



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

Guide d'Application du NF DTU 31.2 de mai 2019

MAI 2020

Julien Lamoulié

Avec le soutien

CODIFAB

comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

Siège social

10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Bordeaux

Allée de Boutaut – BP227
33028 Bordeaux Cedex
Tél +33 (0)5 56 43 63 00

SOMMAIRE

1. Introduction sur l'utilisation et objet de ce guide	5
1.1 Contenu de ce Guide d'Application et articulation par rapport au texte du NF DTU 31.2 : 2019	5
1.2 Précisions sur le Domaine d'Application du NF DTU 31.2 : 2019.....	5
1.3 Principales nouveautés du NF DTU 31.2 : 2019.....	8
1.4 Comment choisir les matériaux ? Précisions	8
1.5 Articulation du NF DTU 31.2 et des principaux textes réglementaires	9
1.5.1 Peut-on trouver des exigences réglementaires dans un DTU ?.....	9
1.5.2 Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation parasismique.....	9
1.5.3 Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation Sécurité Incendie	9
1.5.4 Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation thermique	10
1.5.5 Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation acoustique.....	11
1.5.6 Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation « termites »	11
1.5.7 Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation accessibilité.....	11
2. Réception des supports béton ou en maçonnerie	12
2.1 Généralités.....	12
2.2 Tolérances pour les surfaces horizontales de type dalle ou dallage	12
2.3 Tolérances pour les surfaces verticales de type mur, longrine ou poteau de soubassement.....	14
3. Parois types.....	16
3.1 Consigne pour l'utilisation de ces schémas	16
3.2 Parois verticales	17
3.2.1 Murs extérieurs	17
3.2.2 Murs intérieurs	23
3.3 Planchers préfabriqués.....	29
3.3.1 Planchers bas sur vide sanitaire (« dalle bois »).....	29
3.3.2 Planchers intermédiaires standards	30
3.3.3 Planchers intermédiaires séparatifs	32
3.4 Toitures préfabriquées.....	33
3.4.1 Caissons de toitures inclinées constituées de chevrons autoporteurs.....	33
3.4.2 Toitures avec étanchéité.....	34

4.	CONCEPTION et FABRICATION DES PAROIS à OSSATURE BOIS :.....	36
4.1	Structure.....	36
4.1.1	Entraxe vs vide entre éléments d'ossature.....	36
4.1.2	Illustration de l'assemblage des montants et traverses entre eux pour former l'ossature :.....	37
4.1.3	Illustration de la mise en œuvre d'entretoises et de couturage des voiles de contreventement.....	37
4.2	Isolation.....	38
4.3	Continuité de la barrière à la diffusion de la vapeur d'eau.....	40
4.3.1	« La règle du facteur 5 ».....	40
4.3.2	Une barrière à la diffusion de vapeur d'eau continue.....	41
4.4	Étanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante.....	43
4.4.1	De nouvelles exigences et des solutions techniques optimisées.....	43
4.4.2	Mise en œuvre du pare-pluie souple.....	47
4.4.3	Mise en œuvre du pare-pluie rigide.....	48
4.5	Cas particulier des encadrements de baie rapportés.....	49
4.6	Spécificités pour la fabrication des éléments préfabriqués de plancher et de toiture.....	50
5.	Assemblage des PAROIS sur chantier.....	51
5.1	Lisse basse.....	51
5.2	Ancrages de l'ouvrage bois au soubassement.....	52
5.3	Continuité de l'étanchéité à l'eau et à l'air en pied de mur.....	53
5.3.1	Raccordement des parois avec membranes pare-pluie et pare-vapeur souples.....	53
5.3.2	Raccordement des parois avec écran rigide et barrière à la vapeur d'eau rigide.....	53
5.4	Raccordement des parois verticales entre-elles.....	54
5.4.1	Assemblage mécanique des parois verticales entre elles.....	54
5.4.2	Raccordement des parois avec membranes pare-pluie et pare-vapeur souples.....	56
5.4.3	Raccordement des parois avec écran rigide et barrière à la vapeur d'eau rigide.....	59
5.5	Jonctions parois verticales / planchers.....	62
5.5.1	Liaison mécanique entre étages.....	62
5.5.2	Raccordement des parois avec membranes pare-pluie et pare-vapeur souples.....	62
5.5.3	Raccordement des parois avec écran rigide et barrière à la vapeur d'eau rigide.....	65
5.6	Jonctions parois verticales / toitures.....	66
5.6.1	Règle générale.....	66
5.6.2	Cas des toitures froides relevant du NF DTU 43.4.....	66
5.6.3	Cas des toitures chaudes relevant du NF DTU 43.4.....	68
5.6.4	Cas des charpentes traditionnelles.....	69
5.7	Particularités pour la mise en œuvre des parois verticales « fermées ».....	70
5.8	Assemblage des éléments préfabriqués de plancher et de toiture.....	72
5.8.1	Liaison des caissons de plancher en pied des murs extérieurs.....	72
5.8.2	Jonction des éléments préfabriqués de plancher ou de toiture entre eux.....	74
5.9	Exposition des parois en phase chantier.....	75

6.	Interfaces avec les autres corps d'état	76
6.1	Interface avec le soubassement et accessibilité PMR	76
6.2	Intégration des menuiseries extérieures	79
6.3	Interfaces avec les lots « fluides » (électricité, plomberie, ventilation, zinguerie et chauffage)	79
6.3.1	Création d'une gaine technique en partie courante.....	79
6.4	Spécifications pour l'incorporation d'éléments traversant la barrière d'étanchéité à l'eau, à l'air et à la vapeur d'eau	81
6.4.1	Généralités	81
6.4.2	Règles de percement des voiles de contreventement	81
6.4.3	Rétablissement de la continuité des plans d'étanchéité.....	82
6.5	Spécifications complémentaires pour l'incorporation en façade d'éléments rapportés traversant uniquement la barrière d'étanchéité à l'eau.....	85
6.5.1	Eléments traversant uniquement le revêtement extérieur.....	85
6.5.2	Eléments traversant le revêtement extérieur et le pare-pluie.....	87
6.5.3	Cas particulier des éléments traversant les écrans rigides (panneaux à fonction pare-pluie) et les barrières à la diffusion de vapeur d'eau en panneau à base de bois	88
6.6	Intégration des fermetures.....	89
6.6.1	Préambule	89
6.6.2	Volets roulants de type « bloc-baie »	90
6.6.3	Volets roulants de type « coffre linteau »	92
6.6.4	Brise-soleil orientables (BSO)	94
6.6.5	Volets battants	96
6.7	Interface avec le lot « fumisterie »	98
7.	Méthodologie pour la réparation du voile travaillant positionné côté extérieur en cas de dégâts suite à un choc	100
7.1	Comportement au choc des parois à ossature bois	100
7.2	L'intervention peut avoir lieu depuis l'extérieur	100
7.3	L'intervention peut avoir lieu depuis l'intérieur	100
8.	Règles simplifiées de justification du contreventement et des ancrages des ouvrages à ossature bois : exemple de calcul	101
8.1	Objet et limites de la règle de moyens	101
8.2	Exemples d'application de la règle de moyen	101
8.2.1	Définition du cas étudié	101
8.2.2	Vérification du contreventement	101
8.2.3	Vérification des ancrages	102

1. INTRODUCTION SUR L'UTILISATION ET OBJET DE CE GUIDE

1.1 Contenu de ce Guide d'Application et articulation par rapport au texte du NF DTU 31.2 : 2019

Ce document ne se substitue pas au NF DTU 31.2. Le NF DTU 31.2 reste le seul document de référence opposable en cas de litige.

La vocation de ce document est d'aider les lecteurs du NF DTU 31.2 en leur facilitant la prise en main et l'appropriation de son contenu.

Ce document ne doit pas être lu seul, mais conjointement avec le NF DTU 31.2.

Ce document revêt un caractère pédagogique, tant sur les textes que sur les figures, en comparaison avec le formalisme de rigueur imposé en normalisation, car un DTU constitue uniquement les pièces types d'un marché de travaux passé entre l'entrepreneur de bâtiment et son client (généralement le maître d'ouvrage).

Seuls les chapitres du NF DTU 31.2 méritant un éclaircissement ou des illustrations figurent dans le présent document. Les chapitres du NF DTU 31.2 jugés « suffisamment clairs » n'apparaissent donc pas ici.

La conception et la mise en œuvre **des chevêtres de menuiserie et des encadrements de baies** (chapitres 14 et 15 de la partie 1.1 – CCT du NF DTU 31.2) font l'objet de documents RAGE et PACTE spécifiques et ne sont donc pas répétés ici.

Le NF DTU 31.2 est composé de 3 parties :

- **Partie 1.1 – Cahier des Clauses Techniques Types (CCT)** : le domaine d'application et les prescriptions relatives à l'exécution des travaux sont définis dans le CCT.
- **Partie 1.2 – Critères Généraux de choix des Matériaux (CGM)** : **Tous les matériaux** utilisés pour la construction de l'ouvrage doivent être **identifiés et caractérisés** dans le CGM.
- **Partie 2 – Cahier des Clauses Spéciales (CCS)** : Les travaux faisant partie du marché et ceux ne faisant pas partie du marché ainsi que les dispositions de coordination avec les autres entreprises et intervenants sont définis dans le CCS.

Seule la partie 1-1 est « décortiquée » dans le présent document, les autres parties ne nécessitant pas d'explications complémentaires.

1.2 Précisions sur le Domaine d'Application du NF DTU 31.2 : 2019

Voir § 1 du NF DTU 31.2 P1-1

Le NF DTU 31.2 couvre tous les ouvrages de construction à ossature bois porteurs (reprise des charges d'exploitations, des charges climatiques...).

NOTE : Les Façades à Ossature Bois (FOB) non porteuses sont du ressort du futur NF DTU 31.4 et les cloisons non porteuses à ossature bois du NF DTU 36.2

Le NF DTU 31.2 vise les **parois verticales quel que soit le niveau de préfabrication**. A noter que les modules tridimensionnels à ossature bois sont également couverts par le NF DTU 31.2.

Le NF DTU 31.2 vise **les caissons de planchers et de toiture uniquement préfabriqués**.

Ces éléments de parois ont un **vide entre montants, solives ou chevrons inférieur ou égal à 60 cm**, et sont stabilisés par un **panneau de contreventement** sur au moins une des faces.

NOTE : Si les vides entre montants, solives ou chevrons sont strictement supérieurs à 60 cm et/ou contreventés autrement que des panneaux à base de bois, alors les parois relèvent du NF DTU 31.1 (technique « poteaux-poutres » par exemple).

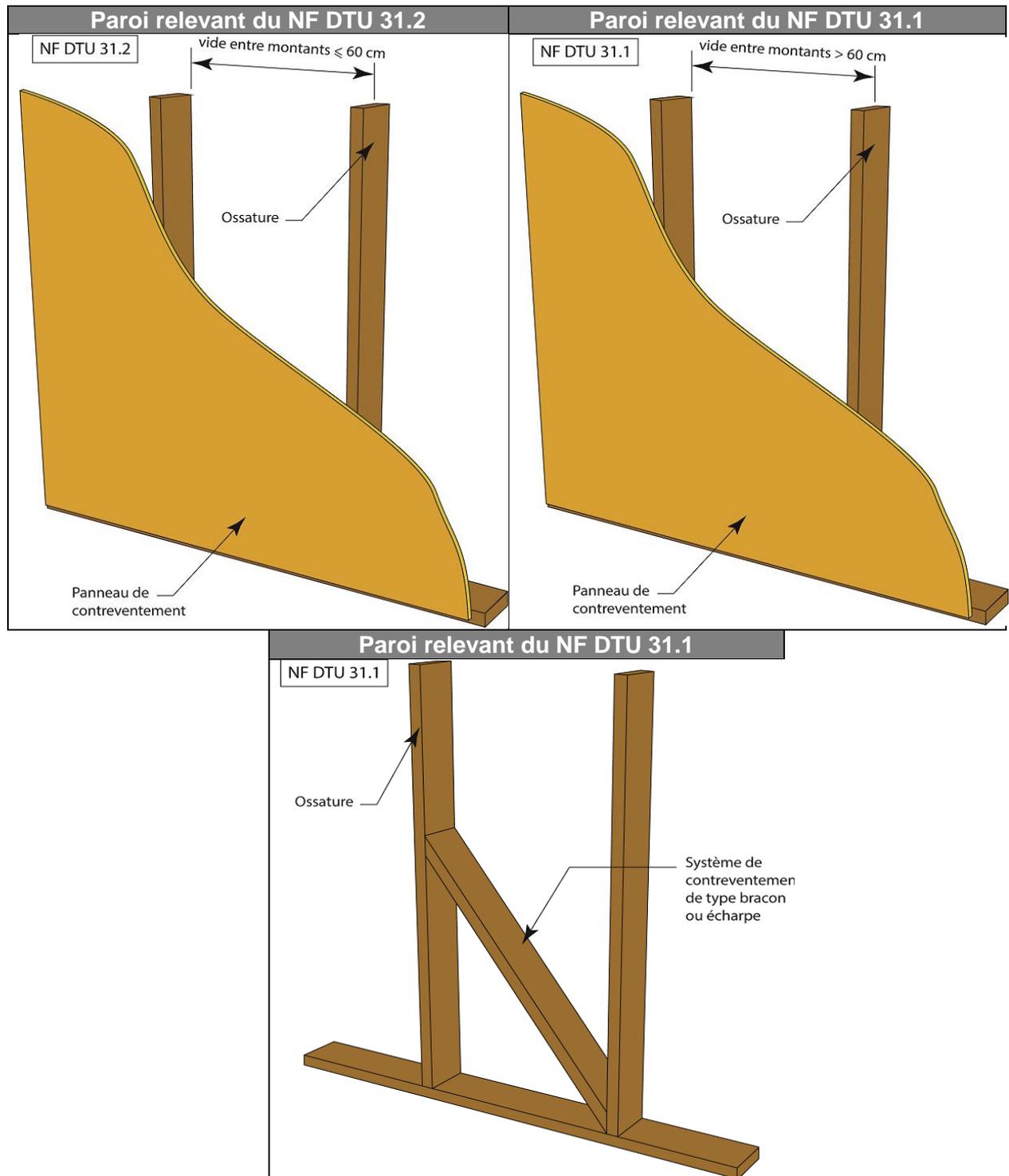


Figure 1 Limite DTU 31.2 / DTU 31.1

Le NF DTU 31.2 décrit un grand nombre de fonctions de la paroi : stabilité, étanchéité, transfert hygrothermique, isolation, ...Il couvre toutes les fonctions associées du nu extérieur du pare-pluie au nu intérieur du pare-vapeur et la mise en œuvre de **l'isolation** et des **systèmes d'étanchéité à l'eau, à l'air et à la vapeur d'eau**.

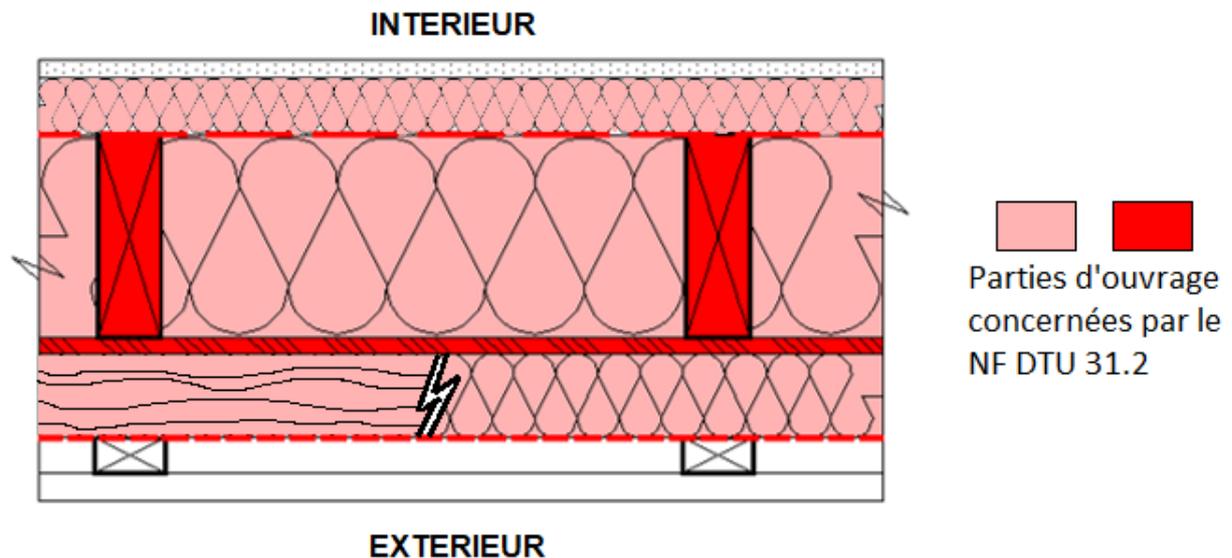


Figure 2 Illustration de l'entendue du domaine d'application du NF DTU 31.2

Le NF DTU 31.2 couvre ce type d'ouvrage jusqu'à une **hauteur de 28 m** (hauteur du plancher bas du dernier niveau) ce qui nécessite le choix d'un revêtement extérieur également évalué pour cette hauteur sur support bois.

Le NF DTU 31.2 vise uniquement les parois ossature bois avec **revêtement extérieur ventilé**. Pour les revêtements extérieurs sans lame d'air ventilé, l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application du revêtement prévaut et peut définir des exigences particulières pour la paroi support à ossature bois (exemple Sd du pare-vapeur).

Ne font pas partie du domaine d'application du NF DTU 31.2 :

- Les parois avec revêtements extérieurs non ventilés
- Tout système d'enduit extérieur devant faire l'objet d'Avis Technique ou de DTA
- Les isolants rigides (polystyrène, polyuréthane, ...)
- Les isolants biosourcés, entre ou contre ossatures
- Les panneaux CLT
- Les parois réalisées en panneaux sandwiches
- La rénovation des constructions à ossature bois existantes
- La mise en œuvre des revêtements extérieurs en bois (NF DTU 41.2)

NOTE Une solution technique « exclue du DTU » ne signifie pas pour autant son interdiction : cela signifie simplement que cette solution doit être évaluée par ailleurs.

1.3 Principales nouveautés du NF DTU 31.2 : 2019

Les principales nouveautés par rapport à la version antérieure sont :

L'intégration de dispositions constructives détaillées pour traitement des encadrements de baies : Si la pose de la menuiserie n'est pas du ressort du NF DTU 31-2, le traitement des encadrements de baies est réalisé en majeure partie par les opérateurs de la construction à ossature bois.

L'étanchéité à l'air et maîtrise du transfert vapeur : Tenant compte des améliorations techniques, normatives et réglementaires de ces dernières années, le NF DTU 31.2 intègre désormais les aspects suivants :

- la **règle du facteur 5** qui complète la solution initiale basée sur une membrane souple de valeur $S_d \geq 18$ m
- l'utilisation des **panneaux de contreventement en tant que barrière à la diffusion de vapeur d'eau** est désormais proposée en substitution des pare-vapeur souples, sous certaines conditions.

L'étanchéité à l'eau : Le domaine d'application du NF DTU couvre les bâtiments à ossature bois jusqu'à 28 m de hauteur, dans toutes zones de vent de la France métropolitaine. Lorsqu'elle est concomitante avec le vent, l'eau exerce sur le bâtiment une pression de pluie battante qui peut nécessiter selon son niveau des dispositions techniques particulières. Le NF DTU 31.2, en fonction de la hauteur du bâtiment, des zones de vent et de la catégorie de rugosité du terrain, définit **deux niveaux d'exigences d'étanchéité à l'eau** «Ee1 –exposition normale» et «Ee2 – forte exposition» et lorsque cela est nécessaire, précise pour les solutions techniques présentées, avec quel niveau d'exigence Ee1 ou Ee2 elles sont compatibles.

Une règle de moyen pour la justification de la stabilité des parois verticales : Le NF DTU 31.2 propose une nouvelle règle de moyen, au domaine d'application très élargi (par rapport à ce qui préexistait), qui permet, sous réserve de respecter certaines dispositions constructives, de **justifier le contreventement et les ancrages** des constructions à ossature bois.

Le renforcement des exigences sur les matériaux : Pour satisfaire aux nouvelles prescriptions précitées, le niveau d'exigence sur les matériaux définis dans le CGM (partie 1-2) du NF DTU 31.2 a été relevé, il s'agit des membranes pare-pluie et pare-vapeur, des panneaux à base de bois, des accessoires d'étanchéité (calfeutrement, rubans adhésifs,...).

1.4 Comment choisir les matériaux ? Précisions

Pour pouvoir garantir une **performance et une durée de vie** adéquate aux ouvrages, la qualité des matériaux doit être à la hauteur.

Ces matériaux doivent être choisis conformément aux exigences définies dans la partie 1-2 (CGM du NF DTU 31.2).

En tant que **concepteur ou fabricant d'ouvrages à ossature bois**, vous êtes responsable (d'un point de vue assurantiel) du choix des matériaux et de leur conformité aux exigences du DTU.

La liste des exigences et les niveaux de performances associés aux procédures de contrôle à réception pour chacun des matériaux sont longs et coûteux pour vérifier la qualité de la fabrication des matériaux.

Ces procédures sont spécifiées en annexes B, C et D (normatives) du CGM. Cependant, pour simplifier la tâche des utilisateurs, **des certifications avec contrôle externe ont été mises en place**. Choisir des matériaux certifiés permet donc de se dispenser de réaliser soi-même ce fastidieux contrôle.

La liste des **panneaux à base de bois, des bandes adhésives, des mastic-colles et autres accessoires adhésifs** certifiés est disponible grâce à **ce lien**.
(https://www.fcba.fr/sites/default/files/produit_certification/documents/annuaire_produits_certifies_ctb_dtu-31-2.pdf)

La liste des **membranes pare-pluie** certifiés est disponible grâce à **ce lien**.
(<https://evaluation.cstb.fr/fr/rechercher/produits-evalues/?evaluations=certification&prestations=qb38&tri=date>)

1.5 Articulation du NF DTU 31.2 et des principaux textes réglementaires

1.5.1 *Peut-on trouver des exigences réglementaires dans un DTU ?*

Un NF DTU doit être compatible avec la réglementation mais son rôle n'est pas de rappeler la liste des réglementations. Ni de justifier de la conformité à la réglementation. Il n'est pas non plus du rôle d'un NF DTU de dire ce qu'il faut faire pour respecter la réglementation.

Par exemple, le NF DTU 31.2 ne dit pas quelle épaisseur d'isolant il faut utiliser pour respecter la réglementation thermique mais décrit uniquement comment mettre en œuvre des isolants dans des parois à ossature bois.

1.5.2 *Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation parasismique*

Les exigences de la réglementation parasismique peuvent être respectées avec les prescriptions du NF DTU 31.2.

Cette interface est particulièrement sensible pour l'utilisation des **règles simplifiées** de justification du contreventement et des ancrages des murs à ossature bois (Annexe D du NF DTU 31.2 – P1-1) : toutes les dispositions architecturales sont compatibles avec les règles PS-MI, révisées 1992. Ces règles de construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, s'appliquent aux bâtiments de catégorie II répondant à un certain nombre de critères (nature et portance du sol, régularité et forme du bâtiment, charge d'exploitation des planchers), notamment géométriques.

1.5.3 *Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation Sécurité Incendie*

Une paroi à ossature bois seule, sans ses parements, ne permet pas de répondre aux exigences de la réglementation sécurité incendie.

✓ **Résistance au feu**

Concernant les exigences réglementaires relatives à la résistance au feu du bâtiment, **la stabilité au feu (R) ou le niveau coupe-feu (REI)** des parois à ossature bois est conféré par le parement intérieur, jouant le rôle **d'écran thermique**, mis en œuvre conformément au NF DTU 25.41 pour les plaques de plâtre et le NF DTU 36.2 pour les revêtements en bois ou à base de bois.

Les ossatures secondaires, support du ou des parements intérieurs jouant le rôle d'écran thermique en situation d'incendie sont constituées de métal ou de bois.

Les solutions techniques compatibles avec les exigences réglementaires peuvent être justifiées grâce à **l'annexe nationale de la partie 1-2 de l'Eurocode 5** (NF EN 1995-1-2/NA) publiée en avril 2020 ou grâce aux rapports d'essais disponibles sur le site du CODIFAB : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/bois/rapports-dessais-resistance-au-feu-des-parois-ossatures-bois>.

✓ **Propagation du feu par les façades**

Dans le cas où un bâtiment est visé par l'Instruction Technique n°249 (ERP, logements à partir de la troisième famille), des dispositions pour prévenir le risque de propagation du feu par l'extérieur via les façades doivent être mises en place et notamment en ce qui concerne les dispositions constructives permettant à la façade de participer l'indice C+D (**écran thermique, jonction façade-plancher**) ainsi que les dispositions constructives permettant de limiter la propagation du feu par les éléments constituant le **bardage ventilé**.

Ces exigences sont reprises dans le document « Bois construction et propagation du feu par les façades en application de l'Instruction Technique 249 version 2010 » qui a valeur **d'Appréciation de laboratoire** au sens de l'article 5.3 de l'Instruction Technique 249 version 2010.

Le document est téléchargeable sur : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/bois/bois-construction-et-propagation-du-feu-par-les-facades>

1.5.4 **Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation thermique**

Les exigences de la Réglementation Thermique 2012 (dite RT 2012) sont définies par plusieurs décrets et arrêtés. Concernant l'évaluation réglementaire des performances thermiques des parois, les textes de références sont les règles Th-U, et plus précisément les fascicules 4 (parois opaques) et 5 (ponts thermiques).

Les parois à ossature bois conformes au NF DTU 31.2 sont **compatibles** avec les modèles types définis dans les Règles Th-U de la RT 2012.

Une estimation de la résistance thermique des parois à ossature bois est disponible sur le site <https://catalogue-construction-bois.fr/recherche/>

Les exigences « étanchéité à l'air » de la RT 2012 sont considérées comme respectées lorsque les prescriptions relatives à la continuité de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau sont elles-mêmes respectées.

1.5.5 *Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation acoustique*

Une paroi à ossature bois seule, sans ses parements, ne permet pas de répondre aux exigences de la réglementation acoustique. La mise en œuvre de parements type plaque(s) de plâtre et/ou de doublages isolants et/ou de complexes de chapes en planchers peut permettre d'atteindre un affaiblissement acoustique ou un niveau de bruit de choc suffisant.

La conception de la paroi à ossature bois **devra être adaptée** en fonction du niveau de l'exigence réglementaire : double ossature dans le cas des parois séparatives entre logement, contre-cloison désolidarisée, mise en œuvre d'une chape sèche ou humide sur un plancher, interposition de matériaux résilients dans les assemblages, ...

Une estimation des performances acoustiques des parois à ossature bois est disponible sur le site <https://catalogue-construction-bois.fr/recherche/>

1.5.6 *Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation « termites »*

Un ensemble d'arrêtés et de décrets constitue ce qui est communément appelé « la loi termites ».

Dans les zones soumises à un arrêté préfectoral, outre la mise en œuvre d'un dispositif capable de faire **obstacle au passage des termites** depuis le sol vers le bâti, les bois et matériaux dérivés du bois participant à la **stabilité du bâtiment** doivent :

- soit être naturellement résistants aux termites,
- soit avoir fait l'objet d'un traitement adapté afin qu'ils résistent aux attaques de termites,
- soit, s'ils ne sont ni naturellement durables ni traités, être mis en œuvre de manière apparente dans un local aménageable ou accessible afin de permettre leur examen visuel et si nécessaire leur traitement et/ou leur remplacement.

Concrètement, dans les zones soumises à un arrêté préfectoral, pour les parois à ossature bois relevant du NF DTU 31.2, les montants, les traverses, les lisses, les panneaux de contreventement, les solives, les chevrons, qui ne sont plus accessibles après fermeture des parois **doivent être traités vis-à-vis des termites**.

Cette exigence de durabilité naturelle ou conférée s'applique aussi aux **insectes à larves xylophages**.

1.5.7 *Compatibilité du NF DTU 31.2 avec la réglementation accessibilité*

La réglementation relative à l'accessibilité du cadre bâti aux personnes handicapées est applicable depuis le 1er janvier 2007 aux bâtiments construits ou rénovés (établissements recevant du public ou locaux d'habitation).

S'applique notamment l'exigence d'accès au bâtiment : lorsqu'il ne peut être évité, un faible écart de niveau peut être traité par un ressaut à bord arrondi ou muni d'un chanfrein et dont la hauteur est inférieure ou égale à 2 cm. Au regard de l'exigence de ménager un écart de 20 cm entre le sol fini extérieur et les 1^{ers} éléments bois, des dispositions particulières doivent être prises : elles sont illustrées au chapitre 6.1 de ce document.

2. RECEPTION DES SUPPORTS BETON OU EN MACONNERIE

VOIR CHAPITRE 5.2 du NF DTU 31.2 P1-1

2.1 Généralités

Les tolérances des supports définies dans les DTU des ouvrages maçonnés peuvent ne pas correspondre aux tolérances acceptables pour recevoir correctement un ouvrage en bois.

Un ouvrage complémentaire d'interface localisé (OCIL) peut être nécessaire pour parvenir à ces tolérances. Dans ce cas, cet OCIL est précisé dans les documents particuliers du marché.

L'ouvrage complémentaire d'interface localisé complète les recommandations des NF DTU relatifs aux ouvrages support et aux ouvrages supportés.

Au jour de la rédaction du présent document, une norme expérimentale (XP P18-202) qui précise les règles à respecter ainsi que les exigences minimales applicables par défaut pour réaliser les OCIL est en cours de rédaction.

2.2 Tolérances pour les surfaces horizontales de type dalle ou dallage

Les tolérances suivantes doivent être respectées :

✓ *planéité horizontale du support :*

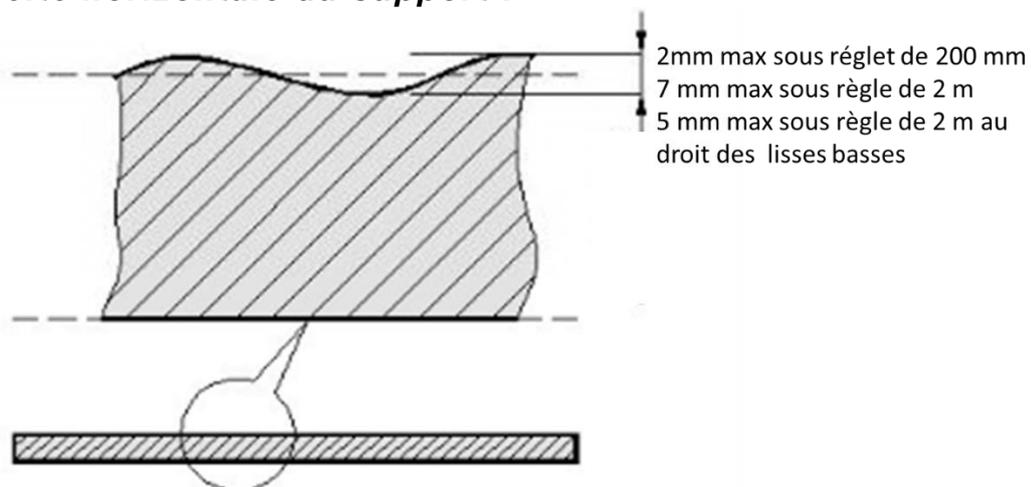


Figure 3 Tolérance de planéité locale du support

NOTE Les exigences sur la planéité horizontale de la dalle ci-dessus correspondent par exemple à une **finition surfacée lissée** du NF DTU 21.

✓ *Planéité globale :*



Figure 4 Tolérance de planéité globale du support

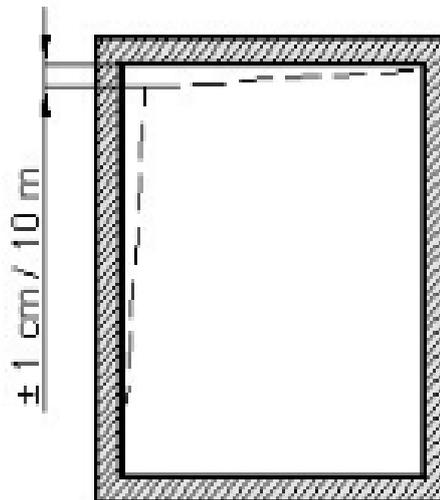
✓ **Dimension de la dalle (longueur, largeur) :**



Longueurs et largeurs : +/- 1 cm

Figure 5 Tolérances en plan

✓ **Equerrage**



Equerrage : +/- 1 cm sur 10 mètres

Figure 6 Tolérances de l'équerrage

✓ **Rectitude en bord de dalle**

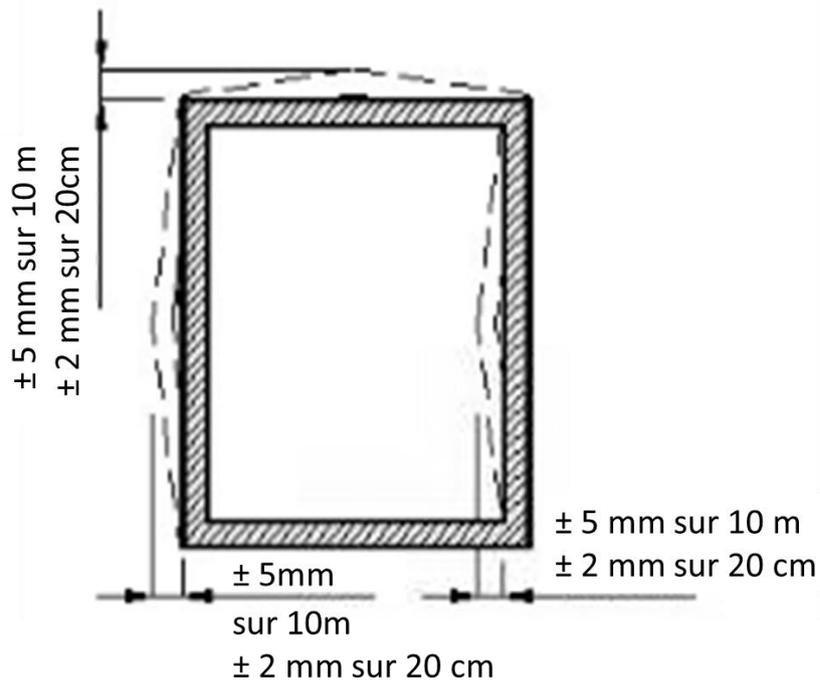


Figure 7 Tolérances de rectitude en bord de dalle

2.3 Tolérances pour les surfaces verticales de type mur, longrine ou poteau de soubassement

Les tolérances suivantes doivent être respectées :

✓ **Planéité verticale :**

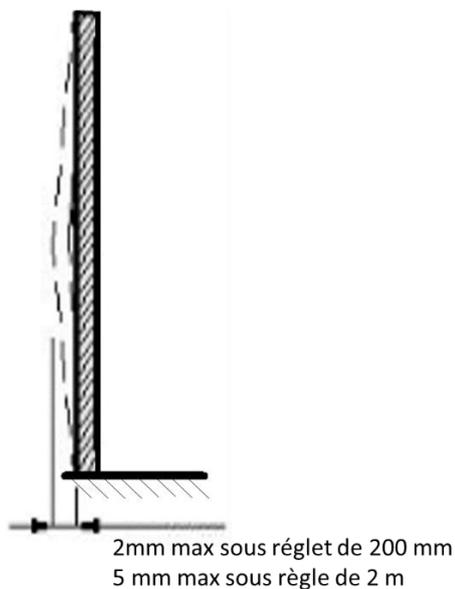


Figure 8 Tolérances de planéité des éléments maçonnés verticaux

NOTE Les exigences sur la planéité verticale ci-dessus correspondent par exemple à **une finition parement soignée** du NF DTU 21.

