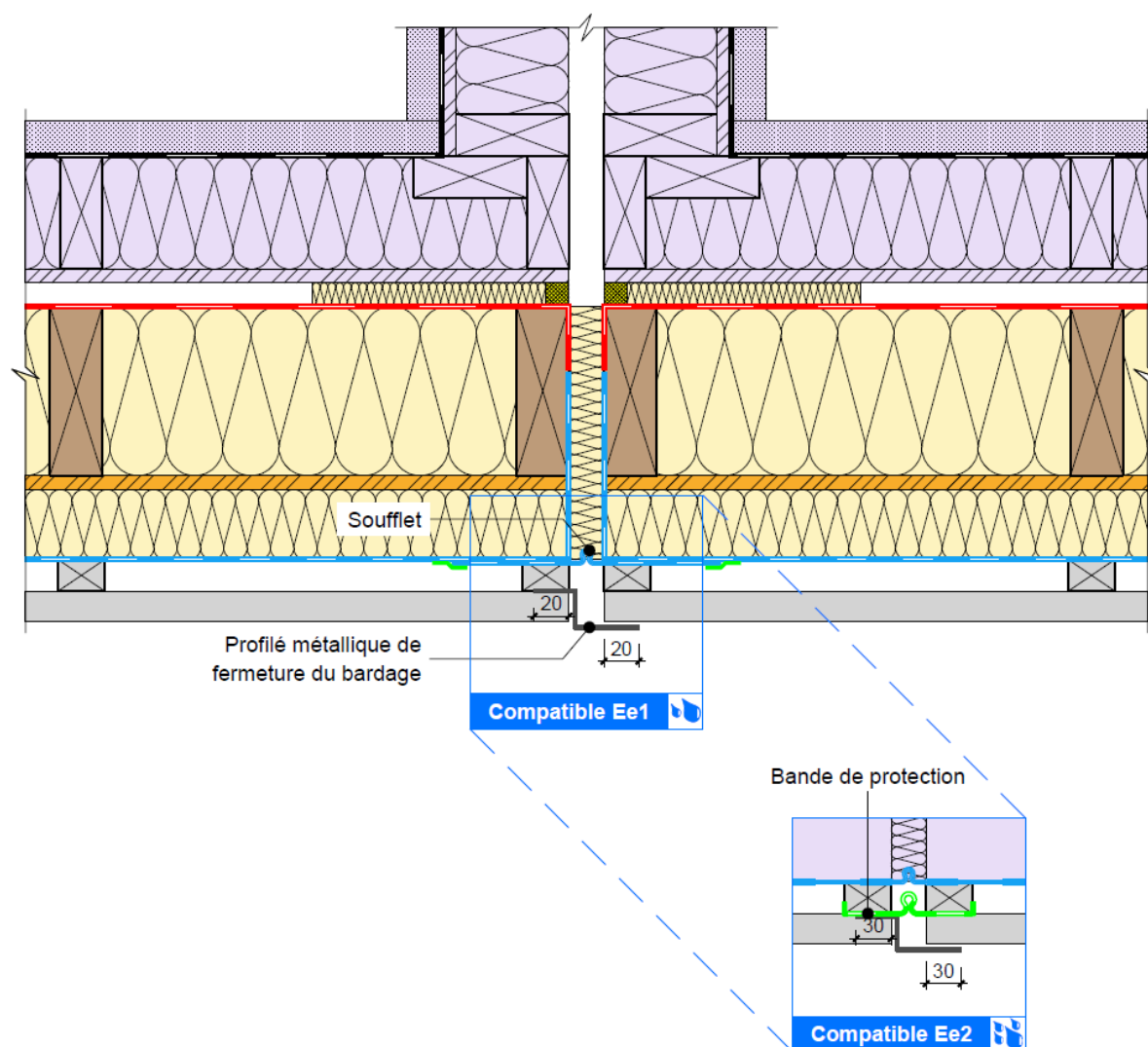


Figure 52 : Jonction entre parois verticales séparatives (coupe horizontale)

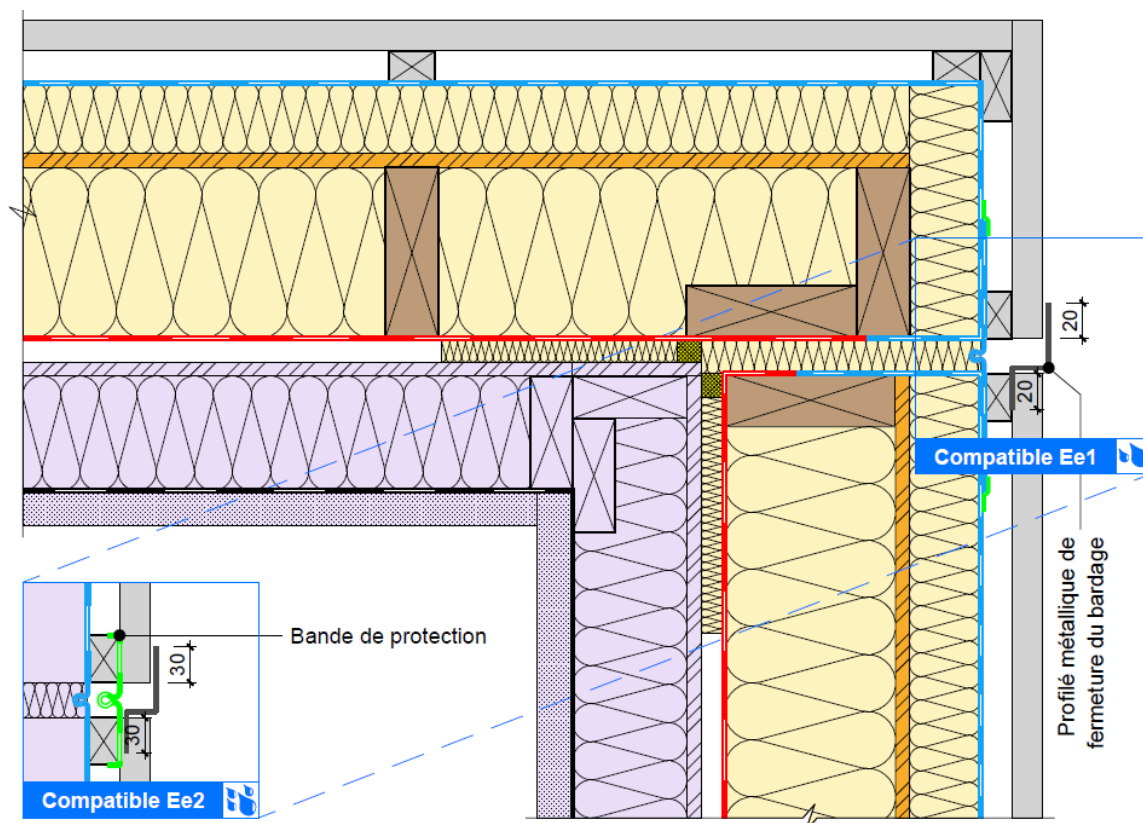


Figure 53 : Angle sortant (coupe horizontale)

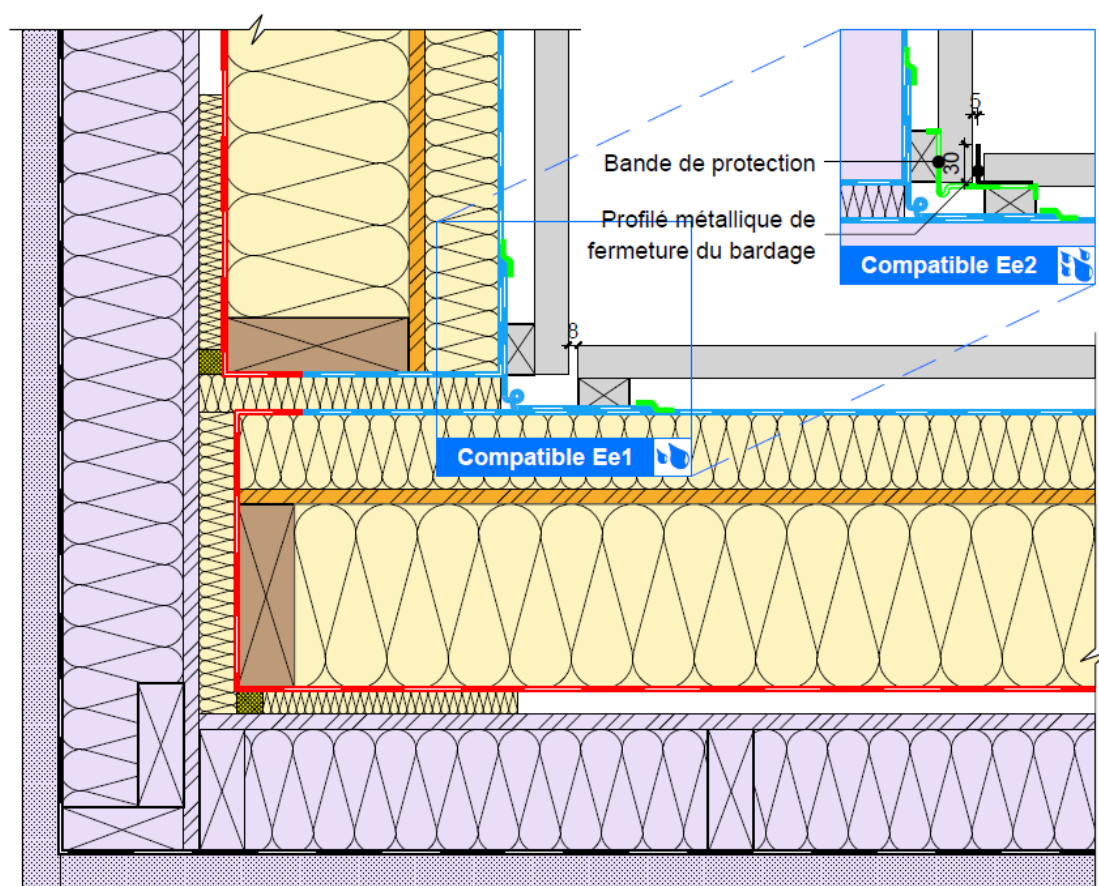


Figure 54 : Angle rentrant (coupe horizontale)

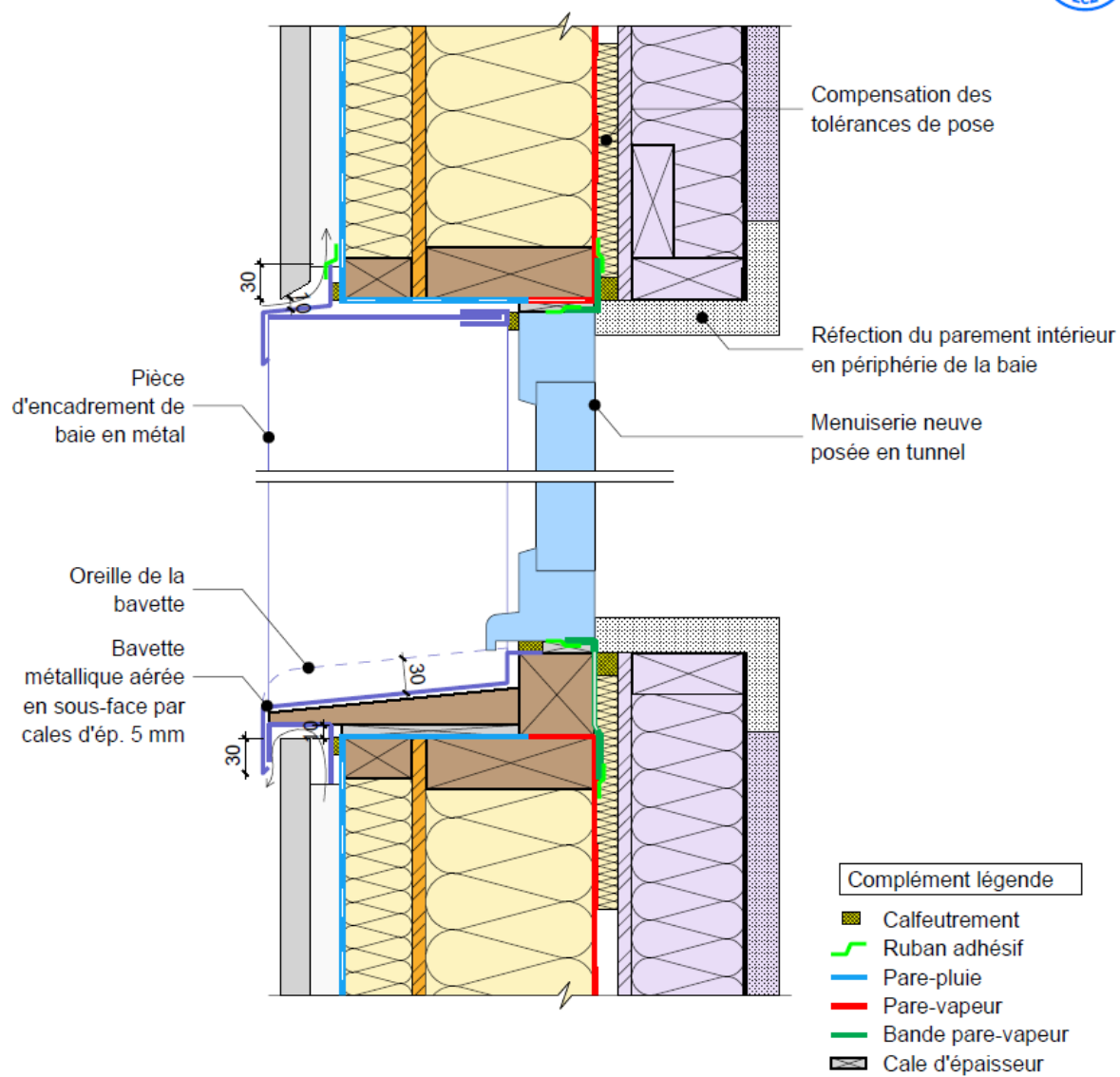


Figure 55 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe verticale)

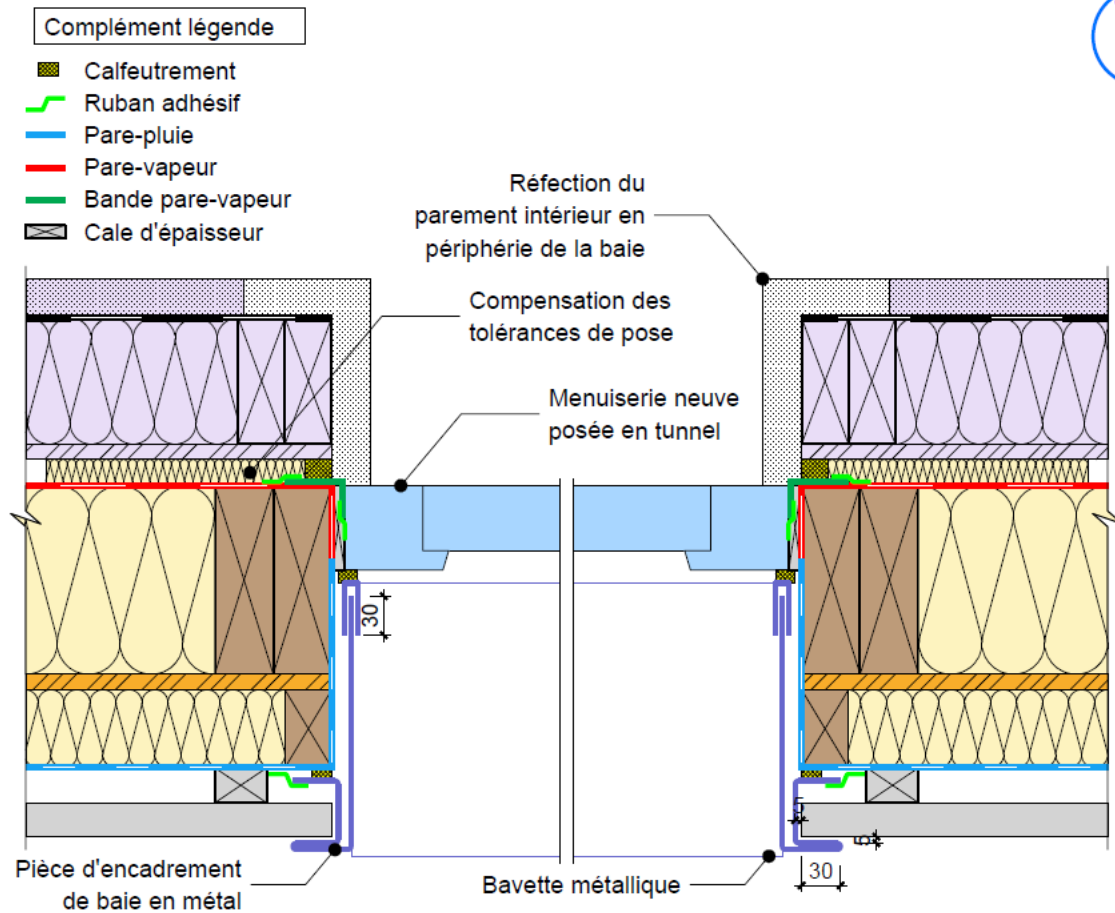


Figure 56 : Baie avec encadrement rapporté en métal (coupe horizontale)

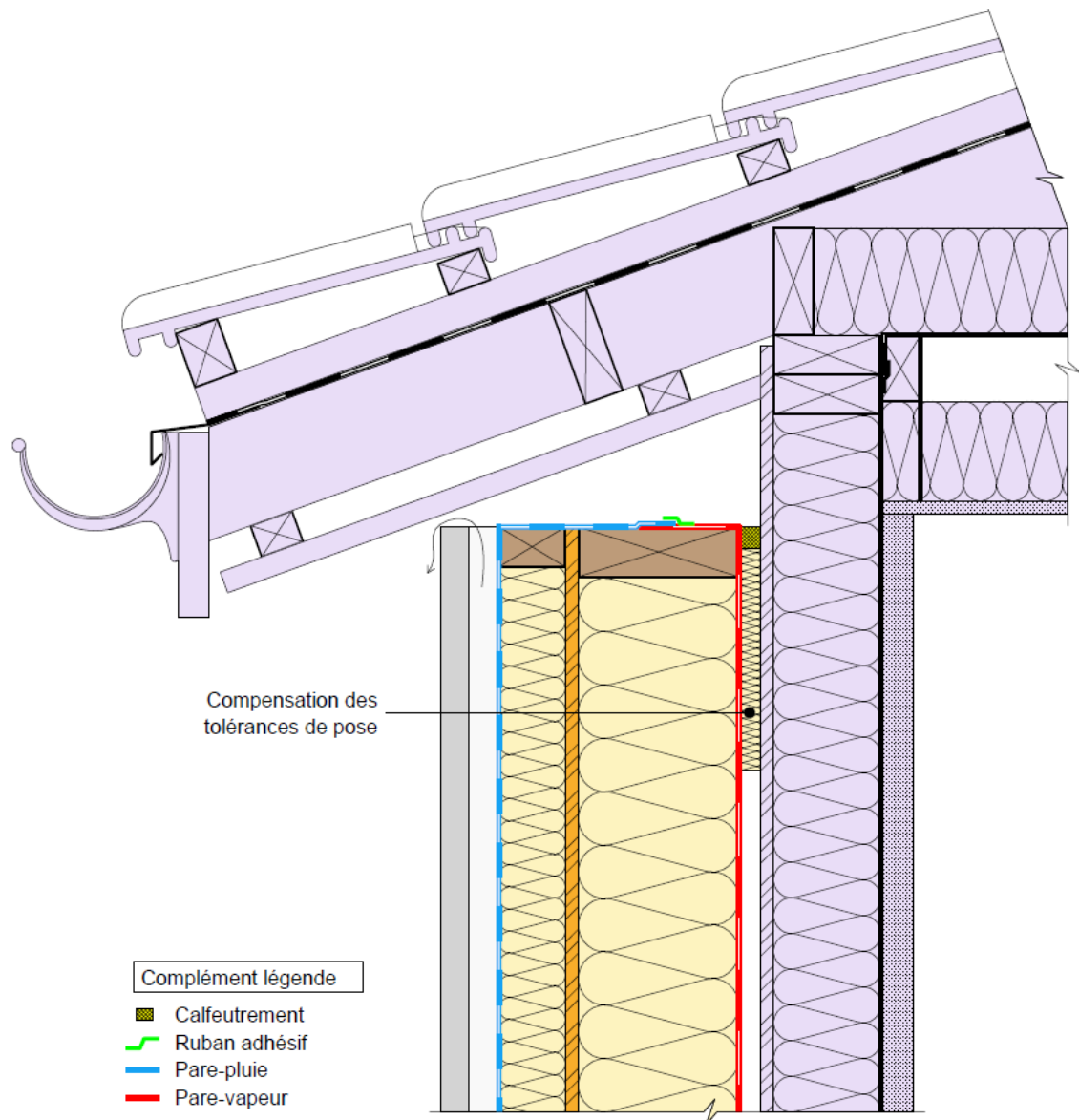


Figure 57 : Raccordement sous débord de toiture (coupe verticale)

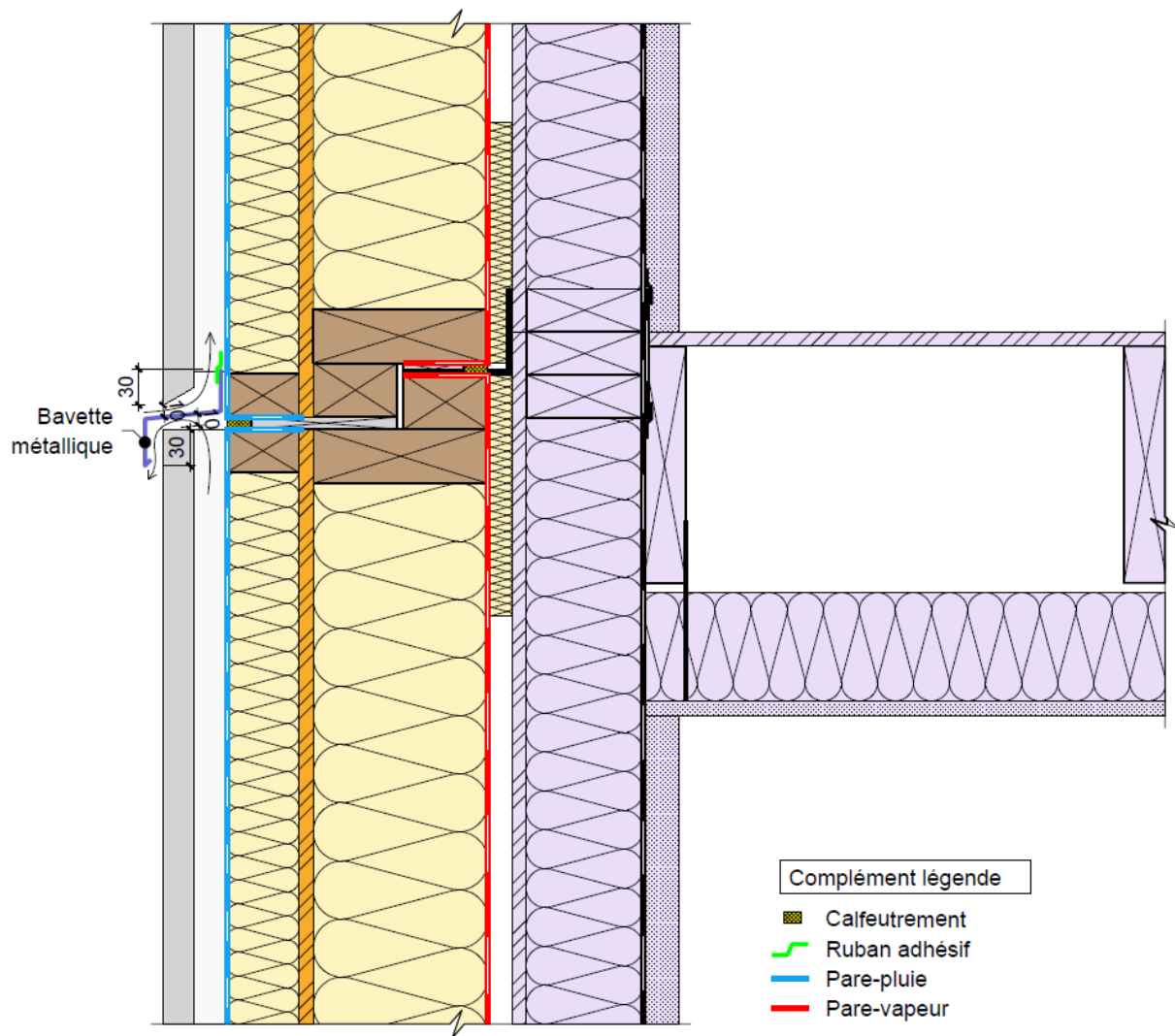


Figure 58 : Plancher intermédiaire – avec recoupement de lame d’air du bardage (coupe verticale)

NOTE : La figure 42 ci-dessus représente une ITE préfabriquée fondée en pied. Selon le NF DTU 31.4, ce type d’ouvrage est limité à 3 niveaux superposés.