✓ **Dimensions (hauteur, longueur, épaisseur) :**

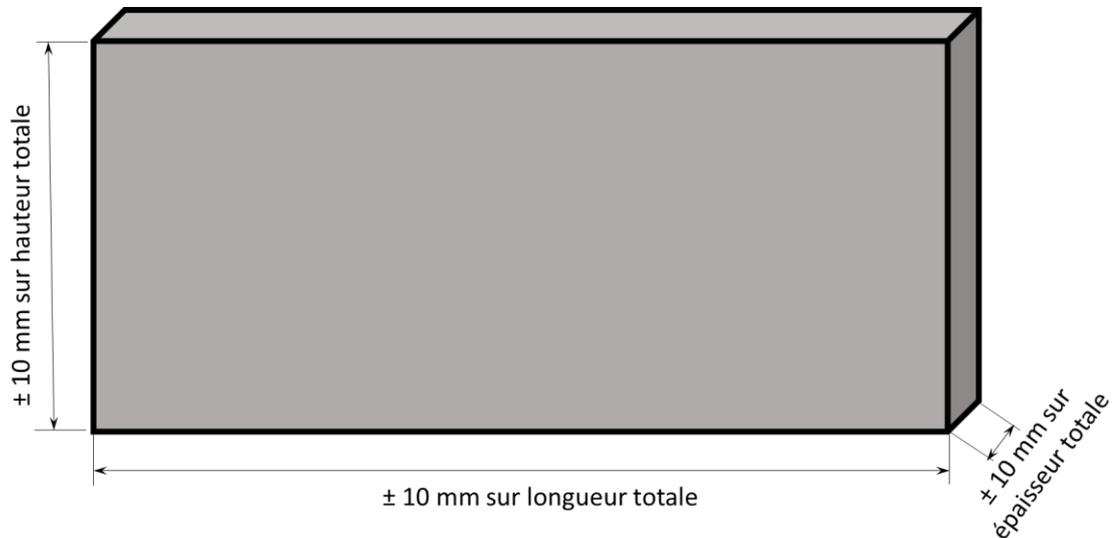


Figure 9 Tolérances dimensionnelles des éléments maçonnés verticaux

• **Equerrage :**

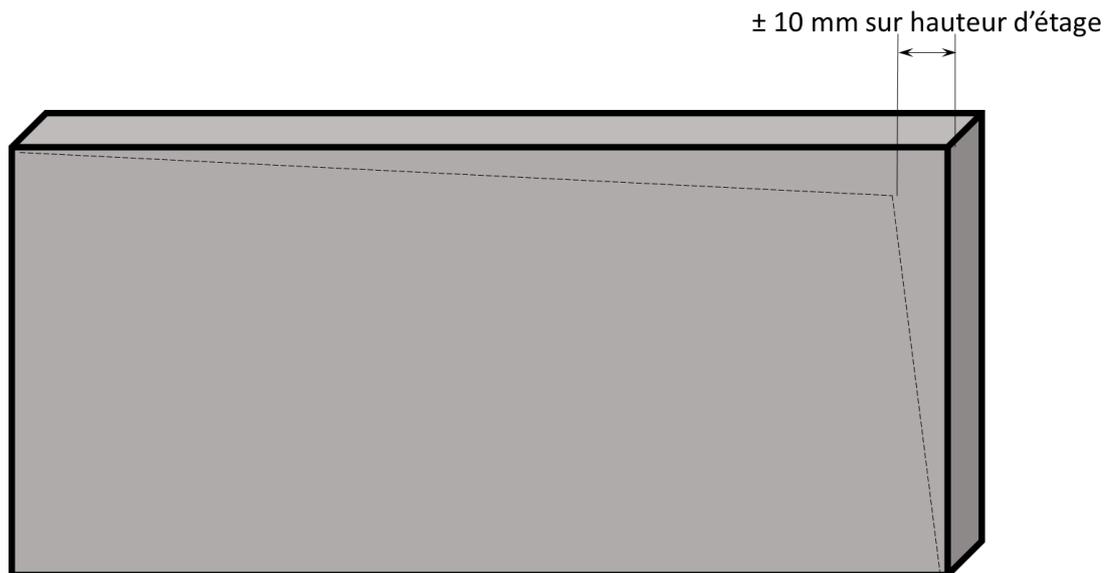


Figure 10 Tolérances d'équerrage des éléments maçonnés verticaux

Dans le cas de plancher bois posé contre un mur, la rectitude en plan du mur doit être comprise entre ± 5 mm sous la règle de 2 m.

L'écart de l'alignement des nez de dalle doit être inférieur ou égal à 7 mm pour une longueur de 3 m.

La régularité de la hauteur des supports servant d'assise au plancher bois supporté doit être comprise entre 5 mm et 0 mm ou respecter la planéité horizontale de la dalle décrite au chapitre 2.1 ci-dessus.

3. PAROIS TYPES

3.1 Consigne pour l'utilisation de ces schémas

Les coupes de parois figurant dans ce chapitre sont des coupes de principe destinées à illustrer le contenu des parties P1-1 (CCT) et P1-2 (CGM) du NF DTU 31.2.

Ces schémas ne sont pas exhaustifs et sont donnés à titre d'exemples. La justification des performances (mécanique, thermique, acoustique, sécurité incendie,...) doit être systématiquement apportée par le concepteur en fonction de la destination de la paroi.

Le domaine d'emploi, les performances et les limites d'utilisation des différents éléments représentés sur ces schémas ne sont pas rappelés sur ces figures.

Le revêtement extérieur (bardage en bois) et le parement intérieur (plaque de plâtre) ou les revêtements de sol ou de plafond ne sont donnés qu'à titre d'exemples, pour illustrer une paroi à ossature bois finie.

3.2 Parois verticales

3.2.1 Murs extérieurs

✓ Avec isolation entre montants uniquement

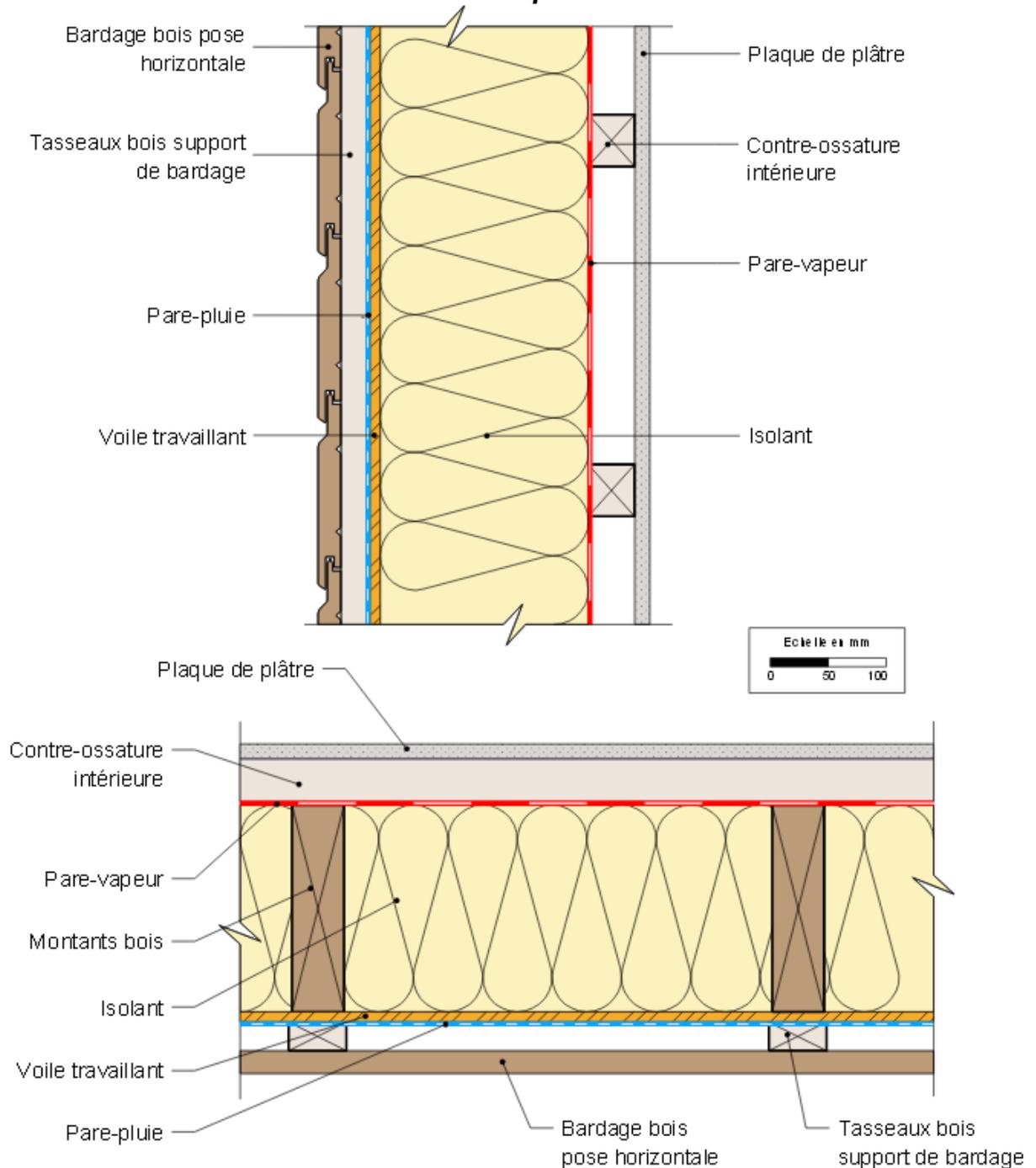


Figure 11 Contreventement extérieur (coupe verticale en haut, verticale en bas)

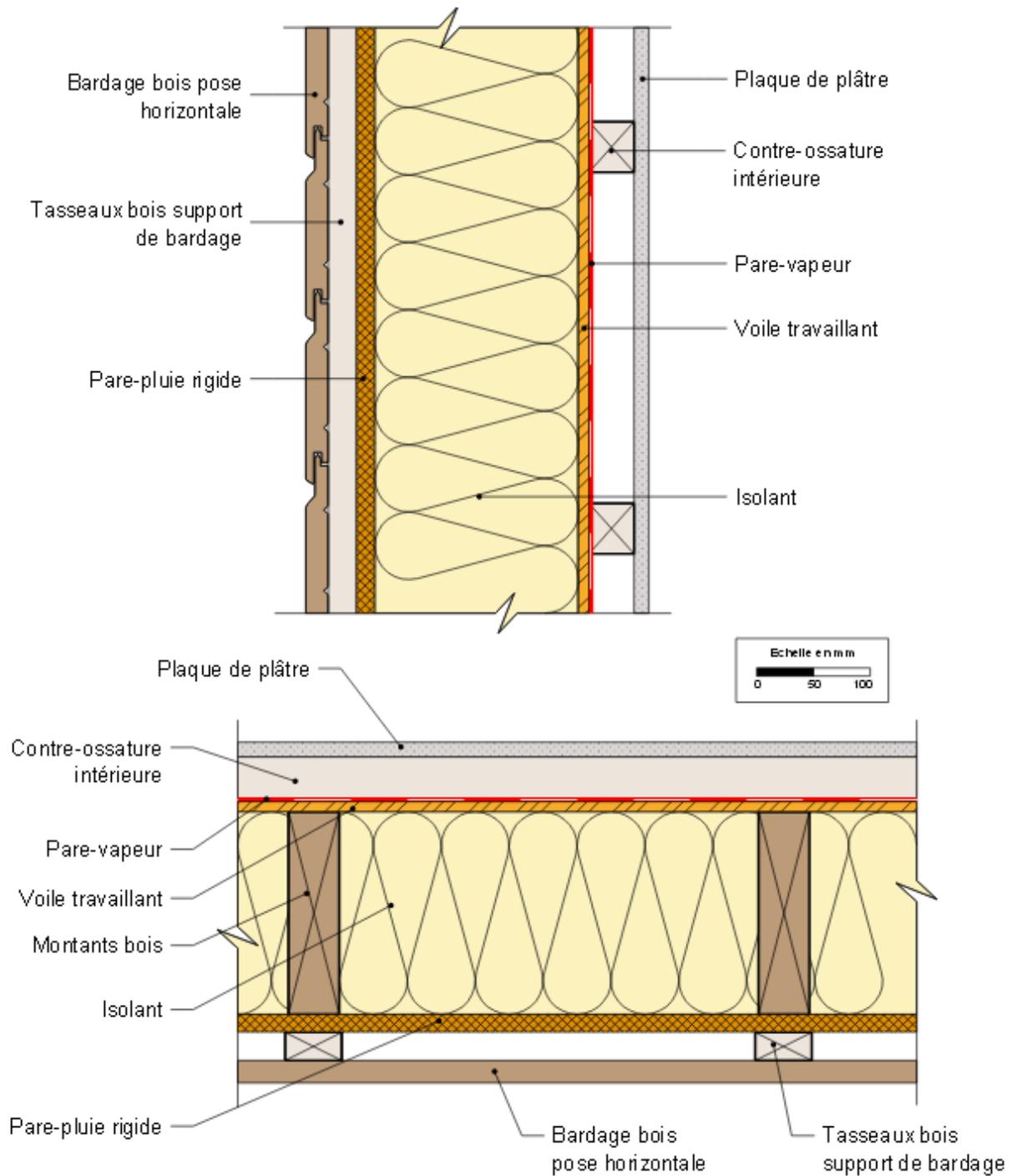


Figure 12 *Contreventement intérieur avec écran rigide en fibre de bois et pare-vapeur souple (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

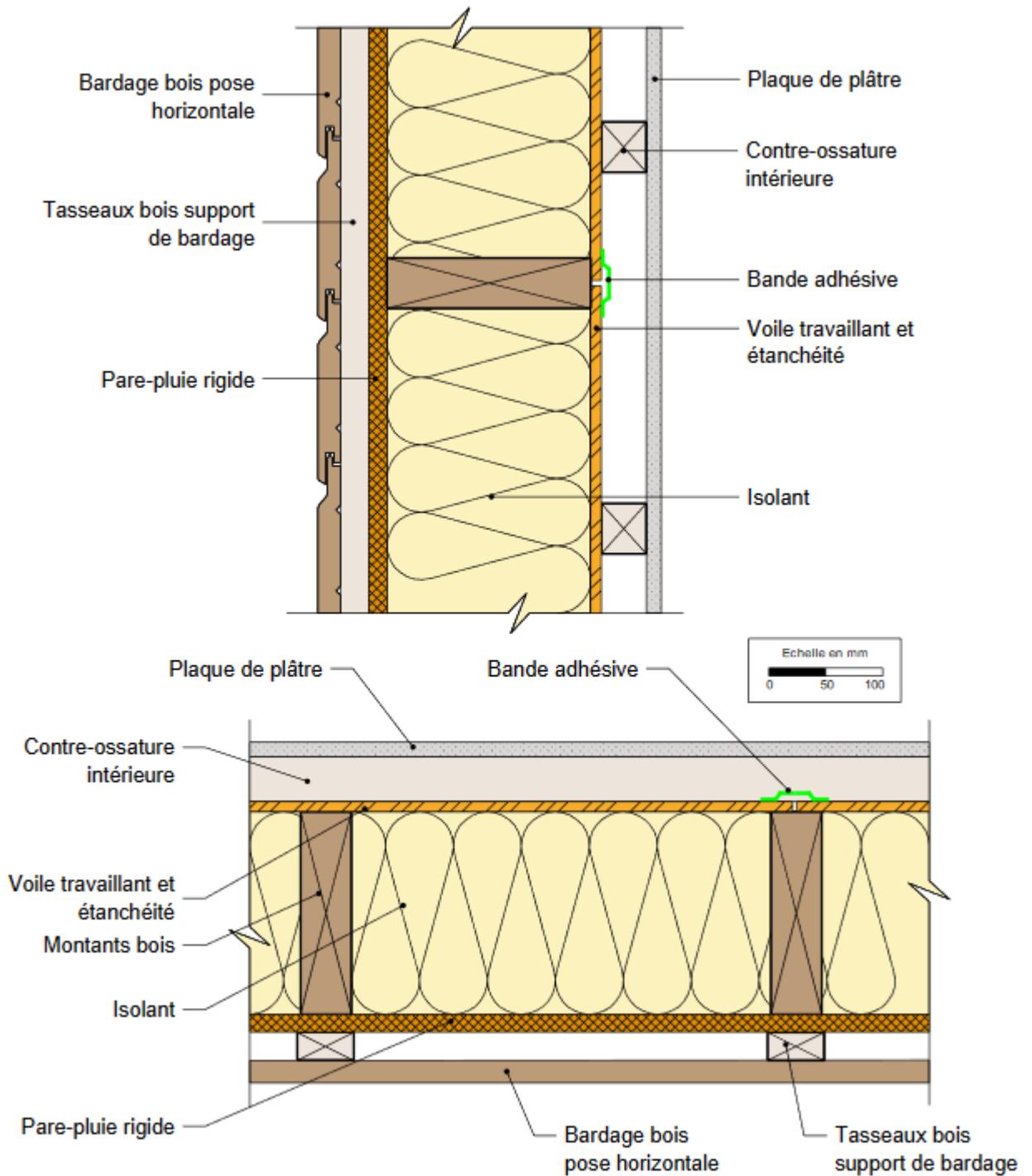


Figure 13 *Contreventement intérieur faisant office de barrière à la diffusion de vapeur d'eau et écran rigide en fibre de bois (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

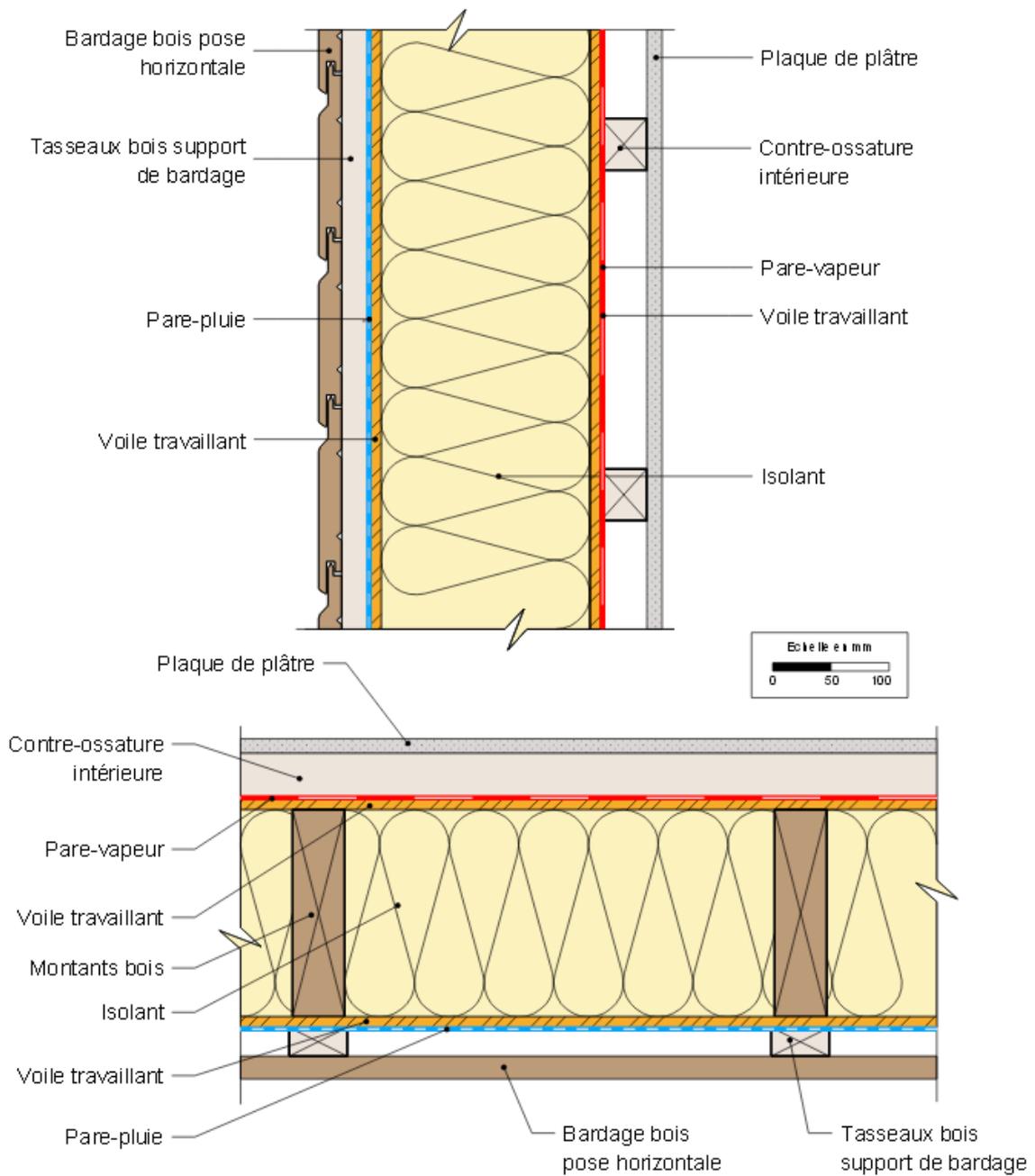


Figure 14 *Contreventement sur les deux faces (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

✓ **Avec isolation entre montants et complément par l'extérieur supporté**

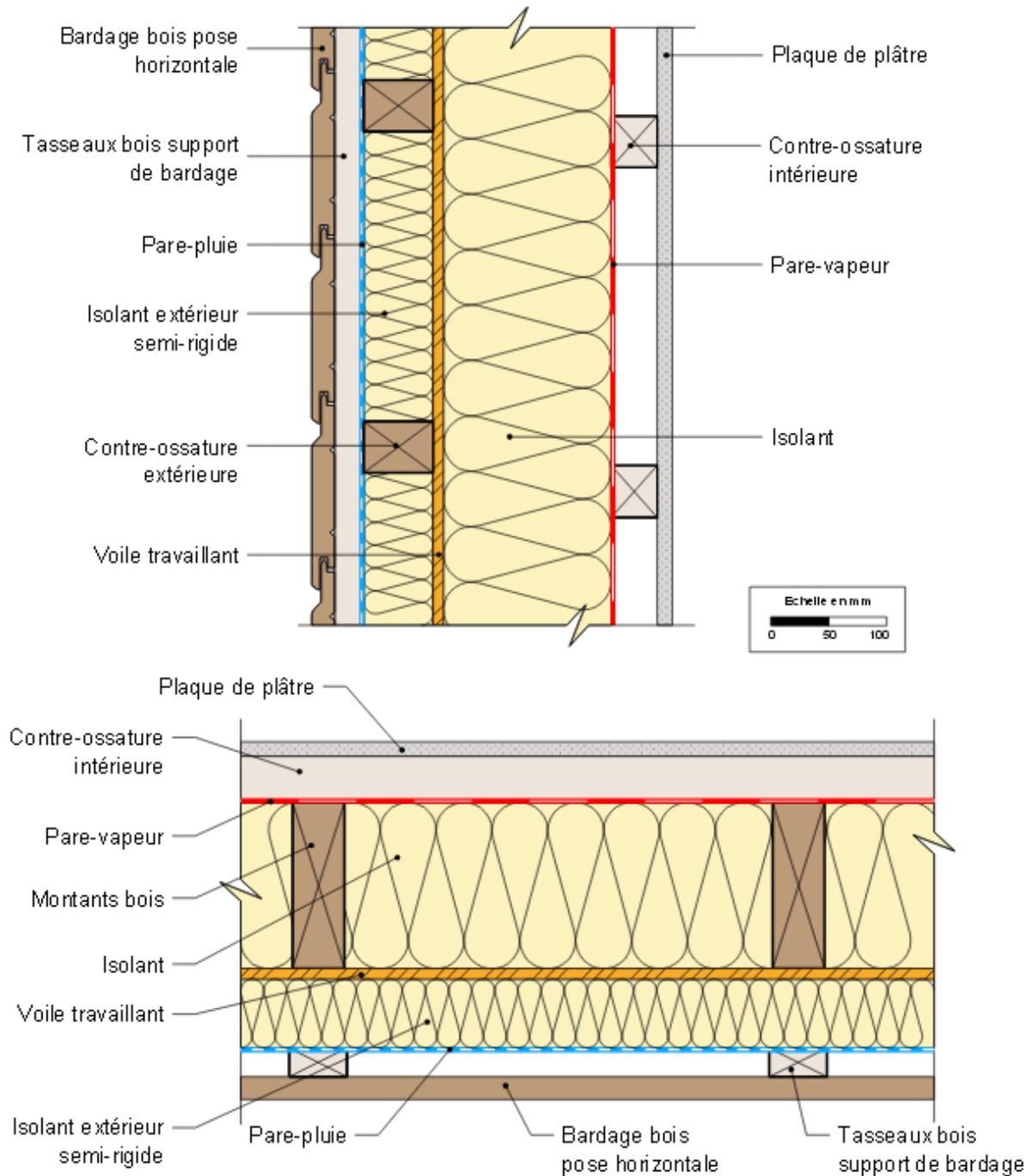


Figure 15 *Doublage isolant par l'extérieur (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

✓ **Avec isolation entre montants et complément par l'intérieur**

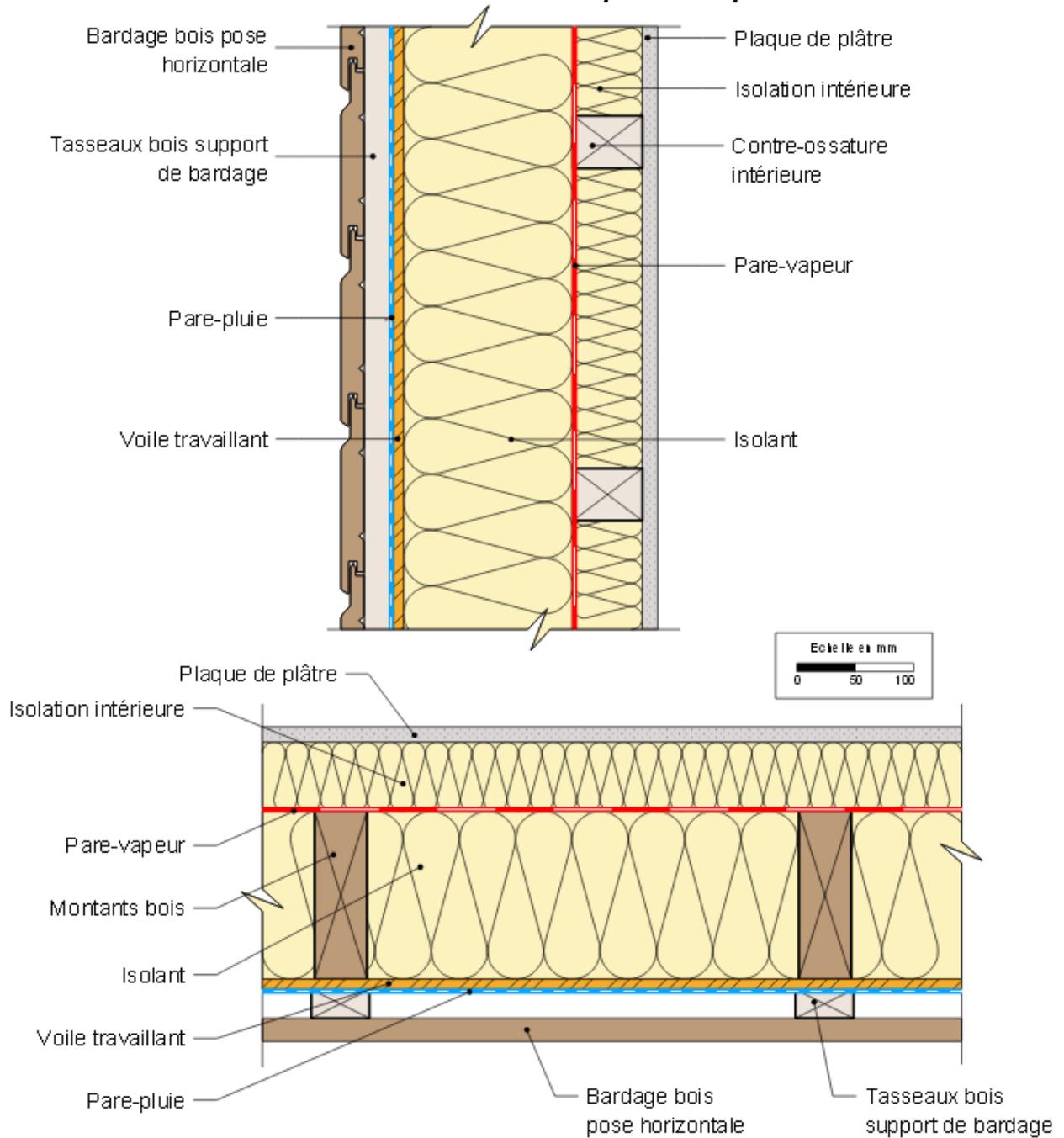


Figure 16 *Doublage isolant par l'intérieur (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

- ✓ **Avec isolation entre montants et complément par l'extérieur supporté et par l'intérieur**

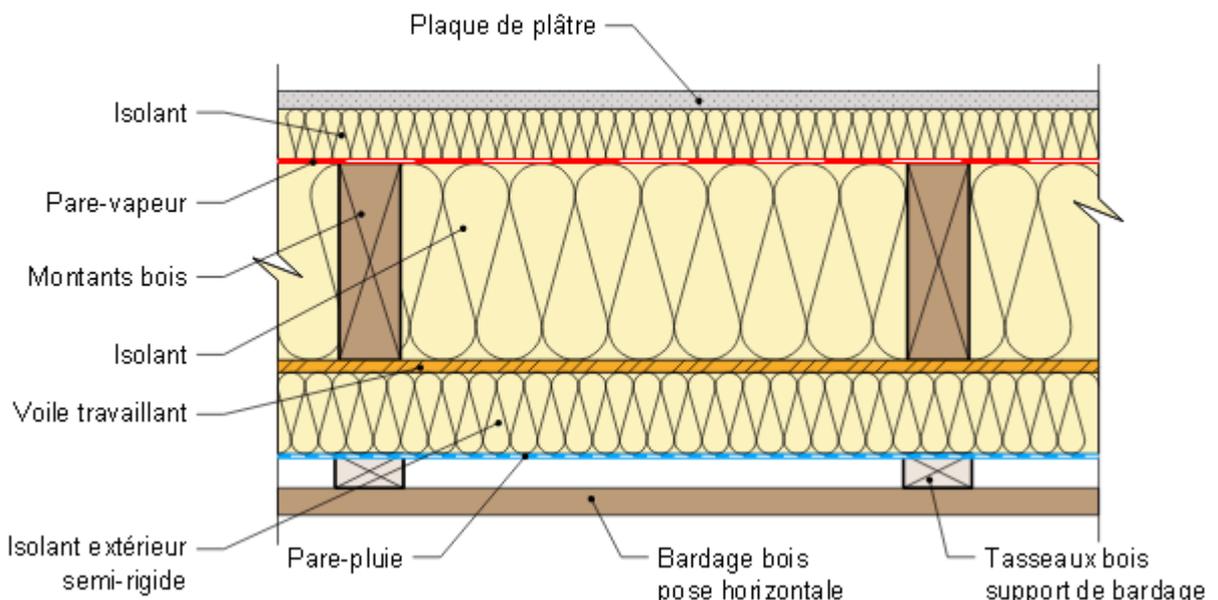
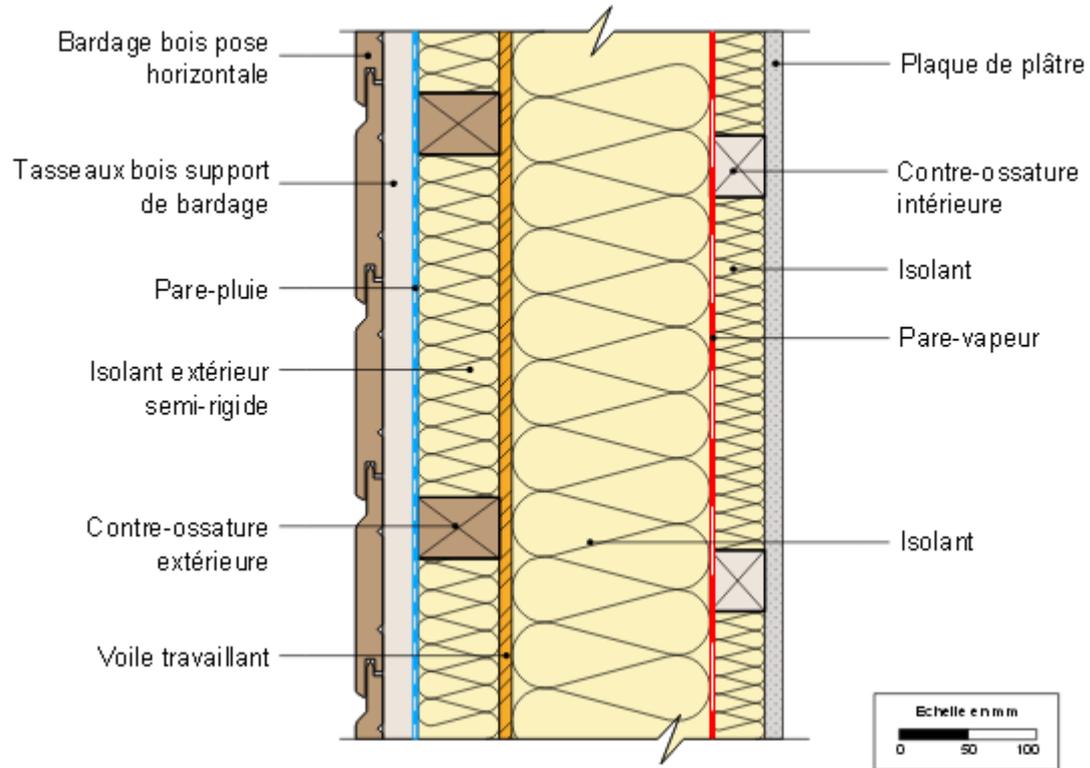


Figure 17 *Doublage isolant par l'extérieur et par l'intérieur (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

3.2.2 Murs intérieurs

- ✓ **Généralités**

Il s'agit de paroi porteuses, et/ou séparatives.

Le NF DTU 31.2 ne traite pas le cas des cloisons de distribution, décrites dans le NF DTU 36.2.

✓ **Murs simple ossature (mur de refend)**

NOTE 1 Si un mur intérieur simple ossature est mis en œuvre entre un local chauffé et un local non chauffé ou lorsqu'il s'agit de locaux à usage différents, un pare-vapeur est mis en œuvre avec un vide technique « côté chaud ».

NOTE 2 Ce type de mur ayant des performances acoustiques limitées, il n'est pas utilisé comme paroi séparative entre logements (voir les murs double ossature ci-dessous).

NOTE 3 La pose directe du parement intérieur sur un voile de contreventement n'est possible que si la paroi ne comporte pas de réseaux électriques ou fluides.

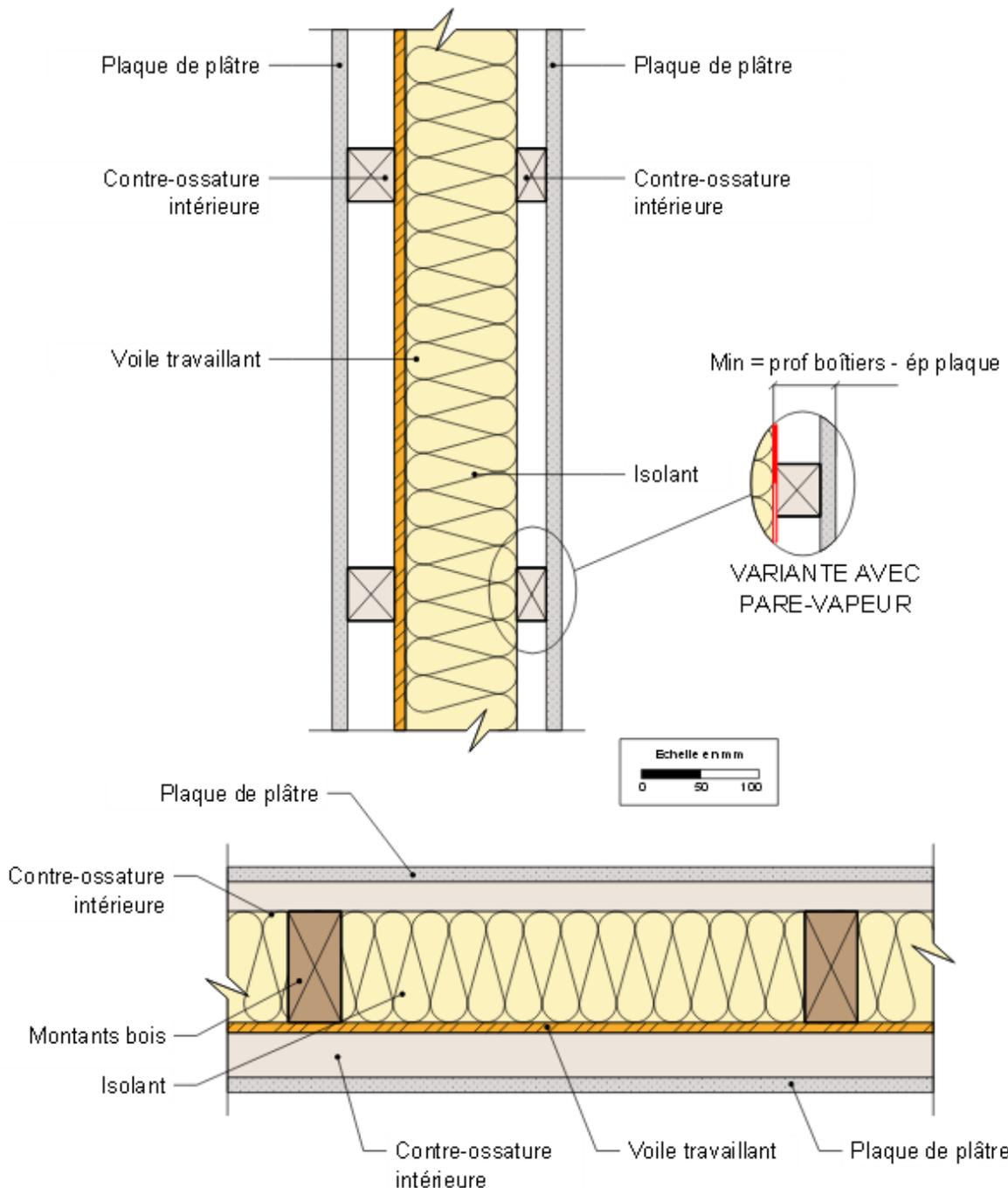


Figure 18 Contreventement sur une face et tasseautage support de parement sur deux faces (coupe verticale en haut, verticale en bas)

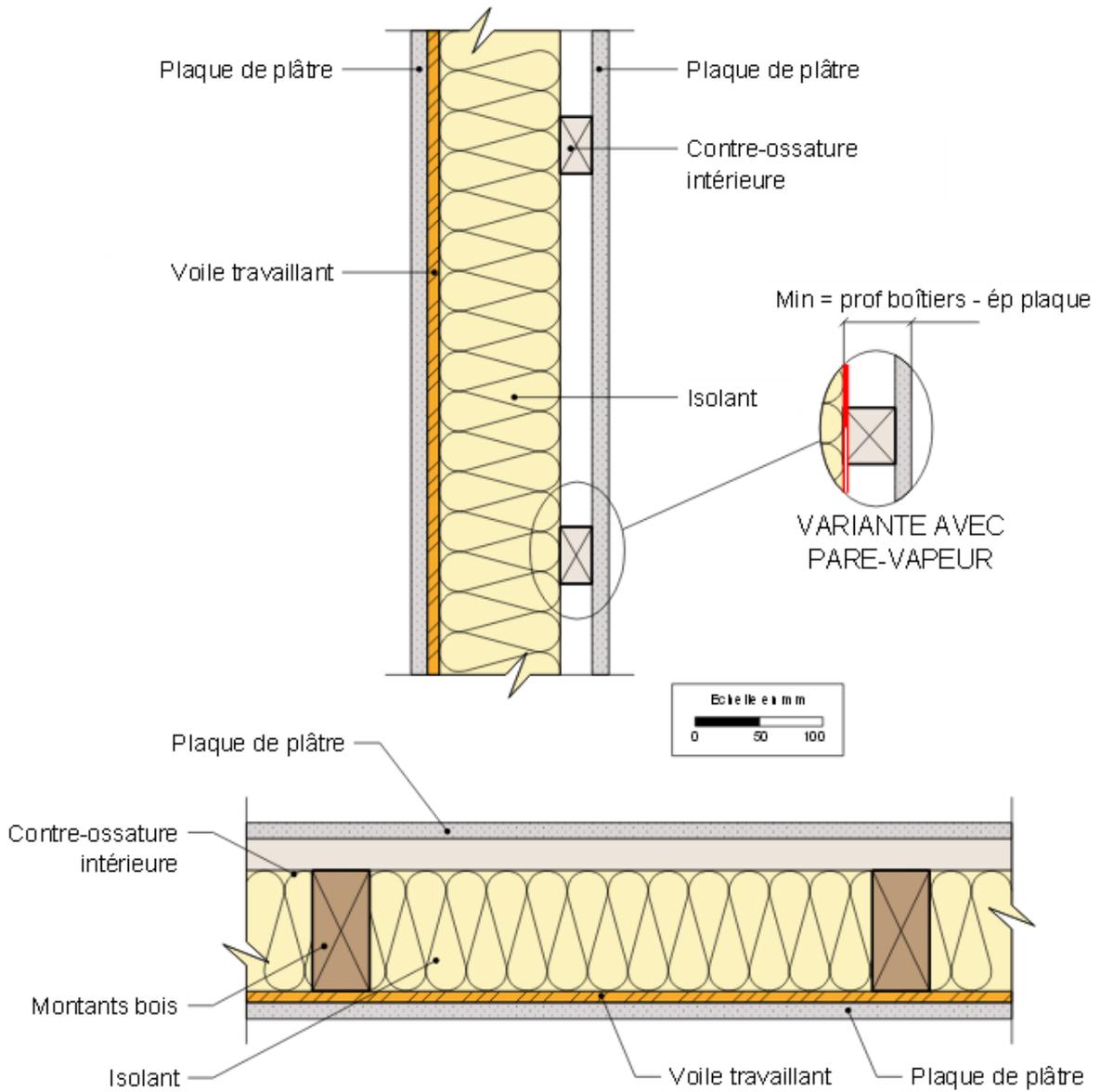


Figure 19 *Contreventement sur une face et pose directe du parement sur le voile de contreventement (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

✓ **Murs double ossature (murs séparatifs)**

NOTE 1 Le film représenté sur les figures 14 à 16 a pour fonction première la réalisation de l'étanchéité à l'air entre les locaux. Ce film doit avoir des propriétés pare-vapeur lorsque de part et d'autre des locaux se trouvent un local chauffé et un local non chauffé, entre deux unités de vie, ou lorsque il s'agit de locaux à usage différent.

NOTE 2 La pose directe du parement intérieur sur un voile de contreventement n'est possible que si la paroi ne comporte pas de réseaux électriques ou fluides.

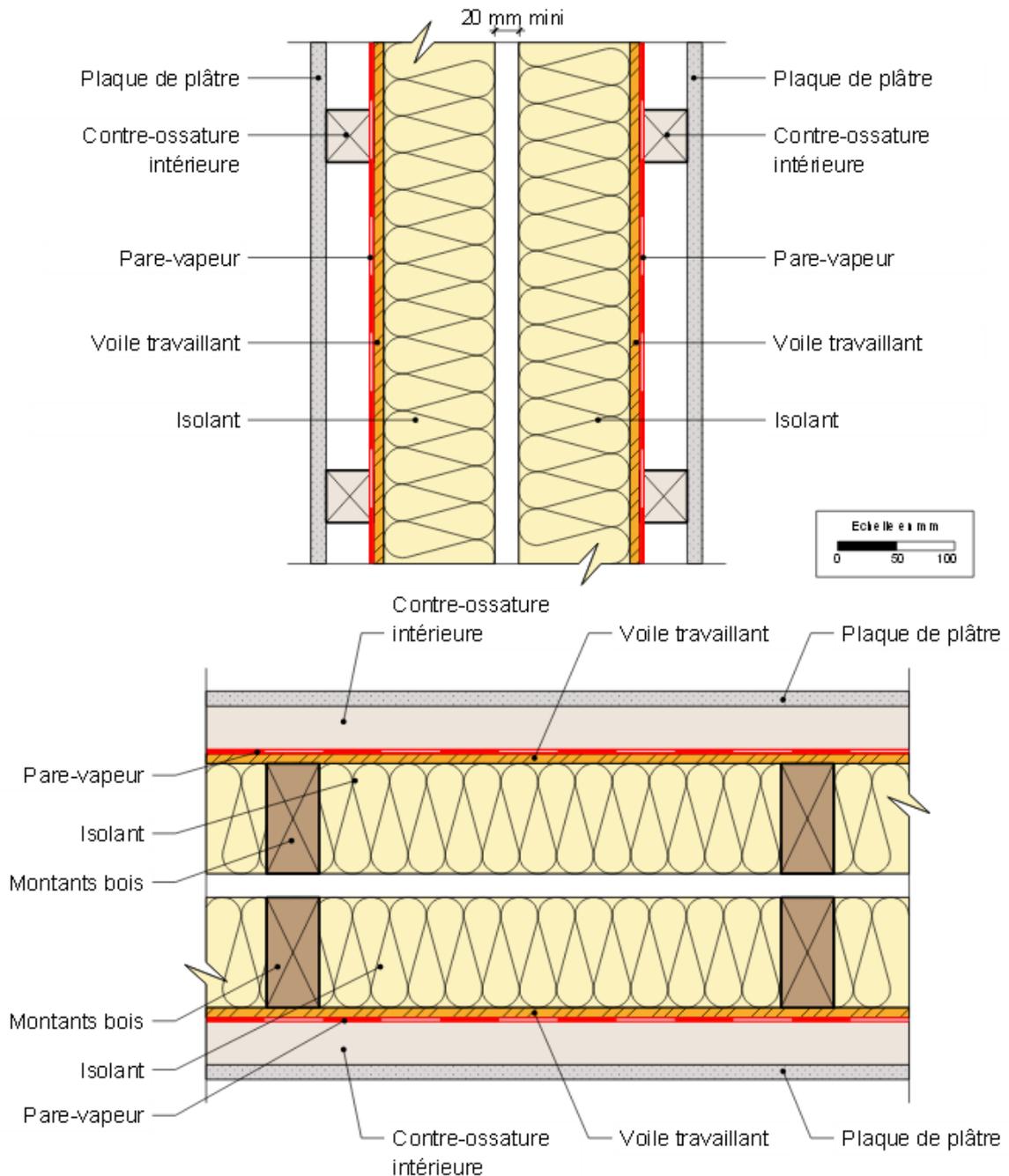


Figure 20 *Contreventement côté intérieur avec tasseautage support de parement (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

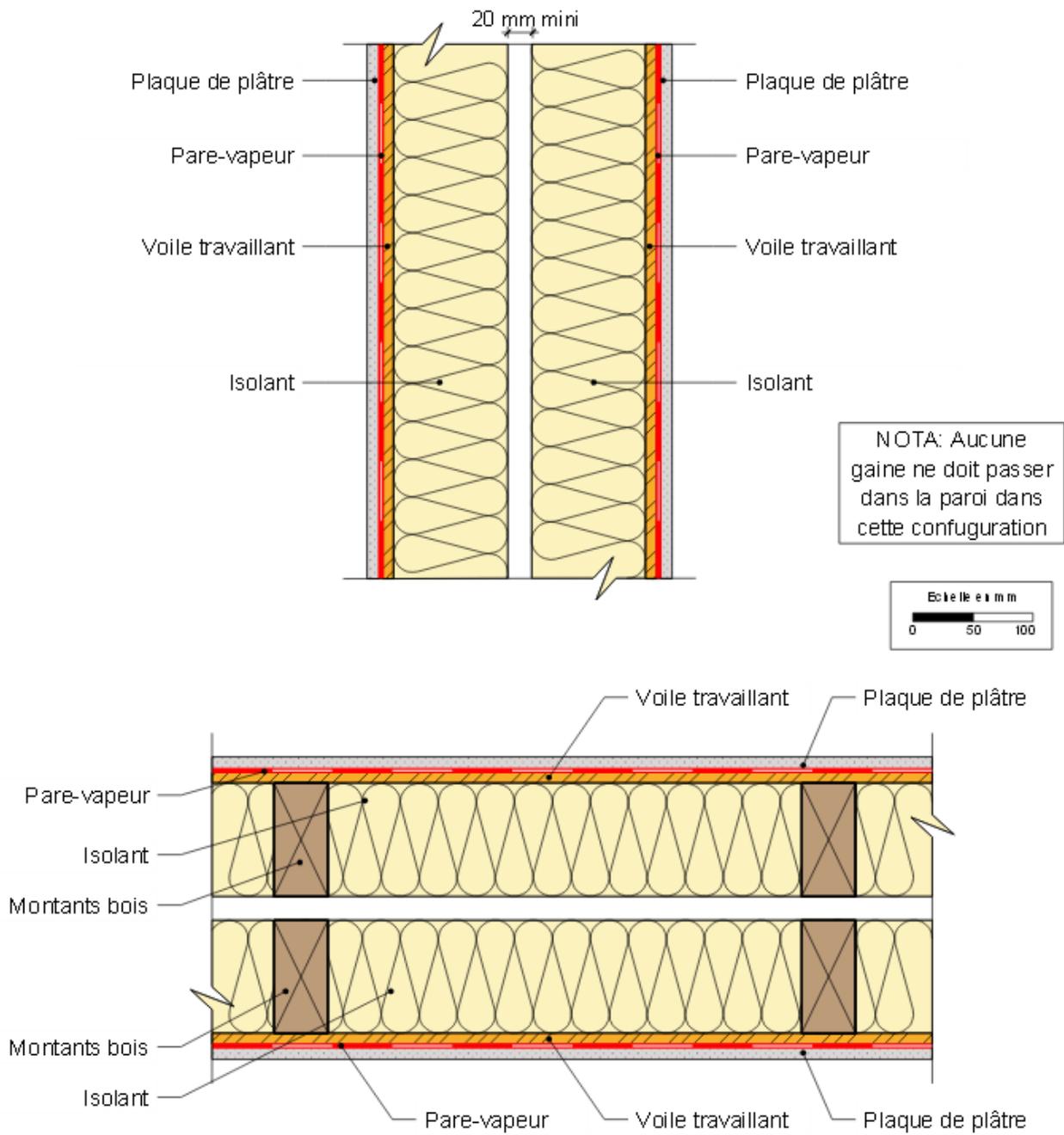


Figure 21 *Contreventement côté intérieur et pose directe du parement (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

NOTE La solution technique ci-dessous est moins performante d'un point de vue acoustique que celle avec le contreventement côté plaque de plâtre.

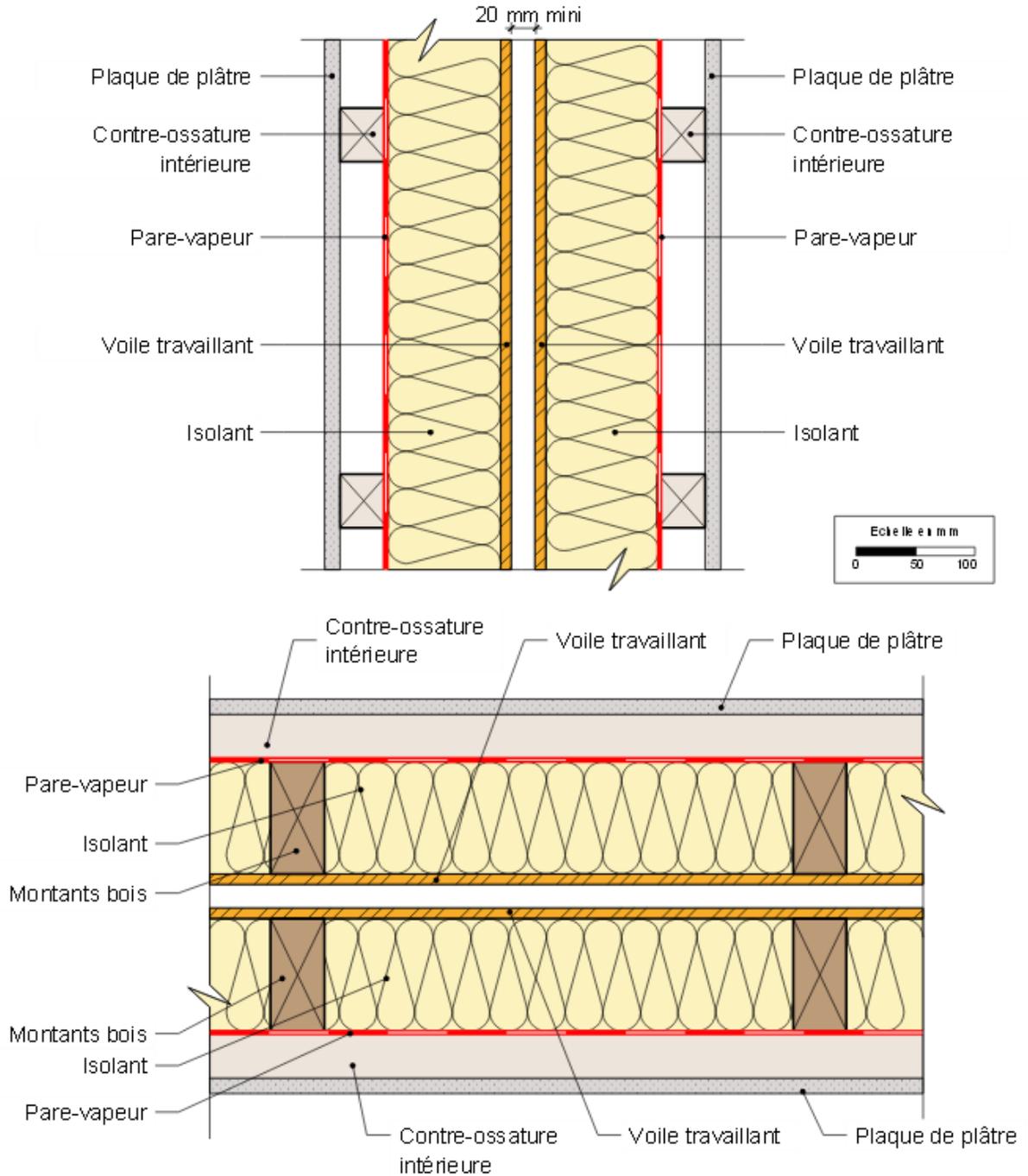


Figure 22 *Contreventement côté lame d'air (coupe verticale en haut, verticale en bas)*