4.8 CAS DE L'ITE IN-SITU – SOLUTION DE TYPE 7

Cette solution est généralement utilisée :

- Lorsque le niveau de planéité de la paroi existante ne permet pas d'ancrer les contre-ossatures décrites pour les solutions in-situ de type 1, 2 ou 3.
- Lorsque la capacité portante des montants de l'ossature existante ne permet pas d'ancrer les contre-ossatures décrites pour les solutions in-situ de type 1, 2 ou 3.

Le poids propre de la solution de rénovation doit donc être repris en pied, par une fondation rapportée, ou par une cornière métallique filante ancrée dans le bord de la dalle existante.

Les **pattes-équerres, ancrées en tête, dans les montants de l'ossature existante** reprennent donc seulement **les efforts hors plan** qui s'exercent sur l'ouvrage.

Le dimensionnement et la mise en œuvre des pattes-équerres, de l'isolant et de l'ossature support de l'isolant doivent respecter les prescriptions :

- Du NF DTU 41.2 si le bardage ventilé est en bois
- Du NF DTU 45.4 si le bardage ventilé est en panneaux HPL à fixations traversantes, en panneaux fibres-ciment à fixations traversantes, en clins PVC, en tuiles de terre cuite, ou en ardoises naturelles et fibres-ciment
- Du Cahier 3316_V3 si le bardage ventilé est visé par un Avis Technique

En complément des prescriptions de ces différents référentiels, un ouvrage pare-pluie est mis en œuvre sur les ossatures, conformément au NF DTU 31.2.

Le bardage ventilé peut alors être mis en œuvre.

Le carnet de détail ci-dessous illustre les prescriptions relatives à la gestion des points singuliers, et indique si le détail est compatible avec l'exigence Ee1 ou Ee2 d'un point de vue résistance à la pluie battante (voir chapitre 3.1).

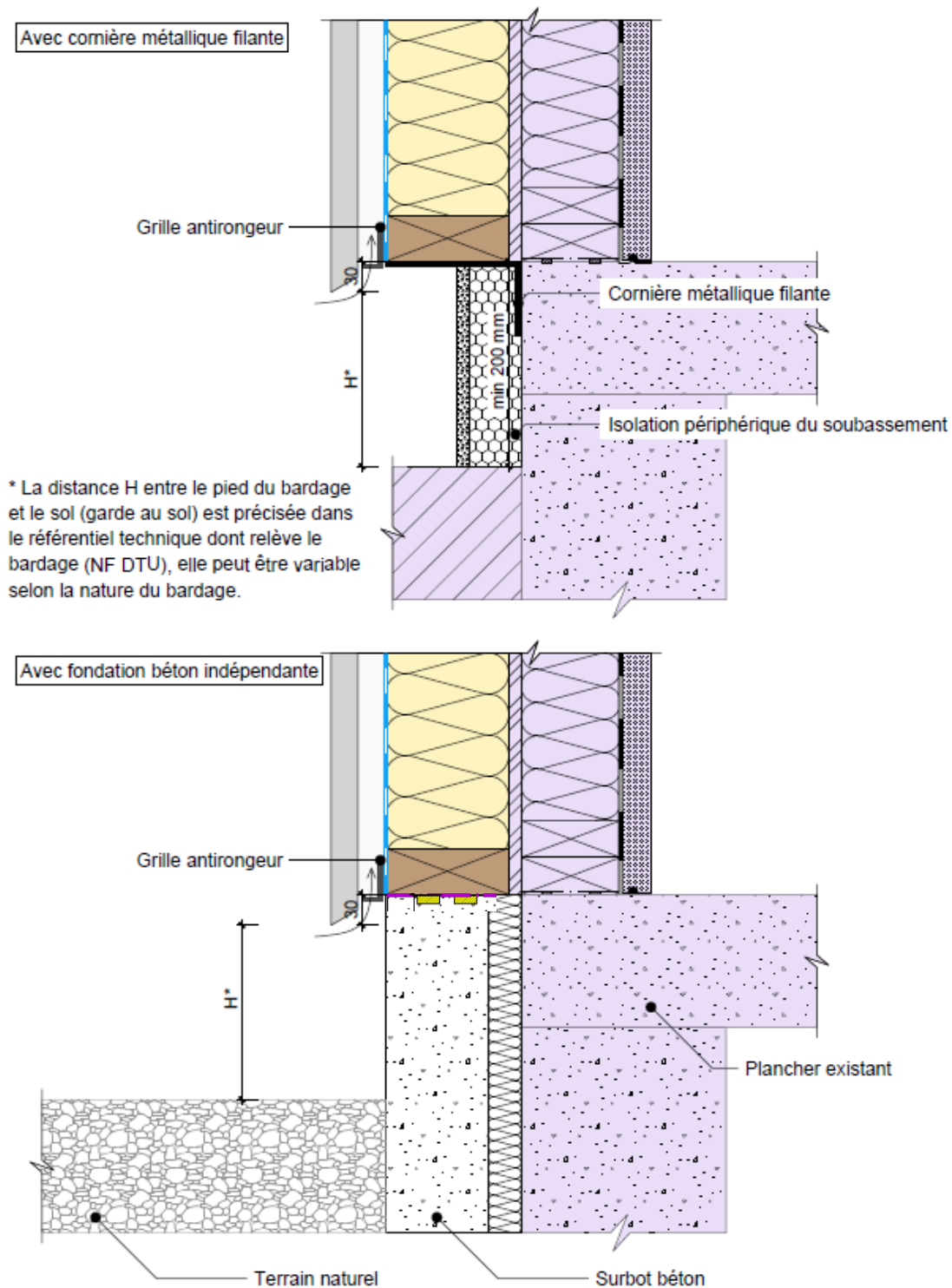


Figure 59 : Pied de mur – reprise des charges verticales par cornière (en haut) ou par fondation rapportée (en bas) (coupe verticale)

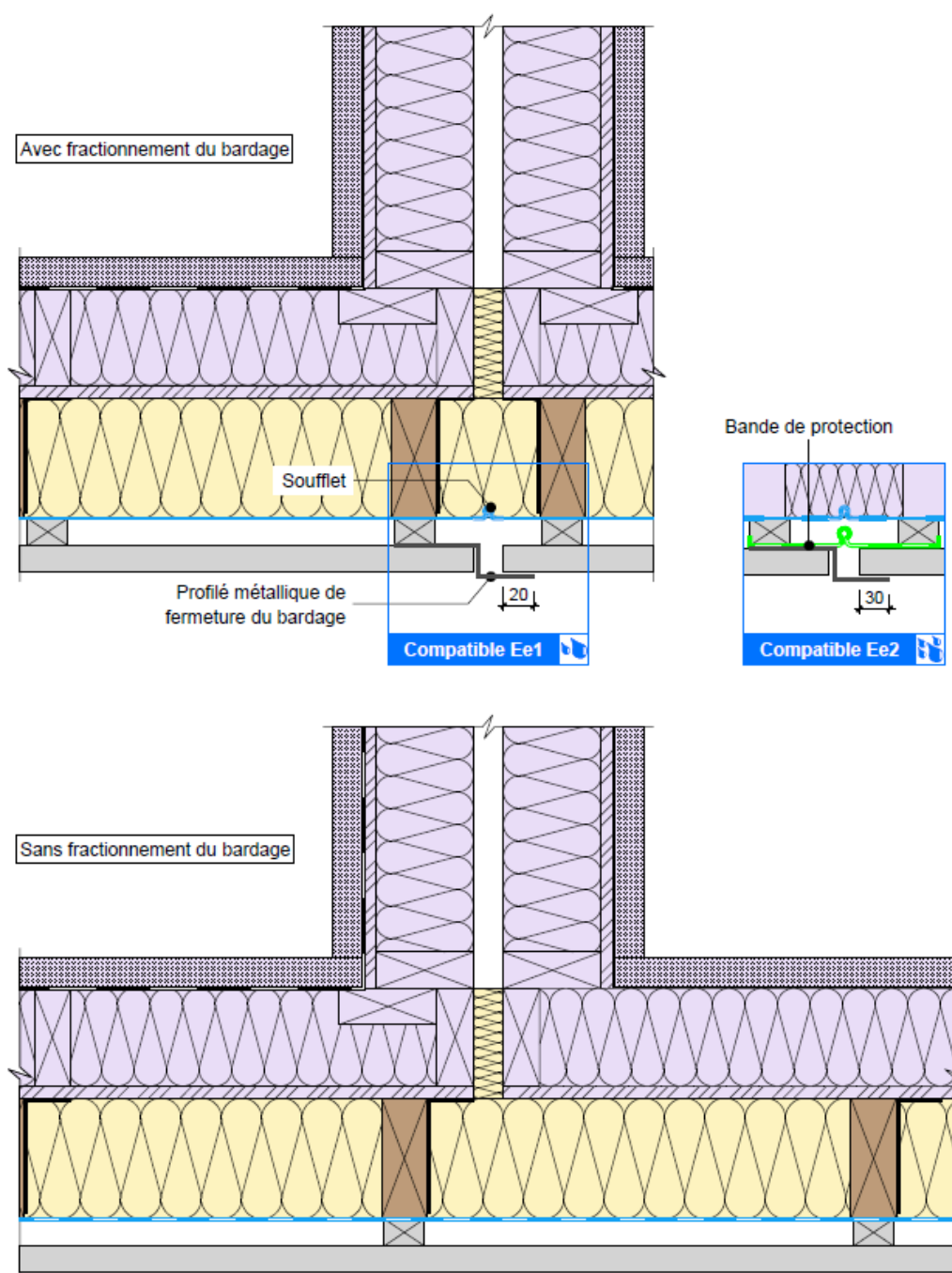


Figure 60 : Jonction entre parois verticales séparatives (coupes horizontales)

NOTE : S'il existe un risque de mouvement différentiel entre les deux éléments de façade de part et d'autre des parois séparatives (risque identifié lors du diagnostic mécanique de la structure existante) alors le bardage doit être fractionné

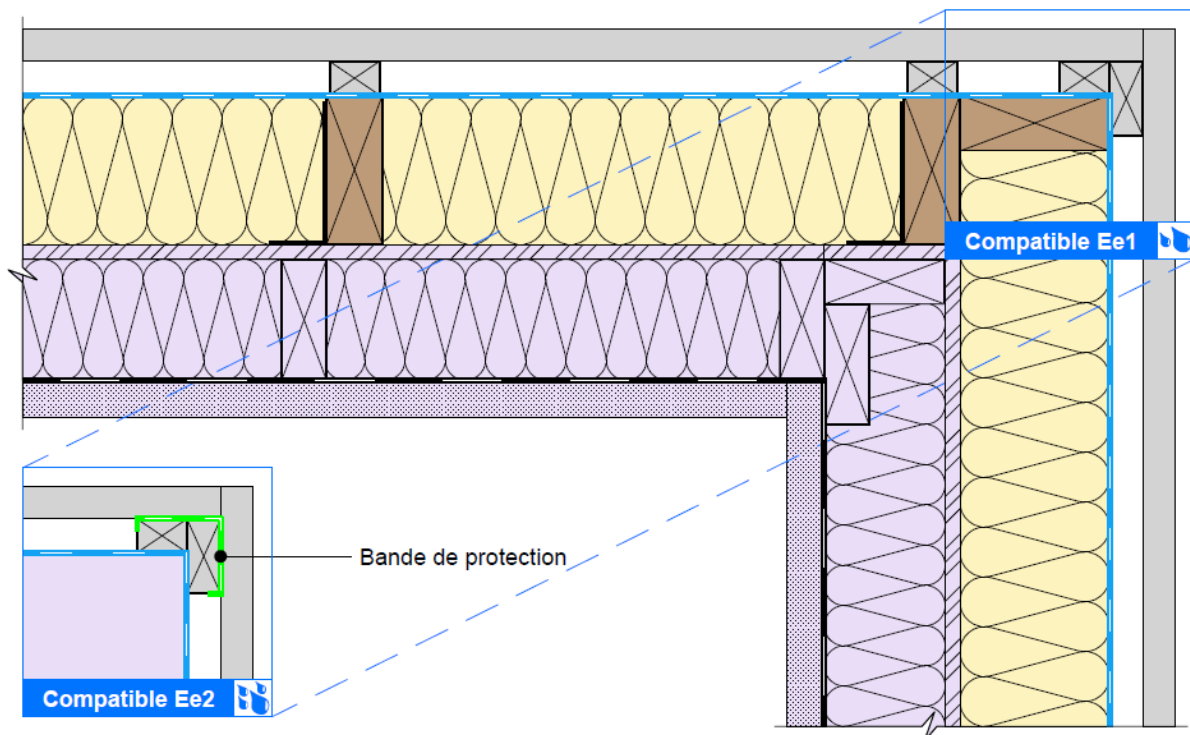


Figure 61 : Angle sortant (coupe horizontale)

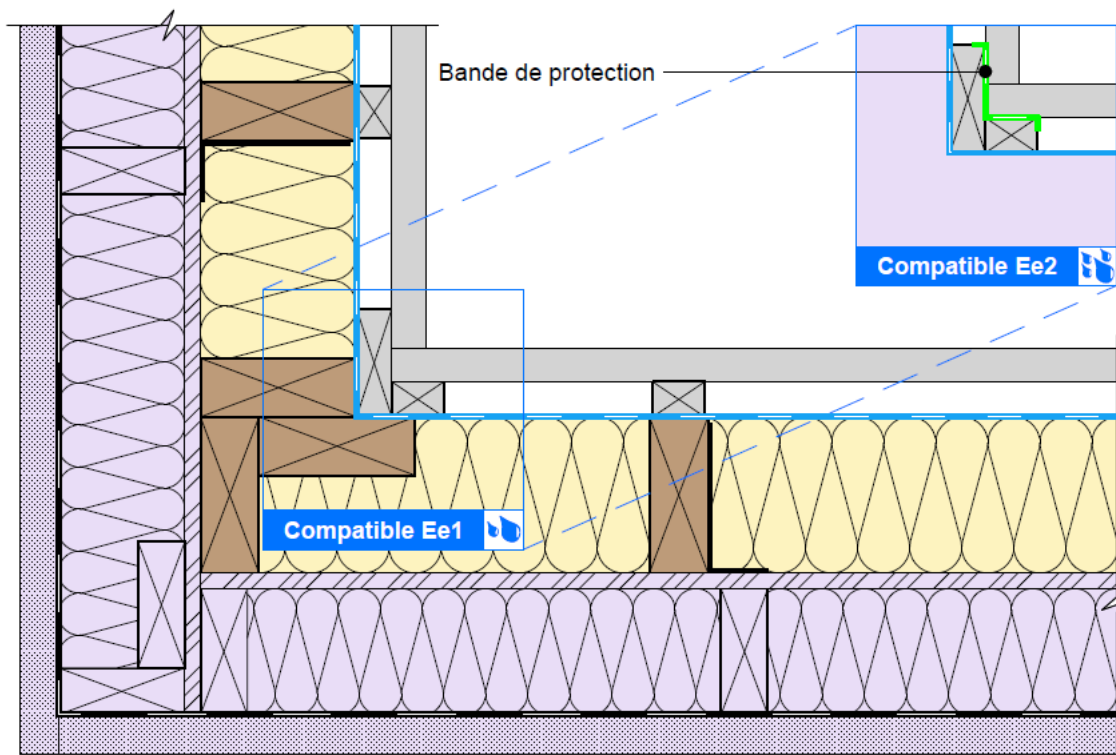


Figure 62 : Angle rentrant (coupe horizontale)

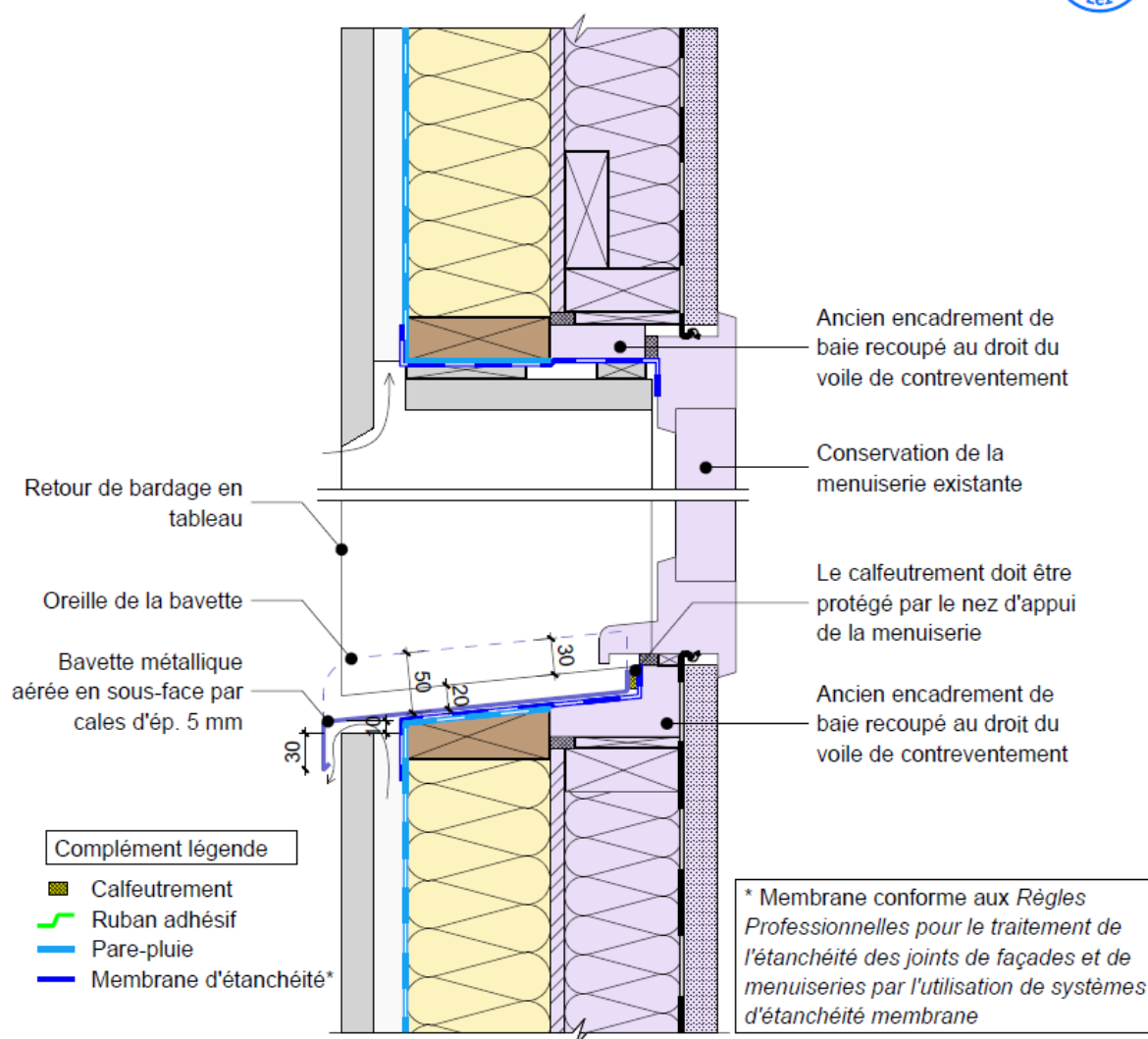
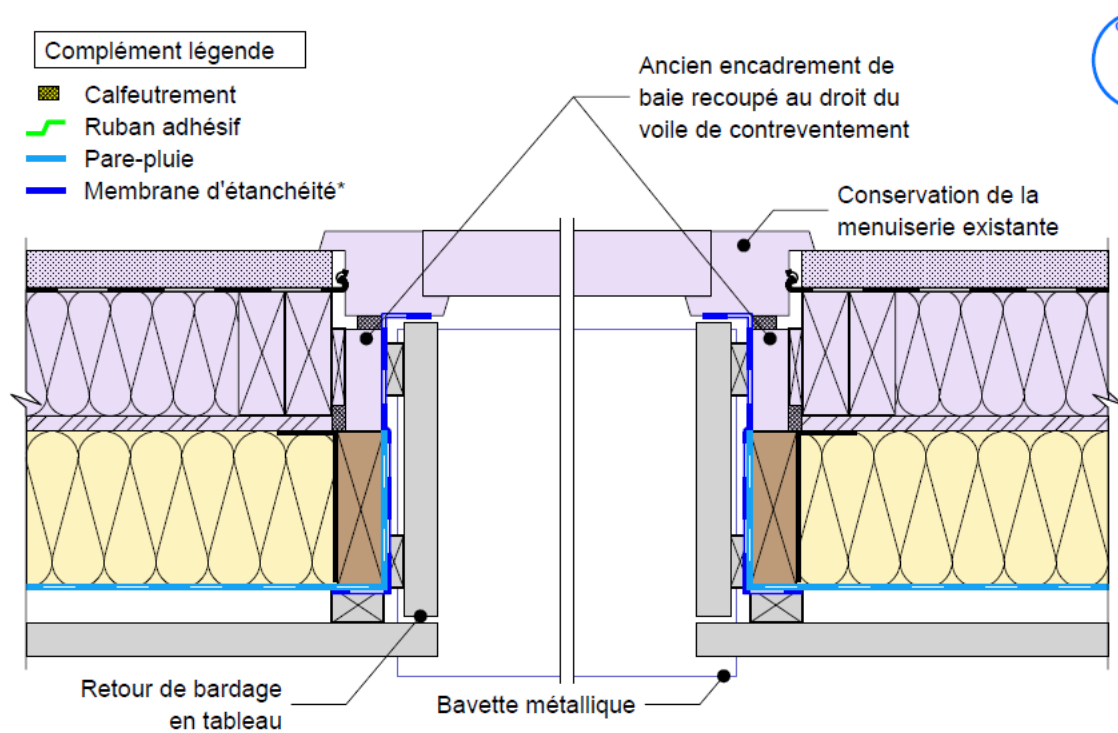