3.3 Planchers préfabriqués

3.3.1 Planchers bas sur vide sanitaire (« dalle bois »)

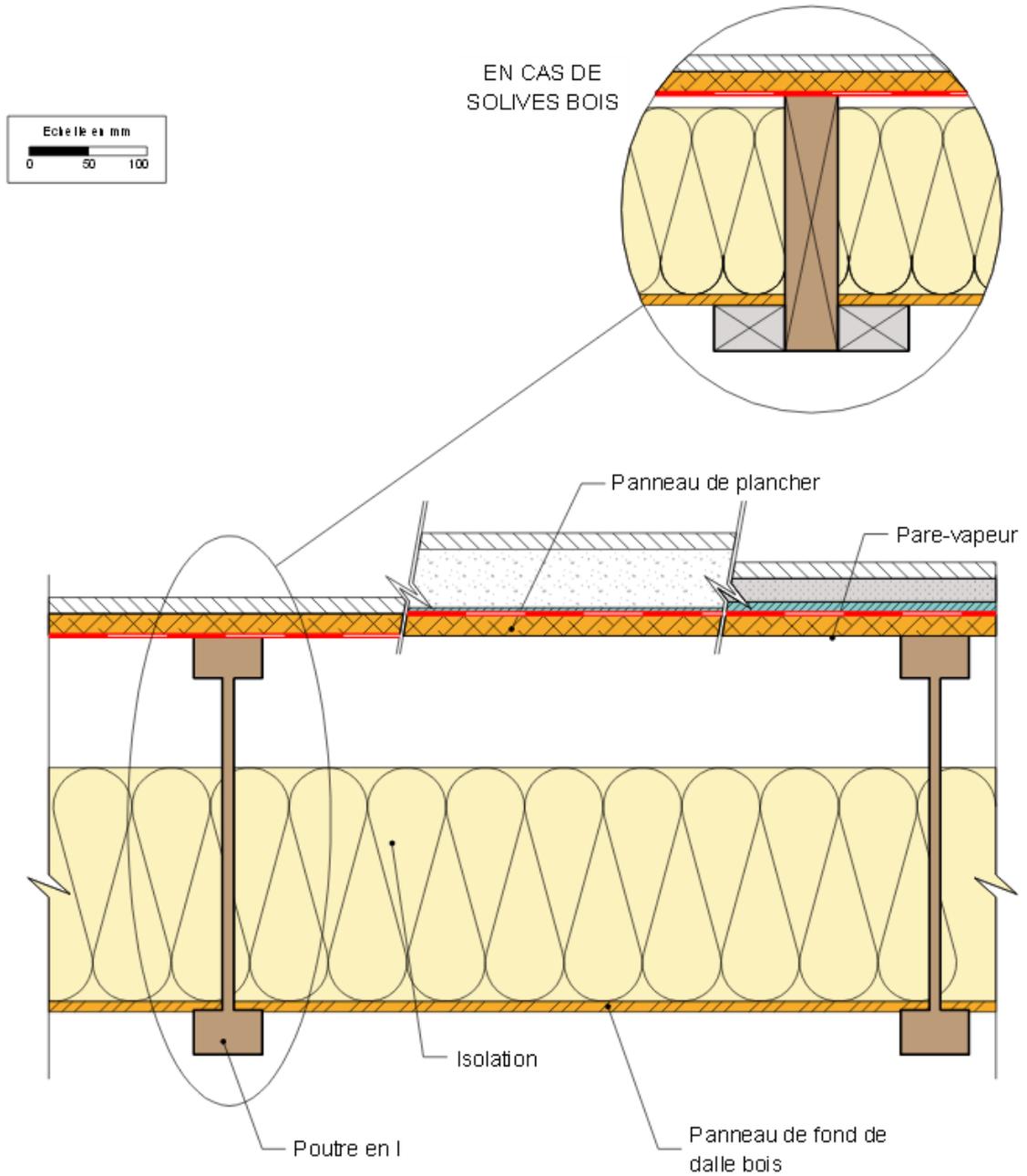


Figure 23 Avec poutres en I

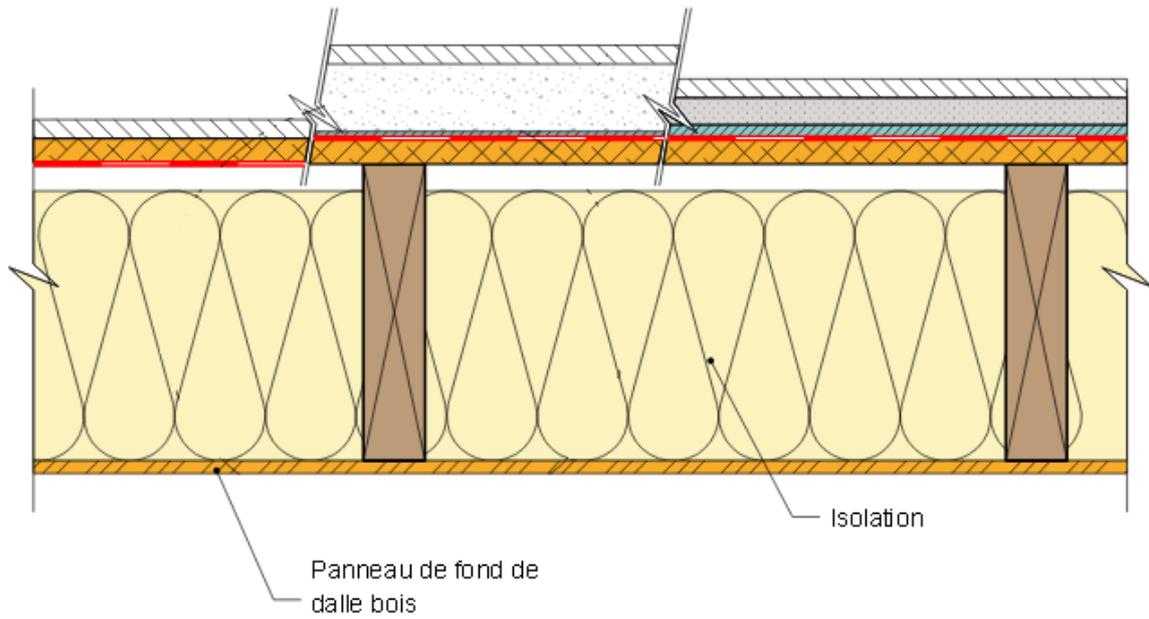


Figure 24 Avec solives de section rectangulaire

3.3.2 Planchers intermédiaires standards

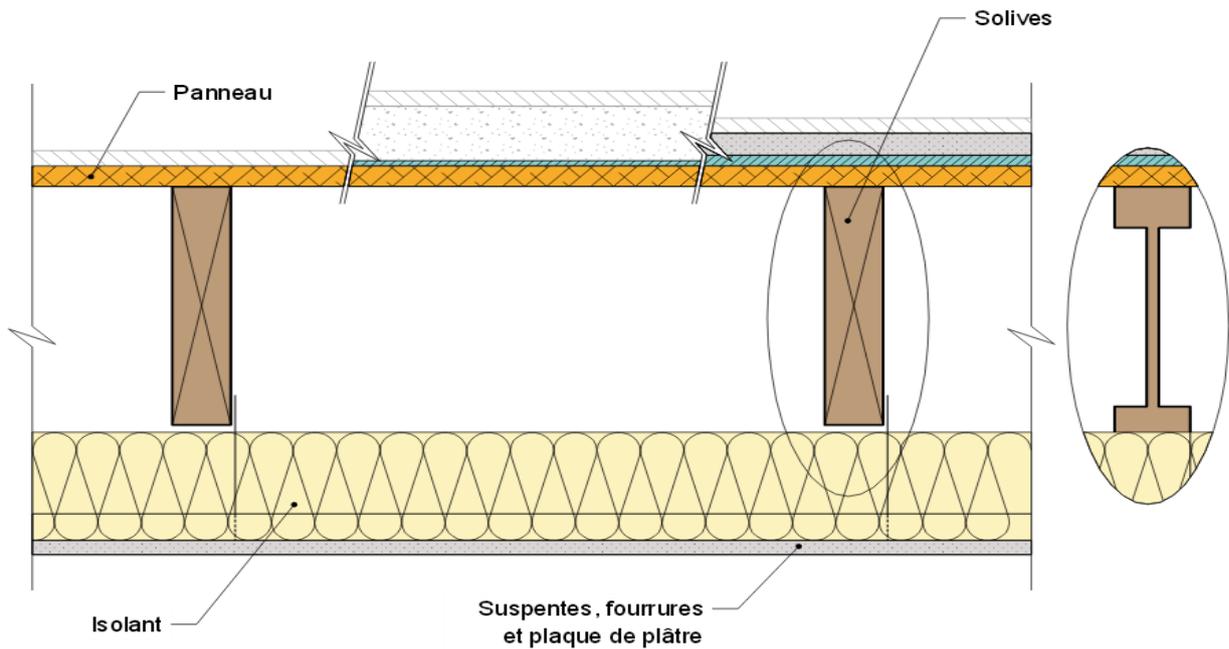


Figure 25 Avec poutre en I

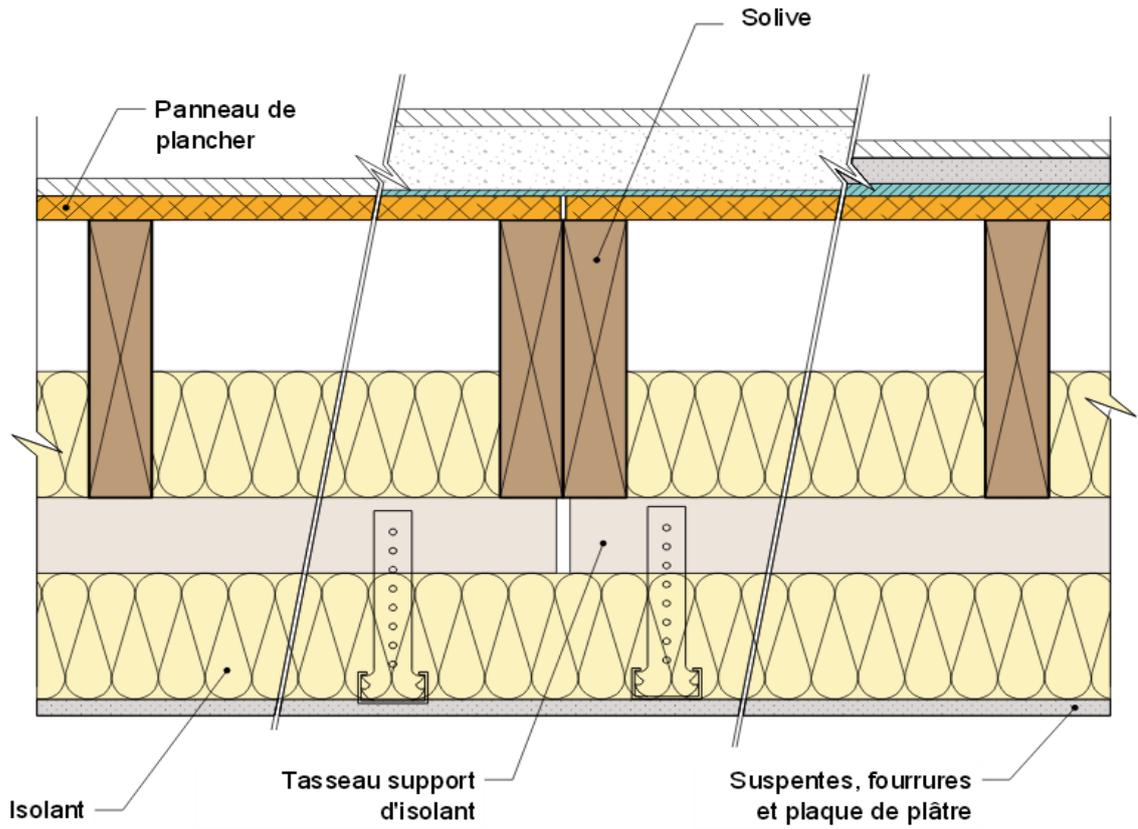


Figure 26 Caissons préfabriqués

3.3.3 Planchers intermédiaires séparatifs

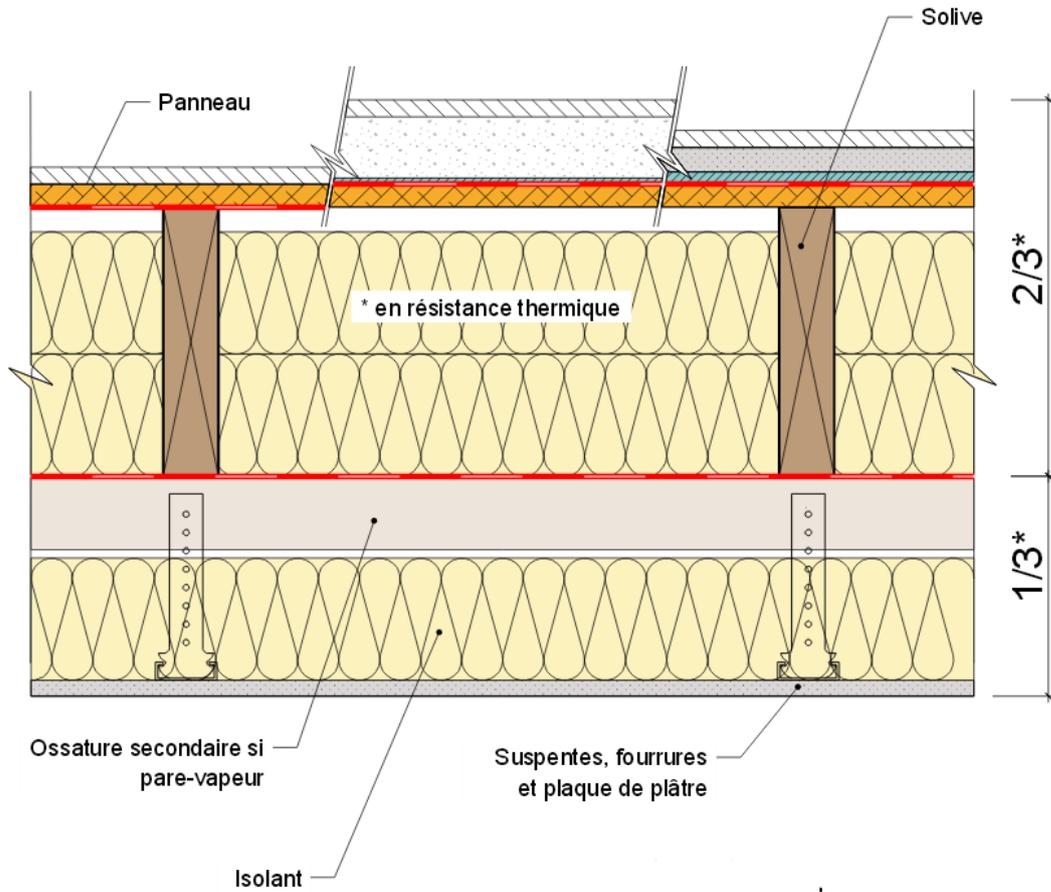


Figure 27 Plancher séparatif simple solivage

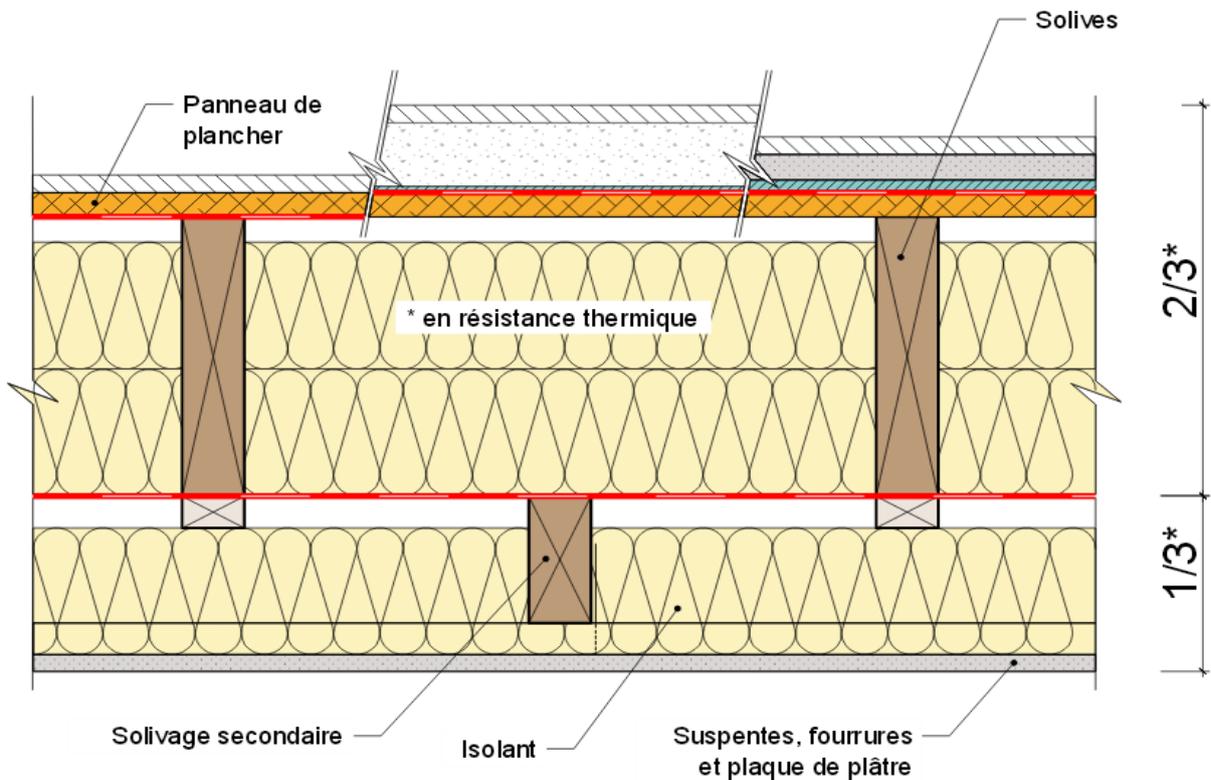


Figure 28 Plancher à double solivage

3.4 Toitures préfabriquées

3.4.1 Caissons de toitures inclinées constituées de chevrons autoporteurs

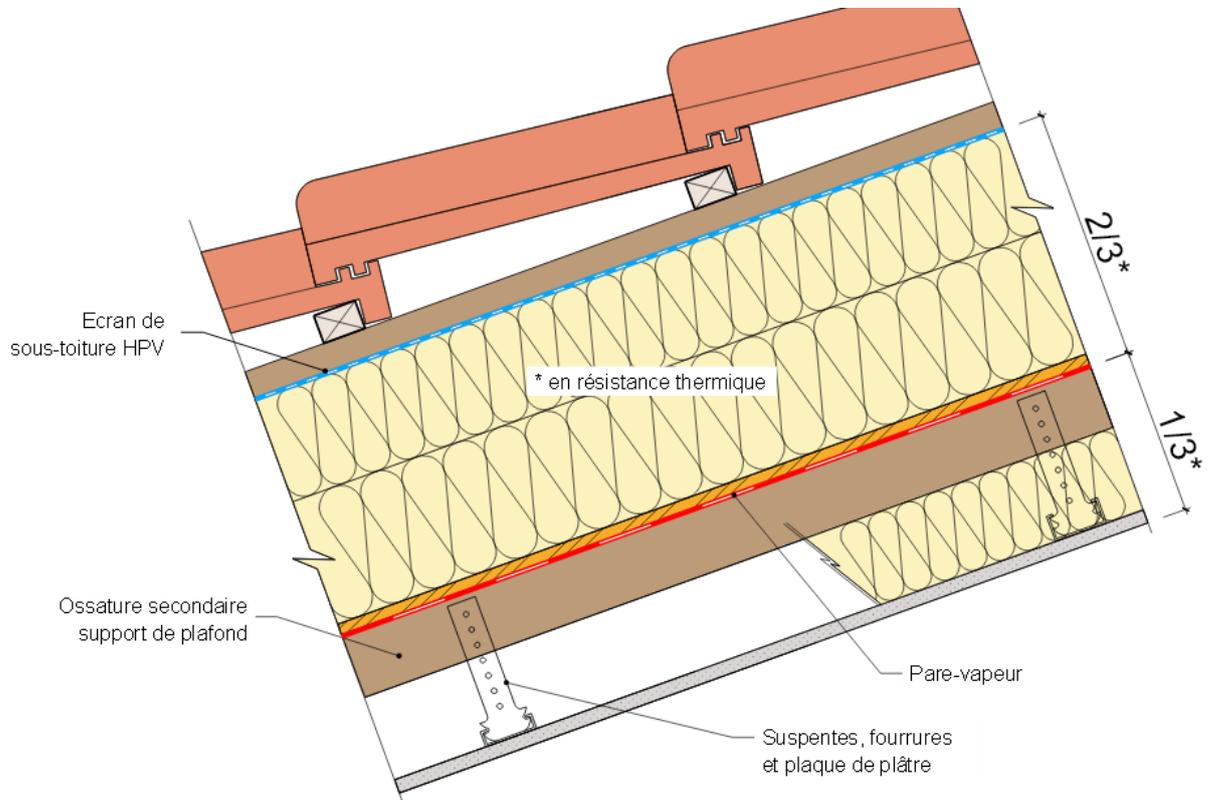


Figure 29 Toitures en éléments préfabriqués

3.4.2 Toitures avec étanchéité

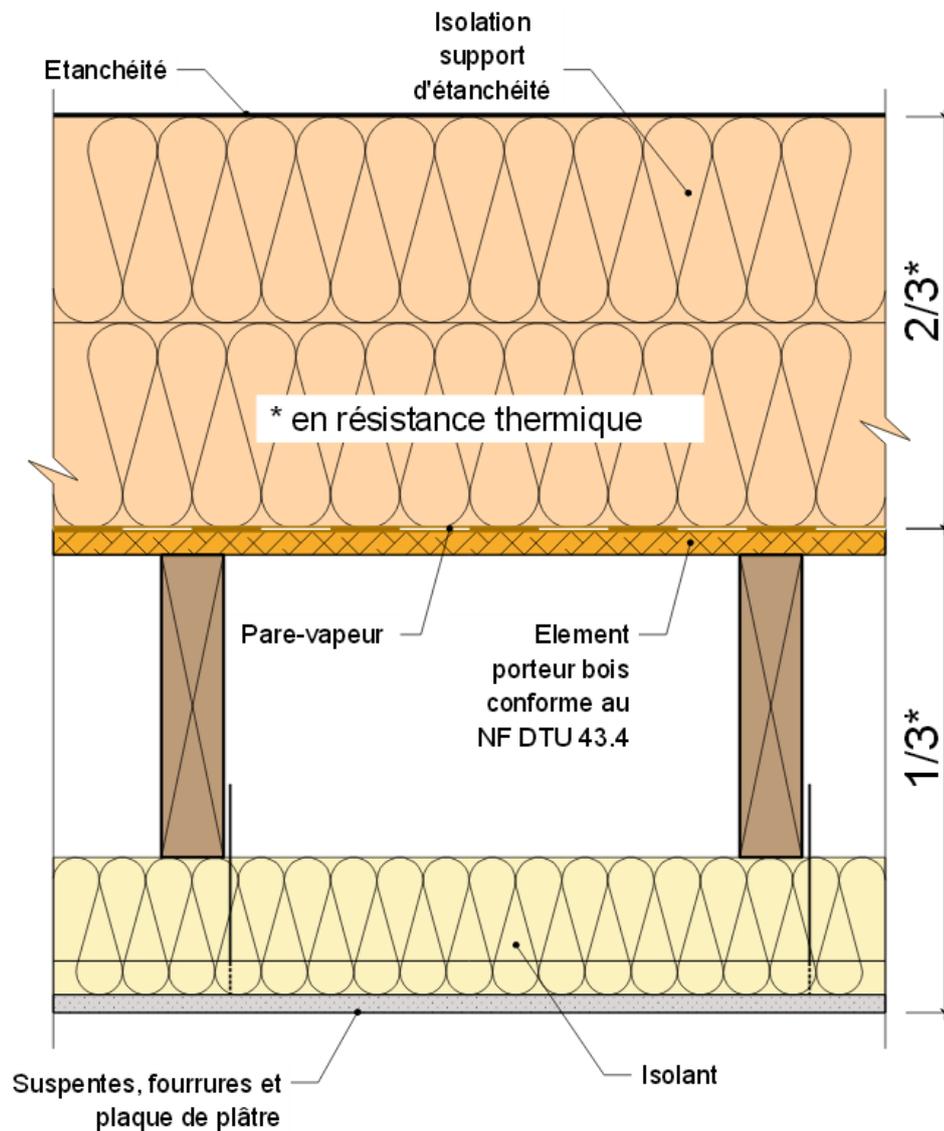


Figure 30 Toiture chaude avec complément d'isolation intérieur éventuel

NOTE : Les éléments de toiture préfabriqués ne peuvent recevoir qu'un complexe de toiture chaude au sens du NF DTU 43.4. Les éléments porteurs d'une toiture froide ne relèvent pas du NF DTU 31.2 mais du NF DTU 31.1 (pas de caissons de toiture préfabriqués dans le cas d'une toiture froide).

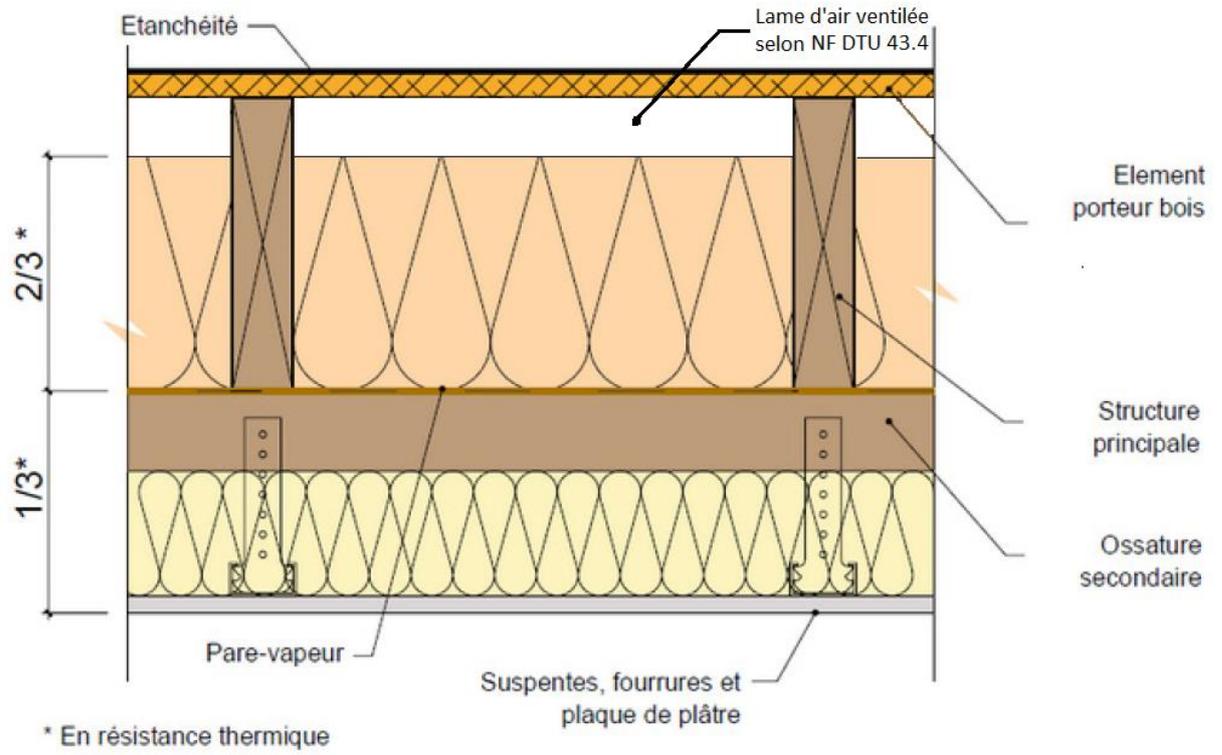


Figure 31 Toiture froide avec complément d'isolation éventuel

4. CONCEPTION ET FABRICATION DES PAROIS A OSSATURE BOIS :

4.1 Structure

Voir chapitre 9.1 et 9.2 du NF DTU 31.2 P1-1

4.1.1 Entraxe vs vide entre éléments d'ossature

L'exigence du NF DTU 31.2 concerne **le vide entre montants d'ossature** : c'est la largeur de cette cavité formée par les bois d'ossature (montants, solives, chevrons) qui est limitée à 60 cm. Pour des montants de 45 mm d'épaisseur et un vide de 600 mm, l'entraxe est donc de 645 mm.

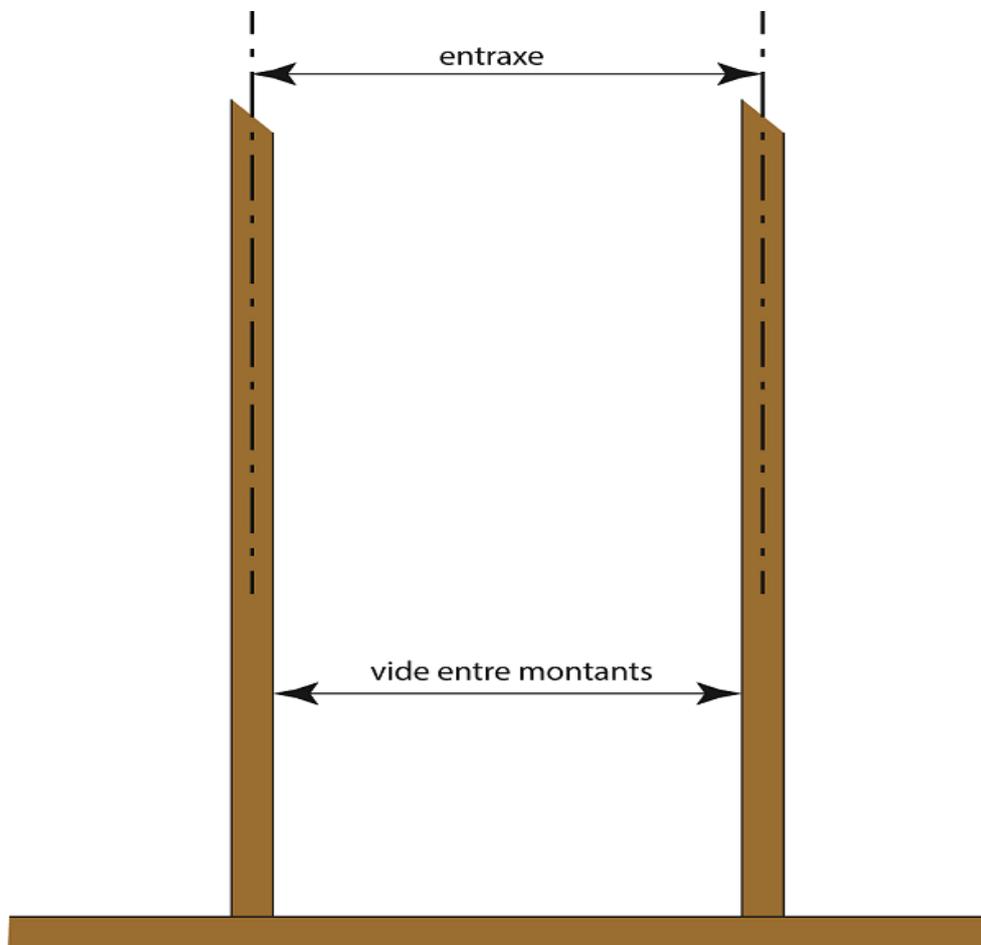


Figure 32 Illustration du vide entre montants d'ossature

NOTE il ne faut pas confondre le vide entre montants et l'entraxe entre montants !

4.1.2 *Illustration de l'assemblage des montants et traverses entre eux pour former l'ossature :*

Cet assemblage doit être assuré **au minimum par deux pointes** crantées, torsadées ou annelées, ou des vis, enfoncées d'au moins une fois l'épaisseur de la pièce à fixer dans le dernier élément assemblé.

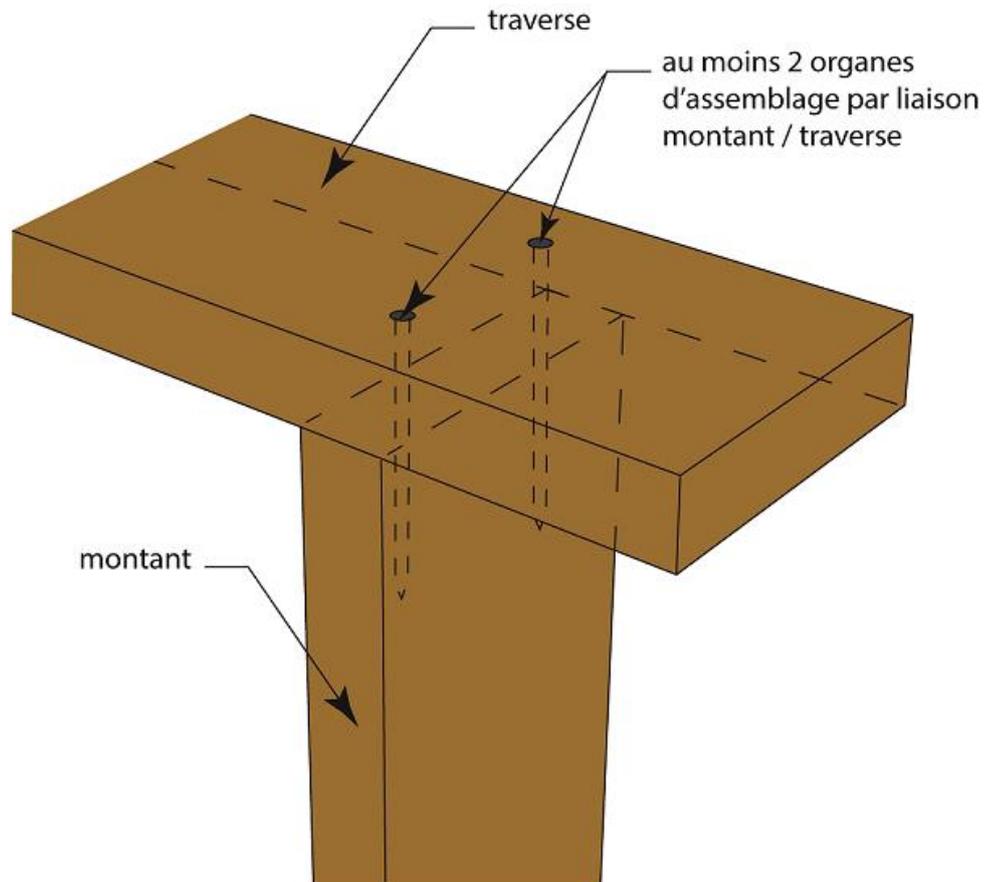


Figure 33 *Assemblage montant / traverse*

4.1.3 *Illustration de la mise en œuvre d'entretoises et de couturage des voiles de contreventement*

Lorsque la hauteur du mur à fabriquer dépasse celle du panneau à base bois, une entretoise doit être mise en œuvre pour pouvoir assurer le couturage des rives.

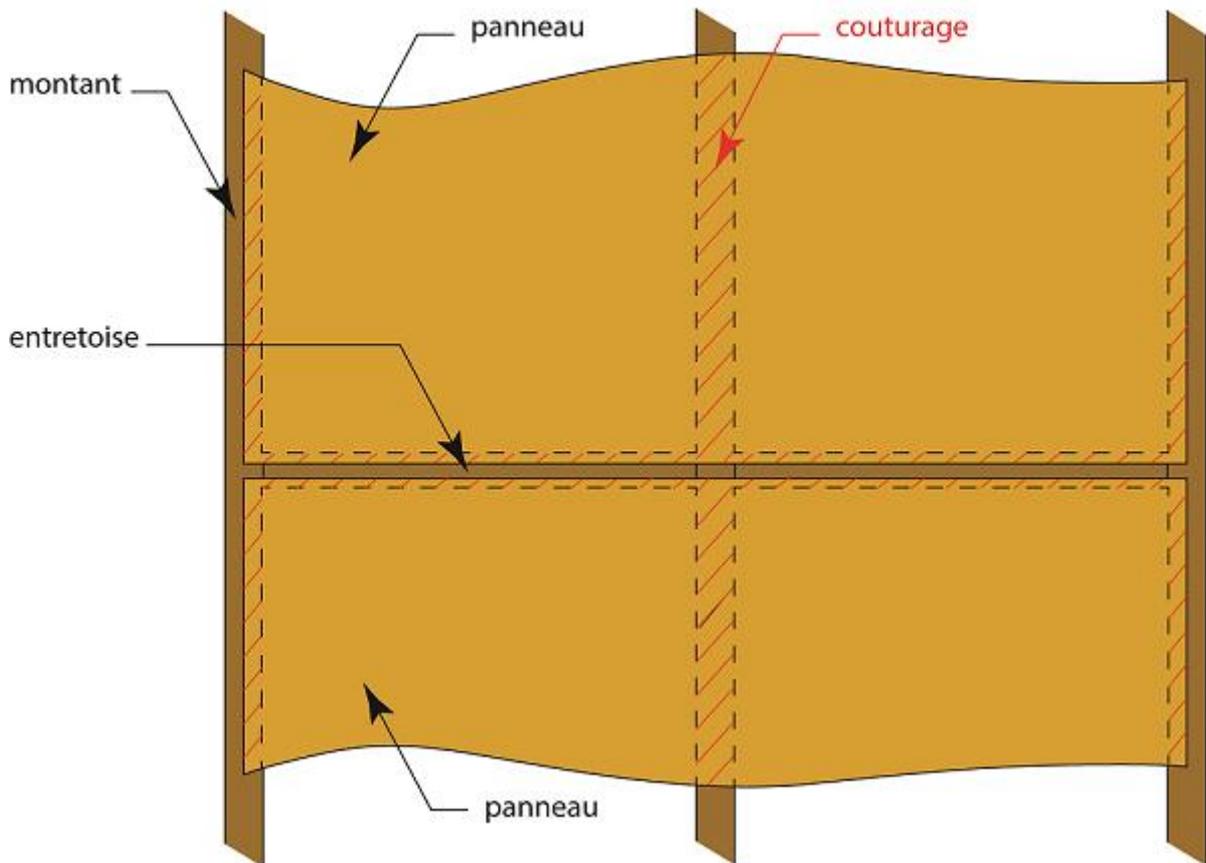


Figure 34 Entretoise et couturage

4.2 Isolation

Voir chapitre 9.3.1 du NF DTU 31.2 P1-1

Les isolants sont dits « **serrés mais non comprimés** ». La surcote de 5 mm prescrite par le DTU entre la largeur de l'isolant et la largeur du vide entre montants d'ossature permet d'assurer ce serrage.

Tous les isolants (isolants entre montants et isolants de doublage intérieurs ou extérieurs) **doivent être supportés par des contre-ossatures** espacées d'au maximum 60 cm.

Note : Les isolants rigides posés en continu ne sont pas visés par le NF DTU 31.2 (la figure 15 illustre quel type de doublages isolants par l'extérieur est visé par le NF DTU 31.2)

Les vis à filetage partiel pour la fixation des contre-ossatures support des doublages extérieurs sont choisies conformément au tableau 2 du CCT du NF DTU 31.2 ou dimensionnées spécifiquement.

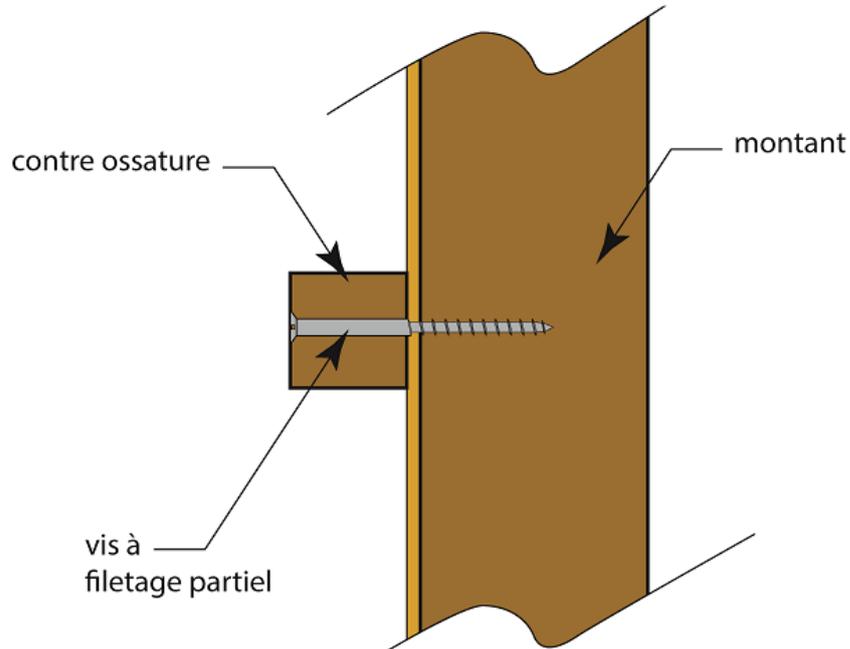


Figure 35 Fixation des contre-ossatures support de doublages isolants extérieurs (coupe verticale)

L'épaisseur des doublages isolants (extérieur ou intérieur) est limitée à 10 cm.

De plus, pour les doublages intérieurs, la **règle dite « des 2/3 – 1/3 »** doit être respectée. Cette règle porte sur la résistance thermique des isolants et non sur leur épaisseur.

NOTE : l'ancienne règle dite « des 3/4 - 1/4 », en climat froid ou de montagne ne s'applique plus dans la nouvelle version du DTU

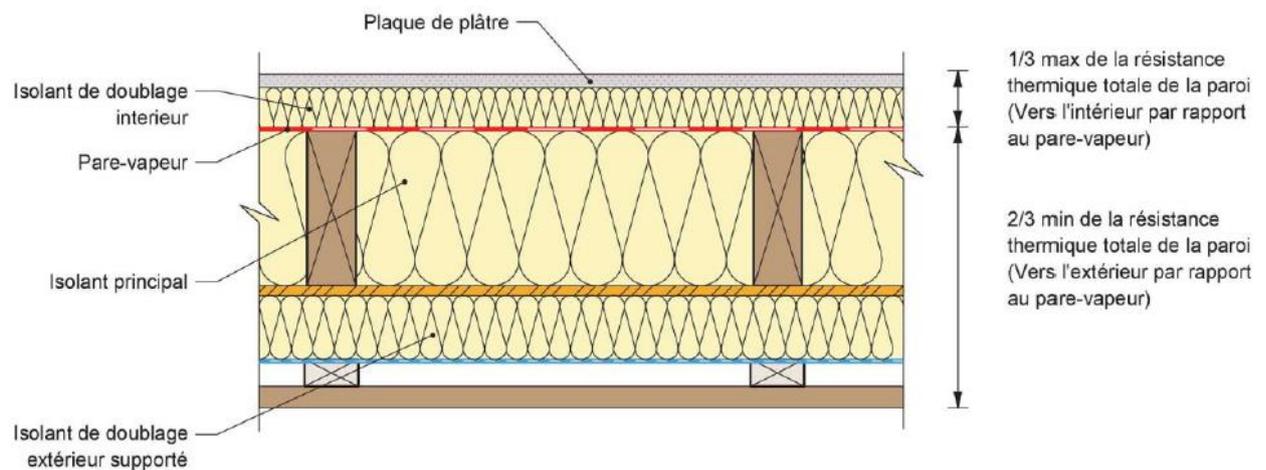


Figure 36 Illustration de la règle des 2/3 – 1/3

Les doublages isolants par l'intérieur peuvent être portés par une contre-ossature en bois (voir figure 16) ou en métal.

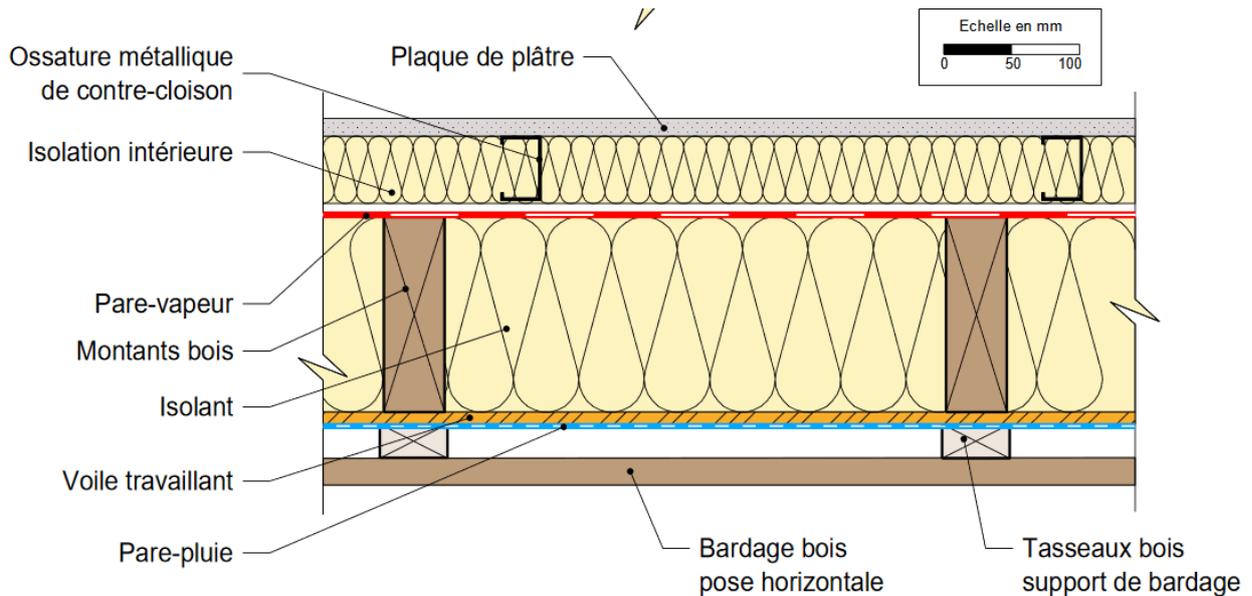


Figure 37 *Doublement isolant par l'intérieur supporté par une contre-ossature métallique (coupe horizontale)*

Les contre-ossatures supports d'isolant par l'intérieur sont aussi supports du parement intérieur de la paroi. Les DTU dont relèvent les parements intérieurs peuvent fixer des exigences particulières (NF DTU 25.41 pour les plaques de plâtre, NF DTU 36.2 pour les lambris en bois) pour le choix des contre-ossatures.

Les exigences en termes de **résistance aux chocs intérieurs de sécurité** peuvent également conduire à des prescriptions particulières sur ces contre-ossatures (voir annexe A de la partie 1.1 (CCT) du NF DTU 31.2).

4.3 Continuité de la barrière à la diffusion de la vapeur d'eau

Voir chapitre 9.3.2 du NF DTU 31.2 P1-1

4.3.1 « La règle du facteur 5 »

✓ Flux de vapeur et facteur 5 ?

En climat français métropolitain, pendant une grande majorité de l'année, le flux de vapeur est orienté **de l'intérieur vers l'extérieur**. La barrière à la diffusion de vapeur d'eau doit donc être positionnée du côté « chaud » de la paroi. Celle-ci doit être choisie afin de permettre de limiter l'entrée de vapeur d'eau et permettre d'éviter tout risque de condensation dans la paroi.

Au vu des caractéristiques des matériaux en présence et des climats intérieurs et extérieurs, il faut que la barrière à la diffusion de vapeur d'eau **côté intérieur soit 5 fois plus étanche** à la diffusion de vapeur d'eau que la barrière côté extérieur.

✓ Quelle barrière à la diffusion de vapeur d'eau ?

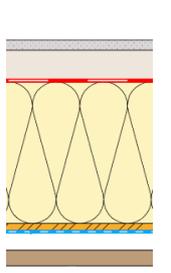
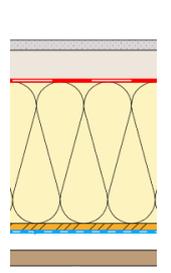
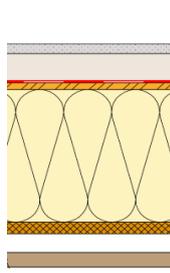
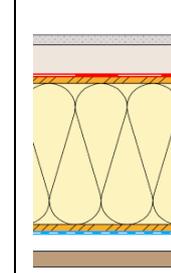
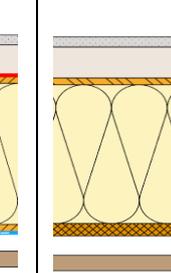
Dans le NF DTU 31.2, les matériaux tels que les panneaux à base de bois, les membranes pare-vapeur ou pare-pluie peuvent constituer une barrière à la diffusion de vapeur d'eau.

La solution basique consiste à utiliser côté intérieur de la paroi une membrane pare-vapeur dont la valeur S_d est supérieure ou égale à 18 m. Cette valeur S_d de 18 m permet de maintenir le facteur 5 avec tous les panneaux de contreventement conformes au DTU positionnés côté extérieur.

La solution optimisée, permettant d'augmenter le flux de vapeur dans la paroi (tout en écartant les risques de condensation), consiste à mettre en œuvre côté intérieur de la paroi une barrière à la diffusion de vapeur d'eau (membrane et/ou panneau) dont la valeur S_d est 5 fois supérieure à la valeur de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau (membrane et/ou panneau) positionnée côté extérieur de la paroi.

Il faut noter que de manière simplifiée, il est possible d'additionner le S_d de deux matériaux superposés lorsque leur résistance thermique est négligeable (une membrane et un panneau par exemple).

Exemples de conception de parois respectant la règle du facteur 5 :

Type de paroi (intérieur en haut, extérieur en bas)					
Sd panneau intérieur	/	/	1,6 m	1,6 m	1,6 m
Sd membrane intérieure	18 m	10 m	10 m	10 m	/
Sd intérieur équivalent	18 m	10 m	11,6 m	11,6 m	1,6 m
Sd panneau extérieur	1,6 m	1,6 m	0,3 m	1,6 m	0,3 m
Sd membrane extérieure	0,18 m	0,18 m	/	0,18 m	/
Sd extérieur équivalent	1,78 m	1,78 m	0,3 m	1,78 m	0,3 m

Il apparaît donc que pour concevoir une paroi optimisée d'un point de vue transferts de vapeur d'eau avoir des certitudes sur la valeur S_d exacte des produits utilisés est primordial. L'utilisation de produits (membranes et panneaux) dont la **valeur S_d est certifiée** permet d'assurer cette fiabilité (voir chapitre 1.4 du présent document).

NOTE Cette règle du facteur 5 ne fonctionne que lorsque la paroi comporte une lame d'air ventilée côté extérieur et des isolants fibreux.

4.3.2 Une barrière à la diffusion de vapeur d'eau continue

La continuité de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau est indispensable pour éviter tout phénomène de convection dans la paroi, pouvant générer de la condensation.

De plus, lorsque les prescriptions relatives à la continuité de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau sont respectées, les exigences réglementaires relatives à l'étanchéité à l'air sont considérées comme respectées.

Toutes les jonctions des barrières souples (entre lés) ou rigides (entre panneaux) à la diffusion de vapeur d'eau doivent être collées.

Dans le cas d'une barrière à la vapeur d'eau réalisée en panneau à base de bois, le pontage entre panneaux par bande adhésive (voir figure 12) n'est possible que si le jeu entre ces panneaux est inférieur à 10 mm, sinon, la continuité doit être rétablie par bande pare-vapeur souple rapportée, collée d'un panneau à l'autre.

Dans le cas d'une membrane souple, sa fixation définitive est obtenue :

- Soit par la mise en œuvre des contre-ossatures supports de parement intérieur
- Soit par la mise en œuvre d'agrafes à pastilles, dans le cas d'une contre-cloison indépendante de la façade bois.

Les pastilles permettent d'augmenter la portance locale des têtes d'agrafes et ainsi éviter le déchirement de la membrane.

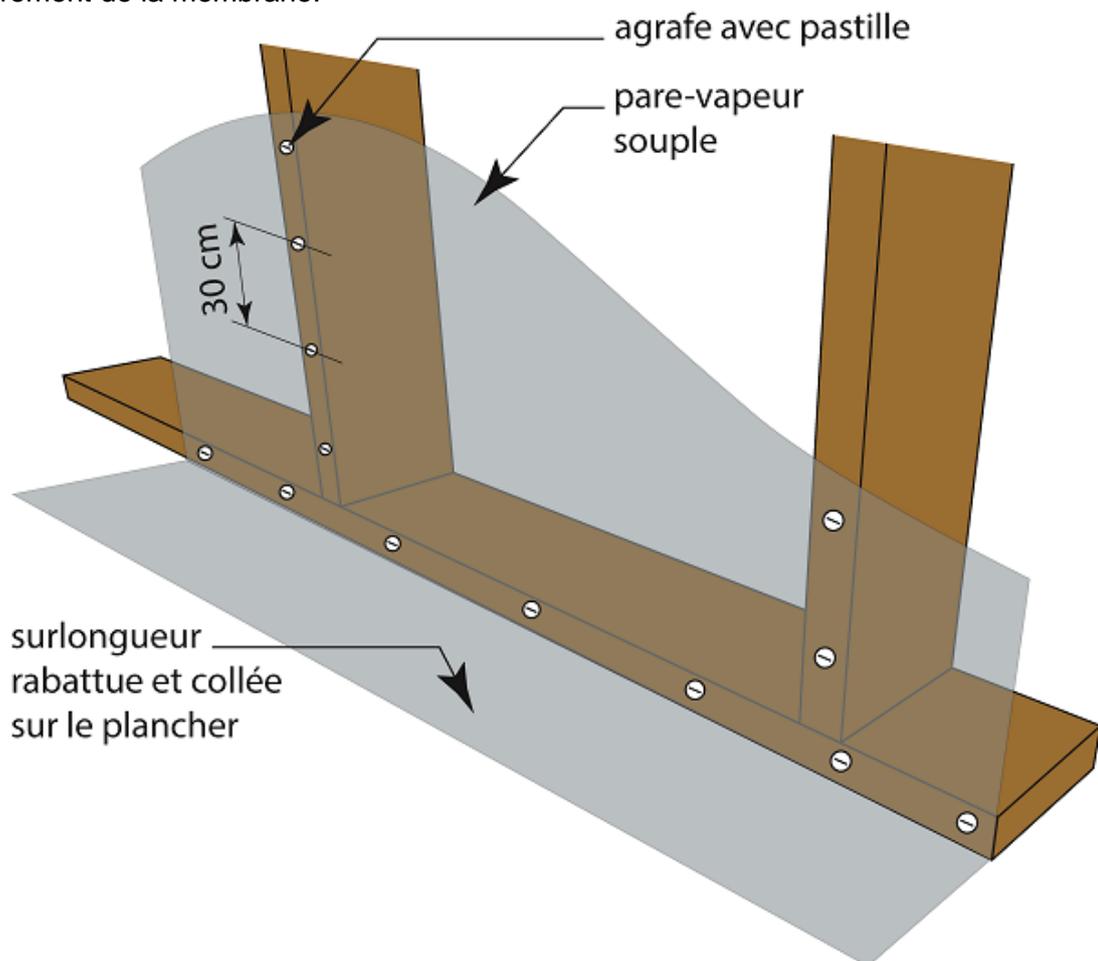


Figure 38 Positionnement des pastilles de fixation du pare-vapeur

Les jonctions entre parois sont abordées au chapitre 5 ci-dessous.

4.4 Etanchéité à l'eau et résistance à la pluie battante

Voir chapitres 8 et 9.3.3 du NF DTU 31.2 P1-1

4.4.1 *De nouvelles exigences et des solutions techniques optimisées*

La pression de pluie battante sur une façade dépend de deux paramètres :

- La pression de vent du site de la construction
- La hauteur du bâtiment

Plus un bâtiment est haut et exposé au vent, plus la pression de pluie battante qui s'exerce sur ses façades sera élevée.

Dans le NF DTU 31.2, deux niveaux de pressions ont été définis :

- 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 »

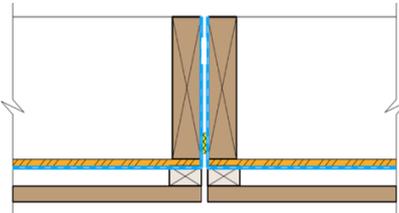
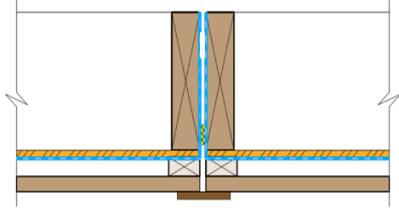
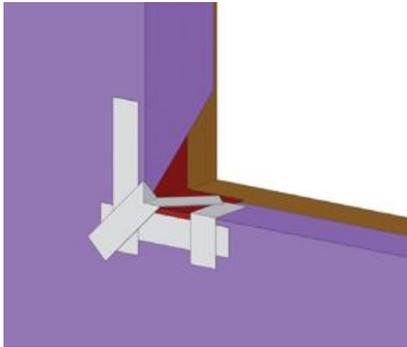
Le tableau 1 du chapitre 8 de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 présente les différentes situations.

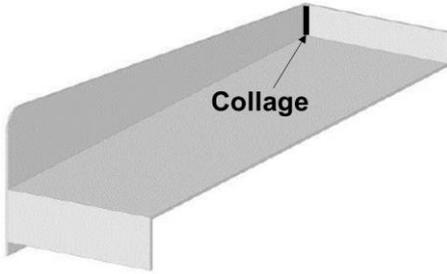
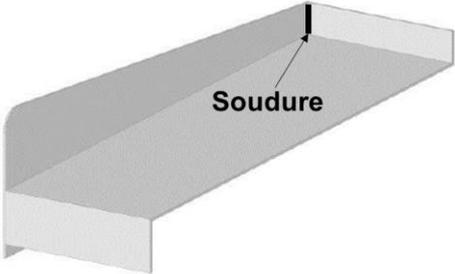
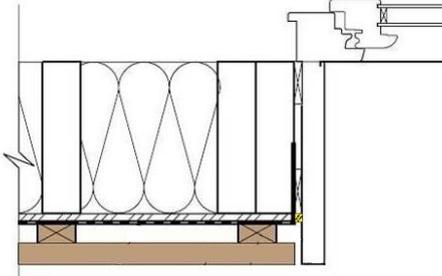
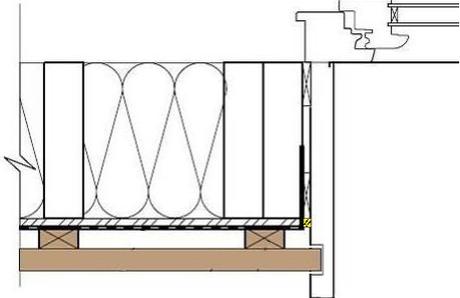
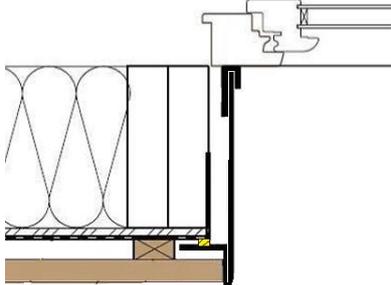
En fonction du niveau d'exposition à la pluie battante, des dispositions constructives particulières doivent être adoptées.

Le tableau ci-dessous récapitule quelles solutions techniques sont compatibles avec le niveau Ee1 ou le niveau Ee2. Dans le tableau sont présents des renvois vers les paragraphes de la partie 1-1 du NF DTU 31.2.

NOTE 1 Ce tableau contient également des parties d'ouvrages relatives aux baies, pour permettre une vision d'ensemble de la performance étanchéité à l'eau de la façade.

NOTE 2 Les solutions techniques valables pour l'exigence Ee2 sont également valables pour l'exigence Ee1

Partie d'ouvrage	Compatibilité des solutions techniques avec le niveau d'exigence Ee1 ou Ee2	
	Ee1	Ee2
Type de revêtement extérieur	Bardage à joints ouverts (≤ 8 mm) ou de type XIII	Bardage à joints fermés ou de type XIV
Type de pare-pluie	Pare-pluie rigide (Voir 9.3.3.5)	Pare-pluie souple (Voir 9.3.3.4)
Calfeutrements entre deux murs préfabriqués avec pare-pluie rabattu et non accessible sur chantier	Joints de bardage ouverts au droit des calfeutrements (Voir 12.3.3) 	Joints de bardage fermés au droit des calfeutrements (Voir 12.3.3) 
Rétablissement de la continuité du pare-pluie dans les angles des baies	Continuité réalisée avec une pièce de pare-pluie souple (Voir 15.1.3)  Continuité réalisée avec des bandes adhésives larges et extensibles (Voir 15.1.4) 	Continuité réalisée avec un angle plastique préformé (Voir 15.1.2) 

Partie d'ouvrage	Compatibilité des solutions techniques avec le niveau d'exigence Ee1 ou Ee2	
	Ee1	Ee2
Bavette de capotage des appuis de baie	<p>Bavette avec angles collés (pente $\geq 10\%$) (Voir 15.2.2.1.1.2)</p>  <p>Collage</p>	<p>Bavette avec angles soudés (pente $\geq 3\%$) (Voir 15.2.2.1.1.2)</p>  <p>Soudure</p>
Liaison pare-pluie / encadrement de baie	<p>Calfeutrement en tunnel exposé (Voir Tableau 8 du 15.6)</p> 	<p>Calfeutrement en tunnel non exposé (Voir Tableau 8 du 15.6)</p>  <p>Calfeutrement en applique extérieure (Voir Tableau 8 du 15.6)</p> 

Partie d'ouvrage	Compatibilité des solutions techniques avec le niveau d'exigence Ee1 ou Ee2	
	Ee1	Ee2
Retour de bardage en tableau	<p>Retour de bardage en tableau « simple » (Voir 15.4)</p>	<p>Retour de bardage en tableau sur encadrement de baie (Voir 15.2)</p>
Finalisation de l'étanchéité à l'eau au niveau du linteau	<p>Collage du larmier sur le pare-pluie (Voir 15.5.2)</p>	<p>Recouvrement de 30 mm minimum du calfeutrement par le revêtement extérieur (Voir 15.5.1)</p> <p>Ajout d'une bande de pare-pluie souple au-dessus du larmier (Voir 15.5.3)</p>
Traversée de paroi	<p>Liaison fourreau et revêtement extérieur non étanche à l'eau (Voir 11.2 du DTU et 6.4 du présent document)</p>	<p>Liaison fourreau et revêtement extérieur étanche à l'eau (Voir 11.2 du DTU et 6.4 du présent document)</p>

4.4.2 Mise en œuvre du pare-pluie souple

✓ Protection aux UV

Si le bardage est à joints fermés : pare-pluie souple 336 h UV, 1000h UV ou 5000 h UV (en fonction de la durée d'exposition en phase chantier, voir § 5.9 ci-dessous).

Si le bardage est à joints ouverts : pare-pluie 5000 h UV.

NOTE 1 Selon le NF DTU 31.2, un bardage à joints ouverts c'est :

- Un bardage dont les joints entre éléments sont ≤ 8 mm et la somme de la surface des joints $\leq 1,5\%$ de la surface totale de la façade
- ou
- Un bardage à claire-voie au sens annexe A du NF DTU 41.2 P1-1

NOTE 2 Les éléments « encore plus ouverts » rapportés en façade ne sont pas considérés comme suffisamment étanches à l'eau et aux UV ou ne contribuent pas suffisamment à la résistance aux chocs pour protéger efficacement un mur à ossature bois dont le pare-pluie est conforme au NF DTU 31.2.

✓ Continuité de l'étanchéité à l'eau

Si le bardage est à joints fermés : Un simple recouvrement à sec entre lés est possible.

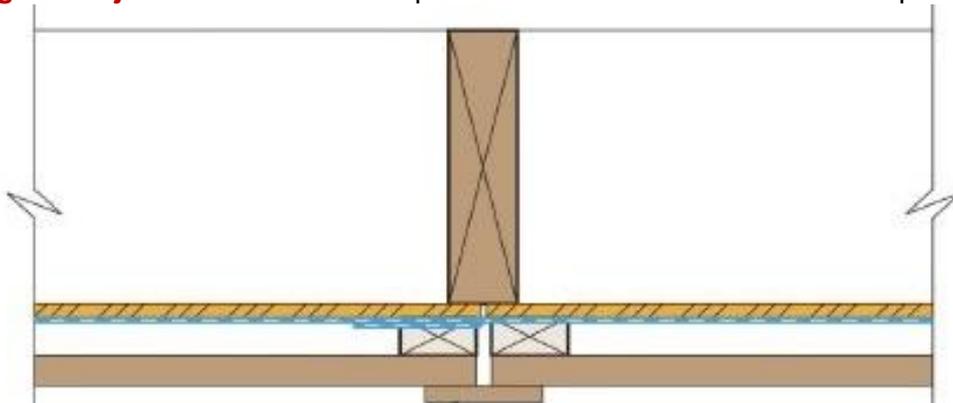


Figure 39 Simple recouvrement à sec derrière un bardage à joints fermés (coupe horizontale)

Si le bardage est à joints ouverts et en cas de simple recouvrement, le raccord entre lés doit impérativement être collé (par ruban adhésif ou par mastic-colle)

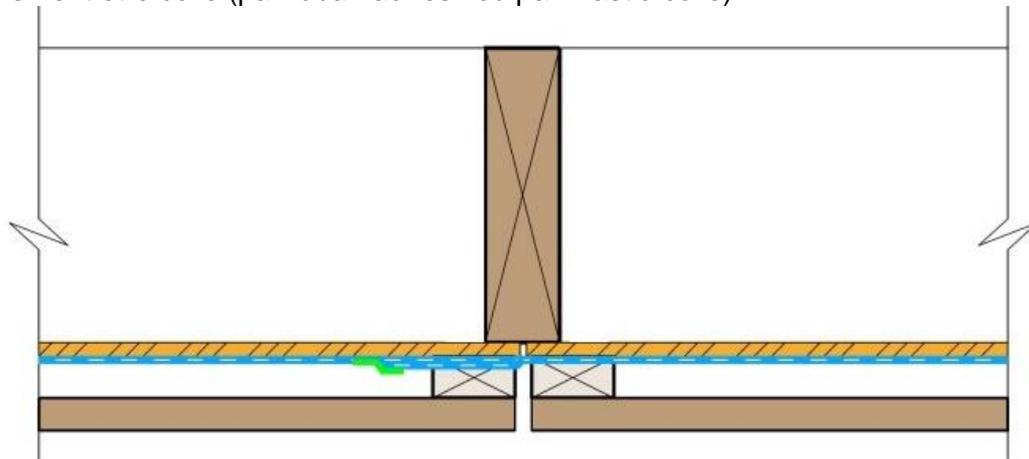


Figure 40 Simple recouvrement collé derrière un bardage à joints ouverts (coupe horizontale)

Si le bardage est à joints ouverts et en cas de double recouvrement, le raccord entre lés peut être réalisé à sec. Le recouvrement doit alors être supérieur ou égal à un entraxe d'ossature support de revêtement extérieur, pincé sous tasseaux (double pince)

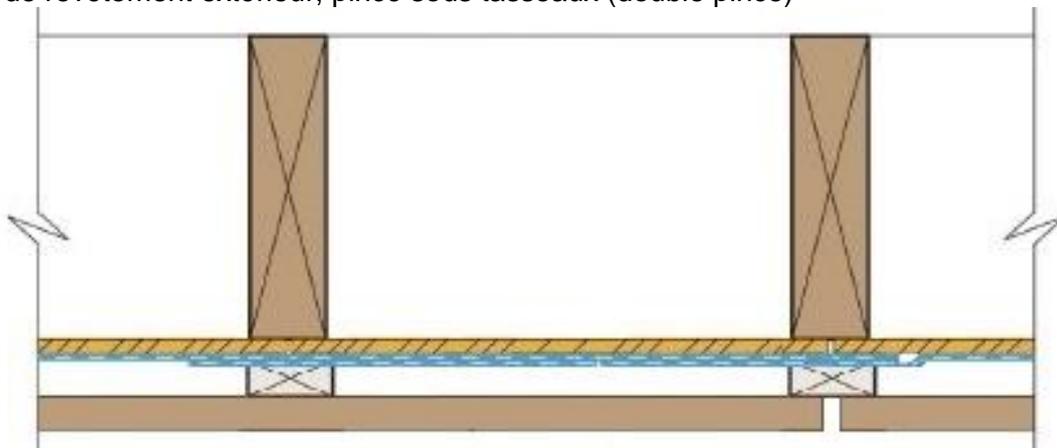


Figure 41 Double recouvrement à sec derrière un bardage à joints ouverts (coupe horizontale)

4.4.3 Mise en œuvre du pare-pluie rigide

Un pare-pluie rigide fibre de bois est nécessairement posé en association avec un **bardage à joints fermés**.

NOTE 1 Selon le NF DTU 31.2, l'épaisseur des écrans rigides à fonction pare-pluie est comprise entre 15 et 35 mm.

NOTE 2 La mise en œuvre d'écran rigide en fibre de bois d'épaisseur supérieure n'est pas visée par le NF DTU 31.2

En partie courante, l'étanchéité à l'eau est assurée par l'assemblage rainure-languettes des panneaux.

La fixation de l'écran rigide n'est obtenue qu'après la mise en œuvre des tasseaux supports de revêtement extérieur. Les critères de choix des fixations sont récapitulés dans le tableau ci-dessous, selon différents cas de figure :

		Type de fixation	Longueur d'ancrage mini dans le bois d'ossature	Entraxe maximal des fixations	
				Pour un bardage de 15 kg/m ² maxi	Pour un bardage de 25 kg/m ² maxi
Epaisseur de l'écran rigide fibre de bois	De 15 à 22 mm	Agrafes, pointes ou vis	23 mm	300 mm	
	De 23 à 35 mm	Vis à congés de filetage Ø 4,5 mm	23 mm	175 mm	100 mm
		Vis à congés de filetage Ø 5,0 mm	23 mm	220 mm	125 mm

La figure ci-dessous illustre la fixation d'un écran rigide :

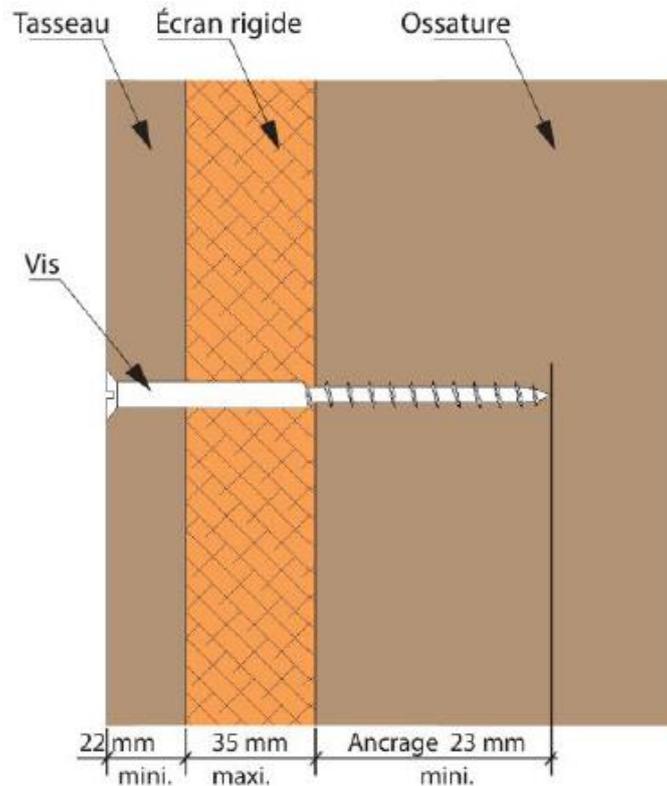


Figure 42 Fixation de l'écran rigide (coupe verticale)

4.5 Cas particulier des encadrements de baie rapportés

Voir chapitres 14 et 15 du NF DTU 31.2 P 1-1

La conception des chevêtres à ossature bois et la réalisation de l'étanchéité à l'eau et à l'air en périphérie des baies sont décrites dans les **Recommandations Professionnelles PACTE « Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois »** et ne sont donc pas répétées ici.

(Document téléchargeable sur <https://www.programmepacte.fr/catalogue>).

4.6 Spécificités pour la fabrication des éléments préfabriqués de plancher et de toiture

Voir chapitre 17.4 du NF DTU 31.2 P1-1

Lorsque les planchers et les toitures jouent le rôle de diaphragme (participation à la stabilité horizontale du bâtiment), les panneaux participant au contreventement doivent être couturés sur toute leur périphérie, même si ce sont des panneaux à rainure languette.

Ce couturage est réalisé grâce à la mise en œuvre d'entretoises.

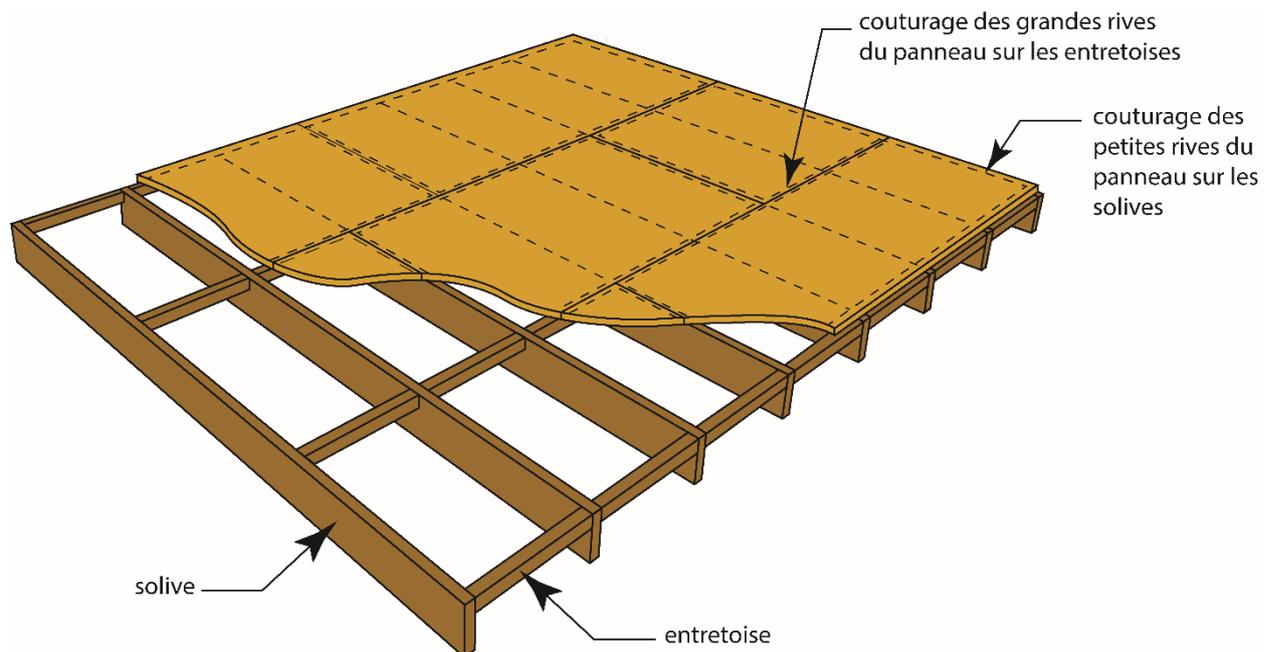


Figure 43 Exemple de couturage du diaphragme de plancher

5. ASSEMBLAGE DES PAROIS SUR CHANTIER

5.1 Lisse basse

Voir chapitre 10.1.2 du NF DTU 31.2 P1-1

La présence ou non d'une lisse basse **sous un mur** ou **sous un plancher** en contact avec un ouvrage en béton dépend de la planéité de ce support :

Planéité de l'ouvrage en béton	Nécessité d'une lisse basse
≤ 5 mm sous règle de 2 m et ≤ 2 mm sous règle de 20 cm	non
≤ 10 mm sous règle de 2 m et ≤ 3 mm sous règle de 20 cm	oui

NOTE La mise en œuvre d'une lisse basse sous une paroi verticale posée sur un plancher en bois ou en métal n'est pas obligatoire.

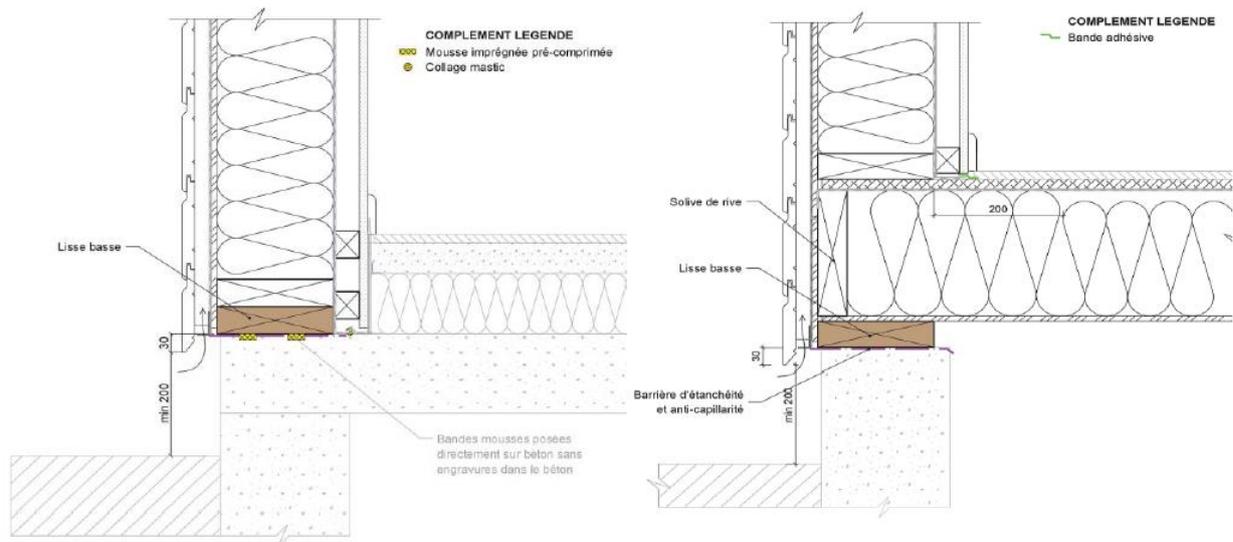


Figure 44 Exemple de positionnement de la lisse basse dans le cas d'un plancher béton et dans le cas d'un plancher bois (coupes verticales)

5.2 Ancrages de l'ouvrage bois au soubassement

Voir chapitre 10.1.3 du NF DTU 31.2 P1-1

En complément des fixations permettant d'assurer, via la traverse basse du mur, la reprise des efforts horizontaux et verticaux (par tirefonds, boulons, chevilles à expansion,...) au travers de la lisse basse ou directement dans le soubassement, **les montants de chaque extrémité de paroi assurant le contreventement du bâtiment doivent être ancrés au soubassement.**

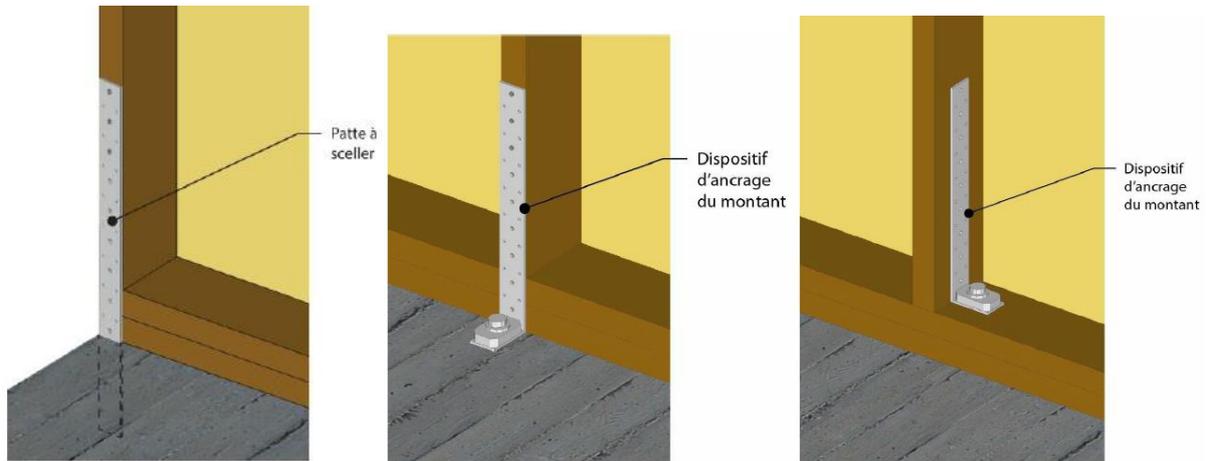


Figure 45 Exemples de dispositifs de raccordement au soubassement des montants d'extrémité

Chaque travée de paroi pleine prise en compte dans le dimensionnement du contreventement de la structure doit être ancrée en pied : des dispositifs d'ancrage doivent donc être mis en œuvre a minima **à chaque angle de mur et de part et d'autre des chevêtres des baies.**

Positionnement des dispositifs d'ancrage aux extrémités de travées de mur participant au contreventement

 Parties ne participant pas au contreventement

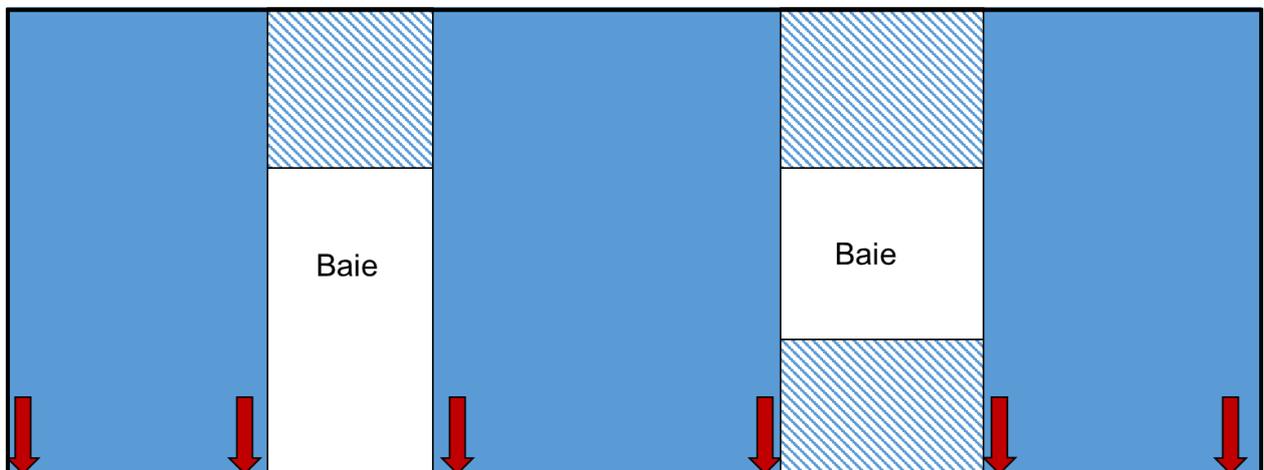


Figure 46 Positionnement des dispositifs d'ancrage sur un mur ossature bois comportant des baies

5.3 Continuité de l'étanchéité à l'eau et à l'air en pied de mur

Voir chapitre 11 du NF DTU 31.2 P1-1

5.3.1 Raccordement des parois avec membranes pare-pluie et pare-vapeur souples

Côté extérieur, la membrane pare-pluie doit venir à recouvrement de la lisse basse (la liaison lisse basse / soubassement est protégée par le débord du bardage).

Côté intérieur, la continuité de la barrière à la vapeur d'eau est rétablie par collage, la membrane pare-vapeur avec la **dalle** en béton (et non sur la chape) ou le plancher en bois.

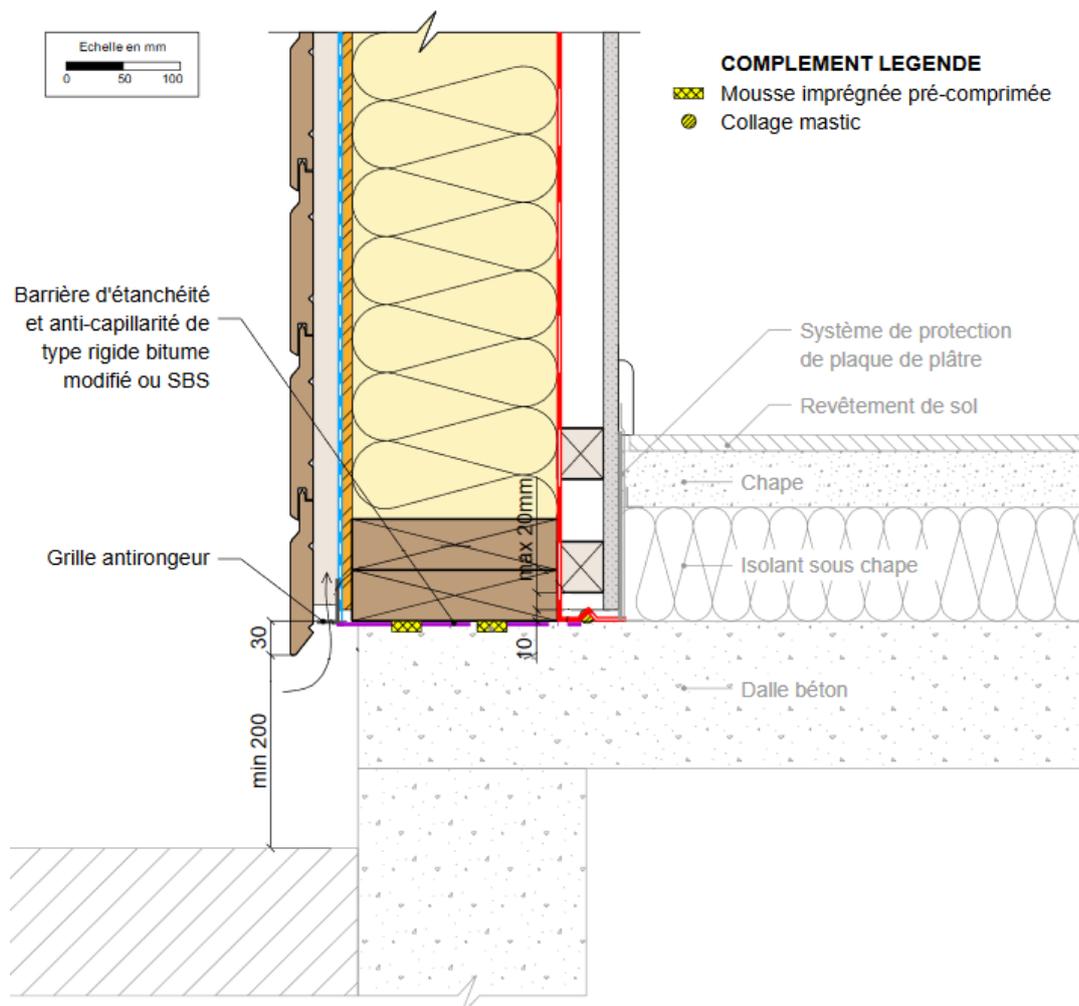


Figure 47 Exemple de raccordements en pied de mur (coupe verticale)

5.3.2 Raccordement des parois avec écran rigide et barrière à la vapeur d'eau rigide

Côté extérieur, l'écran rigide doit venir à recouvrement de la lisse basse (la liaison lisse basse / soubassement est protégée par le débord du bardage).

Côté intérieur, la continuité de la barrière à la vapeur d'eau est rétablie par pontage avec une bande pare-vapeur souple rapportée collée sur le panneau d'une part et sur la dalle en béton (ou le plancher en bois) d'autre part.