Figure 63 : Baie avec retour de bardage en tableau (coupe verticale)



* Membrane conforme aux *Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane*

Figure 64 : Baie avec retour de bardage en tableau (coupe horizontale)

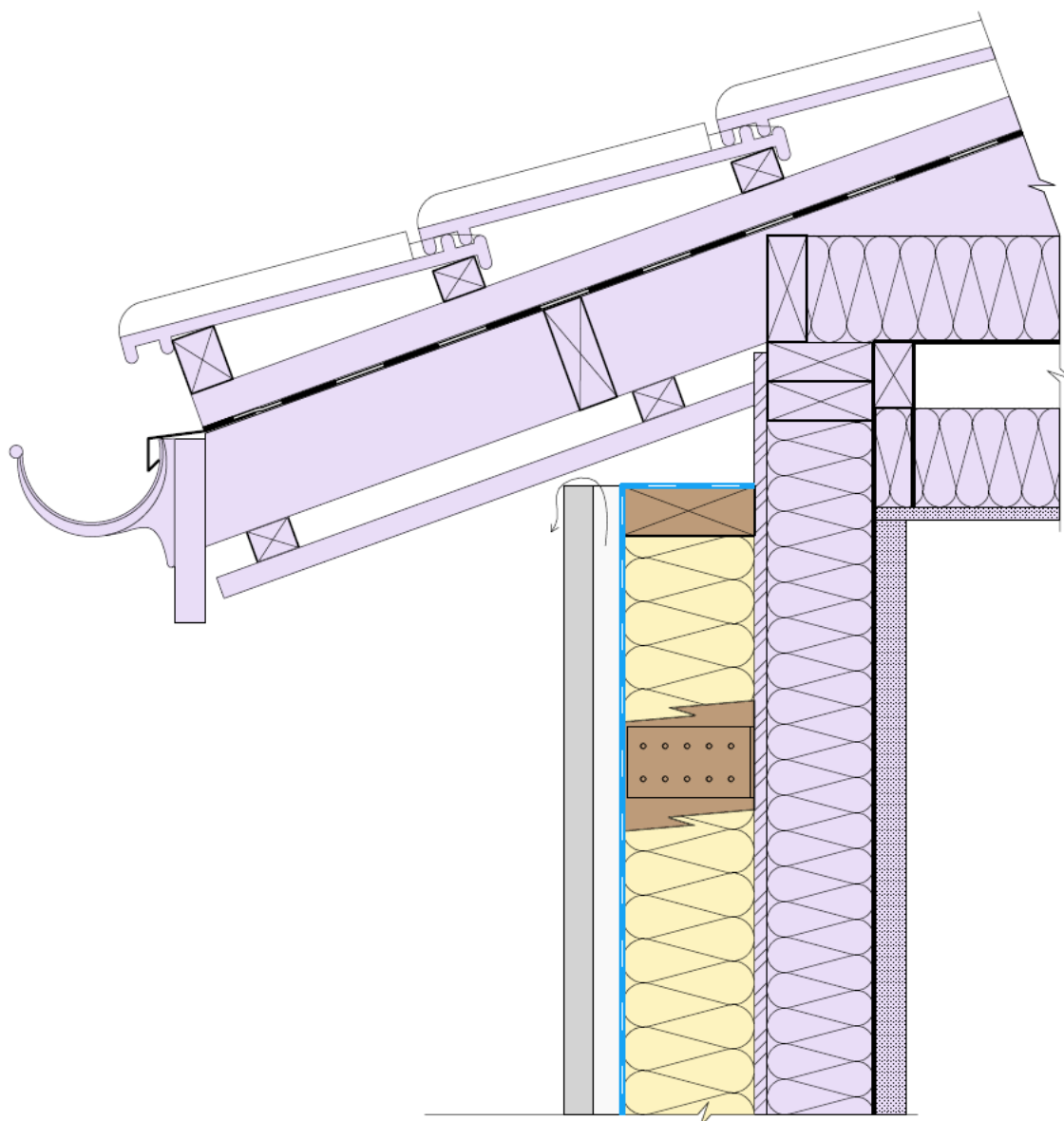


Figure 65 : Raccordement sous débord de toiture (coupe verticale)

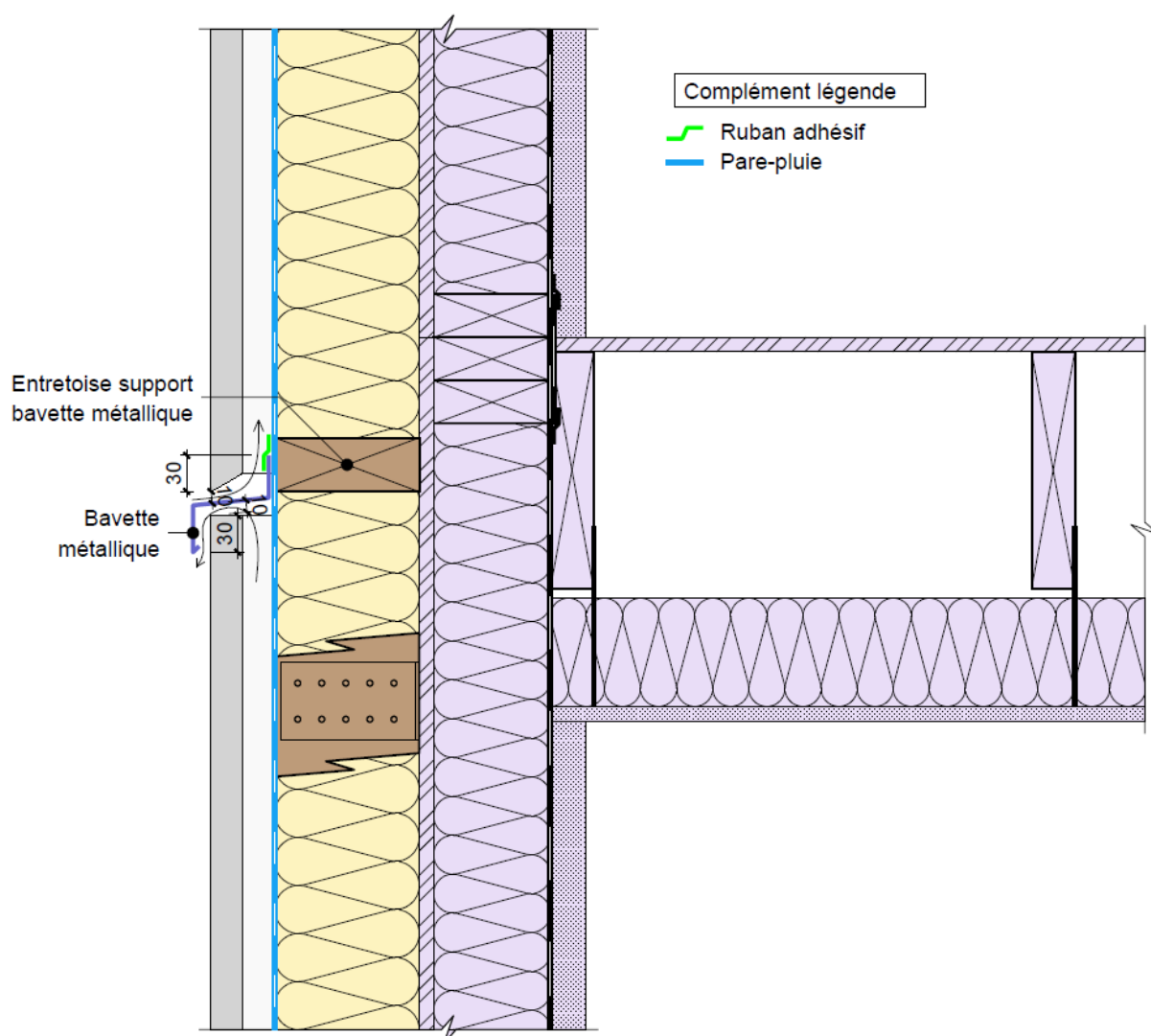


Figure 66 : Plancher intermédiaire – avec recouplement de lame d’air du bardage (coupe verticale)

4.9 CAS DE L'ITI - SOLUTION DE TYPE 8

Dans le cas de cette solution d'ITI, **aucun ancrage n'est réalisé dans les montants** de l'ossature existante : les ossatures rapportées sont **désolidarisées** et uniquement **reprises en pied et en tête** au niveau des planchers ou toitures.

Comme indiqué au chapitre 4.1, les montants de l'ossature rapportée doivent être positionnés à mi-entraxe des montants de l'ossature existante pour conférer à la paroi renovée un niveau de résistance aux chocs intérieurs de sécurité suffisant.

Le dimensionnement et la mise en œuvre de cette solution technique de contre-cloison sont réalisés conformément aux prescriptions du NF DTU 36.2.

Par rapport aux choix techniques réalisés lors du diagnostic de l'existant, doivent être anticipés :

- La fixation des éléments pesants, démontés puis remontés sur la contre-cloison rapportée, qui doit être dimensionnée en conséquence et en y incorporant des entretoises pour reprendre les charges, si nécessaire.
- Le déplacement éventuel des réseaux existants (eau, électricité, ...) :
 - si les réseaux sont neufs, leur passage est réalisé dans la nouvelle gaine technique
 - si tout ou partie des réseaux sont conservés, leur passage aura donc lieu entre la paroi existante et la solution d'ITI rapportée : l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau des sorties au travers du pare-vapeur neuf devront être réalisées conformément aux exigences du NF DTU 31.2 au moyen d'œilletons et manchons d'étanchéité.

Le jeu entre la solution d'ITI rapportée et la paroi existante dépend des défauts de planéité de cette dernière. Ce jeu peut être nul.

La mise en œuvre du parement intérieur peut ensuite être réalisée conformément aux référentiels dont ils relèvent (NF DTU 36.2 pour un parement en bois, NF DTU 25.41 pour un parement en plaques de plâtre, ...).

Sur les détails 67 à 73 ci-dessous, les parements intérieurs sont représentés supportés par des tasseaux bois, dans le cas de plaques de parement en plâtre, il peut s'agir d'une ossature métallique.

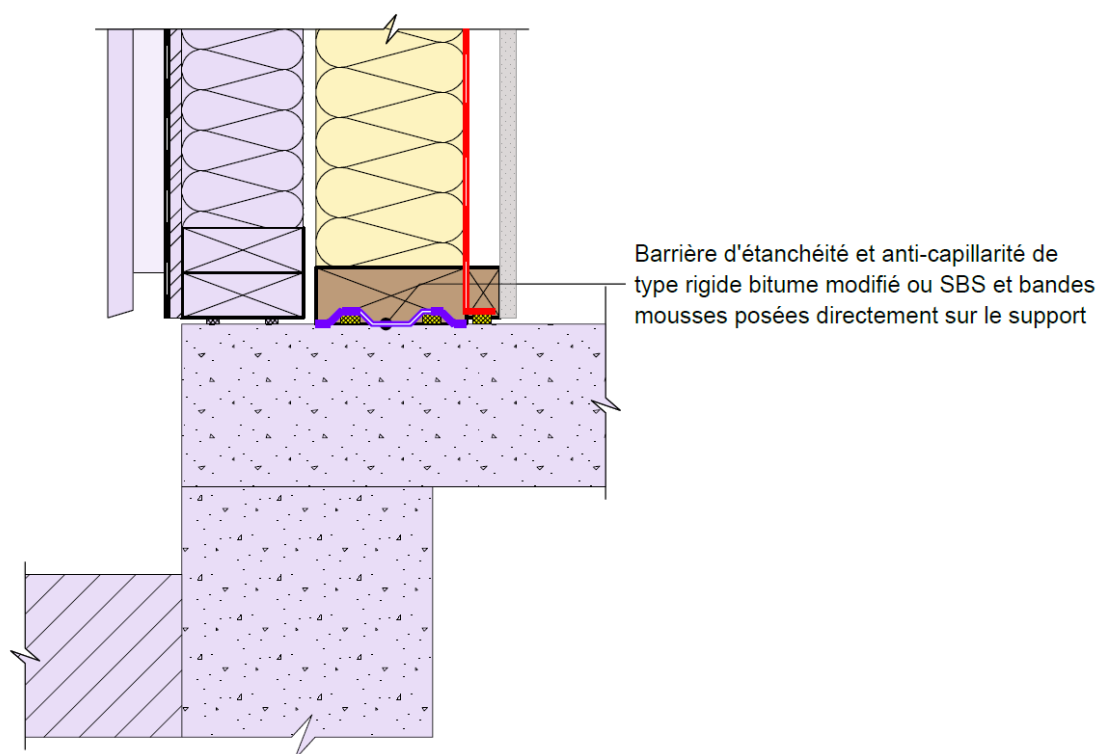


Figure 67 : Pied de mur (coupe verticale)

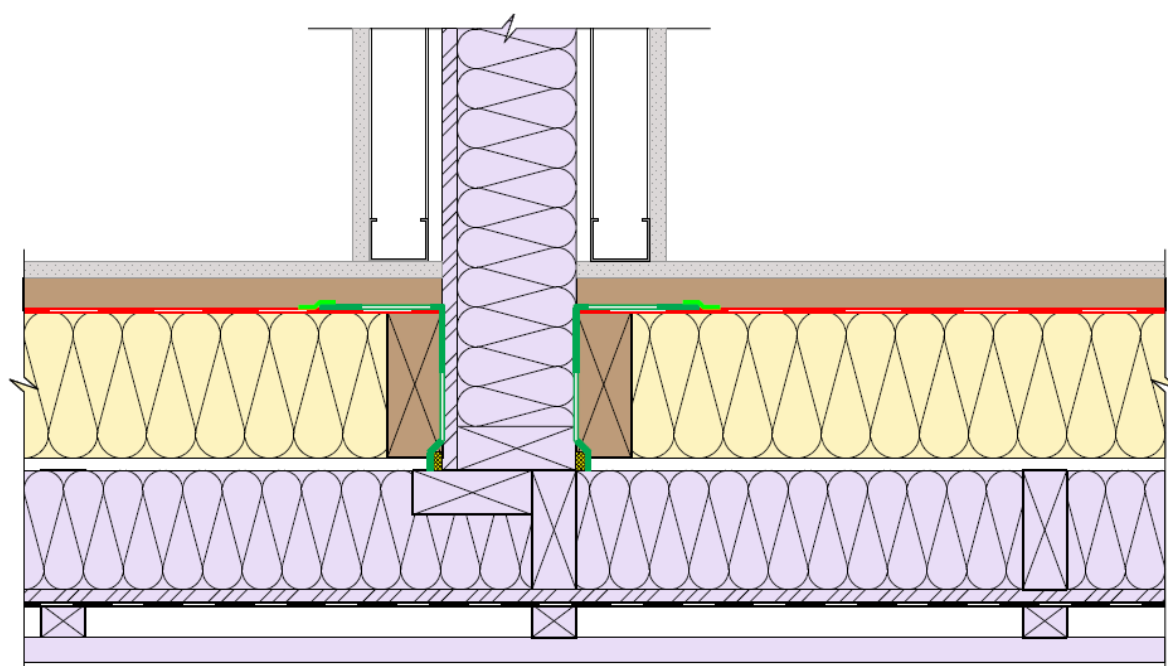


Figure 68 : Liaison avec mur intérieur (coupes horizontales)

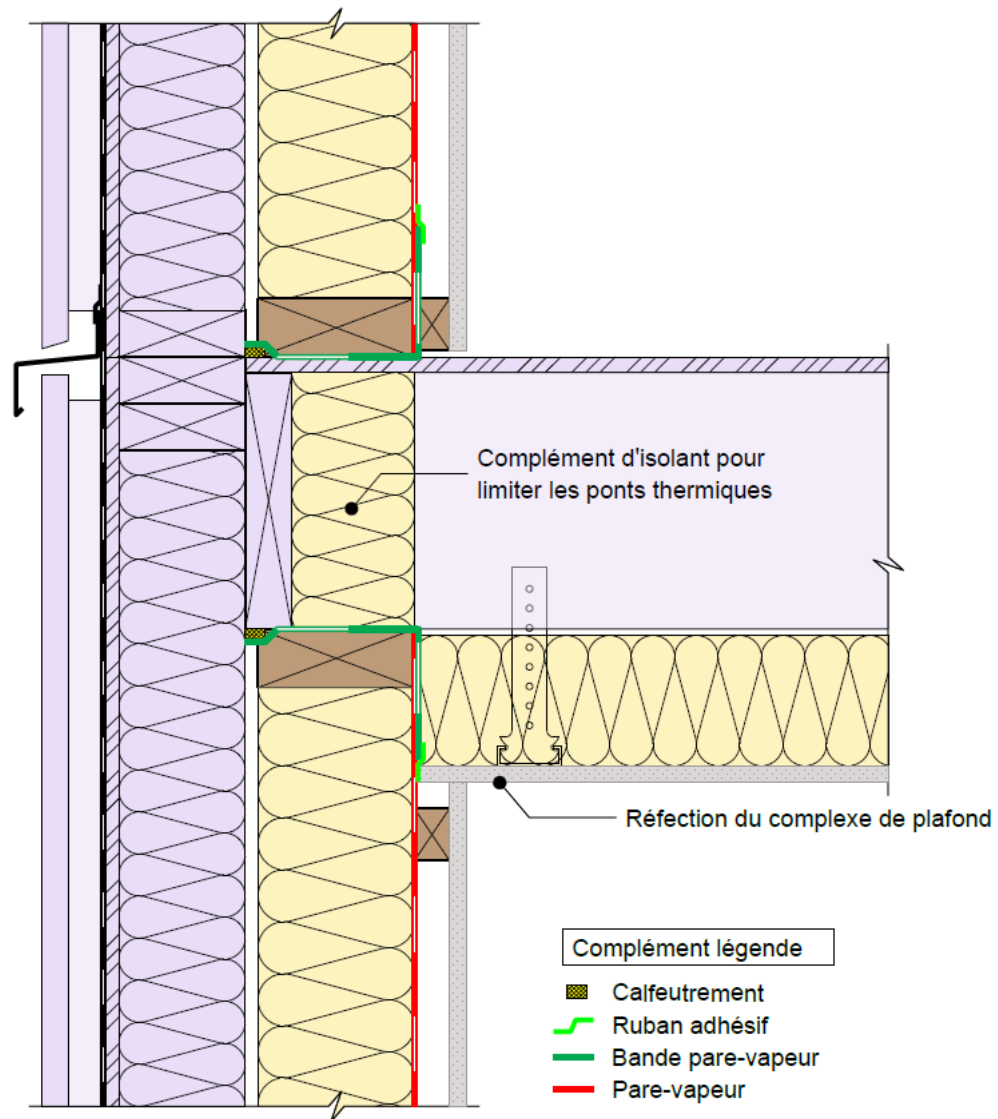


Figure 69 : Plancher intermédiaire (coupe verticale)