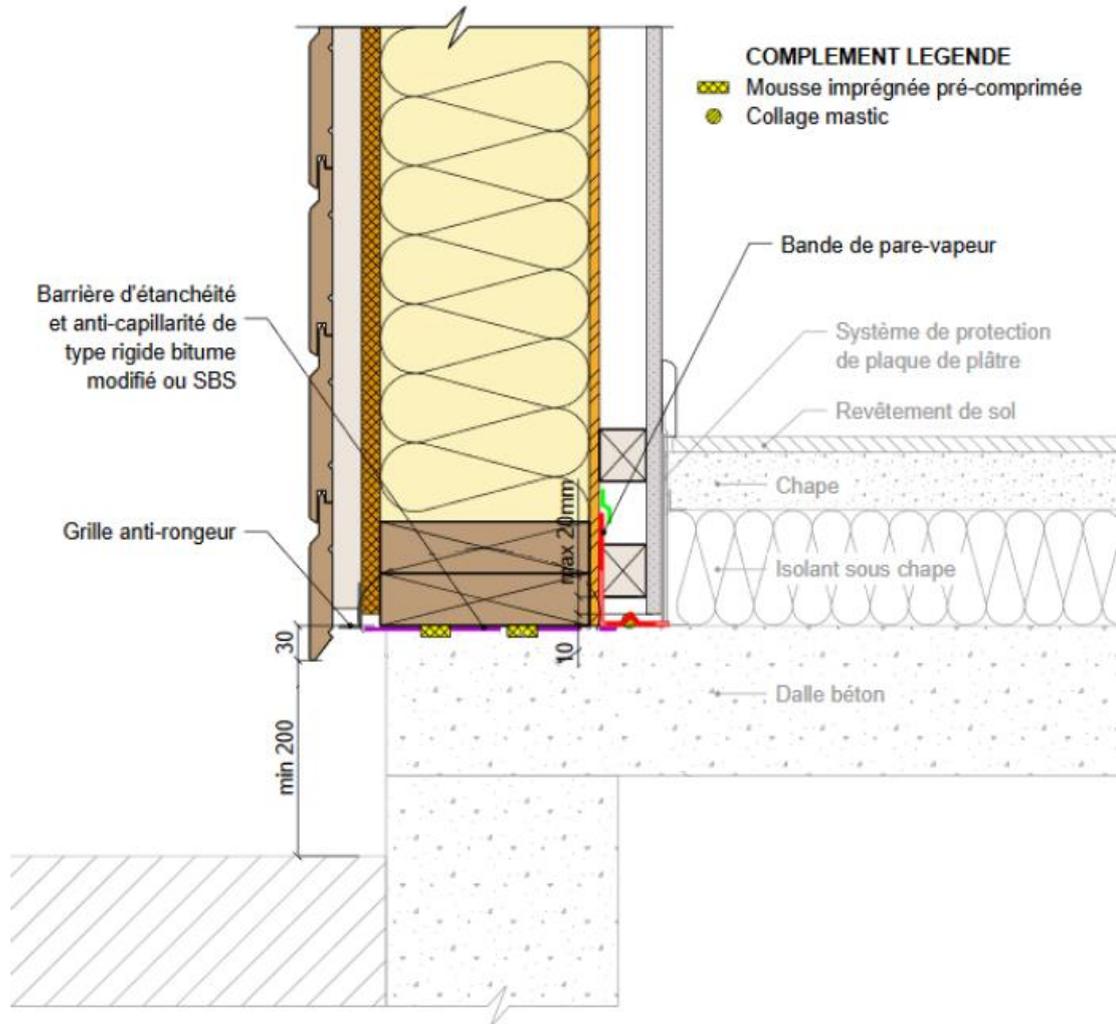


Figure 48 Exemple de raccords en pied de mur (coupe verticale)

5.4 Raccordement des parois verticales entre-elles

Voir chapitres 10.1.4 et 11 du NF DTU 31.2 P1-1

5.4.1 Assemblage mécanique des parois verticales entre elles

✓ « Les règles de 3 »

Cette exigence concerne le **raccordement entre eux des montants** d'extrémité des murs :

- En angle (sortants ou rentrants)
- Entre murs intérieurs et murs extérieurs

Le raccordement doit être réalisé :

- En **3 points** minimum sur une hauteur d'étage
- Par l'intermédiaire d'au moins **3 montants**

✓ **Chainage des murs par niveau**

Ce chainage est généralement réalisé par la mise en œuvre d'une **lisse haute continue** (fixation par pointes en quinconce espacées au maximum de 0,30 m).

Les joints entre éléments de lisse haute et les joints entre éléments de murs doivent être décalés dans tous les cas.

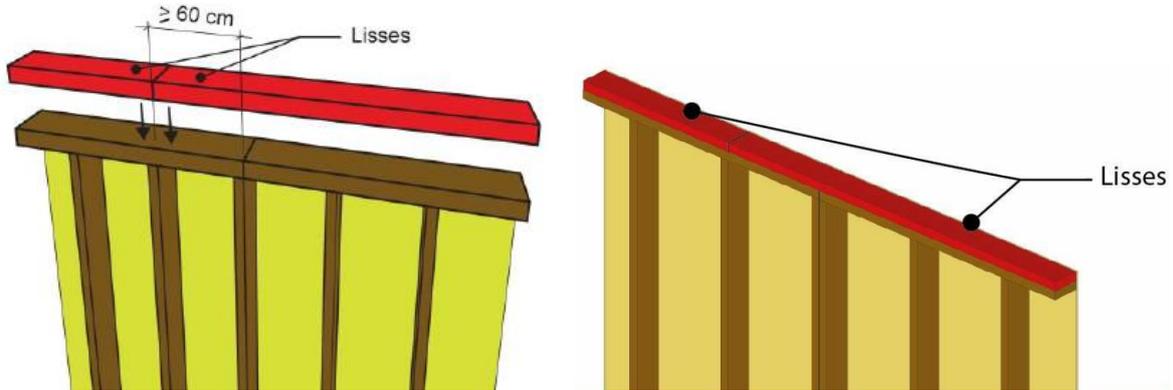


Figure 49 Exemple de mise en œuvre de la lisse haute sur des parois dans le même plan

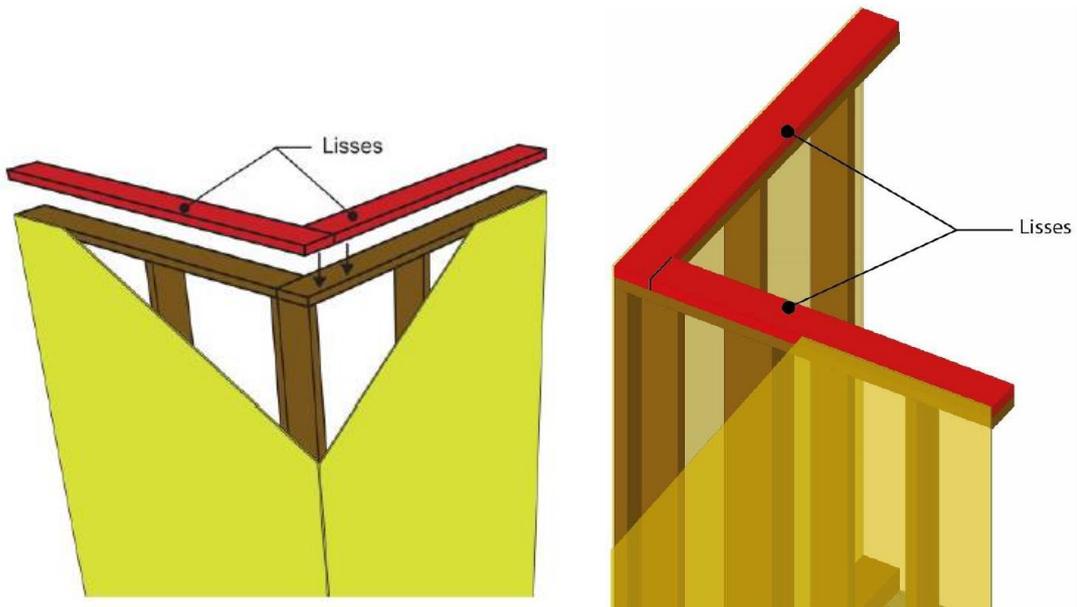


Figure 50 Exemple de mise en œuvre de la lisse haute sur des parois extérieures en angle

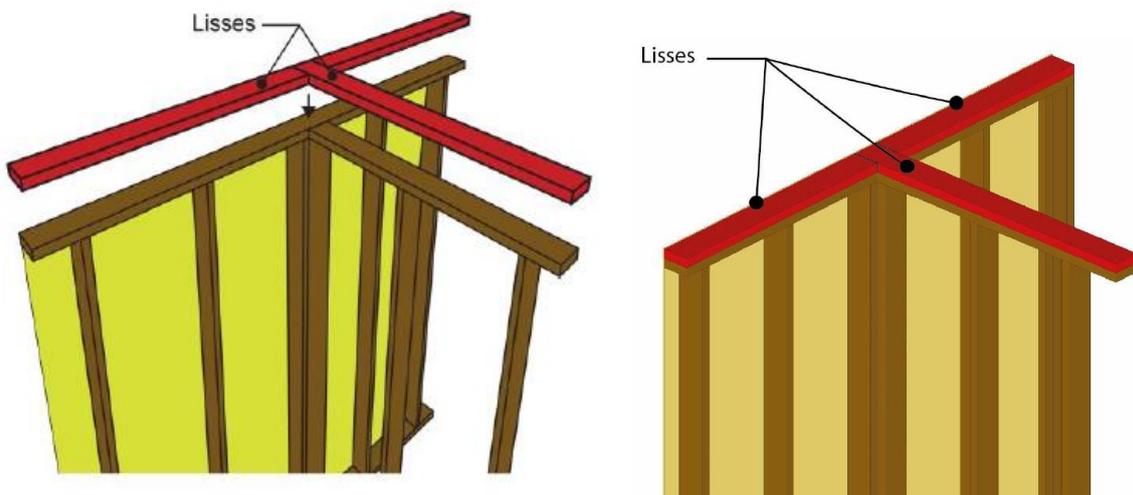


Figure 51 Exemple de mise en œuvre de la lisse haute sur un assemblage mur intérieur / mur extérieur

5.4.2 Raccordement des parois avec membranes pare-pluie et pare-vapeur souples

✓ Liaison en angle, avec surlongueur de membranes

Côté extérieur : le traitement des angles de mur et chants horizontaux des écrans en périphérie des parois est réalisé comme indiqué au chapitre 4.4.2 du présent document, en fonction de la nature du revêtement extérieur :

- par simple recouvrement à sec
- par double recouvrement à sec
- par simple recouvrement collé par bande adhésive ou mastic-colle

Côté intérieur : Pour le raccordement entre deux éléments de paroi en angle ou dans le même plan, la continuité de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau est rétablie en pontant les lés de pare-vapeur : **recouvrement \geq 10 cm et collage** par bandes adhésives ou mastic-colle.

Dans le cas d'éléments préfabriqués en atelier, **le morceau d'isolant de remplissage de l'angle** lorsque ce dernier est constitué de quatre montants, doit être positionné avant la pose du voile de contreventement quand il est placé côté extérieur, même si l'entreprise fabricant les murs n'est pas titulaire du lot isolation. Les Documents Particuliers du Marché définissent le matériau isolant à mettre en œuvre (nature, performance...). A défaut, l'isolant est conforme aux exigences du NF DTU 31.2 P1-2 (CGM) et avec une conductivité thermique maximale de 0,041 W/(m.K).

Lorsque le pare-pluie n'est pas posé en atelier mais sur chantier (à éviter si les murs sont préfabriqués), le raccordement du pare-pluie sera réalisé en partie courante des murs et non dans l'angle.

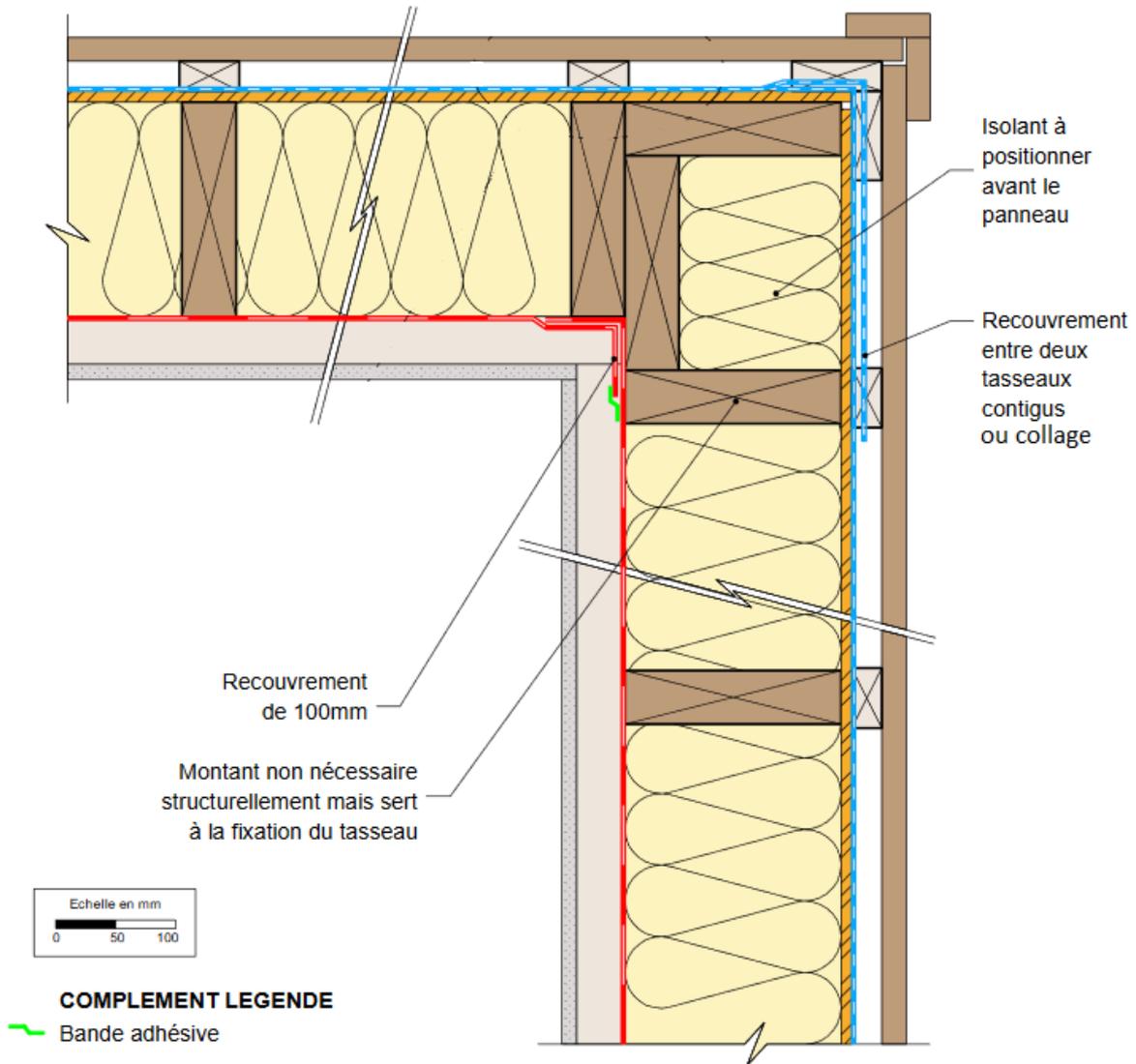


Figure 52 Exemple d'un angle sortant avec double recouvrement à sec des lés de pare-pluie (coupe horizontale)

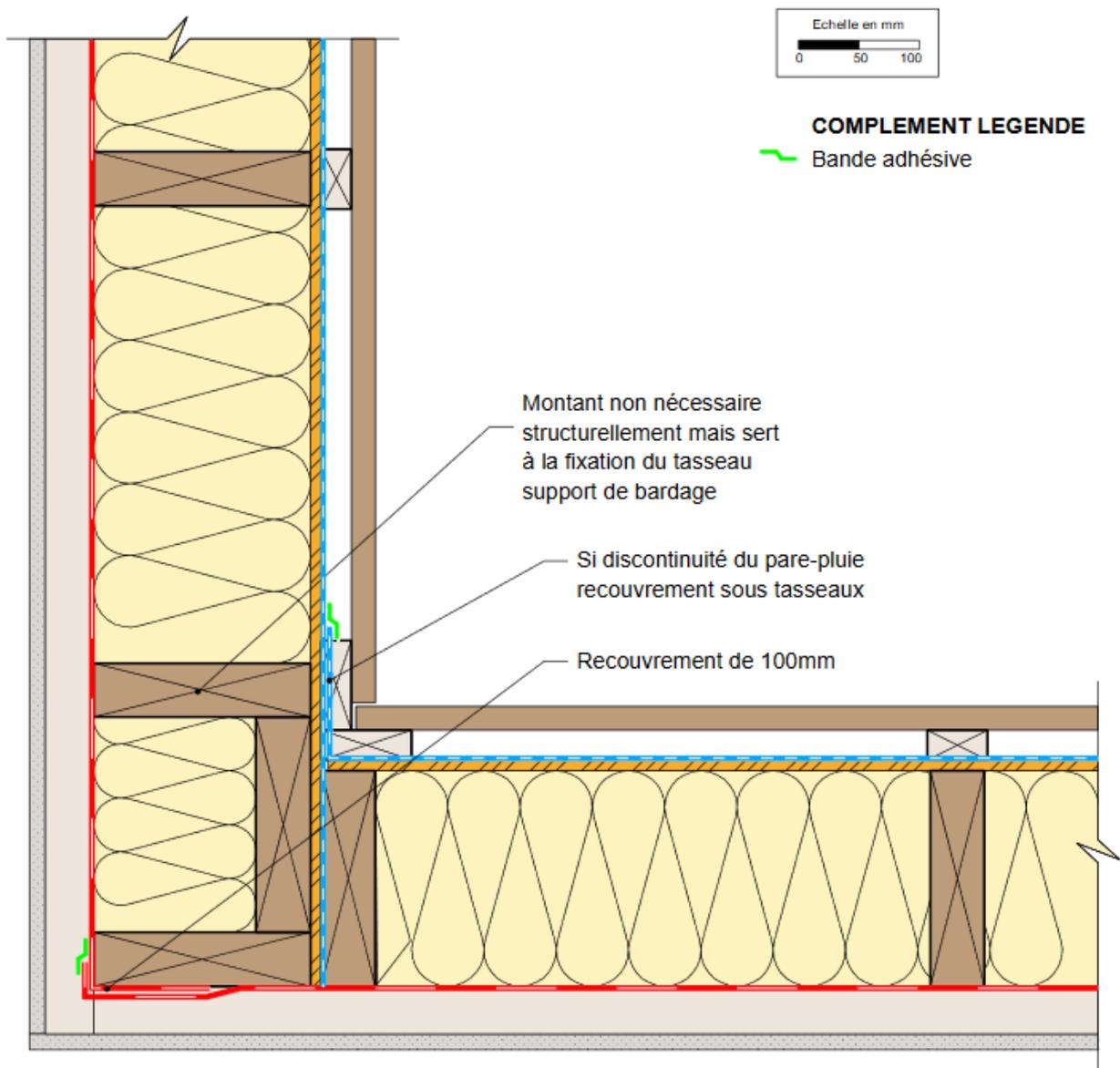


Figure 53 Exemple d'un angle rentrant avec simple recouvrement collé (coupe horizontale)

✓ Liaison mur extérieur / mur intérieur porteur

Dans le cas d'une liaison entre un mur extérieur et un mur intérieur porteur, dans le cas d'éléments préfabriqués en atelier, le morceau d'isolant de remplissage de la cavité formée par les montants de la jonction doit être positionné **avant la pose du voile de contreventement** quand il est placé côté extérieur même si l'entreprise fabricant les murs n'est pas titulaire du lot isolation. Les Documents Particuliers du Marché définissent le matériau isolant à mettre en œuvre (nature, performance,...). A défaut, l'isolant est conforme aux exigences du NF DTU 31.2 P1-2 (CGM) et avec une conductivité thermique maximale de 0,041 W/(m.K).

Le pare-vapeur, lorsqu'il est posé sur les murs extérieurs avant l'assemblage mur extérieur / mur de refend est filant (et donc continu) au niveau de cette jonction.

Lorsque la liaison mur extérieur / refend est réalisée **avant la pose du pare-vapeur**, une bande de film pare-vapeur sera positionnée au niveau de la jonction, avec des dépassées en attente (à gauche, à droite, en tête et en pied), pour assurer cette continuité par collage au ruban adhésif

ou au mastic-colle. Si l'entreprise fabricant les murs n'est pas titulaire du lot dans lequel est décrite la pose du pare-vapeur, les Documents Particuliers du Marché définissent le matériau pare-vapeur à mettre en œuvre (nature, performance,...). A défaut, la bande de film pare-vapeur est conforme aux exigences du NF DTU 31.2 P1-2 (CGM), et avec un $S_d \geq 18$ m.

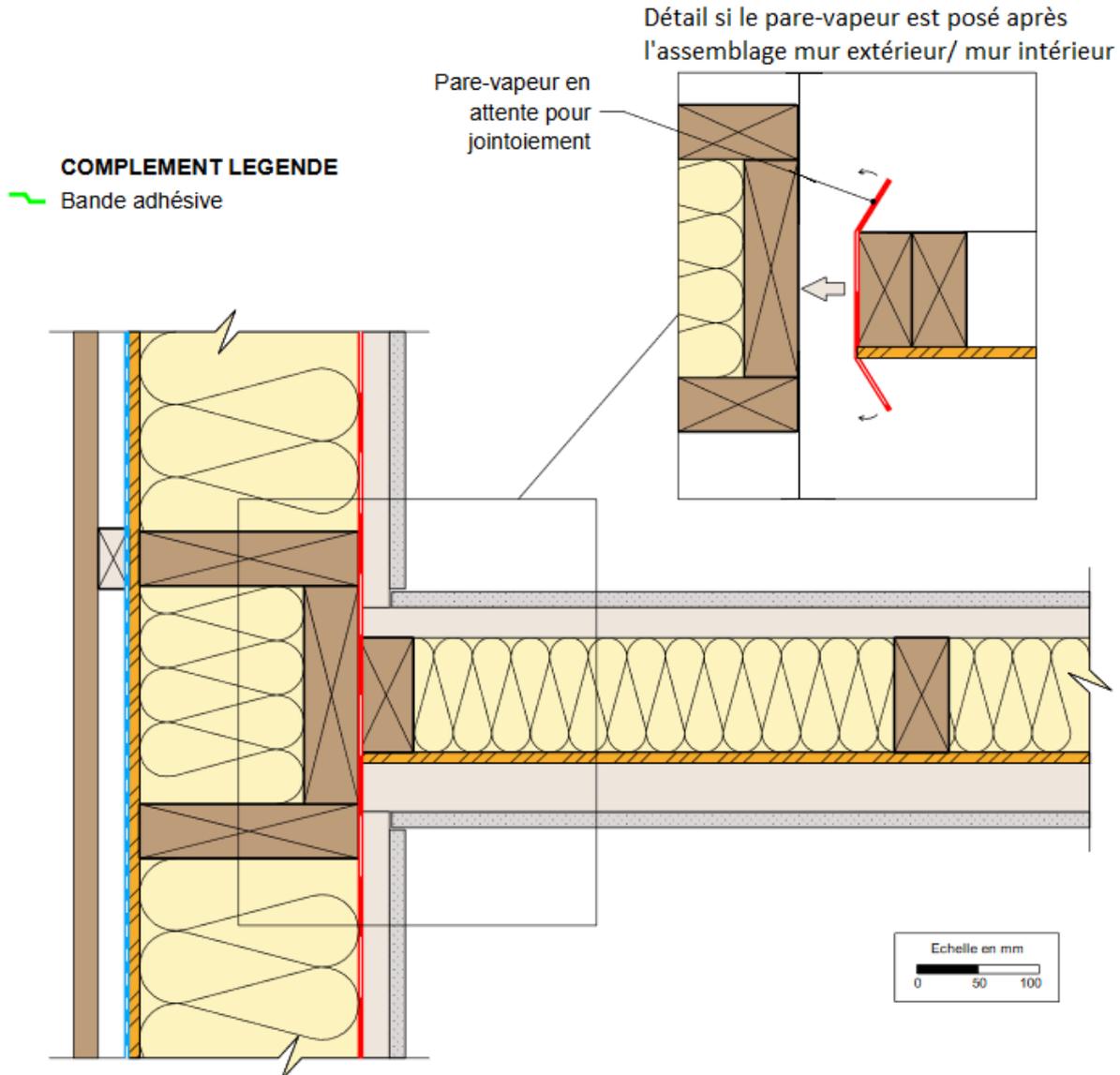


Figure 54 Exemple d'une liaison mur intérieur porteur avec mur extérieur (coupe horizontale)

5.4.3 Raccordement des parois avec écran rigide et barrière à la vapeur d'eau rigide

✓ Liaison en angle

Côté extérieur : le traitement des angles de mur et chants horizontaux des écrans en périphérie des parois est réalisé soit :

- par recouvrement à sec supérieur ou égal à un entraxe d'ossature support de revêtement extérieur à l'aide de bandes de pare-pluie souples rapportées
- par des bandes adhésives, avec ou sans un primaire d'accroche compatible avec l'écran rigide

Côté intérieur : Pour le raccordement entre deux éléments de paroi en angle ou dans le même plan, la continuité de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau doit être rétablie grâce à une **bande pare-vapeur souple rapportée** collée d'un panneau à l'autre (par bandes adhésive ou mastic-colle).

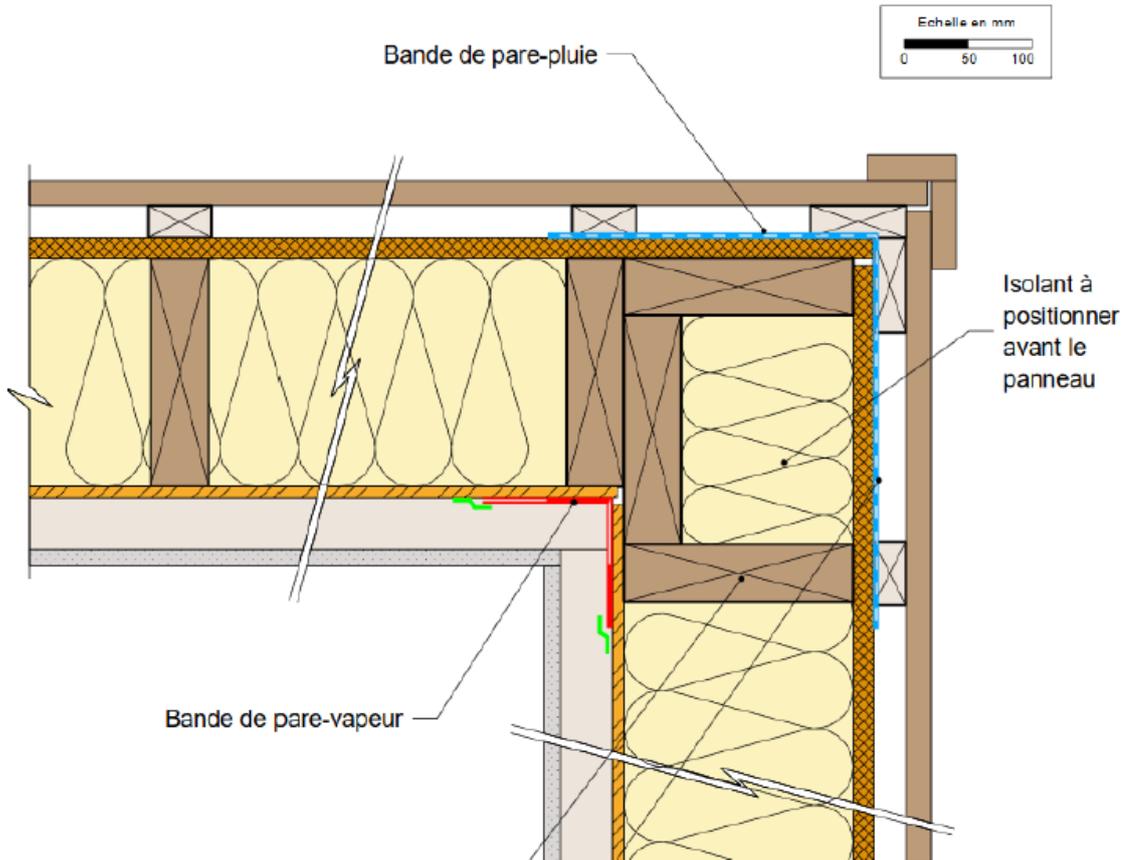


Figure 55 Exemple d'un angle sortant (coupe horizontale)

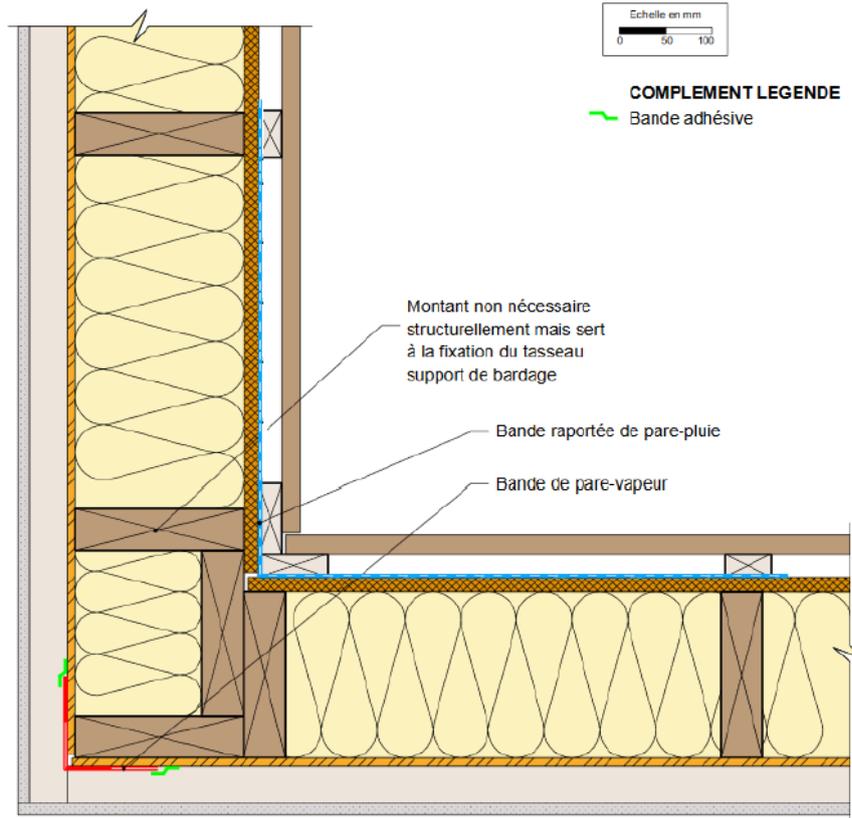


Figure 56 Exemple d'un angle rentrant (coupe horizontale)

✓ **Liaison mur extérieur / mur intérieur porteur**

Dans le cas d'une liaison entre un mur extérieur et un mur intérieur, le concepteur de l'ouvrage doit prévoir un raccord entre panneau décalé par rapport à la liaison entre murs

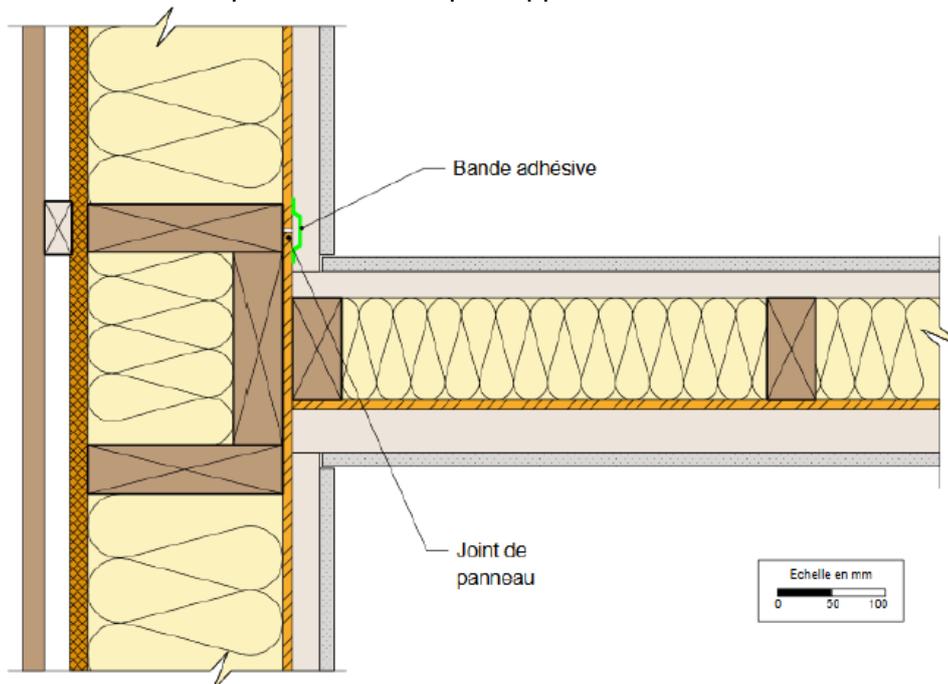


Figure 57 Exemple d'une liaison mur intérieur porteur avec mur extérieur (coupe horizontale)

5.5 Jonctions parois verticales / planchers

Voir chapitre 16.1 du NF DTU 31.2 P1-1

5.5.1 Liaison mécanique entre étages

Que le plancher soit posé sur lisse haute ou sur muraille, les murs des niveaux supérieurs doivent être **ancrés en pied** et les montants d'extrémité des travées de façade prises en compte dans le dimensionnement du contreventement de la structure doivent être liaisonnés mécaniquement aux montants des étages inférieurs : des dispositifs d'ancrage doivent donc être mis en œuvre à minima **à chaque angle de mur et de part et d'autre des chevêtres des baies**.

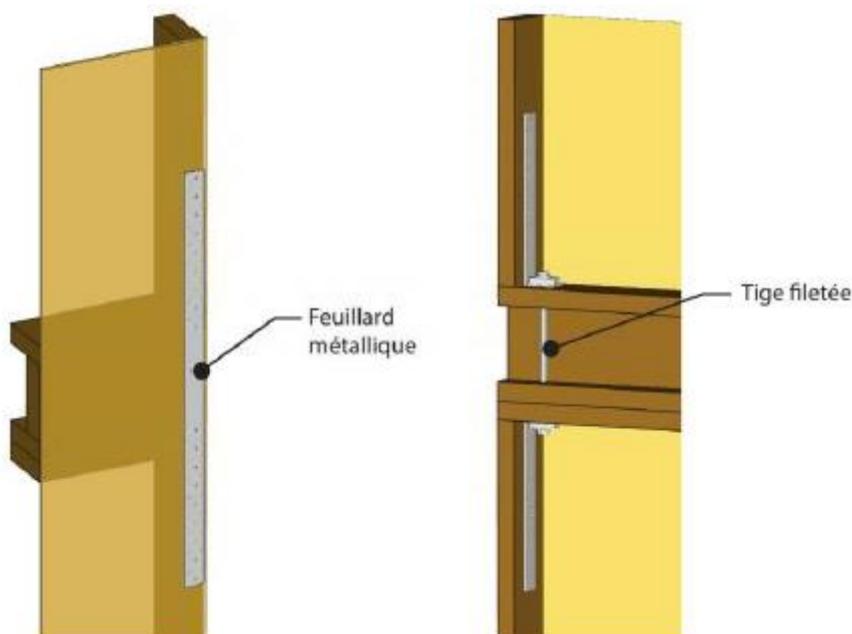


Figure 58 Exemple de liaison de montants entre étages

5.5.2 Raccordement des parois avec membranes pare-pluie et pare-vapeur souples

Côté extérieur, la membrane pare-pluie doit être filante au droit du plancher ou bien les lés doivent présenter un recouvrement supérieur ou égal à 10 cm.

En cas de **recouvrement de la lame d'air**, si le bardage n'est pas filant au droit du plancher, une bavette formant larmier est mise en œuvre sur le **pare-pluie, sans découpe** de celui-ci. Le raccordement entre le relevé de bavette et le pare-pluie est assuré par un ruban adhésif.

Côté intérieur, la continuité de l'étanchéité à l'air doit être assurée entre étages.

Dans le cas d'un plancher posé sur lisse haute, la valeur S_d de la bande de membrane qui file varie en fonction de la possibilité de respecter la **règle des « 2/3 - 1/3 » en tête de plancher**, comme illustré sur les deux figures ci-dessous.

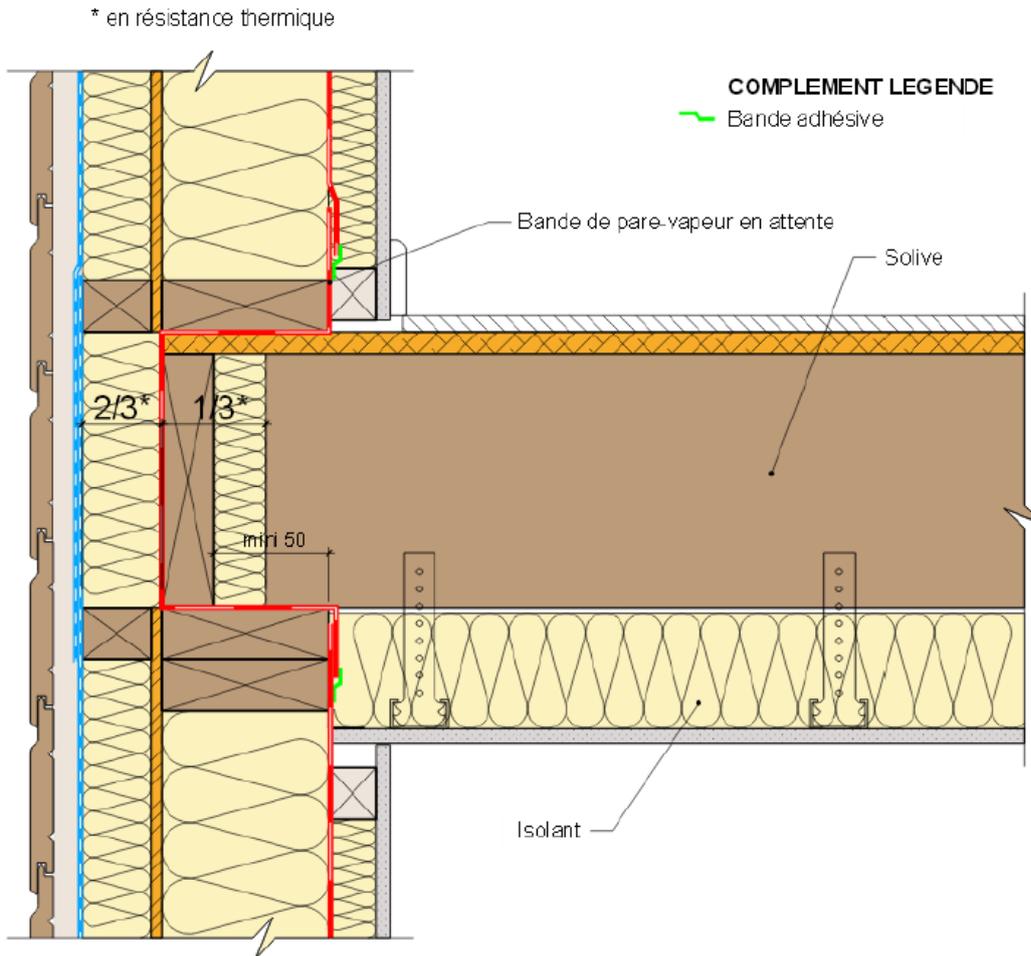


Figure 59 *Bande pare-vapeur filante en tête de plancher, en respect de la règle des « 2/3 – 1/3 » (coupe verticale)*

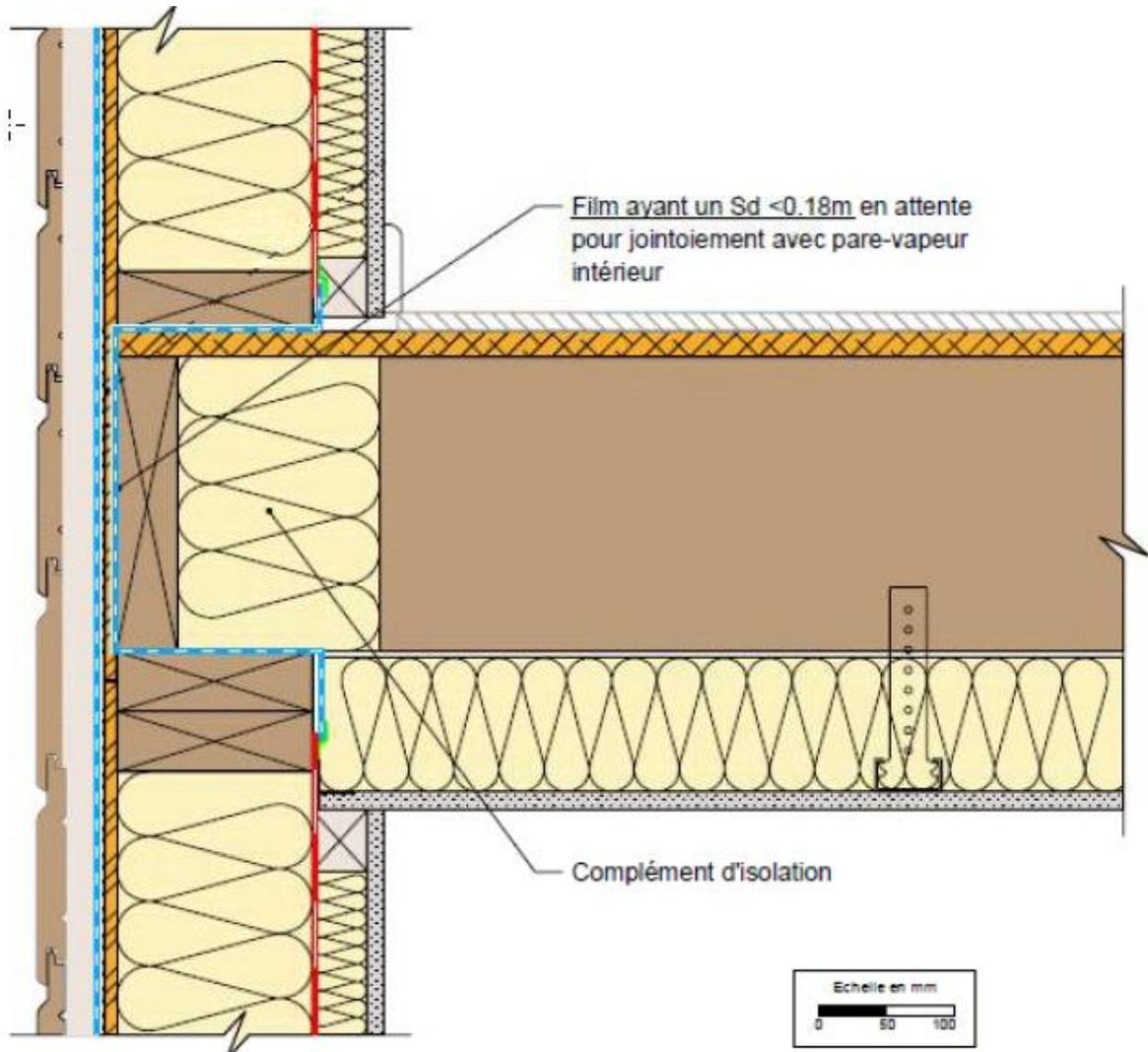


Figure 60 *Bande perméable à la vapeur filante en tête de plancher (coupe verticale).*

La chronologie de la mise en œuvre de cette bande pare-vapeur ou perméable à la vapeur en tête de plancher dépend du niveau de préfabrication des parois et du phasage des travaux :

En cas de pare-vapeur posé sur site (ou après l'assemblage du plancher sur le mur), la chronologie pour la réalisation de cette jonction est la suivante :

- **étape 1** : positionnement de la bande de film sur le haut du mur inférieur et mise en attente sur l'extérieur du mur ;
- **étape 2** : mise en œuvre du plancher ;
- **étape 3** : la bande est rabattue sur le plancher ;
- **étape 4** : mise en œuvre du mur du niveau supérieur ;
- **étape 5** : mise en œuvre des pare-vapeurs sur les murs de part et d'autre du plancher (lorsque le bâtiment est hors d'eau) ;
- **étape 6** : jointoiment au ruban adhésif de la bande rapportée en attente avec le pare-vapeur de part et d'autre du plancher.

En cas de préfabrication des éléments de mur et de plancher avec pose des pare-vapeurs en atelier, la chronologie pour la réalisation de cette jonction est la suivante :

- **étape 1** : mise en œuvre du mur du niveau inférieur (équipé de son pare-vapeur) ;
- **étape 2** : mise en œuvre des caissons de plancher préalablement équipés de la bande de film rapportée rabattue dessus/dessous ;
- **étape 3** : mise en œuvre du mur du niveau supérieur (équipé de son pare-vapeur) ;
- **étape 4** : jointoiement au ruban adhésif de la bande rapportée avec le pare-vapeur (de part et d'autre du plancher).

5.5.3 Raccordement des parois avec écran rigide et barrière à la vapeur d'eau rigide

Côté extérieur, un fractionnement de l'écran rigide est créé au droit de chaque plancher d'étage par l'interposition d'un larmier métallique.

Côté intérieur, soit la jonction horizontale entre murs est accessible après la pose du plancher et le raccord se fait par bandes adhésives, soit une bande pare-vapeur souple est mise en œuvre au montage, interposée au moment de l'assemblage entre les murs extérieurs et le plancher (que celui-ci soit posé sur lisse haute ou sur muraille lorsque le plancher se situe au droit de la jonction entre panneau).

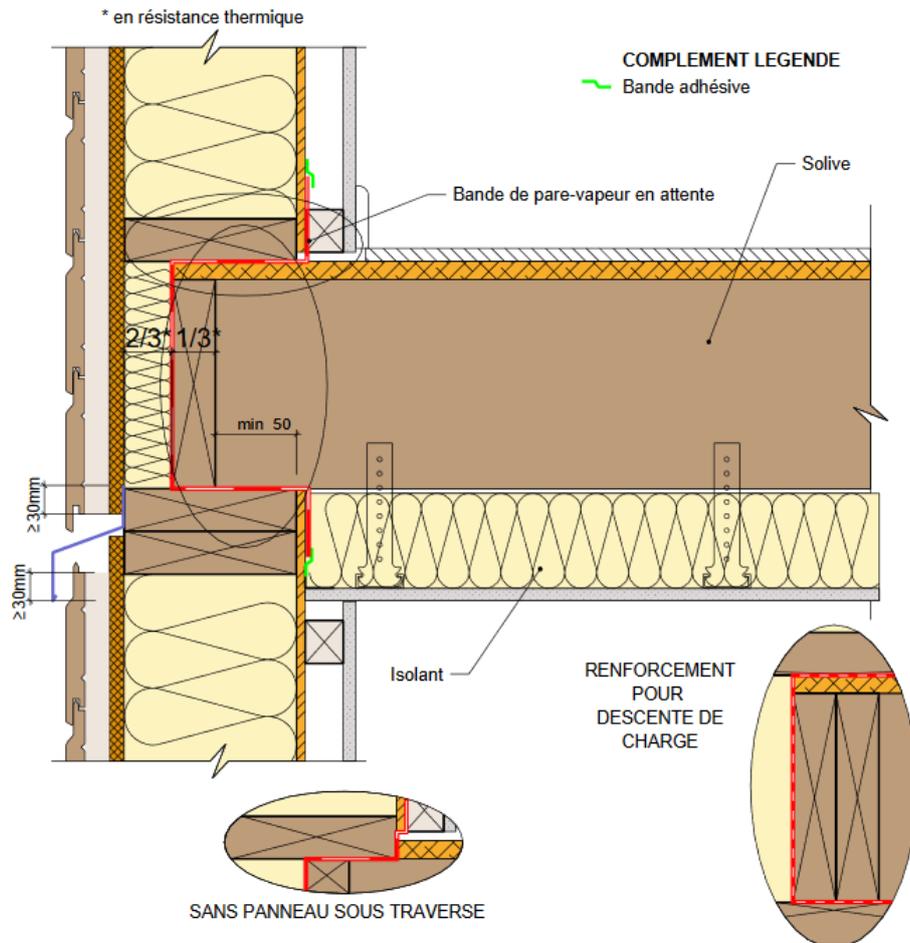


Figure 61 Exemple de jonction au droit d'un plancher d'étage sur lisse haute (coupe verticale)

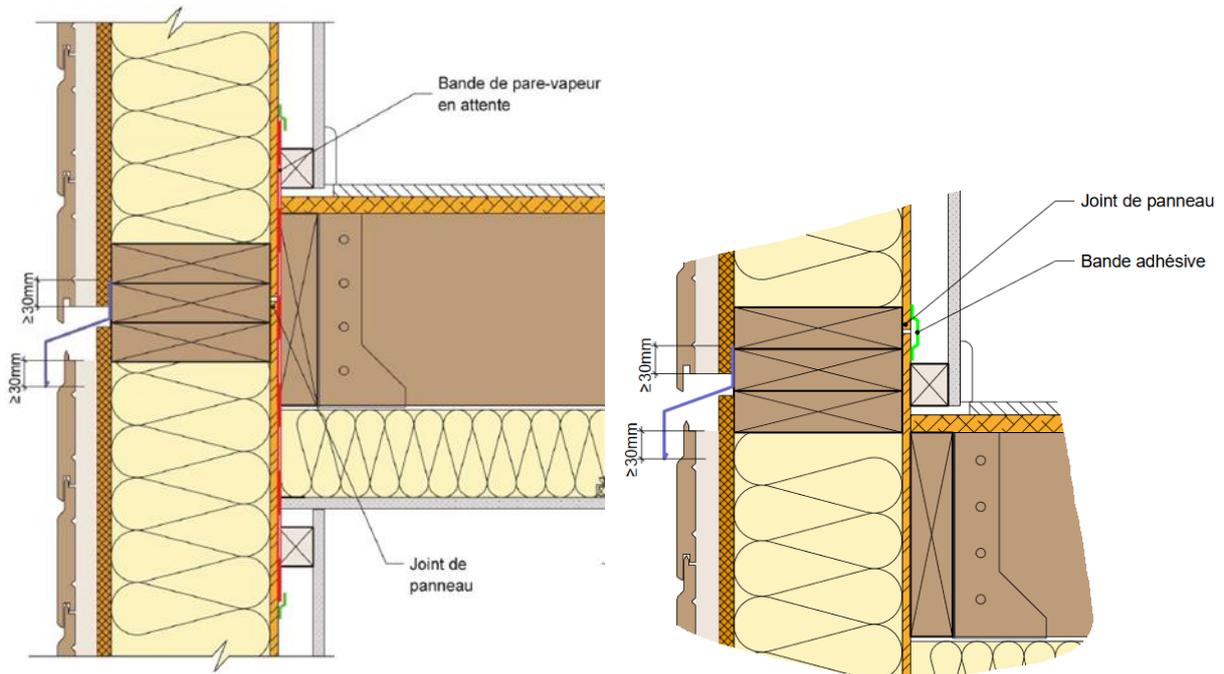


Figure 62 Exemple de jonction au droit d'un plancher d'étage sur muraille (coupe verticale)

5.6 Jonctions parois verticales / toitures

5.6.1 Règle générale

Une lisse haute de chaînage des murs de dernier niveau doit être mise en œuvre (voir § 5.4.1.). Celle-ci peut jouer le rôle de sablière pour les éléments de charpente de toiture.

Côté extérieur : le plan d'étanchéité à l'eau de la toiture doit venir à **recouvrement** du plan d'étanchéité à l'eau de la paroi verticale (débord de toiture, couvertine, planche de rive,...).

Côté intérieur : le plan d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau du mur doit être **raccordé** au plan d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la toiture.

5.6.2 Cas des toitures froides relevant du NF DTU 43.4

Voir chapitre 16.2 du NF DTU 31.2 P1-1

Les toitures froides doivent être ventilées sur l'extérieur en sous-face du panneau porteur de la membrane d'étanchéité.

La mise en œuvre d'une toiture froide n'est possible qu'en cas de débord en bas de pente (pas d'acrotère !!!).

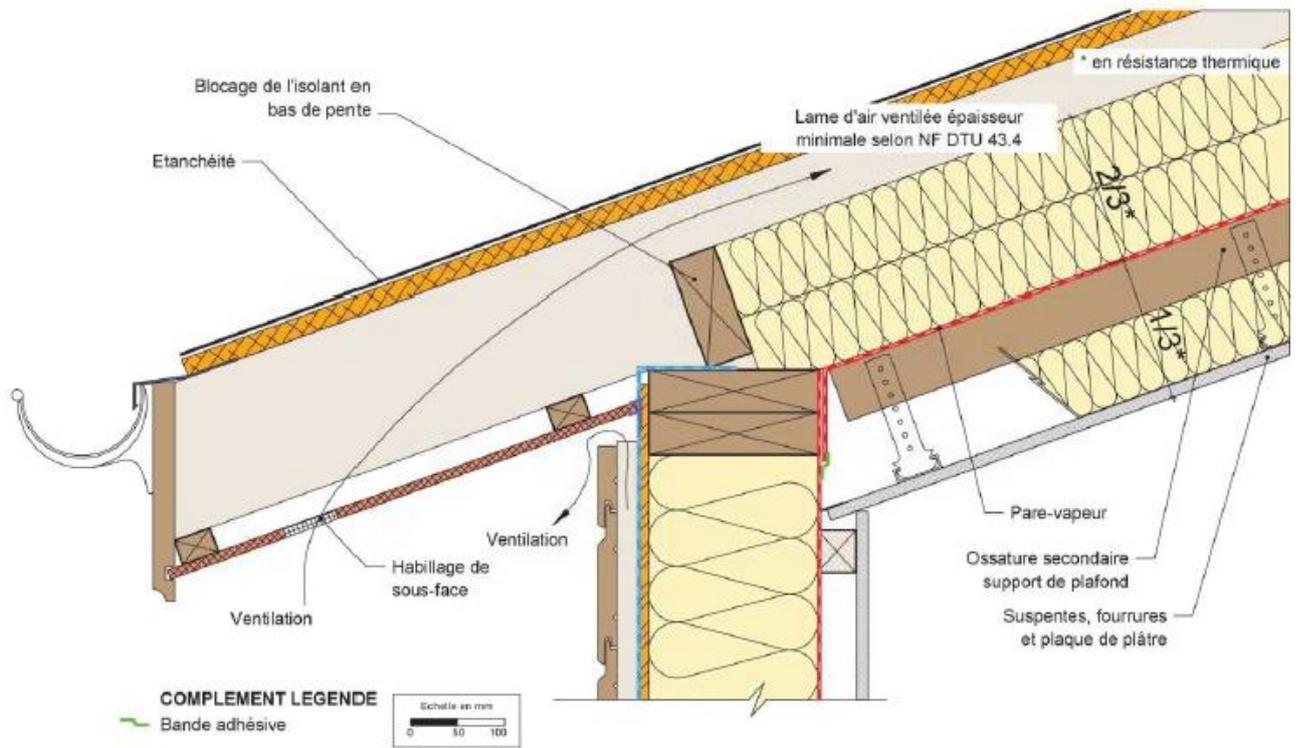


Figure 63 Exemple de ventilation en sous-face de l'élément porteur de l'étanchéité (coupe verticale)

5.6.3 Cas des toitures chaudes relevant du NF DTU 43.4

Le pare-vapeur du mur doit être raccordé au panneau porteur du système d'étanchéité dans le plan du pare-vapeur de la toiture.

NOTE Le pare-vapeur de la toiture relève du lot « étanchéité » et son choix dépend de la membrane d'étanchéité elle-même

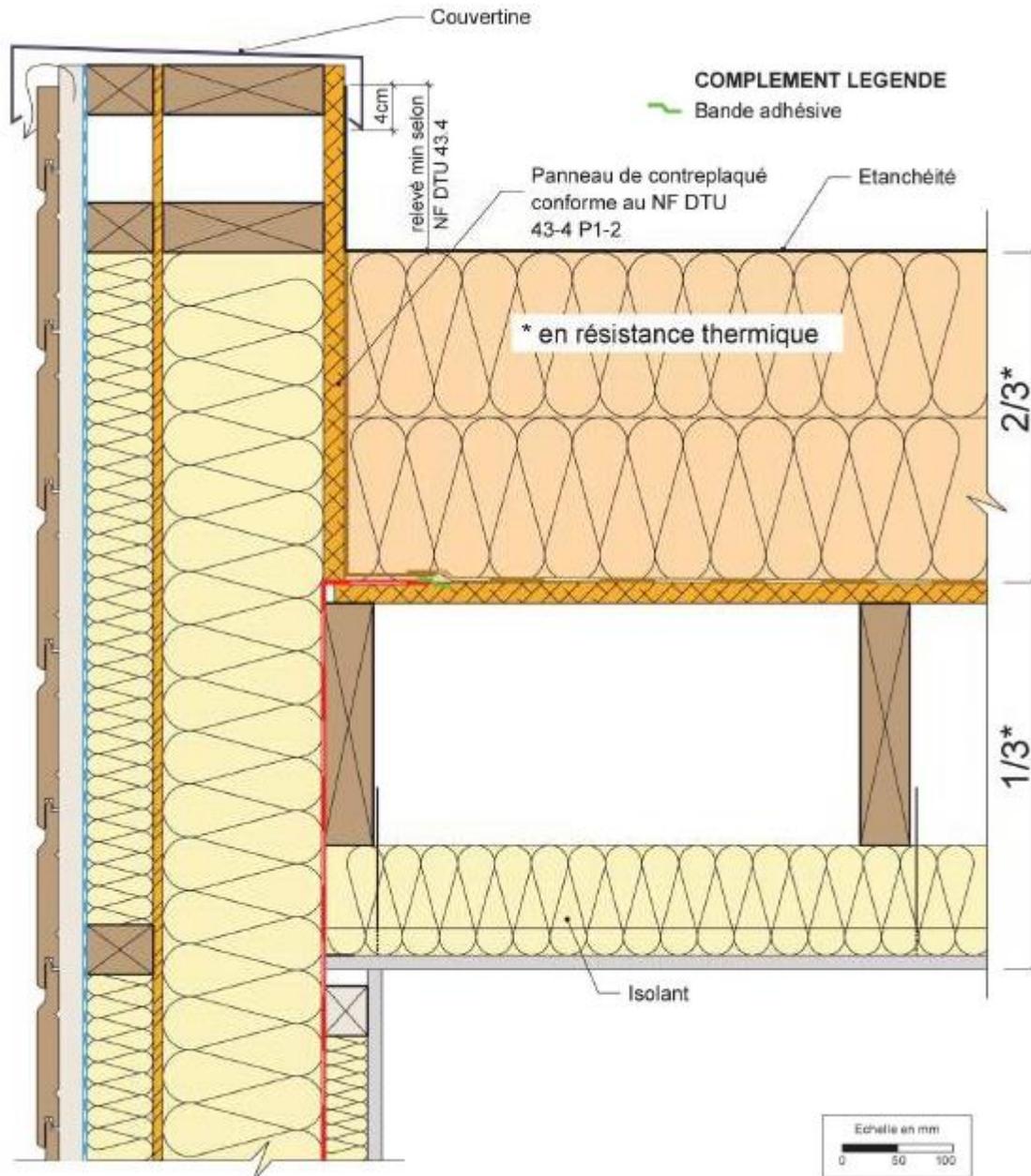


Figure 64 Exemple de raccordement entre les pare-vapeurs du mur et de la toiture (coupe verticale)

5.6.4 Cas des charpentes traditionnelles

✓ Cas particulier des pieds de fermes traditionnelles

Lorsque le pied de ferme interrompt la barrière à la diffusion de vapeur d'eau. Celle-ci doit être rendue continue en périphérie.



Figure 65 Illustration de la liaison entre paroi verticale et pied de ferme traditionnelle

✓ Liaison sur les murs pignons

La conception de la charpente doit permettre au maximum d'éviter la traversée des pannes, pour n'avoir à gérer que l'étanchéité à l'air et la vapeur d'eau côté intérieur, comme illustré ci-dessus pour les pieds de fermes. Le débord de toiture sera alors assuré grâce à une échelle de rive.

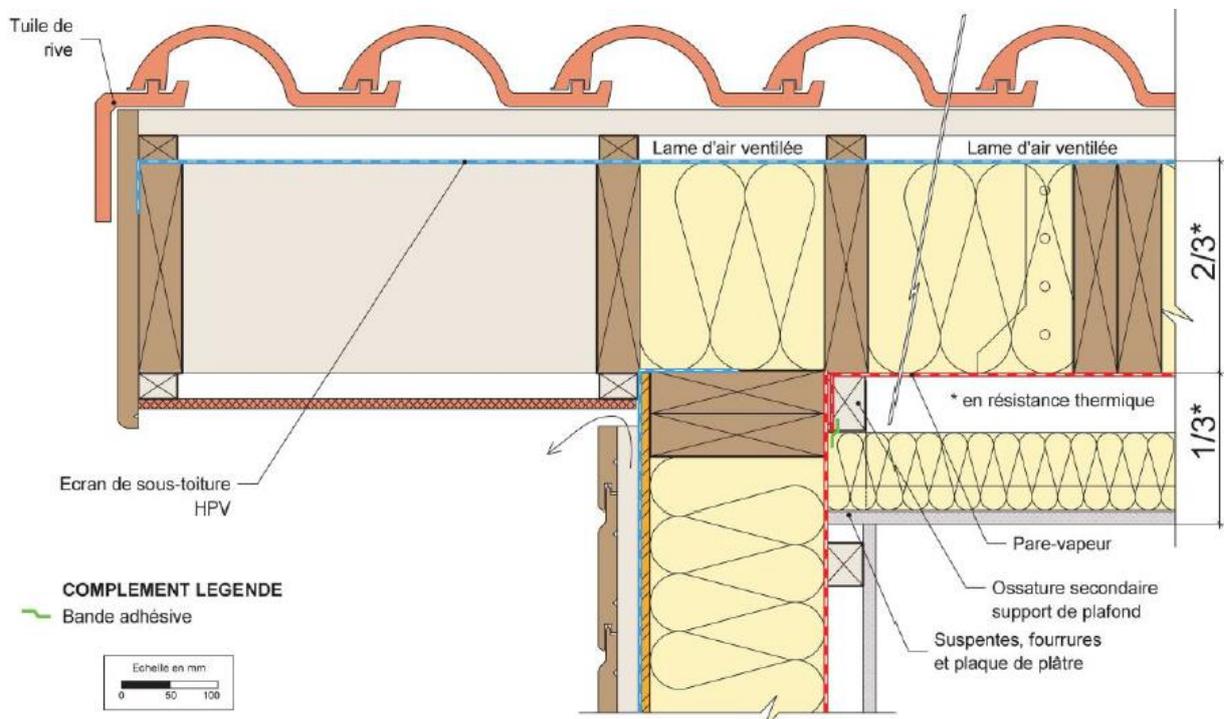


Figure 66 Exemple de liaison entre une toiture et un mur pignon à ossature bois avec dépassée de toiture (coupe verticale)

Côté extérieur, la continuité de l'étanchéité à l'eau est assurée par la dépassée de toiture. Si la construction ne présente pas de dépassée de toiture, la planche ou la tuile de rive doit recouvrir le haut du mur d'au moins 3 cm.

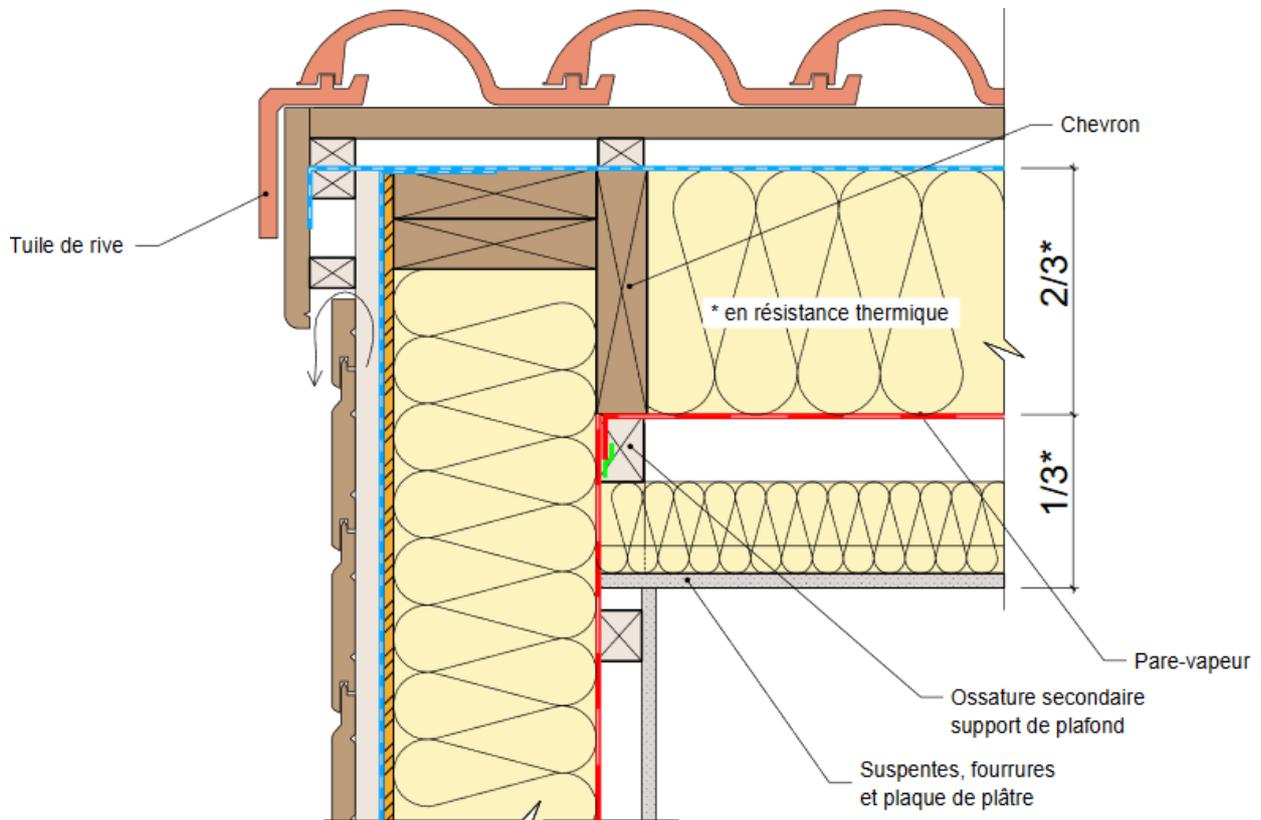


Figure 67 Exemple de liaison entre une toiture et un mur pignon à ossature bois sans dépassée de toiture (coupe verticale)

NOTE La lame d'air à l'arrière du revêtement extérieur ne doit pas être perturbée par la liaison mur / toiture

5.7 Particularités pour la mise en œuvre des parois verticales « fermées »

Voir chapitre 12.3 du NF DTU 31.2 P1-1

Une paroi est dite « fermée », lorsqu'elle est livrée sur le site de la construction avec impossibilité d'accéder à la cavité formée par l'ossature : pare-pluie et pare-vapeur ont été posés en atelier.

L'assemblage entre montants d'extrémité des éléments préfabriqués doit donc être réalisé soit :

- avec des connecteurs tridimensionnels spécifiques encastrés en vis-à-vis dans un lamage sur la face des montants (non visés par le NF DTU 31.2)
- par des vis lardées
- par un assemblage à mi-bois

Les **calfeutrements** (mastic sur fond de joint ou mousse imprégnée précomprimée) intérieurs et extérieurs sont réalisés **sur les membranes souples rabattues vers l'intérieur**, dans le plan des lés des membranes.

La mise en œuvre de **cales dans l'assemblage** permet de donner au calfeutrement son épaisseur minimale et de garantir sa durée de vie.

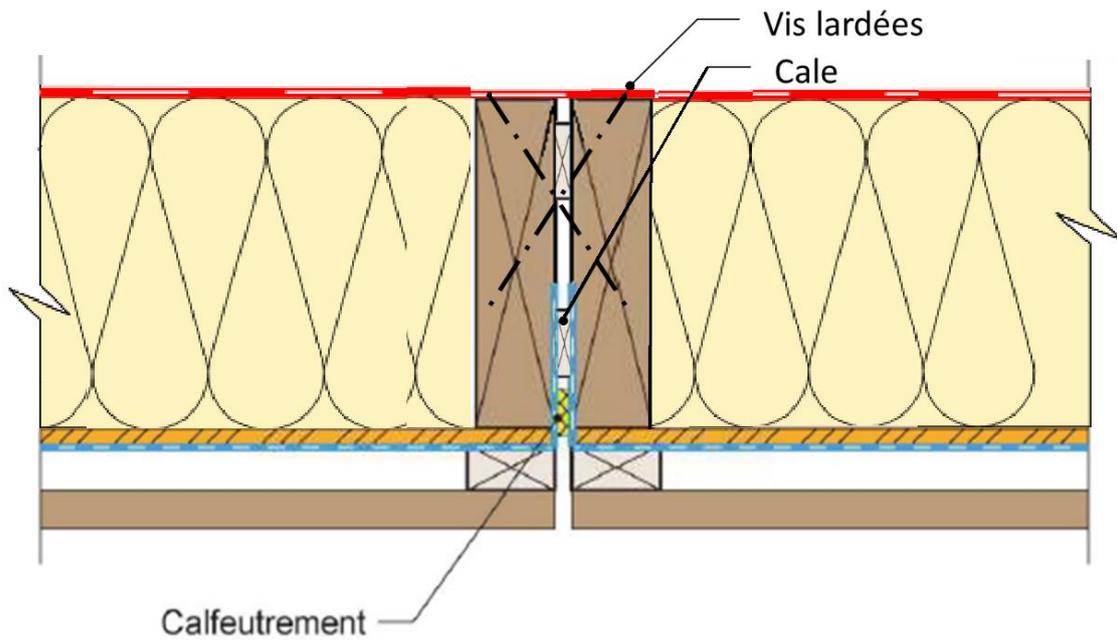


Figure 68 Exemple de positionnement du calfeutrement dans le plan du pare-pluie et assemblage par vis lardées de deux parois dans le même plan (coupe horizontale)

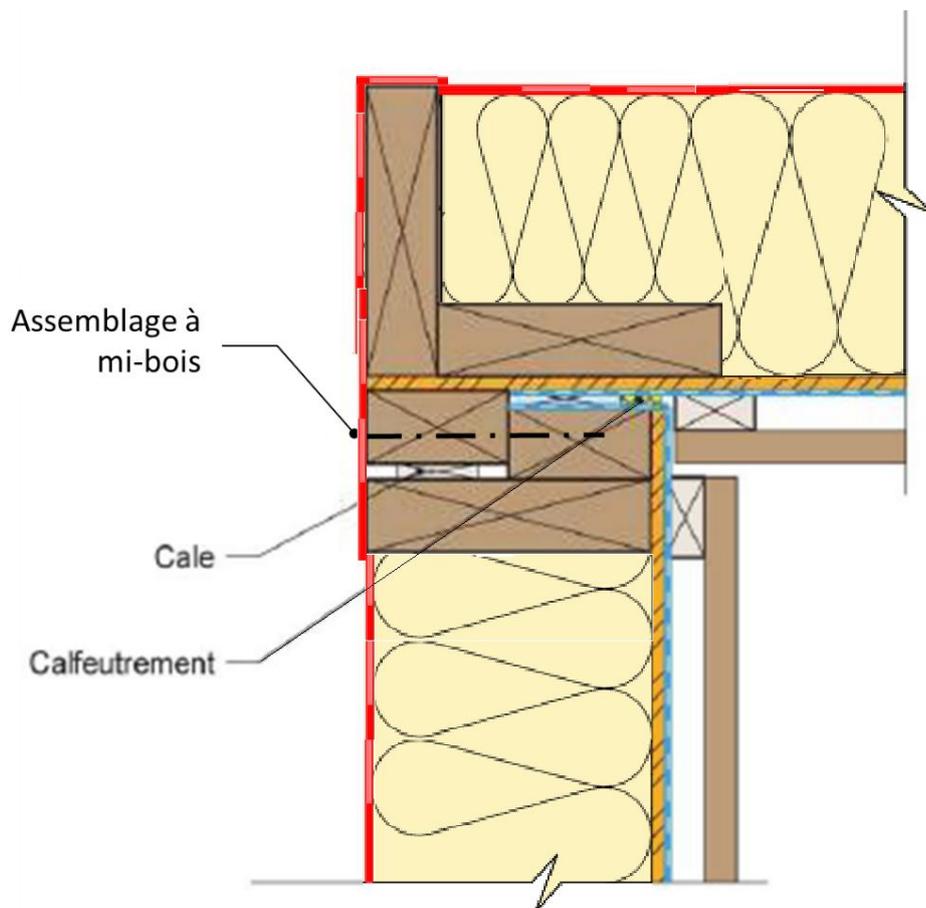


Figure 69 Exemple de positionnement du calfeutrement dans le plan du pare-pluie et assemblage à mi-bois dans le cas d'un angle rentrant (coupe horizontale)

Dans le cas d'une **liaison mur / plancher** si le bardage n'est pas filant au droit du calfeutrement, une bavette formant larmier est mise en œuvre sur le **pare-pluie, sans découpe** de celui-ci. Le raccordement entre le relevé de bavette et le pare-pluie est assuré par un ruban adhésif.