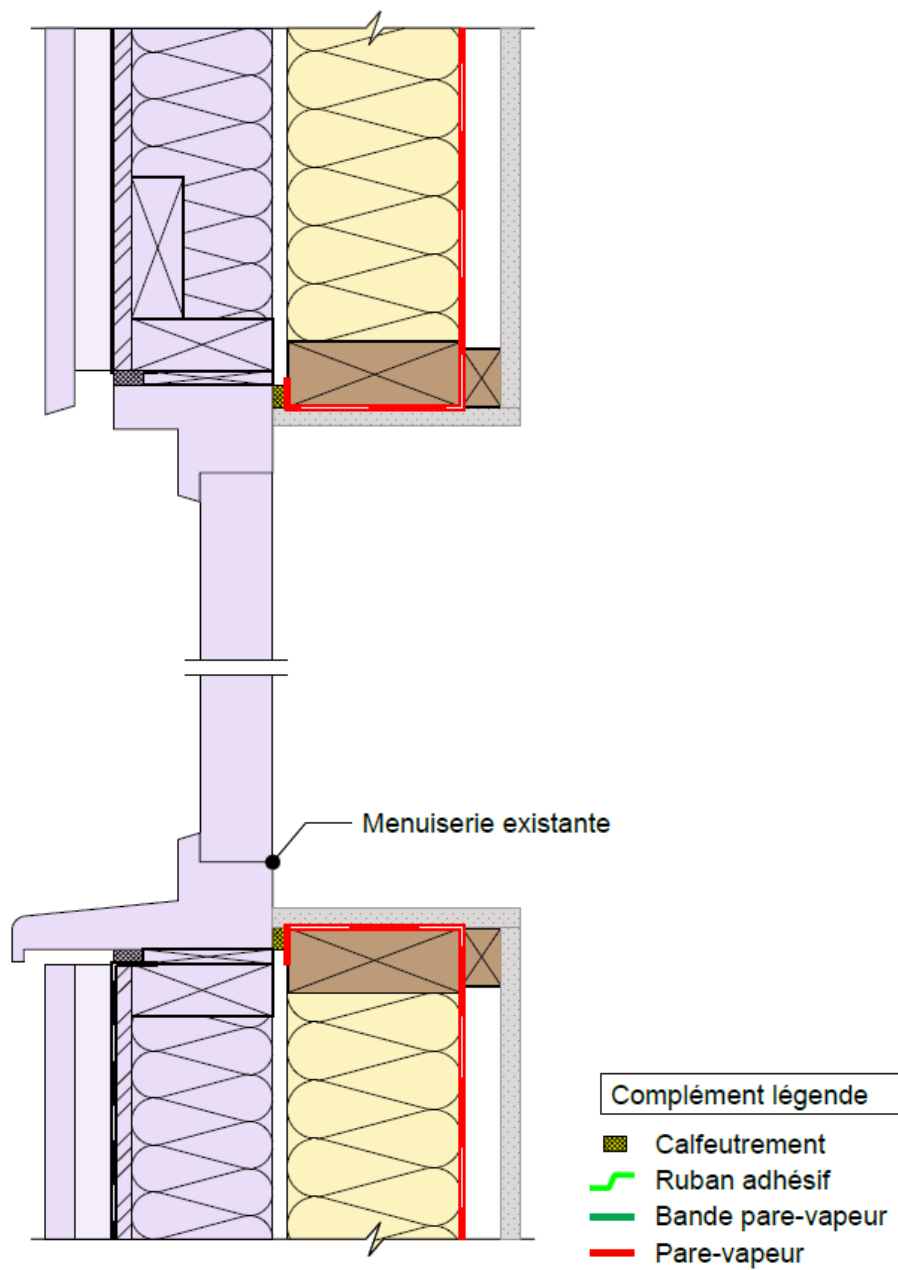






Figure 70 : Baie avec conservation de la menuiserie existante (coupe verticale)

Complément légende

-  Calfeutrement
-  Ruban adhésif
-  Bande pare-vapeur
-  Pare-vapeur

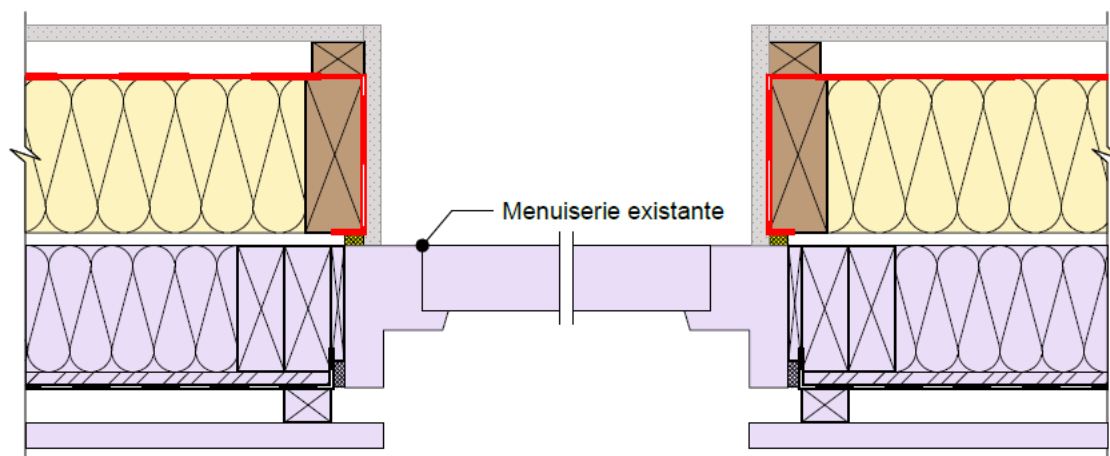
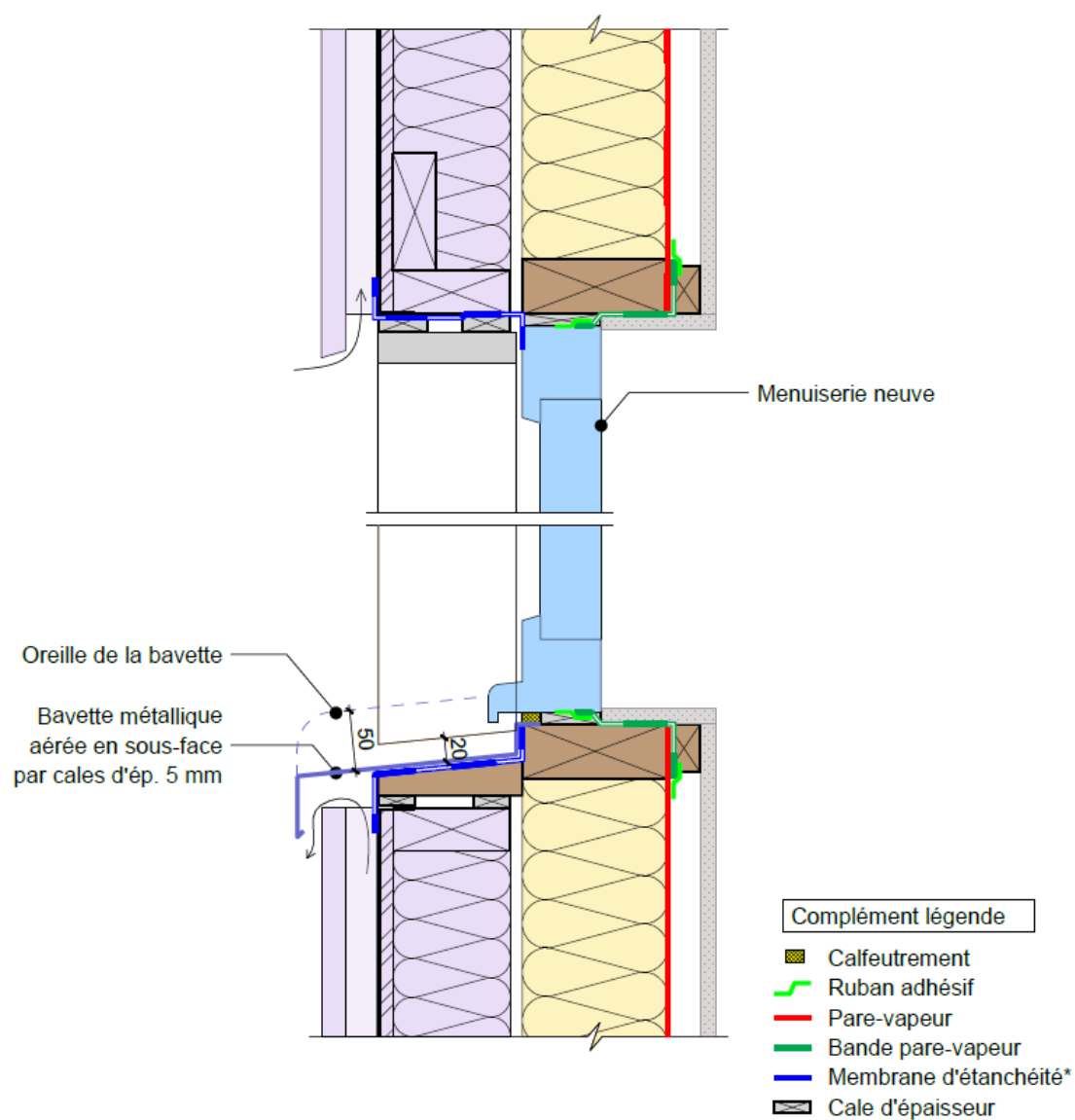


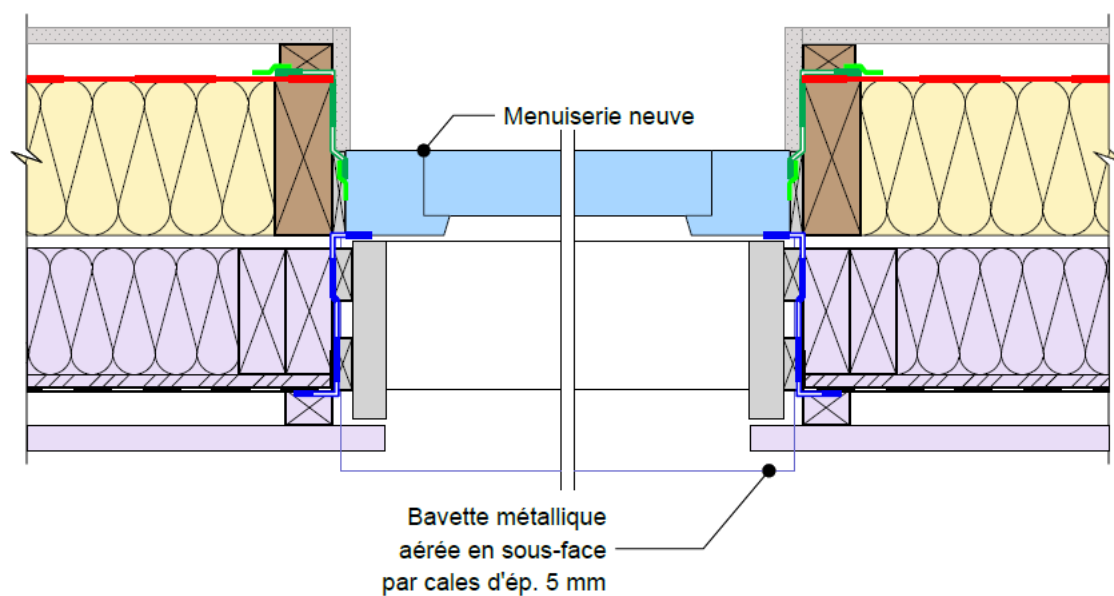
Figure 71 : Baie avec conservation de la menuiserie existante (coupe horizontale)



* Membrane conforme aux *Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane*

Figure 72 : Baie avec menuiserie neuve (coupe verticale)

Complément légende	
	Calfeutrement
	Ruban adhésif
	Pare-vapeur
	Bande pare-vapeur
	Membrane d'étanchéité*
	Cale d'épaisseur



* Membrane conforme aux Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane

Figure 73 : Baie avec menuiserie neuve (coupe horizontale)

4.10 CAS DE L'ITE SUR MADRIERS EMPILES – SOLUTION DE TYPE 9

Une construction en madriers empilés est particulièrement sensible aux variations dimensionnelles.

Même si au regard de l'ancienneté de la construction la phase de tassement est depuis longtemps terminée, les variations d'humidité en raison des propriétés hygroscopiques du bois peuvent générer des mouvements différentiels de plusieurs centimètres en fonction de l'hygrométrie et des saisons : Pour des madriers exposés aux intempéries, considérant un cas défavorable (mais réaliste) avec une humidité maximale de 22% en hiver et minimale de 10 % en été, pour un mur de 2,6 mètres de hauteur, les variations dimensionnelles maximales de la paroi sont de l'ordre de 6 cm (calculs réalisés pour des madriers en Épicéa).

Ces mouvements de la construction entraînent des conséquences sur tous les éléments de second œuvre, y compris ceux rapportés sur la paroi dans le cadre d'une rénovation.

Pour le cas de la solution d'ITE développée dans ce Guide, **les madriers se retrouvent protégés des intempéries**. Une fois l'humidité d'équilibre atteinte dans la construction, les variations d'humidité seront limitées à environ 5% maximum sur l'année.

Les pattes-équerre utilisées pour la fixation des ossatures rapportées support d'isolant par l'extérieur devront donc comporter un trou oblong vertical permettant d'absorber les variations dimensionnelles des madriers :

- Liées au retour à l'humidité d'équilibre, en fonction de l'humidité des madriers au moment de la mise en œuvre de l'ITE
- Liées aux variations saisonnières d'humidité (5% maximum dans le cas de notre solution « ITE ins-situ type 9 »)

Un exemple de connecteur permettant de ne pas mettre en charge les ossatures support d'ITE est donné sur la figure 74 ci-dessous.

Ossature sur équerre coulissante

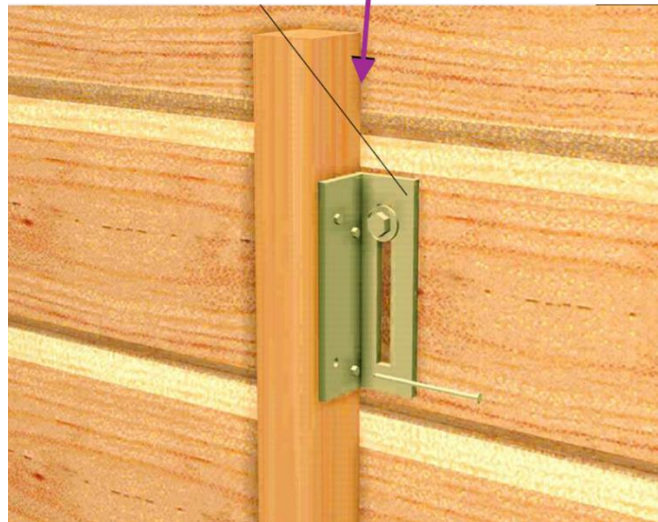


Figure 74 : Exemple de patte-équerre permettant d'absorber les retraits / gonflements des madriers

Le tableau 14 ci-dessous, indique les **variations dimensionnelles prévisibles** pour une paroi en madriers empilés massifs en Sapin ou en Epicéa, en fonction de l'humidité initiale du madrier (au moment des travaux de rénovation) et de la hauteur de la paroi.

C'est cette valeur que devront pouvoir reprendre les pattes-équerres coulissantes de fixation des ossatures support d'ITE.

Humidité initiale des madriers	Hauteur du mur en madriers		
	2,60 m	2,80 m	3,00 m
10 %	15 mm	16 mm	18 mm
12%	15 mm	16 mm	17 mm
14%	24 mm	26 mm	28 mm
16 %	34 mm	36 mm	39 mm
18 %	43 mm	47 mm	50 mm
20%	53 mm	57 mm	61 mm
Les variations dimensionnelles sont arrondies au mm supérieur			

Tableau 14 : Variations dimensionnelles prévisibles pour les madriers existants

NOTE : si les madriers sont à une humidité supérieure à 20%, le risque fongique est trop important pour pouvoir entreprendre des travaux.

Ces variations dimensionnelles doivent également être prises en compte au niveau des baies : L'étanchéité à l'eau devra être réalisée avec des membranes souples d'étanchéité comportant des sur-longueurs correspondant aux variations dimensionnelles attendues pour la paroi (voir tableau 14) ci-dessus.

Le dimensionnement pour la reprise du poids propre et des charges de vent, et la mise en œuvre des pattes-équerrres, de l'isolant et de l'ossature support de l'isolant doivent respecter les prescriptions :

- Du NF DTU 41.2 si le bardage ventilé est en bois
- Du NF DTU 45.4 si le bardage ventilé est en panneaux HPL à fixations traversantes, en panneaux fibres-ciment à fixations traversantes, en clins PVC, en tuiles de terre cuite, ou en ardoises naturelles et fibres-ciment
- Du Cahier 3316_V3 si le bardage ventilé est visé par un Avis Technique

En complément des prescriptions de ces différents référentiels, un ouvrage pare-pluie est mis en œuvre sur les ossatures, conformément au NF DTU 31.2.

Le bardage ventilé peut alors être mis en œuvre.

Le carnet de détail ci-dessous (figures 75 à 80) illustre la mise en œuvre de cette solution de type 9.

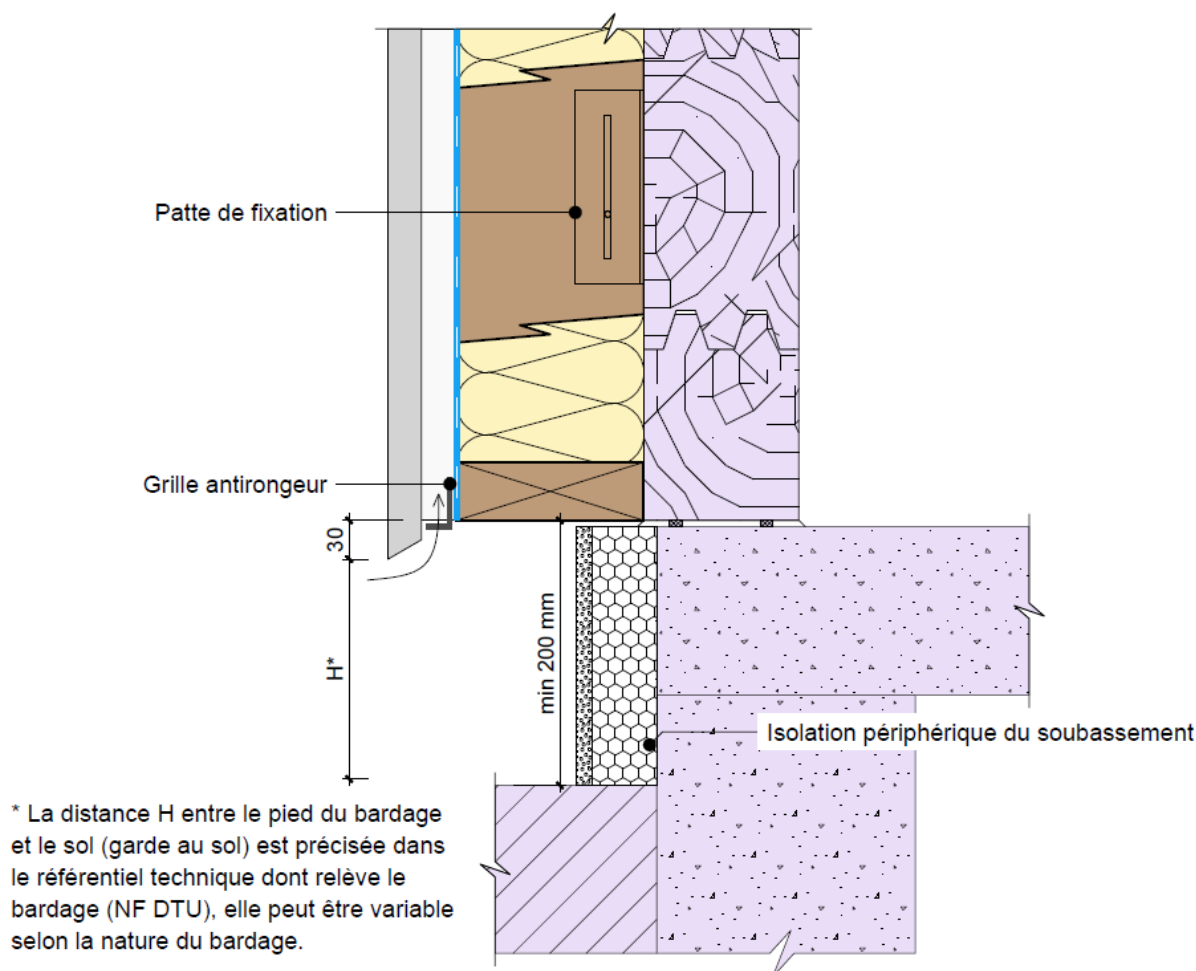


Figure 75 : Pied de mur – FOB fondée en pied (coupe verticale)

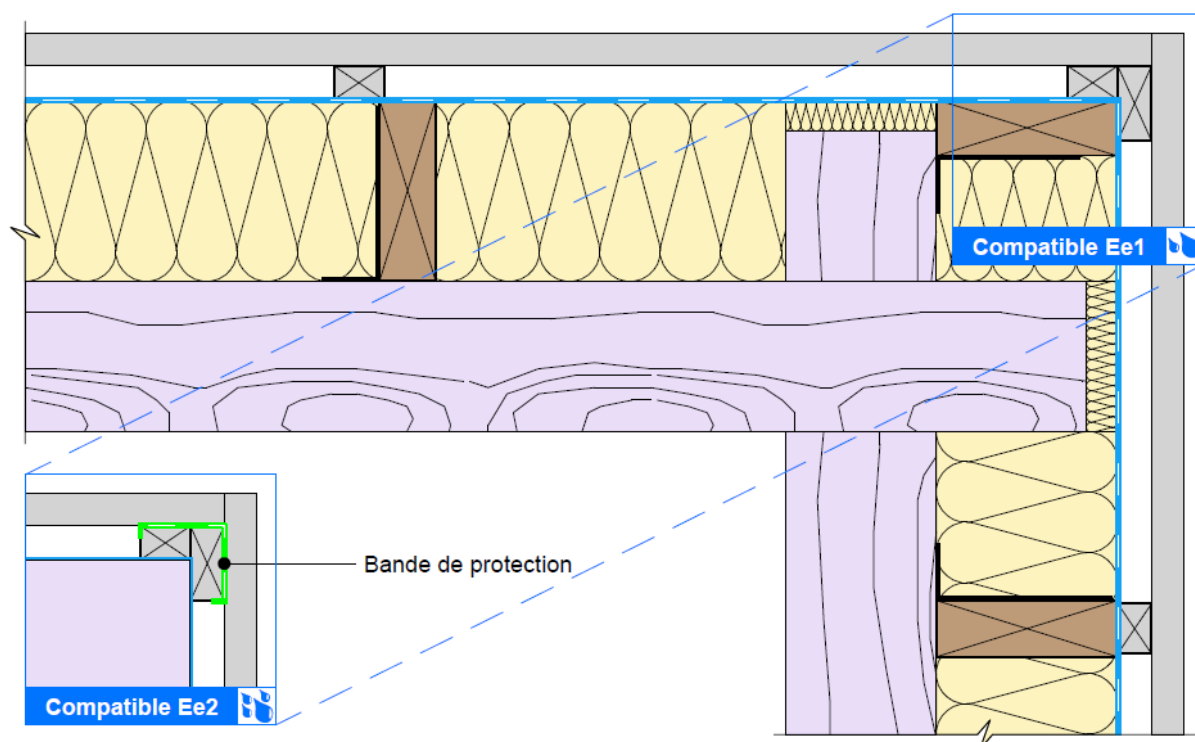


Figure 76 : Angle sortant (coupe horizontale)

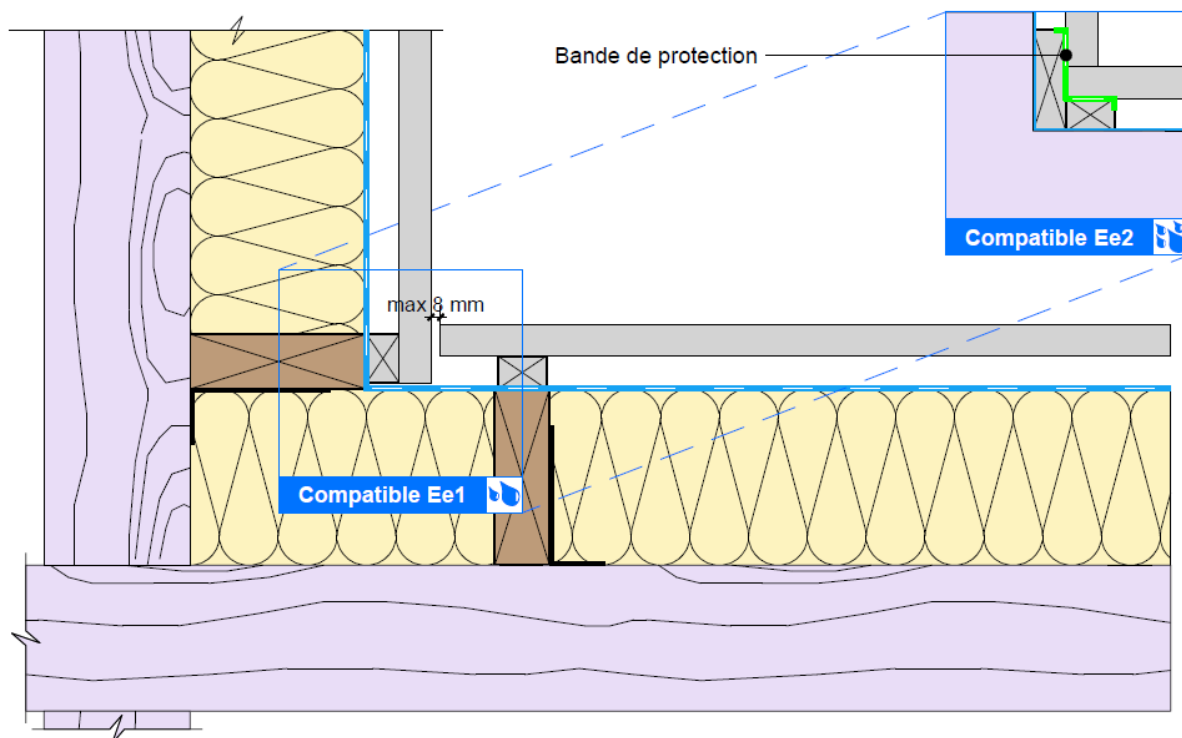
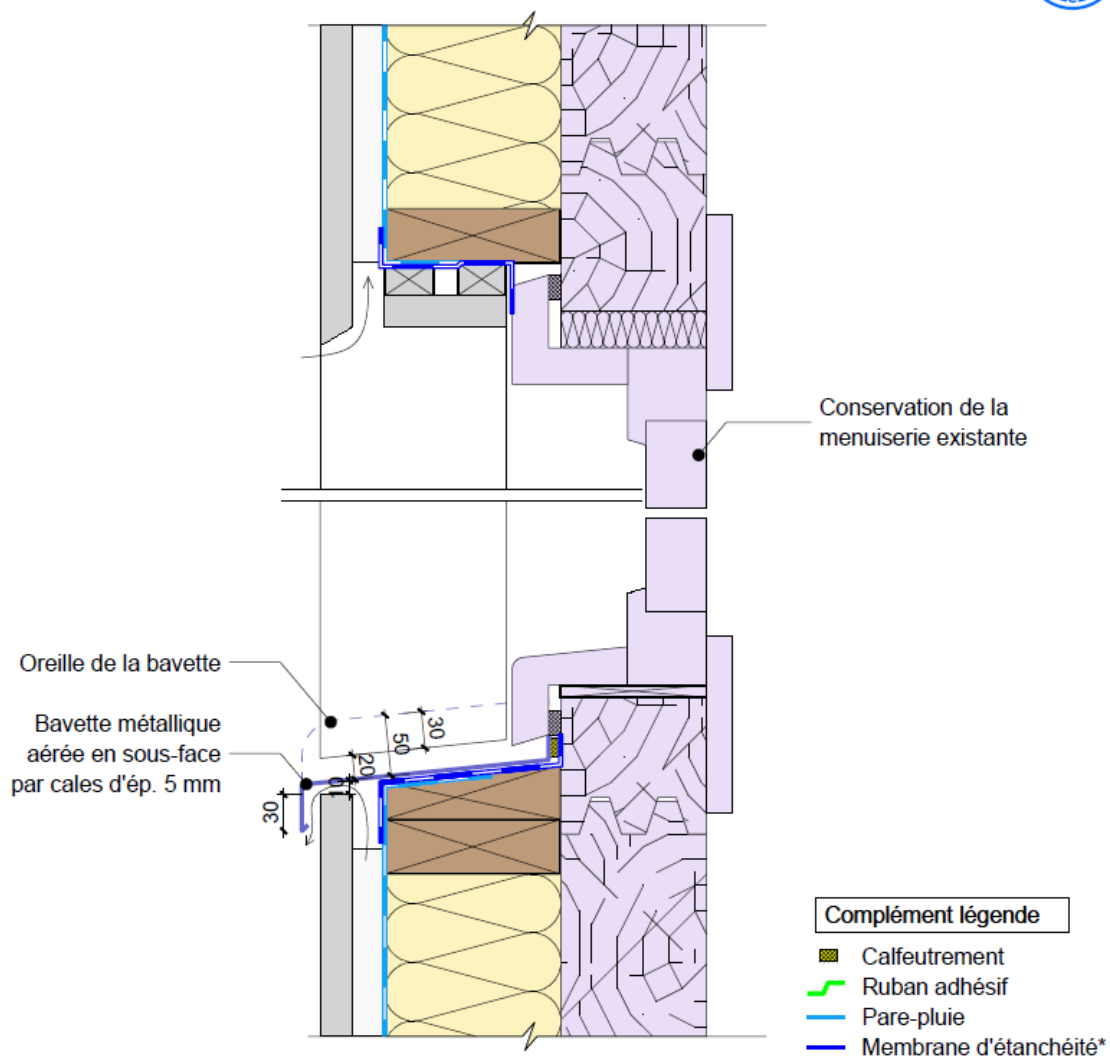






Figure 77 : Angle rentrant (coupe horizontale)

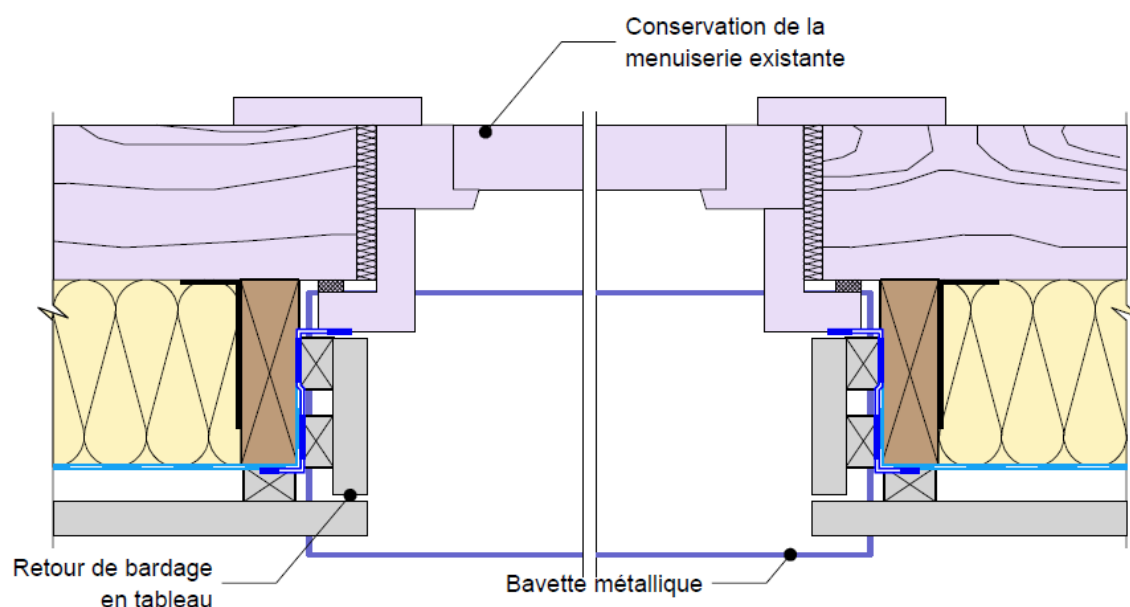


* Membrane conforme aux Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane

Figure 78 : Baie avec conservation de la menuiserie existante (coupe verticale)

Complément légende

-  Calfeutrement
-  Ruban adhésif
-  Pare-pluie
-  Membrane d'étanchéité*



* Membrane conforme aux *Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité membrane*

Figure 79 : Baie avec conservation de la menuiserie existante (coupe horizontale)

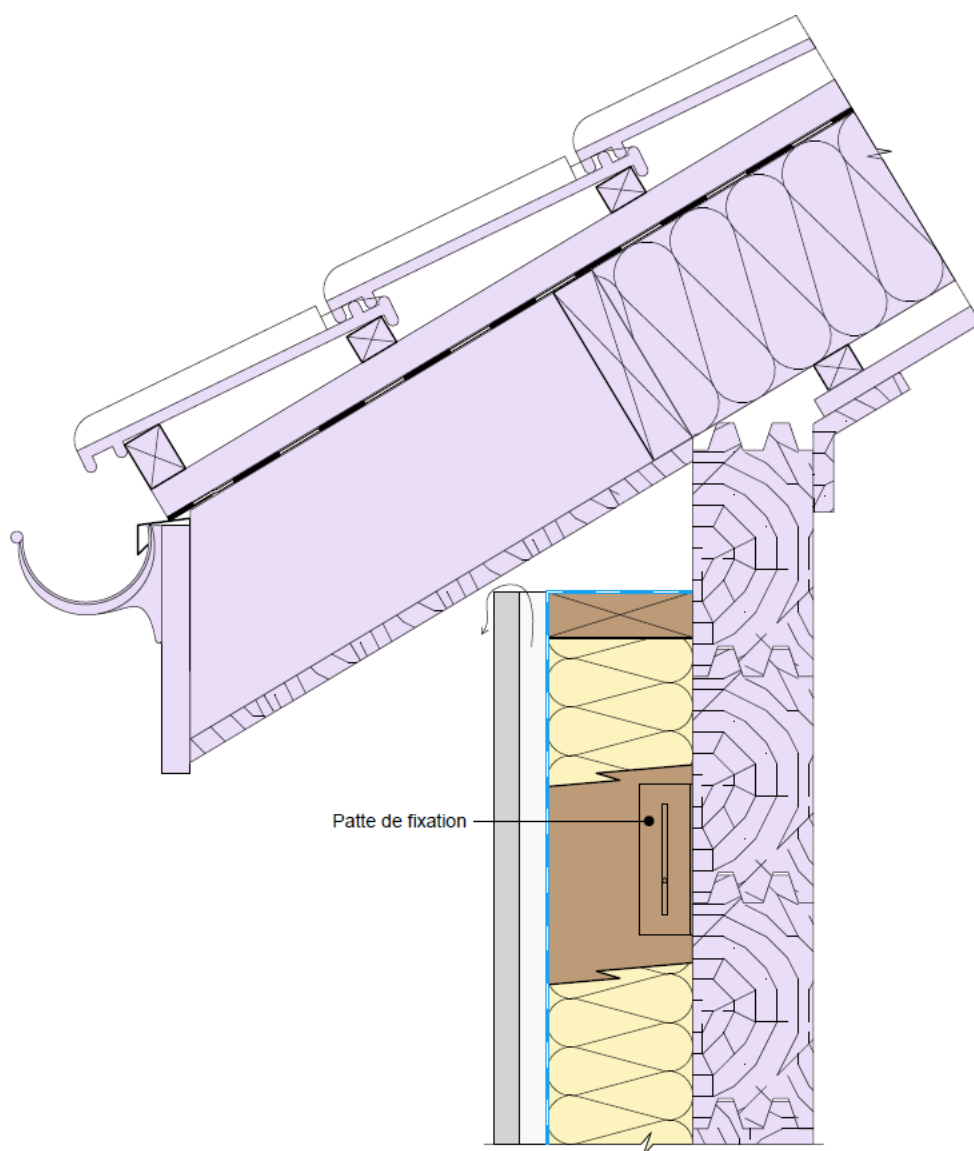


Figure 80 : Raccordement sous débord de toiture (coupe verticale)

ANNEXE : ETUDE HYGROTHERMIQUE

ANNEXE : ETUDE HYGROTHERMIQUE

A.1. CONTEXTE ET OBJECTIF

L'objectif du guide de rénovation des murs extérieurs en bois (RénoCOB) est de proposer des solutions techniques fiabilisées, permettant de rénover thermiquement un certain nombre de générations de parois bois extérieures constituant une partie de l'enveloppe du bâtiment bois. Dans ce contexte, il est important de prendre en compte les transferts de vapeur au sein des différentes solutions proposées pour assurer leur pérennité.

L'étude hygrothermique a consisté à réaliser une évaluation du comportement hygrothermique en œuvre des différentes solutions proposées. A l'aide de simulations numériques, nous avons évalué la salubrité en partie courante de ces solutions pour différents cas d'ambiances extérieures et de scénarios plus ou moins défavorables.

Les simulations numériques ont été effectuées en considérant les hypothèses du document PACTE SimHuBat (« Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couplés température / humidité dans les parois de bâtiment » - Octobre 2021) complétées par des hypothèses spécifiques.

Les configurations modélisées, les hypothèses et les résultats de modélisations ainsi que leurs analyses et interprétations sont détaillées dans la suite de cette annexe.

A.2. PRESENTATION DES MOYENS DE CALCUL

Les calculs ont été réalisés avec le logiciel « WUFI 2D » qui permet de simuler simultanément les transferts de chaleur, de vapeur d'eau et d'eau liquide.

Ce logiciel permet, à partir des paramètres d'entrée, de déterminer les champs d'humidité relative et de teneur en eau, en tous points des composants de la paroi, heure par heure sur la durée de calcul considérée. Ce logiciel est reconnu par l'ensemble des acteurs de l'évaluation.

A.3. HYPOTHESES

Les hypothèses des modélisations sont celles définies par le document PACTE SimHuBat « Guide – Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couplés Température/ Humidité dans les parois de Bâtiment », avec les spécificités décrites ci-dessous :

- Les simulations ont été réalisées sur une période de 3 ans minimum.
- Les climats extérieurs utilisés sont ceux de Nancy, Brest, La Chaux-de-Fonds et Nice.
- Les conditions initiales (au démarrage du calcul) dans les matériaux correspondent à une humidité relative de 80% et une température de 20°C. Cette humidité plutôt élevée permet de mesurer la capacité d'assèchement de la paroi au cours du temps.
- Le revêtement de type bardage bois n'est pas modélisé car le climat de la lame d'air fortement ventilée est considéré comme égal au climat extérieur. Les effets de la pluie battante n'ont pas été pris en compte également.
- Les transferts d'air ne sont pas pris en compte.
- Les membranes utilisées dans une paroi sont considérées comme continues, sans discontinuité ponctuelle, et correctement mises en œuvre.

A.4. CAHIER DES CHARGES

PAROIS MODELISEES

Neuf solutions techniques ont été proposées afin de répondre aux différentes configurations d'enveloppes du bâtiment bois réalisées entre 1972 et 2005.

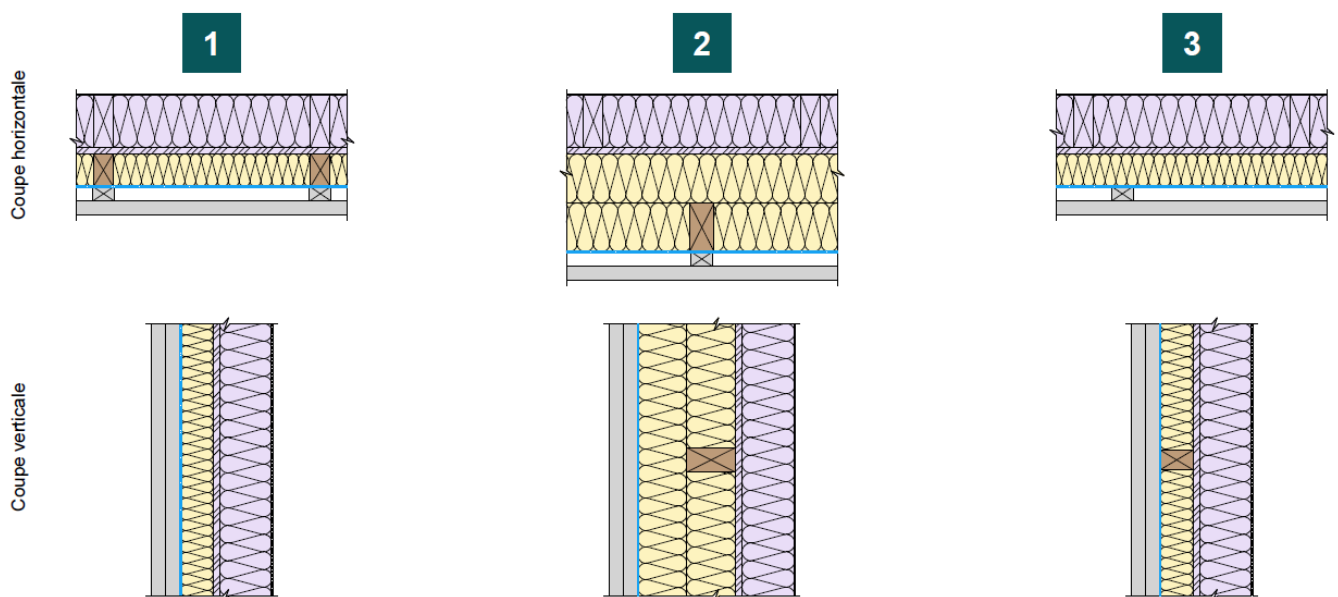


Figure A1 : 3 configurations d'ITE en fixation directe

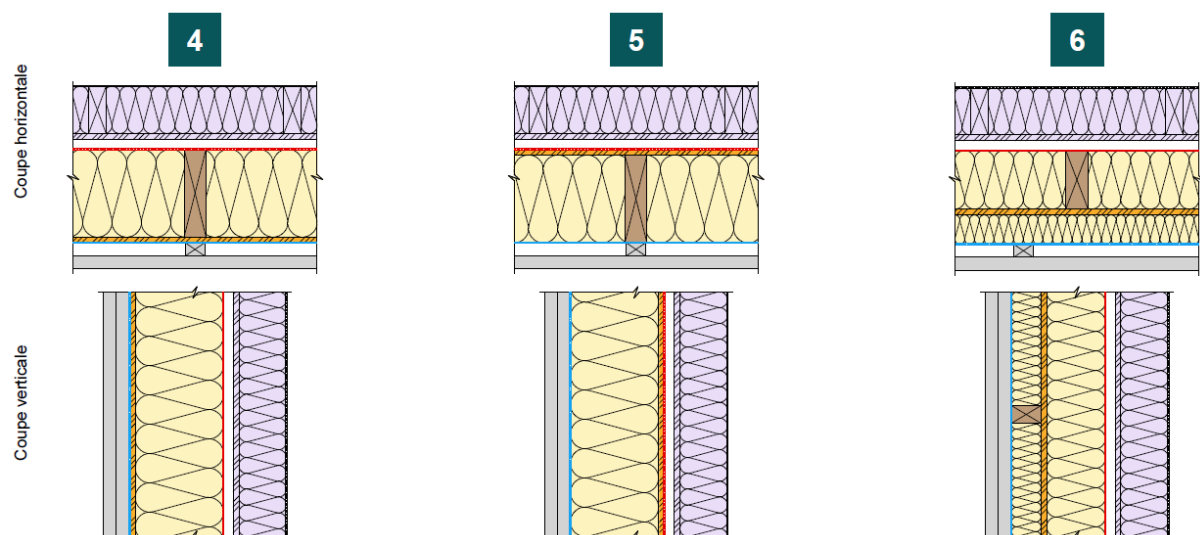


Figure A2 : 3 configurations d'ITE préfabriquées désolidarisées

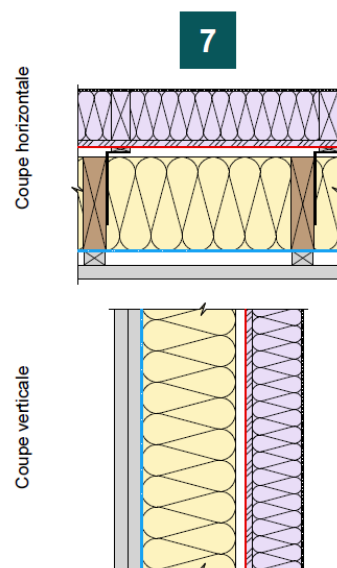


Figure A3 : 1 configuration d'ITE in situ désolidarisée

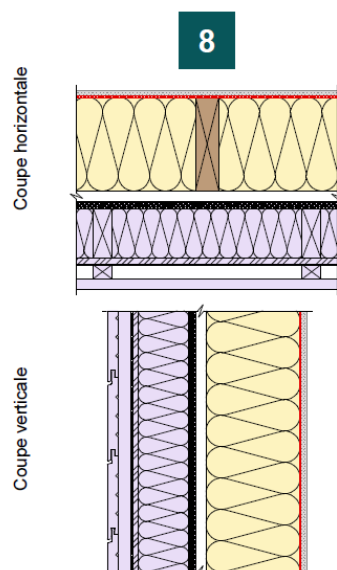


Figure A4 : 1 configuration d'ITI

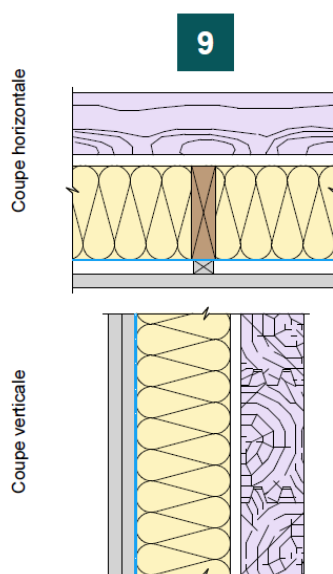


Figure A5 : 1 configuration d'ITE sur paroi en bois massif

Toutes ces configurations n'ont pas été modélisées.

En effet, sur les 3 configurations d'ITE en fixation directe, seule la configuration 1 a été modélisée. Les ponts thermiques sont plus importants sur celle-ci que sur les 2 autres et est donc la plus défavorable des 3.

Les 3 configurations d'ITE préfabriquées désolidarisées ont été testées. Les variations de conceptions nous semblaient suffisamment importantes pour être vérifiées.

Enfin, sur les 3 dernières configurations (7, 8 et 9) seule la configuration d'ITI n'a pas été modélisée. Nous avons estimé que si la paroi d'origine ne souffrait pas de sinistres particuliers, l'ajout d'une paroi additionnelle avec pare-vapeur côté intérieur n'en provoquerait pas de nouveaux.

Les variables à prendre en compte pour la constitution des calculs sont :

- Présence ou non (ou état détérioré) de la membrane pare-vapeur sur la conception d'origine (nous avons considéré que le pare-pluie d'origine serait systématiquement retiré lors de la rénovation).
- Les épaisseurs et le type d'isolant à mettre en œuvre pour atteindre les performances thermiques souhaitées (déterminées par calculs thermiques).

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Les caractéristiques générales des constituants utilisés dans les modélisations sont données ci-dessous :

Matériau	Densité (kg/m ³)	Porosité (m ³ /m ³)	Capacité thermique (J/(kg.K))	Conductivité thermique sèche (W/m.K)	Fact. Résist. à la diffusion de vapeur d'eau
Parement type BA13	850	0,68	850	0,24	8,4
Isolant en laine de verre (ancienne conception)	30	0,95	850	0,040	1,5
Isolant en laine de verre (nouvelle conception)	30	0,95	850	0,032	1,5
Panneau isolant EPS	20	0.99	1500	0.038	40
Isolant en fibres de bois	153	0.895	1400	0.037	2.2
Montant bois, madrier (Epicéa sens radial)	455	0,73	1400	0,09	130
Panneau de contre-plaqué	500	0.5	1400	0.1	700
Panneau OSB 3	616	0.52	2100	0.13	144 (Sd=1.7m)
Membrane Pare-vapeur (ancienne conception)	130	0,001	2300	2,3	36 000 (Sd=36m)
Membrane Pare-vapeur (nouvelle conception)	130	0,001	2300	2,3	18 000 (Sd=18m)
Membrane Pare-pluie	130	0,001	2300	2,3	180 (Sd=0.18m)

Tableau 1 : Caractéristiques des constituants des parois modélisées

AMBIANCES EXTERIEURES ET INTERIEURES UTILISEES

Climats extérieurs

Les fichiers utilisés pour générer les climats extérieurs sont des fichiers conformes aux exigences du guide SimHuBat, avec l'expression des différents paramètres (température sèche de l'air, humidité relative de l'air, précipitations, vitesse et direction du vent ...) au pas horaire sur une année.

Le guide SimHuBat préconise, pour la réalisation d'une étude hygrothermique visant un procédé générique diffusable sur toute la France métropolitaine de considérer les climats suivants :

- Nancy et Brest pour le climat de plaine
- La Chaux de Fonds pour le climat de montagne (1020 m)
- Nice pour les locaux climatisés

Les graphiques suivants illustrent les évolutions de température et humidité relative de l'air considérées pour chacune des localisations.

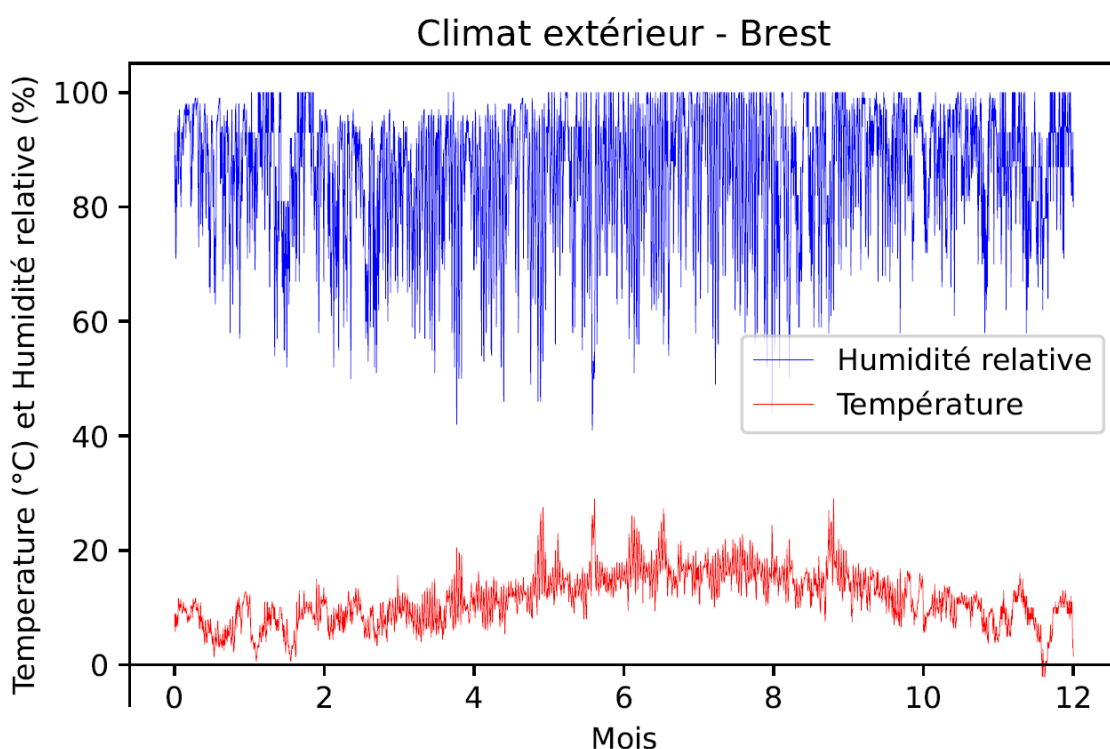


Figure A6 : Variation de la température et du taux d'humidité extérieurs au cours d'une année à Brest

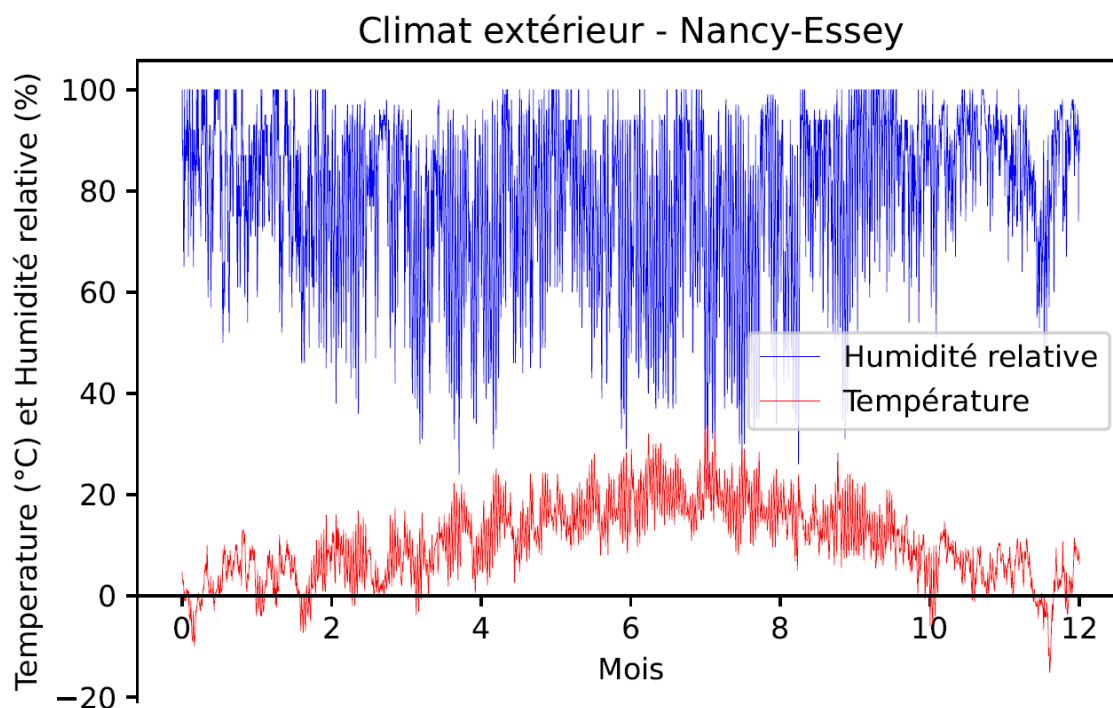


Figure A7 : Variation de la température et du taux d'humidité extérieurs au cours d'une année à Nancy

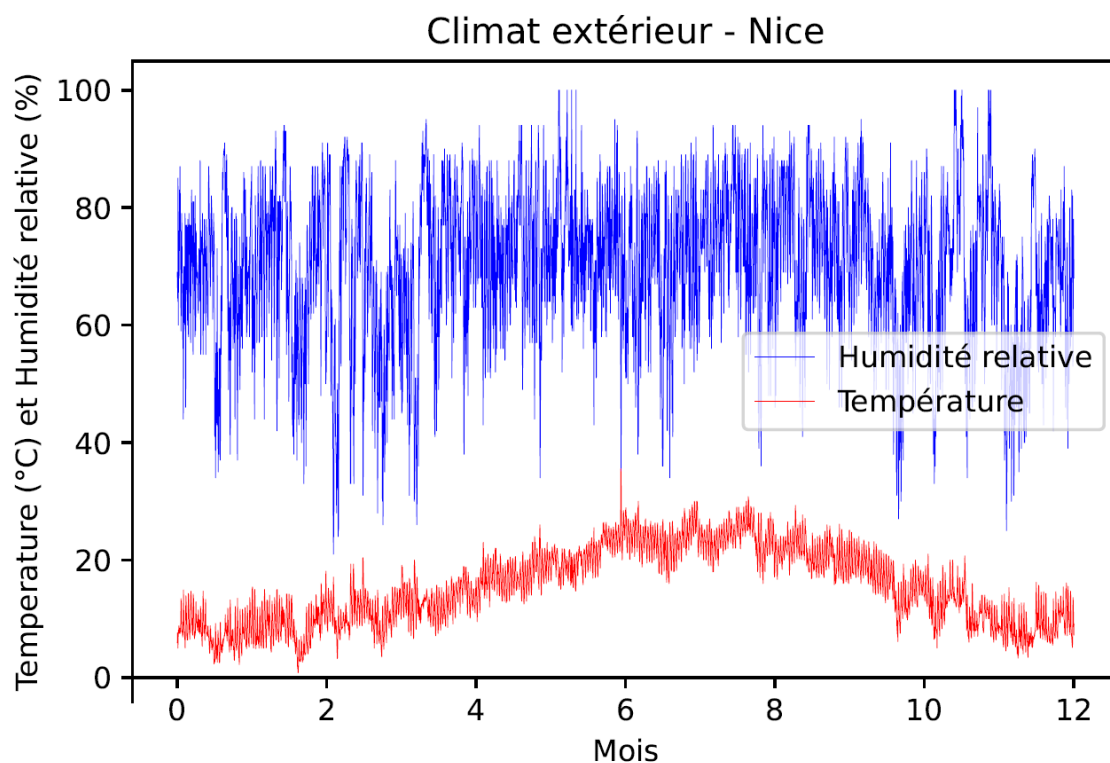


Figure A8 : Variation de la température et du taux d'humidité extérieurs au cours d'une année à Nice

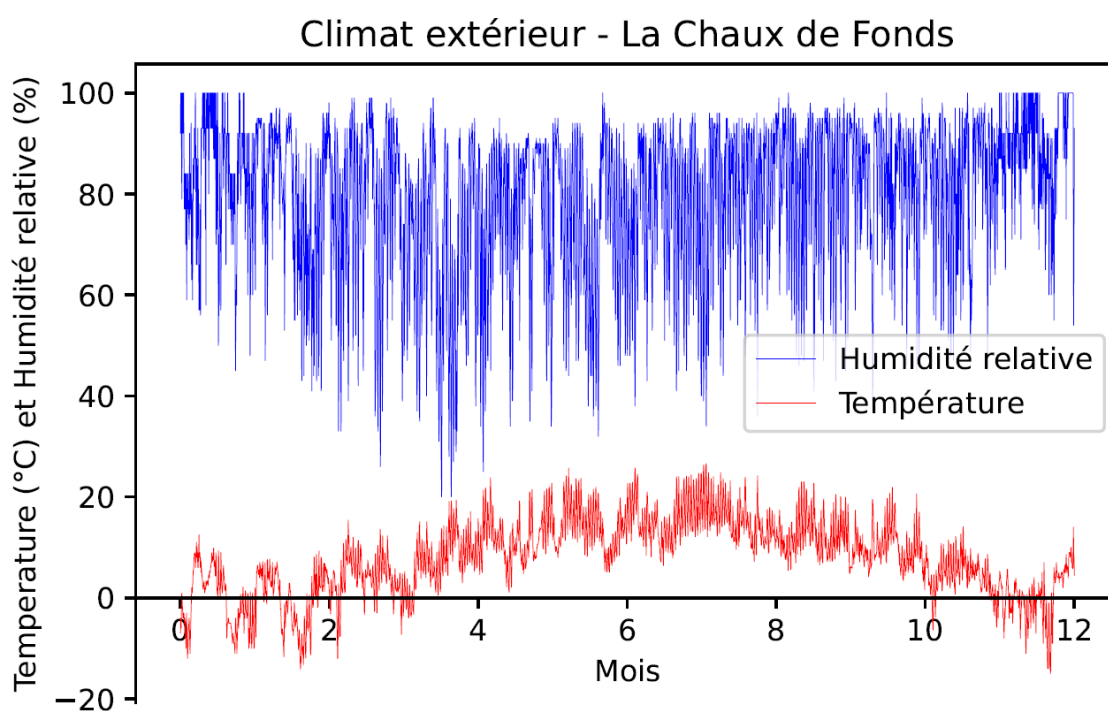


Figure A9 : Variation de la température et du taux d'humidité extérieurs au cours d'une année à La Chaud de Fonds

Climats intérieurs

Les climats intérieurs sont calculés en fonction du climat extérieur. Le calcul de l'humidité relative et de la température s'effectue en respectant les recommandations du guide SimHuBat.

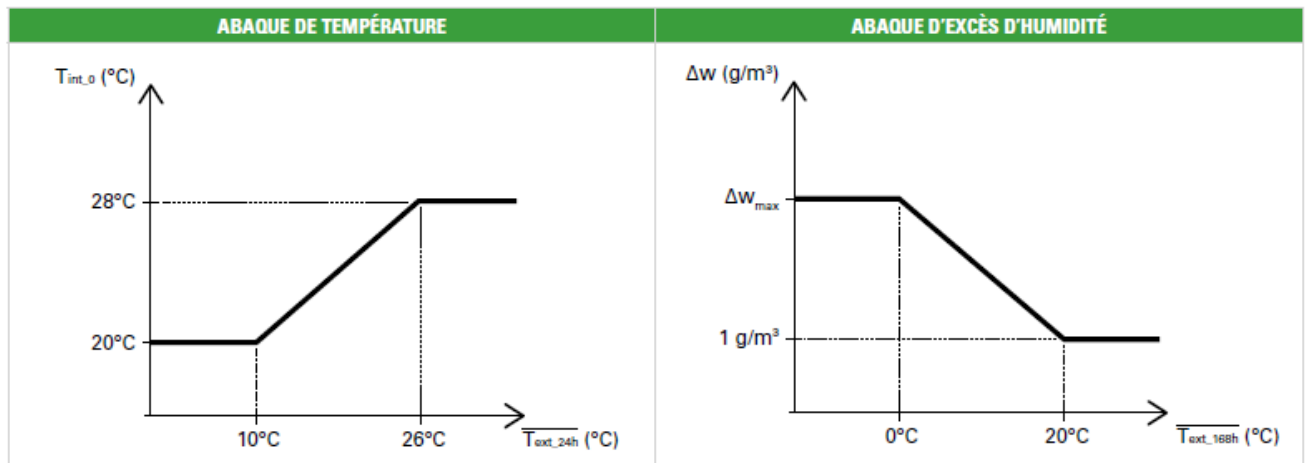


Figure A10 : Abaques de température et d'excès d'humidité du guide SimHuBat

De manière défavorable, les locaux sont considérés comme à moyenne hygrométrie.

Δw_{\max} est donc pris égal à 5 g/m^3 .

Les climats intérieurs générés pour les différents cas sont présentés ci-dessous :

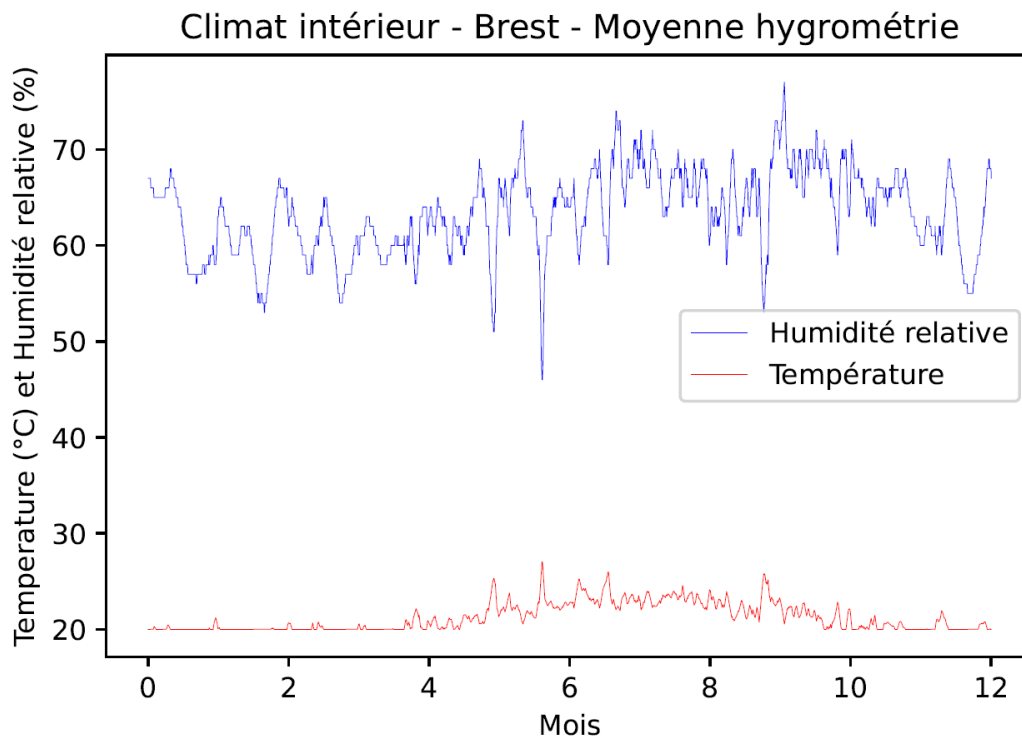


Figure A11 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs calculés à partir du climat extérieur de Brest

1.

2.

3.

4.

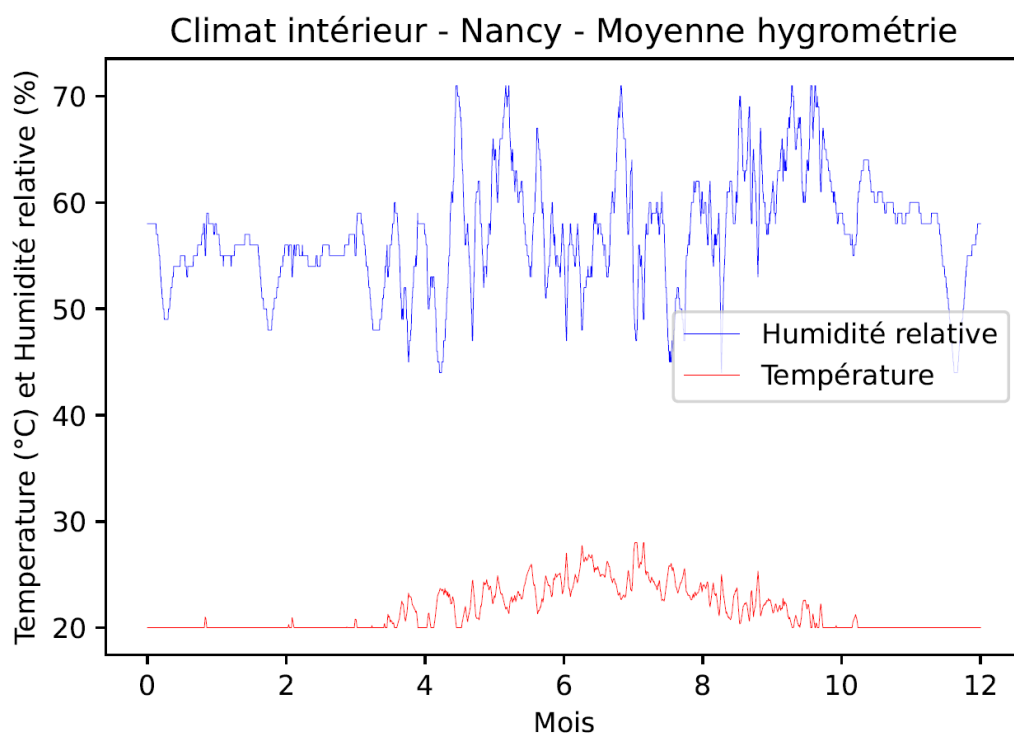


Figure A12 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs calculés à partir du climat extérieur de Nancy

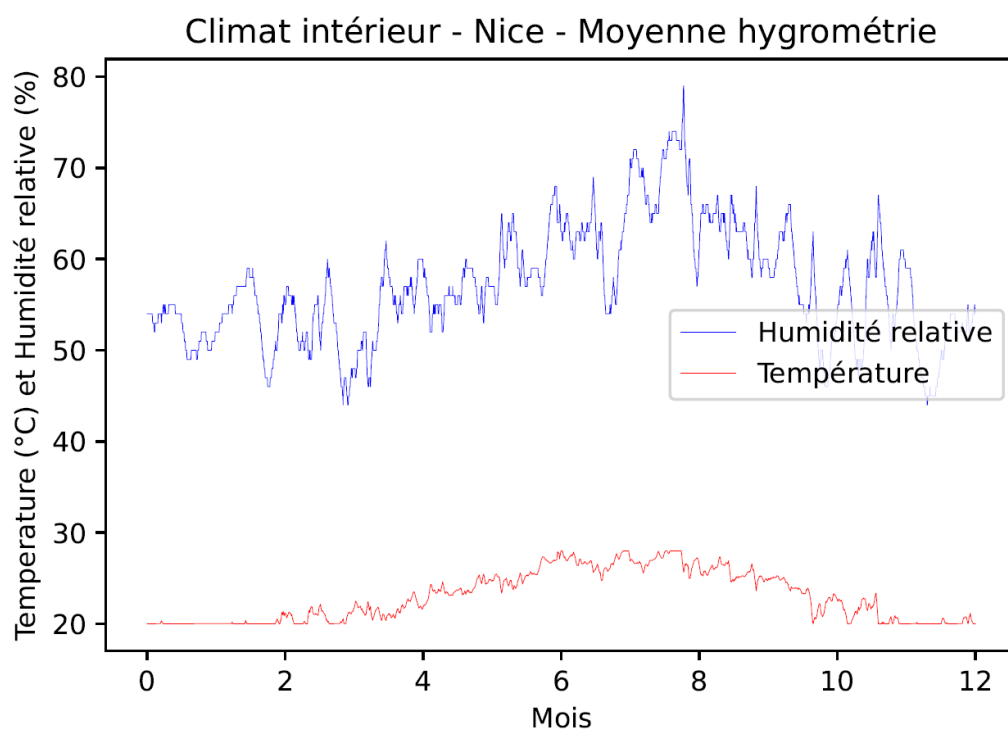


Figure A13 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs calculés à partir du climat extérieur de Nice

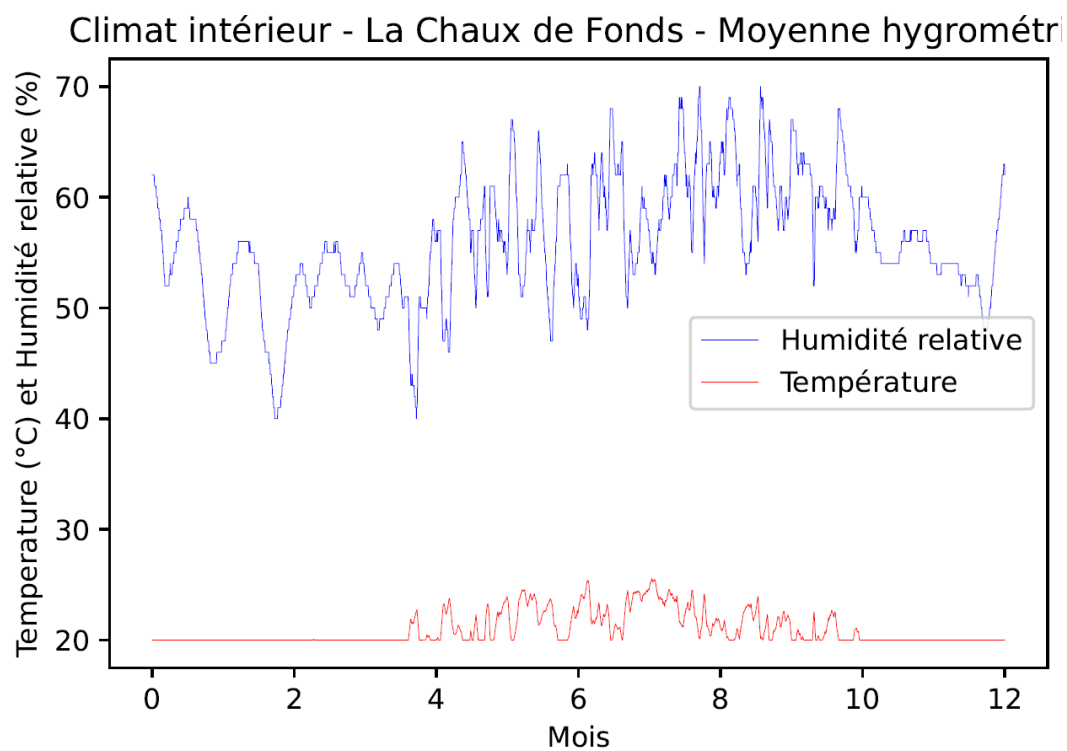


Figure A14 : Variation de la température et du taux d'humidité intérieurs calculés à partir du climat extérieur de La Chaux de Fonds

A.5. RESULTATS

EXTRACTION DES RESULTATS : PRINCIPE ET POSITIONS

Le tableau suivant regroupe l’ensemble des configurations modélisées :

N° calcul	Indice de la configuration	Conditions limites		Anciens composants				Nouveaux composants				Commentaires
		Climat ext	Climat intérieur	Ossature Dimension des montants/madriers (mm)	Isolant Nature et Lambda (W/m.K)	Pare-vapeur Sd (m)	Voile Travaillant (CTBX) Epaisseur (mm)	Ossature Dimension des montants (mm)	Isolant Epaisseur	Pare-vapeur Sd (m)	Voile travaillant (OSB) Epaisseur (mm)	
1	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	sans	Influence du climat
2	1	Nancy	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	sans	
3	1	Nice	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	sans	
4	1	La Ciaux de Fonds	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	sans	
5	4	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	12	Cas de référence pour chaque configuration (ancien pare-vapeur fonctionnel)
6	7	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	sans	
7	9	Brest	Moyenne hygro	70	sans	sans	sans	180	LdV (0,032)	sans	sans	
8	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	EPS (0,038, Sd 40 m)	36	10	95	LdV (0,032)	sans	sans	
9	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 145	LdV (0,044)	36	10	60	LdV (0,032)	sans	sans	Influence des épaisseurs de montants et isolants (ancien et nouveau)
10	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	160	LdV (0,032)	sans	sans	
11	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 145	LdV (0,044)	36	10	120	LdV (0,032)	sans	sans	
12	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	Min = 95	LdV (0,032)	sans	sans	
13	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	Max = 160	LdV (0,032)	sans	sans	Variante avec ancien pare-vapeur détérioré
14	1	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	Min = 95	Fibre de bois (Paxetex IsolAir)	sans	sans	
15	4	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	95	LdV (0,032)	sans	12	
16	4	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	LdV (0,032)	18	12	
17	4	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	36	10	95	Fibre de bois (Paxetex IsolAir)	18	12	Config TTE préfabriquées disséminées
18	4	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	95	LdV (0,032)	18	12	
19	4	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	95	Fibre de bois (Paxetex IsolAir)	18	12	
20	6	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	95 + 30	95 Fibre de bois + 30 LdV (0,032)	18	12	
21	5	Brest	Moyenne hygro	45 x 95	LdV (0,044)	sans	10	95	Fibre de bois (Paxetex IsolAir)	18	12	

Tableau 2 : Configurations modélisées (tableau plus lisible en annexe)

Les cas 1 à 4 permettent de vérifier l'incidence du climat extérieur imposé sur cette paroi.

Les cas 5 à 7 permettent d'identifier la configuration la plus défavorable qui sera utilisée dans la majeure partie des modélisations.

Le cas 8 permet de vérifier l'incidence d'un isolant EPS à la place d'un isolant en fibre de verre.

Les cas 9 à 11 montrent l'incidence des épaisseurs d'ossature et d'isolant associé dans les configurations avec une résistance thermique allant de $R=4.5$ à $6 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$.

Les cas 12 à 14 constituent des cas défavorables dans le cas où le pare-vapeur de l'ancienne conception serait endommagé avec ou sans présence d'isolant en fibres de bois.

Les cas 15 à 21 présentent des variations de configurations ITE préfabriquées désolidarisées en conditions défavorables et/ou en présence d'isolant en fibres de bois. Dans la majorité des cas (sauf cas 15), un pare-vapeur est ajouté lors de la rénovation.

Pour chacune des configurations modélisées, ont été analysées :

- L'évolution de la teneur en eau globale du modèle
- L'évolution de l'humidité massique dans les éléments en bois
- L'évolution de l'humidité relative dans les autres matériaux (isolants) ainsi que la température associée

Chaque composant de paroi est premièrement analysé dans sa totalité. Ensuite, des zones d'intérêt plus spécifiques sont analysées en suivant la recommandation du guide SimHuBat d'une surface d'investigation de l'ordre de 5 mm d'épaisseur x 20 mm de longueur.

Les zones spécifiques ainsi analysées sont illustrées avec les figures suivantes en prenant l'exemple de la configuration d'ITE en fixation directe (cf. configuration 1 de la figure A1).

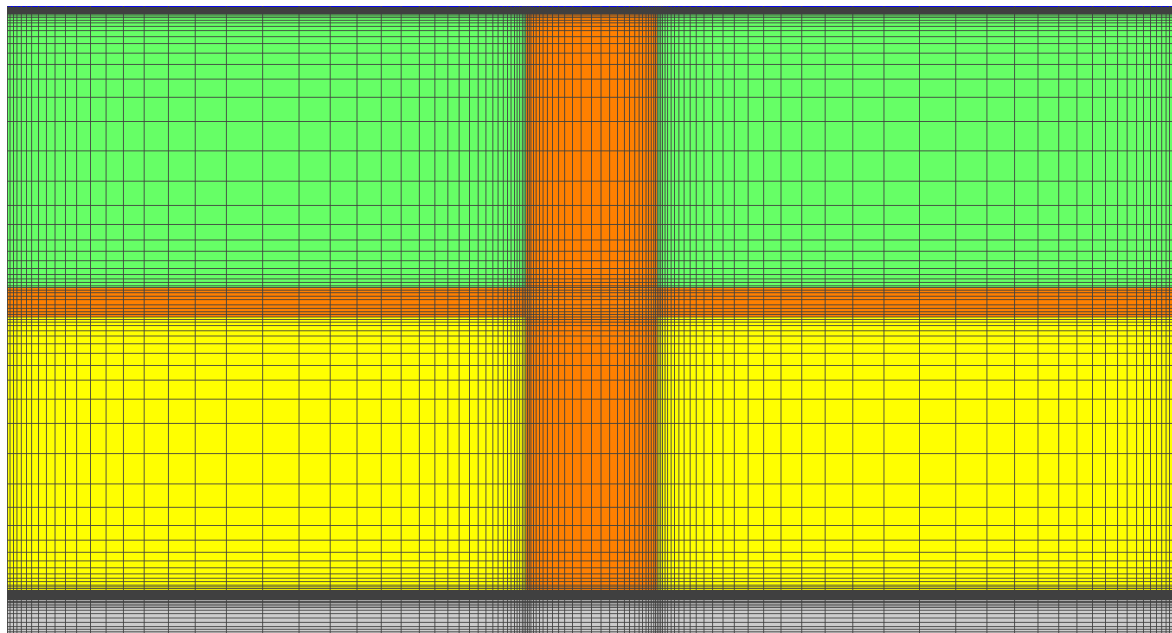


Figure A15 : Modélisation éléments finis de la partie représentative de paroi pour la configuration n°1 (ITE en fixation directe)

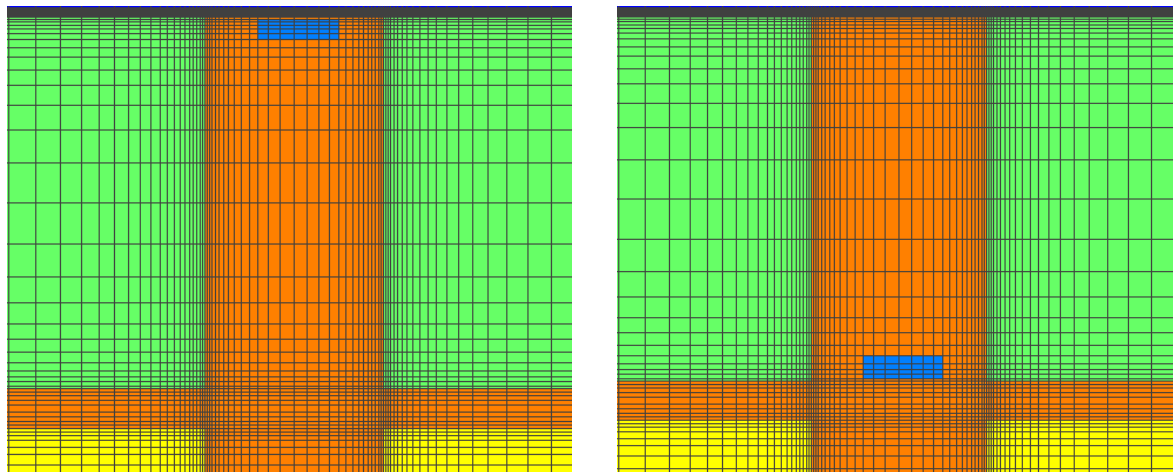


Figure A16 : Mailles situées sur le montant extérieur (côté extérieur : à gauche, côté intérieur : à droite)

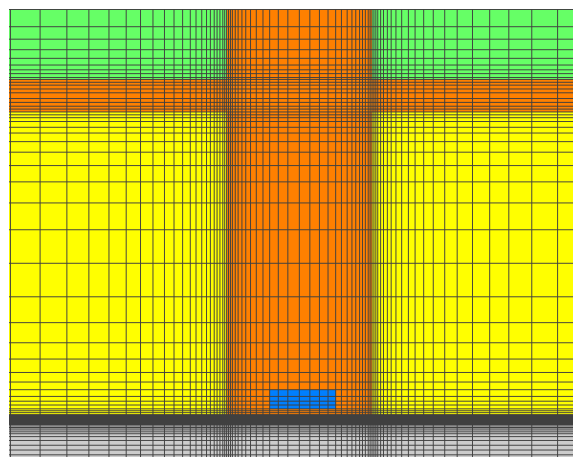
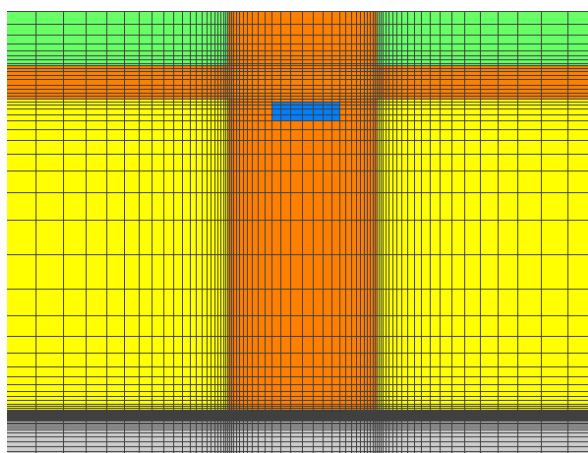


Figure A17 : Mailles situées sur le montant intérieur (côté extérieur : à gauche, côté intérieur : à droite)

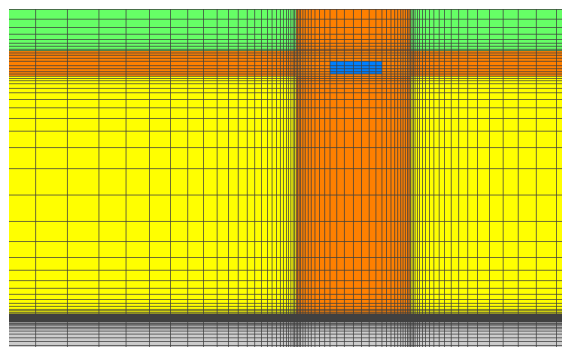
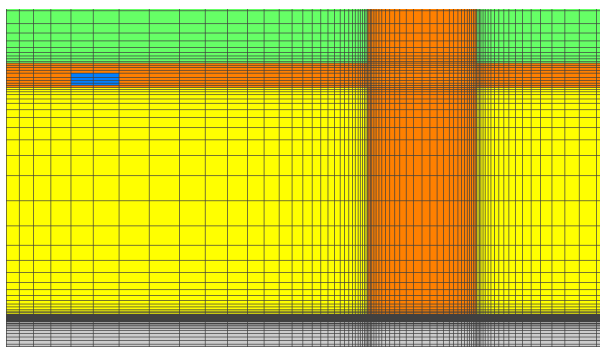


Figure A18 : Mailles situées sur le panneau d'OSB (en partie courante : à gauche, à l'aplomb du montant : à droite)

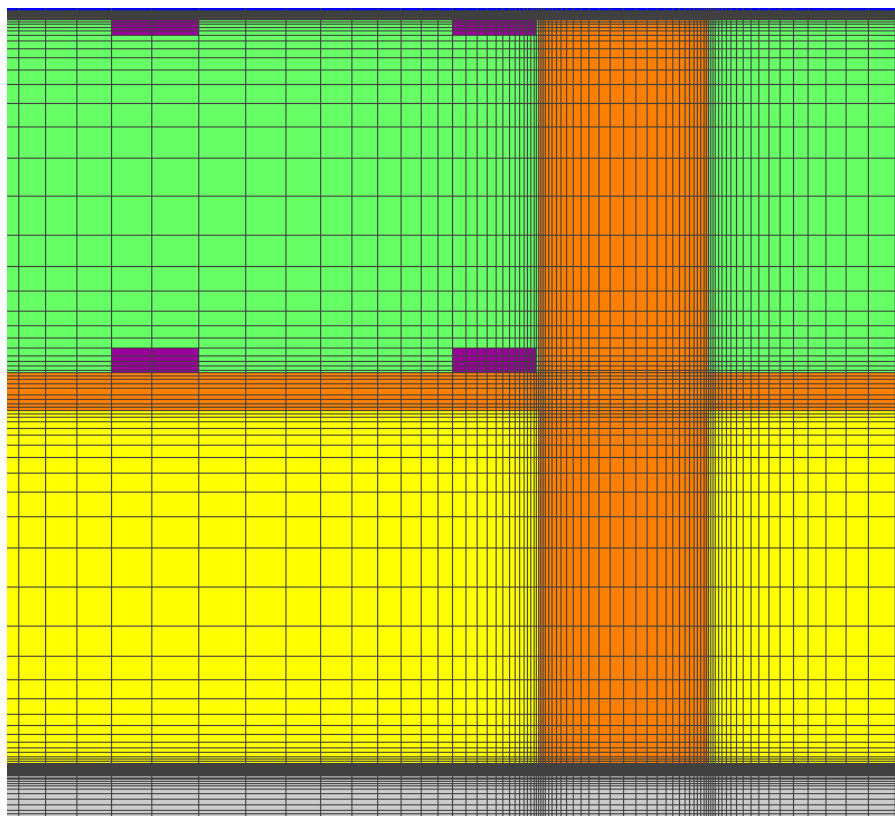


Figure A19 : 4 positions des mailles situées dans l'isolant côté extérieur : en partie courante côté extérieur (haut à gauche), en partie courante côté intérieur (bas à gauche), proche montant côté extérieur (haut à droite) ou proche montant côté intérieur (bas à droite)

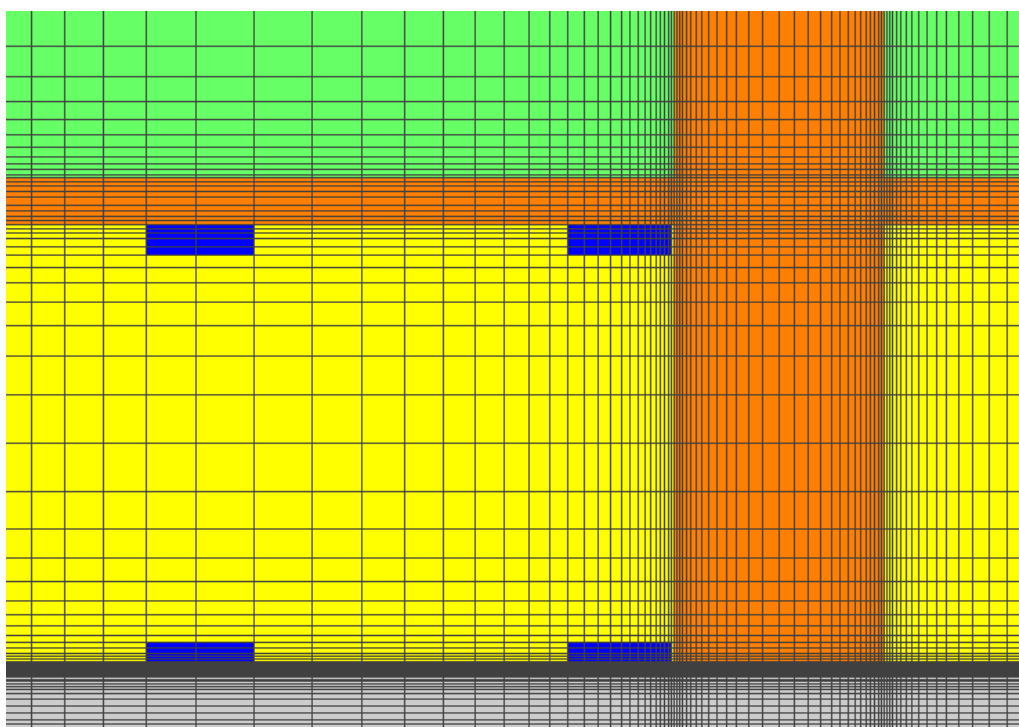


Figure A20 : 4 positions des mailles situées dans l'isolant côté intérieur : en partie courante côté extérieur (haut à gauche), en partie courante côté intérieur (bas à gauche), proche montant côté extérieur (haut à droite) ou proche montant côté intérieur (bas à droite)

RESULTATS OBTENUS

Les modélisations ont été conduites sur une durée minimum de 3 ans pour l’ensemble des configurations. Après constat de la capacité d’assèchement et stabilisation de la paroi sur les premières années, les valeurs représentatives ont été extraites sur la dernière année.

Le tableau 3 synthétise les résultats de teneur en eau (%M) maximale rencontrée sur les mailles situées sur les montants bois (fig. A16 et A17) ainsi que le critère de pérennité des matériaux de structure (cf. §5.3) :

Cas	Montants Bois							
	Montant extérieur				Montant intérieur			
	Maille côté extérieur		Maille côté intérieur		Maille côté extérieur		Maille côté intérieur	
	Teneur en eau max (%M)	Nombre d'heures avec %M>20% et >1sem	Teneur en eau max (%M)	Nombre d'heures avec %M>20% et >1sem	Teneur en eau max (%M)	Nombre d'heures avec %M>20% et >1sem	Teneur en eau max (%M)	Nombre d'heures avec %M>20% et >1sem
1	18,4	0	12,5	0	12,2	0	10,8	0
2	16,2	0	11,2	0	10,9	0	9,9	0
3	16,3	0	11	0	10,8	0	9,6	0
4	13,7	0	11,9	0	11,8	0	11,2	0
5	17,5	0	12,8	0	12,1	0	11	0
6	18,9	0	13,2	0	12,1	0	10,7	0
7	19,2	0	11,7	0	11,5	0	13,5	0
8	18,4	0	12,5	0	12,2	0	10,9	0
9	18,6	0	14,3	0	13,6	0	10,8	0
10	19	0	11,9	0	11,7	0	10,6	0
11	19,2	0	12,6	0	12,4	0	10,7	0
12	19,3	0	15,2	0	15,5	0	14,2	0
13	19,6	0	13,7	0	14,3	0	14	0
14	19,3	0	15,7	0	15,9	0	14,3	0
15	19,7	0	16,5	0	15,4	0	14,2	0
16	17,6	0	13,2	0	15,8	0	13	0
17	17,8	0	13,7	0	16,1	0	13,1	0
18	17,7	0	13,2	0	17,8	0	14,2	0
19	17,9	0	13,7	0	18,3	0	14,2	0
20	15,3	0	12,9	0	17,2	0	14,1	0
21	18,8	0	12,9	0	18,3	0	14,2	0

Tableau 3 : Teneur en eau des montants d’ossature en bois

Même si aucun cas ne présente de teneur en eau supérieure à 20%, certains cas (7 et 10 à 15) affichent des valeurs supérieures à 19%.

Le cas 7 concerne la configuration avec madriers, l'épaisseur des montants de la paroi additionnelle est de 180 mm avec une résistance thermique de supérieure à 5 m².K/W. Les cas 10 et 11 sont des configurations d'ITE avec fixation directe ayant des épaisseurs importantes d'isolant sur la paroi additionnelle également (respectivement 160 et 120 mm et une résistance thermique d'environ 6 m².K/W). Ces 3 cas présentent donc des résistances thermiques de parois supérieures aux autres cas modélisés (environ 4,5 m².K/W).

Les cas 12 à 15 sont des conditions défavorables en ITE avec fixation directe ou ITE préfabriquée désolidarisée (cas 15) où le pare-vapeur est considéré comme détérioré.

Le tableau 4 présente les mêmes valeurs extraites sur les mailles situées sur les panneaux OSB ou contre-plaqué (fig. A18). Lorsqu'une configuration présente 2 panneaux (ex : ITE préfabriquées désolidarisées), la valeur maximale des 2 panneaux est affichée :

Cas	Panneaux OSB/CP			
	Maille à l'aplomb du montant		Maille en partie courante	
	Teneur en eau max (%M)	Nombre d'heures avec WC>20% et >1sem	Teneur en eau max (%M)	Nombre d'heures avec WC>20% et >1sem
1	11,2	0	11,6	0
2	9,5	0	10,1	0
3	9,2	0	9,7	0
4	10,5	0	11,2	0
5	14,6	0	16,4	0
6	11,2	0	11,5	0
7	-	-	-	-
8	11,2	0	11,6	0
9	12,4	0	13	0
10	10,5	0	10,8	0
11	11,4	0	11,8	0
12	13,5	0	14,2	0
13	12,5	0	13,1	0
14	13,8	0	15	0
15	15,6	0	23,6	2947
16	17,2	0	18	0
17	17,2	0	17,9	0
18	17	0	18	0
19	17,1	0	19,2	0
20	15,4	0	16,8	0
21	17,7	0	19,3	0

Tableau 4 : Teneur en eau des panneaux OSB et/ou contre-plaqué

Le cas 15 correspond à une configuration d'ITE préfabriquée désolidarisée (configuration 4 : fig. A2 à gauche) pour laquelle le pare-vapeur d'origine serait détérioré. Dans ce cas, la teneur en eau en partie courante du panneau OSB de la paroi additionnelle dépasse les 20%M et le critère de pérennité des matériaux de structure est également franchi.

Il est à noter que pour les cas 19 et 21, la teneur en eau est sensiblement proche des 20% en partie courante du panneau en contre-plaqué de la paroi d'origine.

Le cas 19 correspond au cas 15 (ITE préfabriquée désolidarisée, configuration 4) avec 2 modifications dans la paroi additionnelle :

- Ajout d'un pare vapeur ($S_d=18m$)
- Isolant en laine de verre remplacé par un isolant en fibre de bois

Le cas 21 est identique au cas 19 avec cependant une position du voile travaillant (panneau OSB) situé côté intérieur de la paroi additionnelle (au contact du pare-vapeur, cf. configuration 5 de la fig. A2).

Le tableau 5 présente l'humidité relative maximale (RH max) atteinte dans la laine de verre de la paroi d'origine pour les 4 zones de mailles présentées sur la figure A20. Une colonne indique si le seuil d'humidité relative fixé à 98% est dépassé ou non.

Cas	Laine de verre (conception d'origine)							
	Partie courante Ext		Partie courante Int		Proche montant Ext		Proche montant Int	
	RH max	Seuil 98% RH	RH max	Seuil 98% RH	RH max	Seuil 98% RH	RH max	Seuil 98% RH
1	65,7	ok	59,7	ok	65,5	ok	58,9	ok
2	61,2	ok	56,4	ok	61,2	ok	55,5	ok
3	59,1	ok	51,4	ok	59,4	ok	50,8	ok
4	64,5	ok	64,8	ok	63,3	ok	63,8	ok
5	64,6	ok	62,3	ok	64,3	ok	61,2	ok
6	65,6	ok	59,8	ok	65,2	ok	58,8	ok
7	-	-	-	-	-	-	-	-
8	65	ok	57,2	ok	64,4	ok	55,8	ok
9	73,9	ok	62,1	ok	74,4	ok	60,7	ok
10	62,1	ok	57,4	ok	62	ok	56,9	ok
11	67,7	ok	58,1	ok	68,1	ok	57,4	ok
12	83,7	ok	73,1	ok	84,4	ok	72,5	ok
13	78,5	ok	72,8	ok	78,5	ok	72,1	ok
14	85,7	ok	72,8	ok	85,6	ok	72,3	ok
15	83,4	ok	73,3	ok	83,4	ok	72,7	ok
16	77,3	ok	72,3	ok	77,9	ok	70,9	ok
17	78,6	ok	73,1	ok	78,7	ok	71,5	ok
18	85,5	ok	73,6	ok	85,3	ok	73	ok
19	87,4	ok	73,3	ok	86,6	ok	72,8	ok
20	83,9	ok	73,3	ok	82,9	ok	72,6	ok
21	87,5	ok	73,2	ok	86,5	ok	72,8	ok

Tableau 5 : Humidité relative maximale de la laine de verre dans la paroi d'origine

Aucun des cas modélisés ne voit l'humidité relative au sein de la laine de verre dépasser les 90%.

Le tableau 6 présente l'humidité relative maximale (RH max) atteinte dans la laine de verre (ou laine en fibres de bois) de la paroi additionnelle pour les 4 zones de mailles présentées sur la figure A19.

Une première colonne indique si le seuil d'humidité relative fixé à 98% est dépassé ou non. Une seconde précise le nombre d'heures passées au-delà de 85% d'humidité relative selon certaines conditions précisées dans le cahier 3713_V4 du CSTB (« Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : Isolants à base de fibres végétales ou animales »). Ce critère n'est utilisé que pour les matériaux biosourcés et est donc calculé uniquement sur les cas présentant un isolant en fibre de bois (cas 14, 17, 19, 20 et 21).

Cas	Laine de verre nouvelle ou Fibre de bois											
	Partie courante Ext			Partie courante Int			Proche montant Ext			Proche montant Int		
	RH max	Seuil 98% RH	Critère cahier CSTB 3713_v4	RH max	Seuil 98% RH	Critère cahier CSTB 3713_v4	RH max	Seuil 98% RH	Critère cahier CSTB 3713_v4	RH max	Seuil 98% RH	Critère cahier CSTB 3713_v4
1	94,1	ok	-	71	ok	-	92,4	ok	-	70,4	ok	-
2	94,6	ok	-	67	ok	-	93,4	ok	-	67,5	ok	-
3	94,6	ok	-	64,3	ok	-	93,5	ok	-	65,1	ok	-
4	88,7	ok	-	69,3	ok	-	84,8	ok	-	69,3	ok	-
5	93,7	ok	-	69,1	ok	-	91,7	ok	-	70	ok	-
6	93,7	ok	-	69,4	ok	-	92,2	ok	-	69,4	ok	-
7	93,6	ok	-	62,6	ok	-	92,1	ok	-	62,5	ok	-
8	94	ok	-	71,1	ok	-	92,3	ok	-	70,4	ok	-
9	93,8	ok	-	77,1	ok	-	92,6	ok	-	76,9	ok	-
10	93,8	ok	-	66,4	ok	-	92,2	ok	-	65,9	ok	-
11	94	ok	-	70,8	ok	-	92,5	ok	-	70,3	ok	-
12	95,7	ok	-	74,9	ok	-	94,6	ok	-	74,8	ok	-
13	95,4	ok	-	70,8	ok	-	94,3	ok	-	70,3	ok	-
14	92,6	ok	3035h Condition 1 (T > 12°C)	71,9	ok	0	91,5	ok	2737h Condition 1 (T > 12°C)	71,9	ok	0
15	97,1	ok	-	80,7	ok	-	96,5	ok	-	81,1	ok	-
16	86,4	ok	-	86,7	ok	-	85,2	ok	-	83,4	ok	-
17	85,3	ok	0	71,6	ok	0	84,4	ok	0	71,4	ok	0
18	86,7	ok	-	87,7	ok	-	85,7	ok	-	84,4	ok	-
19	85,8	ok	67h	72,7	ok	0	84,8	ok	0	72,3	ok	0
20	80,4	ok	0	66,5	ok	0	78,2	ok	0	66,2	ok	0
21	87,4	ok	633h Condition 1 (T > 12°C)	68,6	ok	0	87	ok	244h	68,4	ok	0

Tableau 6 : Humidité relative maximale de la laine de verre (ou fibre de bois) dans la paroi additionnelle.

Dans l'ensemble des cas pour lesquels la paroi additionnelle est uniquement composée de laine de verre, l'humidité relative de l'isolant ne dépasse pas le critère de condensation dans la masse, fixé à 98%. Le cas 15 présente cependant des valeurs sensiblement proches de ce critère sur les 2 zones situées côté extérieur au contact du voile travaillant en OSB (97 et 96%).

Pour les cas contenant un isolant en fibres de bois, les cas 17, 19 et 20 sont les seuls à respecter les 2 critères. Les cas 17 et 19 (ITE préfabriquée désolidarisée) présentent cependant des valeurs assez proches des seuils, respectivement 85.3% et 85.8% d'humidité relative en partie courante de l'isolant en fibres de bois côté extérieur au contact du voile travaillant en OSB.

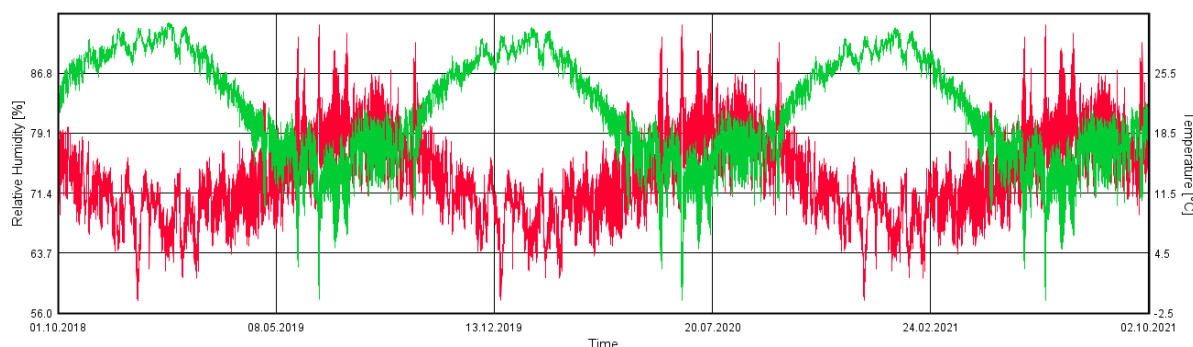
Les cas 14 et 21, dépassent tous les deux le critère de développement fongique de matériaux biosourcés en partie courante à proximité des montants du côté extérieur au contact de la membrane pare-pluie.

Le cas 14 correspond à la configuration 1 (ITE en fixation directe) en estimant que le pare-vapeur d'origine est détérioré et qu'aucun pare-vapeur additionnel n'a été ajouté (condition défavorable).

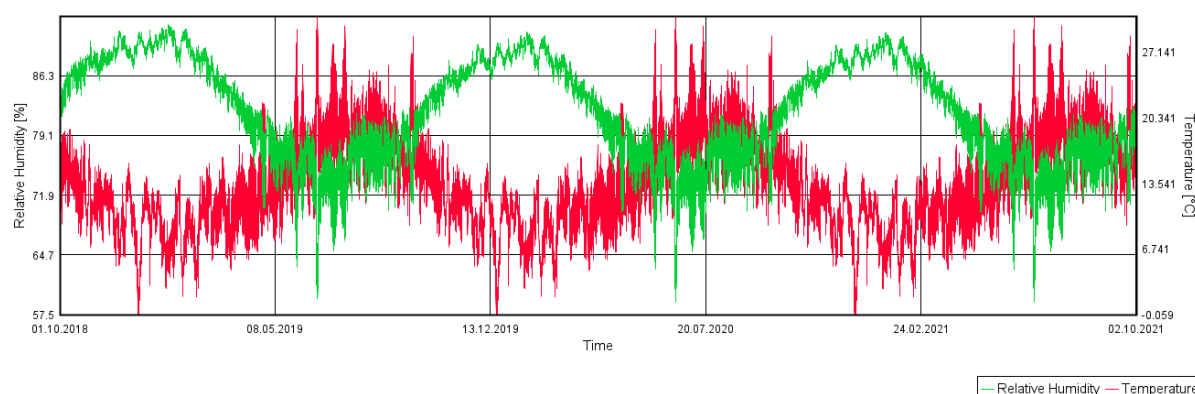
Le cas 21 représente une configuration en ITE préfabriquée désolidarisée pour laquelle le pare-vapeur d'origine est considéré comme détérioré. La paroi additionnelle est composée d'un pare-vapeur, d'un voile travaillant côté intérieur (au contact du pare-vapeur) et d'un isolant en fibres de bois.

Pour exemple, voici ci-dessous les courbes de température et d'humidité relatives obtenues pour le cas 14 sur les 2 zones localisées côté extérieur de l'isolant en fibres de bois. Au vu de la quantité de courbes de résultats, l'ensemble des courbes restantes pourra être communiqué par voie électronique si besoin.

Partie Courante-Ext



ProcheMontant-Ext



EXPLOITATION DES RESULTATS ET INTERPRETATION

Les critères d'exploitation des résultats préconisés par le guide SimHuBat, en lien avec le cas de paroi traitée dans cette étude, sont rappelés ci-dessous :

- Critère de non-accumulation d'eau :
 - La teneur en eau globale de la paroi doit se stabiliser d'une année sur l'autre à l'issue de la modélisation.
- Absence de condensation dans la masse :
 - Aucun élément de la paroi, même en des endroits particuliers, ne doit se situer à une humidité relative supérieure à 98%.
- Pérennité des matériaux de structure :
 - La teneur en eau en masse en tout point des éléments en bois ou à base de bois ne doit pas être supérieure à 20% pendant plus de 8 semaines cumulées par an (seules les périodes supérieures à une semaine sont comptabilisées).
- Absence de développement fongique dans les matériaux biosourcés :
 - Pour les éléments non structuraux tels que les isolants en fibres de bois, la teneur en eau en masse ne pourra dépasser 23% qu'occasionnellement (moins de 8 semaines par an).
- Absence d'eau libre dans le bois :
 - L'humidité en masse de tous les produits à base de bois doit être < 30%.

Pour les matériaux biosourcés, le Cahier 3713_V4 : « Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : Isolants à base de fibres végétales ou animales », préconise des conditions supplémentaires à vérifier : les périodes où l'humidité relative est supérieure à 85 % pendant plus de 48 h consécutives sont relevées et analysées selon le tableau suivant :

	Température inférieure ou égale à 12°C	Température supérieure à 12°C
HR inférieure à 85 %	Condition 3	Condition 3
HR supérieure à 85 % pendant moins de 48 h consécutives	Condition 3	Condition 3
HR supérieure à 85 % pendant plus de 48 h consécutives et moins de 672 h cumulées sur toute l'année (somme des dépassements dont la durée est supérieure à 48 h)	Condition 3	Condition 1
HR supérieure à 85 % pendant plus 672 h cumulées sur toute l'année	Condition 1	Condition 1

Critère de non-accumulation d'eau (dans la paroi totale) :

Pour l'ensemble des configurations modélisées, aucune ne présente une teneur en eau totale de la paroi qui augmente.

La capacité d'auto-assèchement de la paroi est donc mise en évidence.

Critère de condensation dans la masse :

- 1) Isolant en laine de verre (paroi d'origine) : Comme présenté dans le tableau 5, aucune modélisation ne dépasse la valeur de 98%
- 2) Isolant en laine de verre ou fibre de bois (paroi additionnelle) : Le tableau 6 montre qu'aucune modélisation ne dépasse la valeur de 98%. Cependant, le cas 15 obtient une valeur de 97% en partie courante côté extérieur. Cette configuration demande à nouveau une attention particulière.

Le critère de condensation dans la masse est respecté pour toutes les configurations avec cependant un point de vigilance pour le cas 15.

Critère de pérennité des matériaux de structure :

- 1) Montant bois : La teneur en eau maximale rencontrée dans les montants bois est présentée dans le tableau 3. Même si aucun cas ne présente de valeur supérieure à 20%, certains cas (7 et 10 à 15) affichent des valeurs supérieures à 19%.
Les cas 12 à 15 sont des conditions défavorables en ITE avec fixation directe ou ITE préfabriquée désolidarisée (cas 15) puisque le pare-vapeur est considéré comme détérioré.
Pour les autres cas (7, 10 et 11), leur isolation étant meilleure, la température de la face externe des montants bois est plus faible ce qui favorise une augmentation de l'humidité relative pour ces cas.

- 2) Panneaux OSB ou contre-plaqué : Les résultats sont présentés dans le tableau 4. Le cas 15 est le seul à présenter une teneur en eau supérieure à 20% avec une valeur maximale de 23.6%M et à dépasser le critère de pérennité des matériaux de structure du guide SimHuBat.

Les valeurs élevées des cas 19 et 21 sont dues à la présence d'isolant en fibres de bois qui a une inertie de sorption et désorption plus importante.

Le critère de pérennité des matériaux de structure est respecté hormis pour le cas 15.

Développement fongique dans les matériaux biosourcés :

Dans cette étude, 5 cas présentent un isolant en fibres de bois (cas 14, 17 et 19 à 21). Pour l'ensemble de ces cas, le point critique est systématiquement situé côté extérieur de l'isolant.

Les cas 14 et 21 sont les 2 seuls à dépasser strictement le critère de développement fongique spécifié dans le cahier 3713_V4 du CSTB.

Les cas 17 et 19 fleurissent avec les limites du critère du cahier 3713_V4.

Le critère de développement fongique dans les matériaux biosourcés est respecté pour le cas 20 (ITE préfabriquée désolidarisée avec un mix d'isolant en laine de verre (côté extérieur) et fibres de bois (côté intérieur) dans la paroi additionnelle, cf. configuration 6 fig. 2).

Les autres cas qui présentent des isolants en fibres de bois, malgré la présence d'un pare-vapeur dans la paroi additionnelle ne respectent pas le critère ou alors en sont très proches.

Il est ainsi préconisé de réaliser des essais de résistance au développement des moisissures selon les deux scénarios « condition 1 » et « condition 3 » (anciennement HR95 et HR85).

A.6. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

La présente annexe présente et synthétise des configurations de rénovation de parois bois par l'intermédiaire de parois additionnelles en bois pour lesquelles l'isolation est réalisée avec de la laine de verre ou fibres de bois. Ces configurations ont été modélisées à l'aide du logiciel WUFI 2D pour 4 localisations géographiques en respectant les recommandations du Guide PACTE – Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couplés Température/ Humidité dans les parois de Bâtiment ».

Les résultats des modélisations ont permis de définir les prescriptions de mise en œuvre définie dans le présent Guide.

GUIDE DE RENOVATION DES MURS EXTERIEURS EN BOIS

RénoCOB

A ce jour, aucun référentiel ne permet de rénover les parois en bois existantes. Or, la construction bois et en particulier la conception des parois extérieures verticales, a fortement évolué ces 40 dernières années, ainsi que leurs exigences thermiques.

Ce guide a pour ambition de proposer des **solutions techniques robustes**, permettant de rénover thermiquement un certain nombre de générations de parois bois extérieures tout en tenant compte des autres critères de conception et de performance (sécurité incendie, transfert de vapeur, durabilité...).

Une méthodologie **de diagnostic des parois existantes**, à ossature bois ou en madriers empilés, est tout d'abord proposé, puis différentes solutions de rénovation fiabilisées par des modélisations hygrothermiques sont définies : **Isolation thermique par l'extérieur** in-situ ou préfabriquée ou **isolation thermique par l'intérieur**.

AUTEUR :



FINANCEMENT :