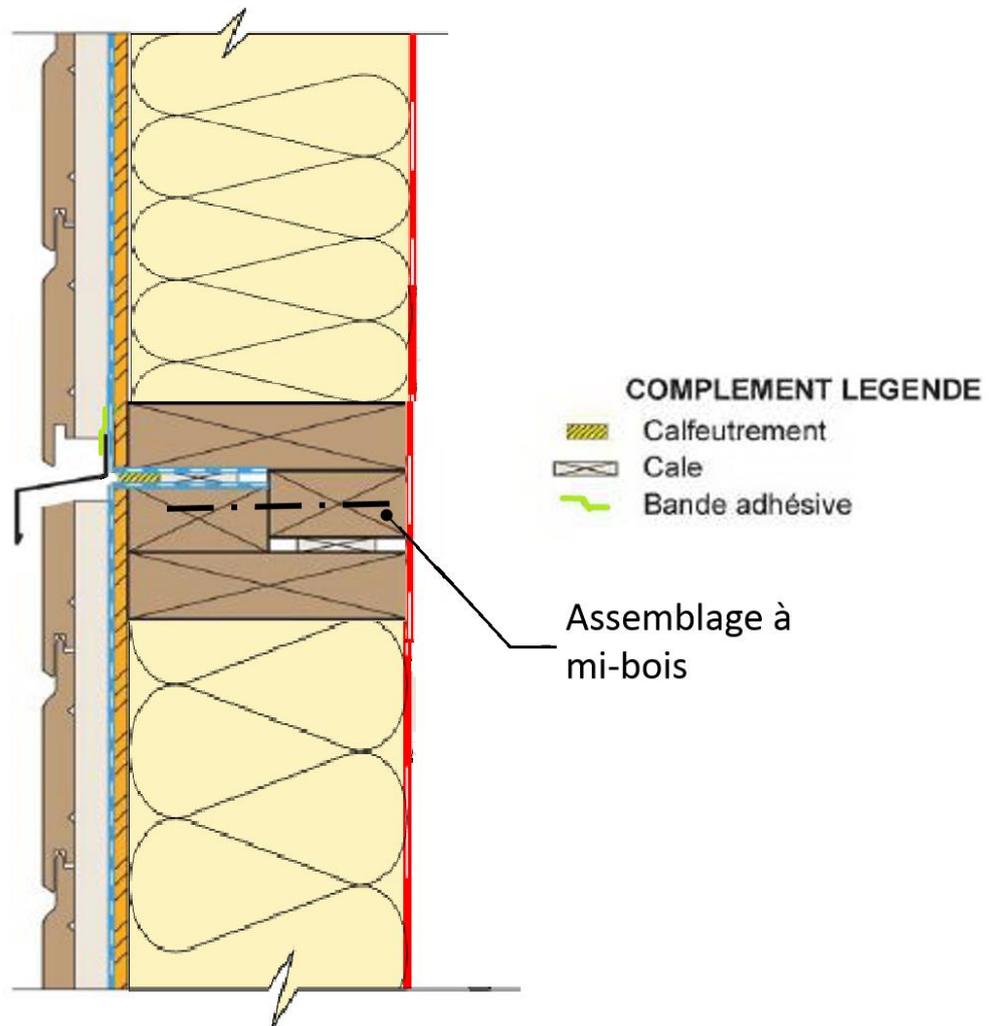


Figure 70 Exemple de positionnement du calfeutrement dans le plan du pare-pluie et assemblage à mi-bois dans le cas d'une liaison entre murs au droit d'un plancher (coupe verticale)

5.8 Assemblage des éléments préfabriqués de plancher et de toiture

Voir chapitre 17.5 du NF DTU 31.2 P1-1

5.8.1 Liaison des caissons de plancher en pied des murs extérieurs

Le caisson de plancher situé sur la périphérie de plancher doit être rempli d'isolant sur toute sa hauteur ou vers l'intérieur au moins sur une distance égale à l'épaisseur d'isolant en partie courante afin de **ne pas générer de pont thermique**.

En cas de paroi verticale isolée par l'extérieur, **l'isolant file devant le plancher**, tout en respectant la garde au sol de 20 cm.

Le film pare-pluie descend jusqu'au nu inférieur de la lisse basse.

Le film pare-vapeur situé sous le panneau de plancher est continu jusqu'à la solive de rive.

Le film pare-vapeur de la paroi verticale descend jusqu'au niveau du plancher avec une sur longueur d'au moins 10 cm, puis est **rabattu sur le panneau et collé** au ruban adhésif ou au mastic-colle.

L'étanchéité à l'air sur la périphérie du bâtiment au niveau du panneau de plancher est réalisée par **cafeutrement des liaisons des assemblages rainure – languette** des panneaux de plancher ou par retour du pare-vapeur du plancher. La solution avec retour de pare-vapeur en tête de plancher ne peut être utilisée que si le mur présente un doublage isolant par l'extérieur dont la résistance thermique est supérieure ou égale à $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

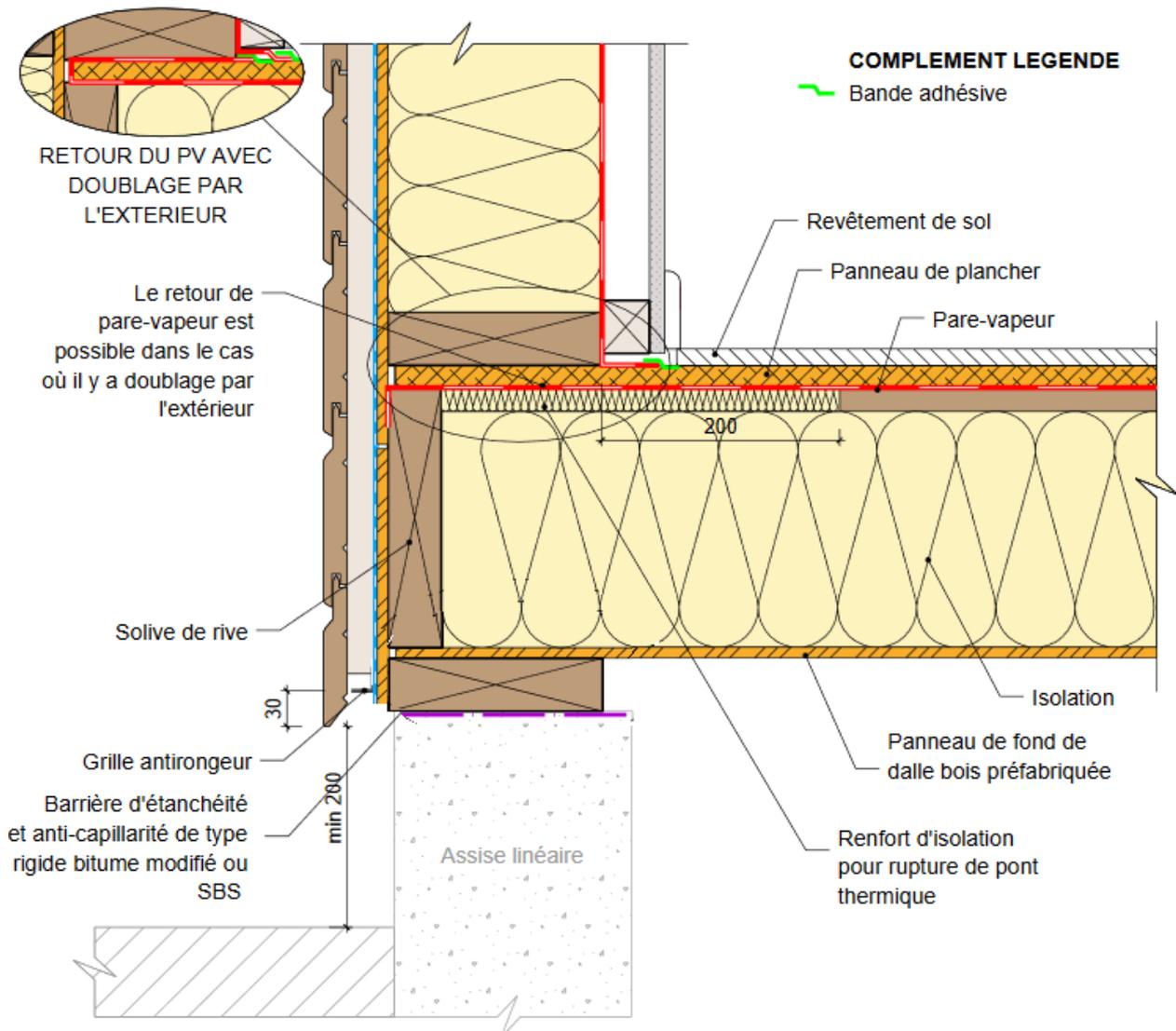


Figure 71 Liaison plancher bas sur vide sanitaire avec un mur extérieur

5.8.2 Jonction des éléments préfabriqués de plancher ou de toiture entre eux

Si la paroi de plancher ou de toiture comporte une barrière à la diffusion de vapeur d'eau (membrane ou panneau) sa continuité doit être rétablie entre éléments préfabriqués.

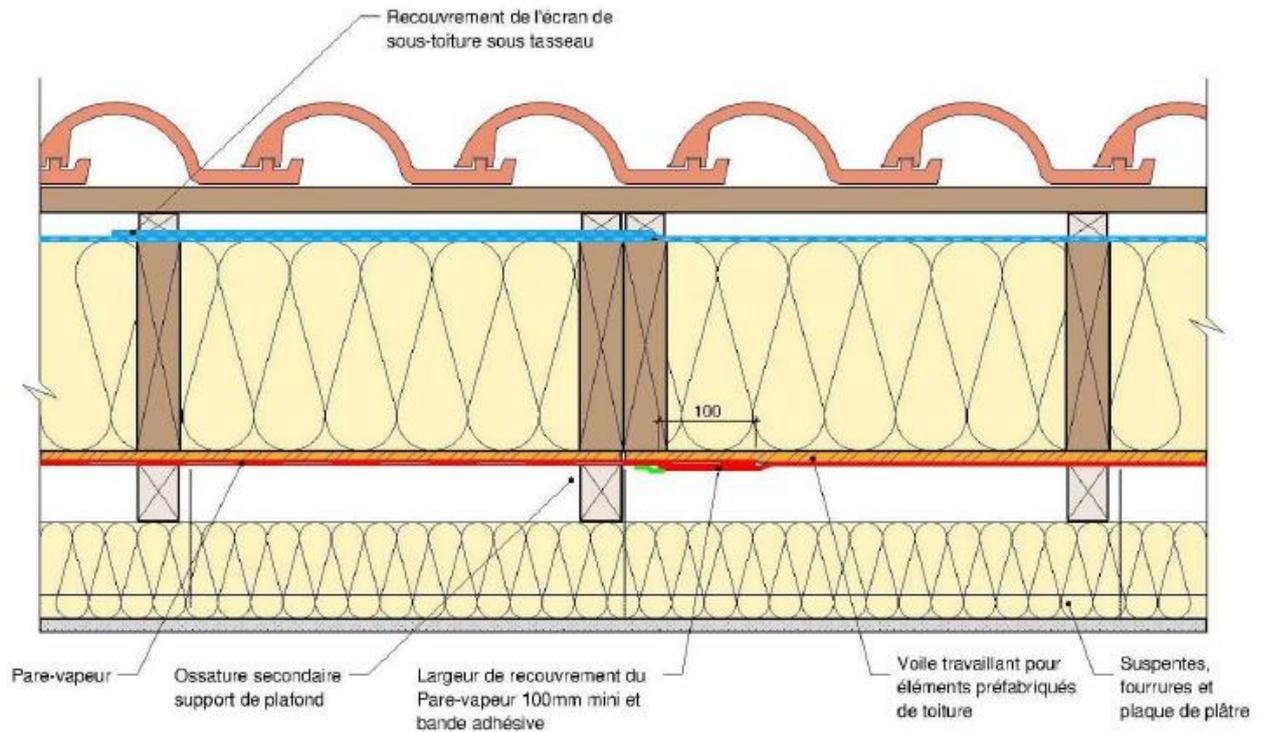


Figure 72 Illustration de liaison entre deux éléments préfabriqués avec pare-vapeur souple

5.9 Exposition des parois en phase chantier

Voir chapitre 9.3.3.1 du NF DTU 31.2 P1-1

Autre nouveauté du NF DTU 31.2 : la **durée maximale d'exposition aux intempéries** en phase chantier pour les parois revêtues de leur pare-pluie, avant la mise en œuvre du revêtement extérieur.

Cette durée dépend du type de pare-pluie. Le tableau suivant permet de **choisir son pare-pluie** en fonction de sa durée d'exposition prévisible avant recouvrement.

Type de pare-pluie	Durée maximale d'exposition aux intempéries
Pare-pluie souple 336h UV	15 jours
Pare-pluie souple 1000h UV	3 mois
Pare-pluie souple 5000h UV	6 mois
Ecran rigide en panneau de type MDF RW-H	1 mois
Ecran rigide en panneau de type SB-H	1 mois
Ecran rigide en panneau de type SB-E	3 mois

NOTE Une membrane pare-pluie de type 1000 heures UV signifie que cette membrane est toujours étanche à l'eau (étanchéité de niveau W1) après une exposition aux UV pendant 1000 heures, en laboratoire.

6. INTERFACES AVEC LES AUTRES CORPS D'ETAT

6.1 Interface avec le soubassement et accessibilité PMR

Voir chapitre 10.1.1 du NF DTU 31.2 P1-1

Tout élément structurel d'une paroi à ossature bois doit se situer **à plus de 20 cm du sol fini extérieur**.

Comme illustré ci-dessous, cette distance peut être portée à 23 cm dans le cas d'un bardage en bois, car le revêtement extérieur doit recouvrir la liaison lisse basse / maçonnerie d'au moins 3 cm, et le bardage lui-même doit être à plus de 20 cm du sol fini extérieur.

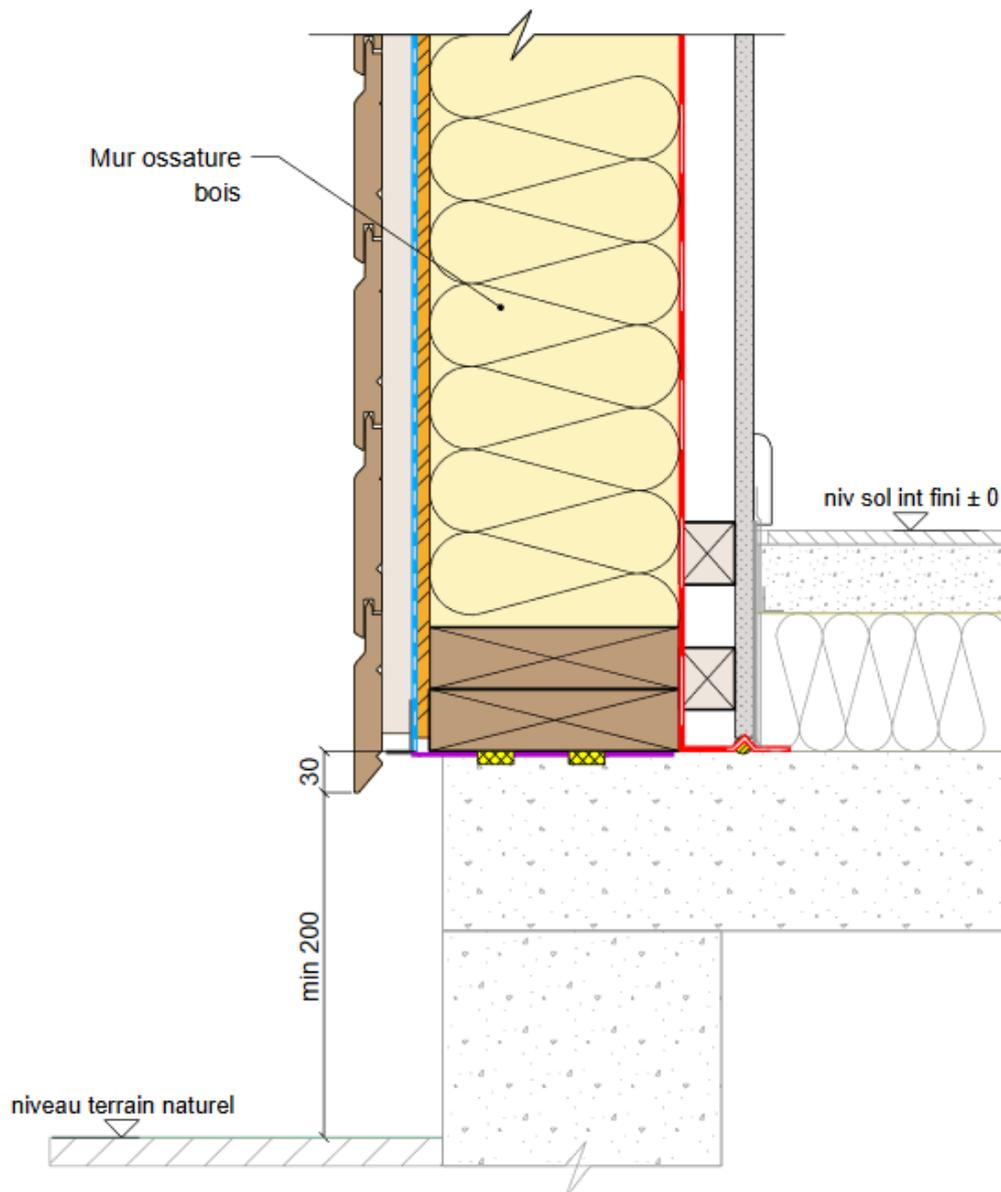


Figure 73 Illustration de la garde au sol d'un mur à ossature bois (coupe verticale)

Cette exigence est donc incompatible avec les exigences réglementaires en matière d'accessibilité, puisque le ressaut maximal des accès extérieurs dû **au seuil ne peut excéder 2 cm**.

En rez-de-chaussée, ces deux exigences peuvent être respectées conjointement par la **mise en œuvre d'un caniveau** à minima au droit des portes extérieures : la garde au sol de 20cm peut être prise au fond du caniveau.

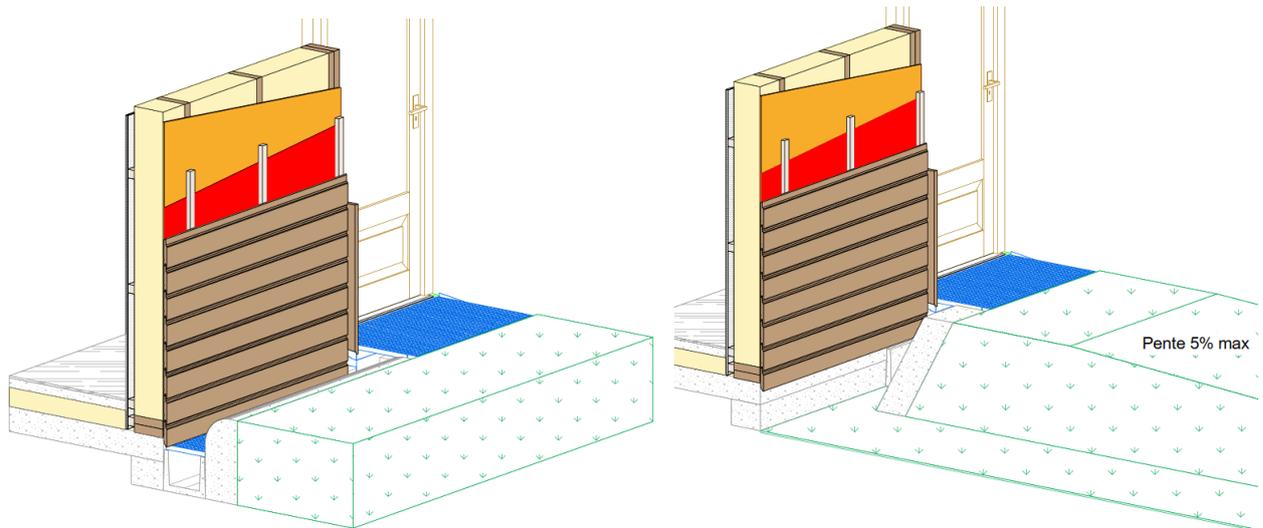


Figure 74 Exemple de gestion de seuil PMR par la mise en place d'un caniveau : caniveau filant (à gauche) ou caniveau ponctuel avec rampe d'accès (à droite)

Le franchissement du seuil pourra être réalisé par l'intermédiaire d'un caillebotis métallique

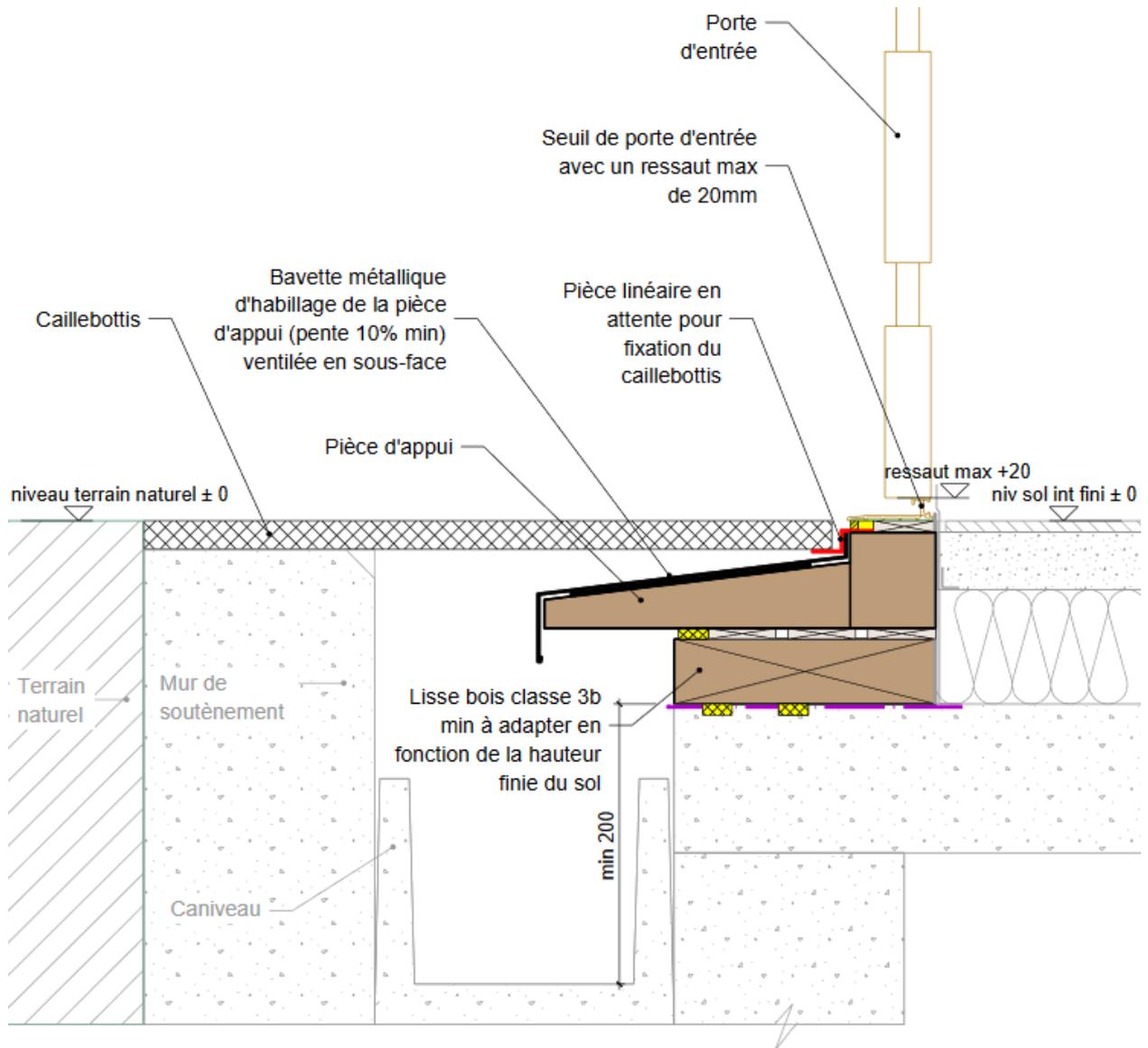


Figure 75 Exemple de conception d'un seuil de porte d'entrée au droit d'une porte d'entrée (coupe verticale)

Dans le cas d'un accès vers une terrasse extérieure ou un balcon en rez-de-chaussée ou au droit d'un plancher intermédiaire, l'utilisation d'un caillebotis peut également être envisagée.

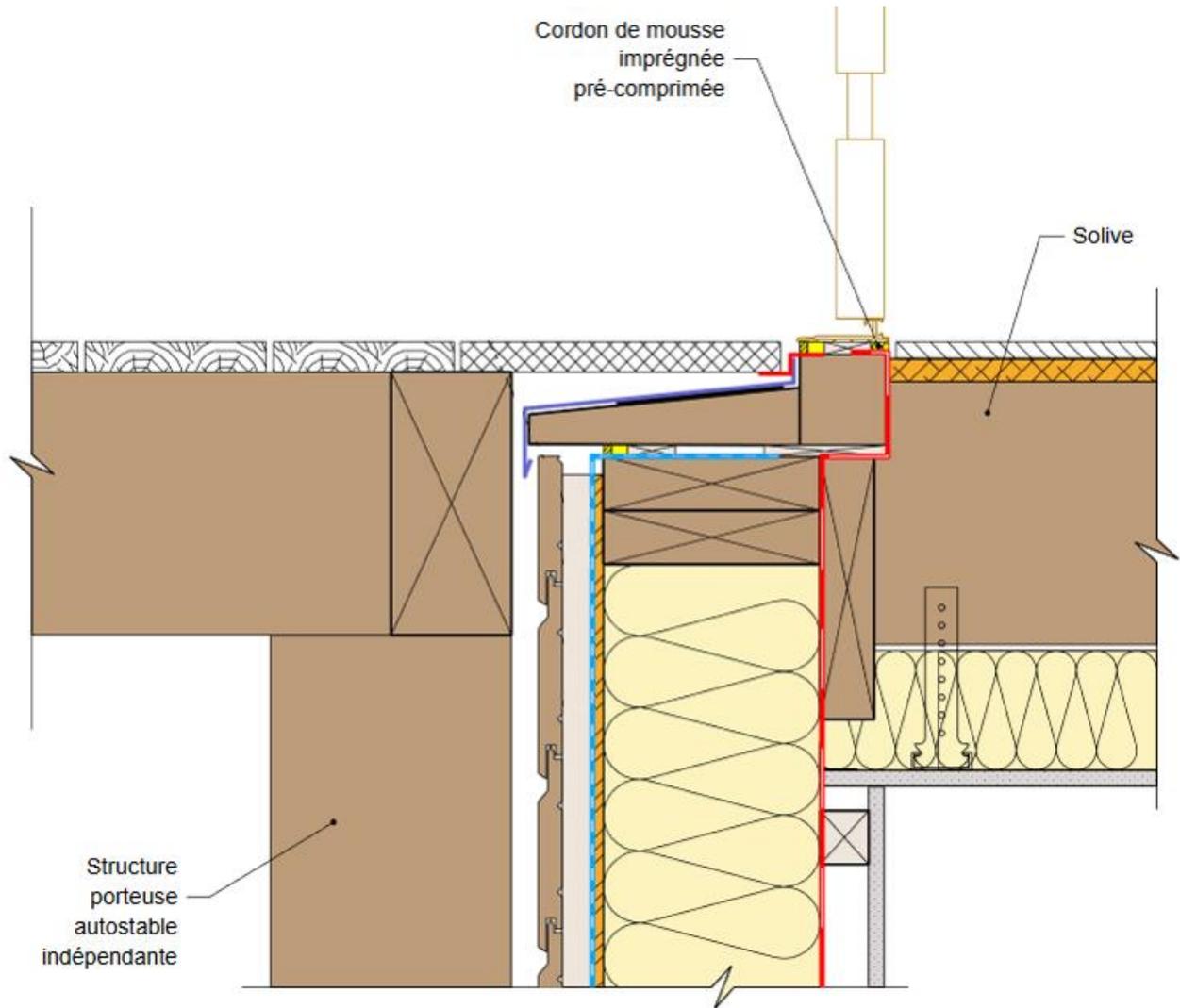


Figure 76 Accessibilité sur une terrasse au droit d'un plancher intermédiaire (coupe verticale)

6.2 Intégration des menuiseries extérieures

La mise en œuvre des menuiseries ainsi que la gestion des interfaces avec les parois à ossature bois sont définies dans les **Recommandations Professionnelles PACTE « Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois »** (document téléchargeable sur <https://www.programmepacte.fr/catalogue>).

6.3 Interfaces avec les lots « fluides » (électricité, plomberie, ventilation, zinguerie et chauffage)

Voir chapitre 11 du NF DTU 31.2 P1-1

6.3.1 Création d'une gaine technique en partie courante

Un vide technique pour le passage des gaines, tuyaux et la pose des boîtes d'encastrement électriques est indispensable pour éviter tout percement de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau.

La mise en œuvre d'une **contre-ossature** (en bois ou en métal) horizontale ou verticale, support de l'isolant de doublage et/ou de parement intérieur, dont l'épaisseur ménage la gaine technique, assure cette « protection » de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau.

La section de la contre-ossature doit être choisie telle que :

- la largeur est compatible avec les exigences d'appui des revêtements extérieurs (exemple : 45 mm minimum pour les plaques de plâtre) ;
- l'épaisseur, pour les parois ne comportant pas de boîtes d'encastrement est supérieure ou égale à 25 mm ;
- l'épaisseur, lorsque des boîtes d'encastrement sont prévues, doit être égale à la profondeur de boîte moins l'épaisseur du parement intérieur (exemple : pour une boîte de 53 mm de profondeur, posée avec un parement intérieur de 13 mm, l'épaisseur du tasseau doit être au minimum de $53 - 13 = 40$ mm).

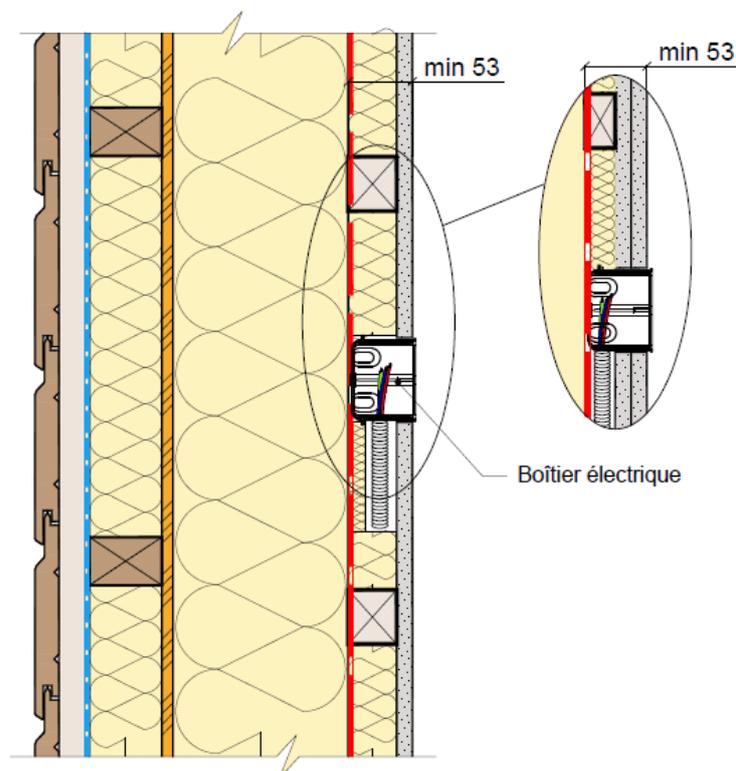


Figure 77 Exemple de conception d'une gaine technique en partie courante en fonction de la profondeur d'une boîte d'encastrement (coupe verticale)

La mise en œuvre de gaines de dimensions (diamètre ou épaisseur) **supérieures à 100 mm** (gaines isolées de VMC double-flux par exemple) se fera dans des colonnes techniques spécifiques et non dans l'épaisseur de la contre-ossature.

Lorsqu'il est nécessaire que les gaines soient (ponctuellement) perpendiculaires aux contre-ossatures et lorsque leur diamètre est inférieur ou égal à 25 mm, il est possible de les faire passer entre le pare-vapeur et la contre-ossature.

Si les gaines ont un diamètre supérieur à 25 mm le tasseau devra être interrompu pour permettre le passage de la gaine (voir figure ci-dessous).

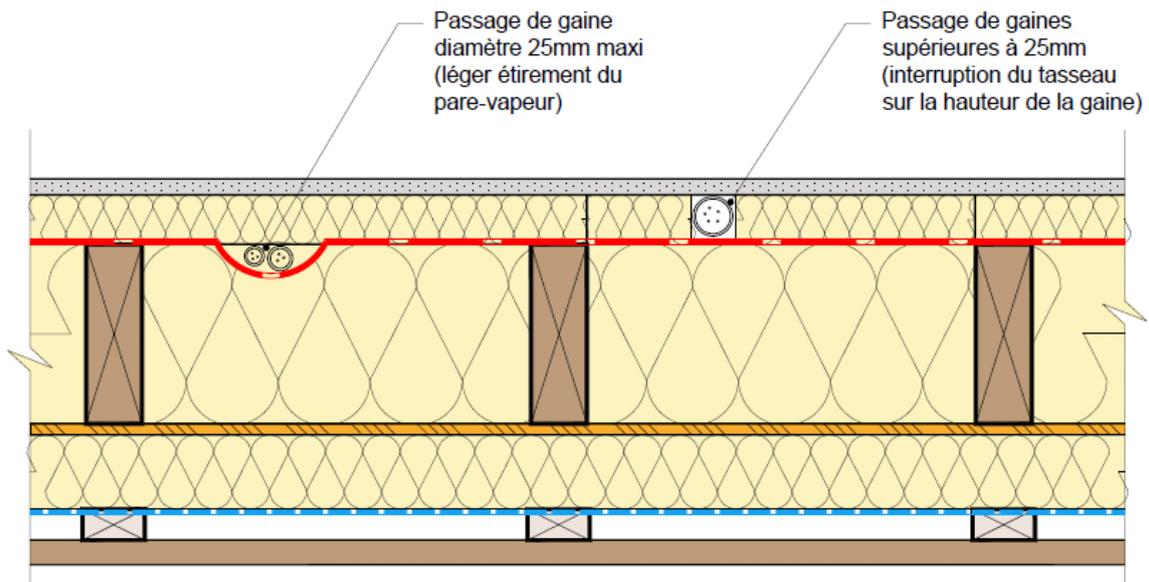


Figure 78 *Passage de gaines perpendiculaires aux tasseaux supports d'isolant et/ou de parement (coupe horizontale)*

6.4 Spécifications pour l'incorporation d'éléments traversant la barrière d'étanchéité à l'eau, à l'air et à la vapeur d'eau

Voir chapitre 11 du NF DTU 31.2 P1-1

6.4.1 Généralités

Tous les réseaux (électricité, plomberie, VMC,...) doivent autant que possible circuler dans le volume étanche à l'air comme indiqué ci-dessus. Cependant, cela n'est pas toujours possible : lorsque la barrière à la diffusion de vapeur d'eau est tout de même percée pour le passage d'une gaine, pour traiter les arrivées principales de raccordement aux réseaux publics d'eau ou d'électricité, ou de tout autre élément traversant (élément de structure par exemple), **sa continuité doit être rétablie sur toute la périphérie du percement.**

Les fourreaux traversant les systèmes d'étanchéité côté intérieur et côté extérieur doivent être mis en œuvre par l'entreprise titulaire du lot ossature bois.

Sauf prescription particulière, le fourreau est légèrement oblique descendant vers l'extérieur (pente supérieure à 3%)

6.4.2 Règles de percement des voiles de contreventement

Un seul percement est autorisé sur le même panneau de contreventement.

La distance entre toute rive du panneau et un bord quelconque du percement est au moins égale à la plus grande dimension du percement.

S'il n'est pas chevêtré, les dimensions en hauteur et en largeur de percement ne dépassent pas 150mm.

S'il est chevêtré, les dimensions en hauteur et en largeur ne dépassent pas 300mm.

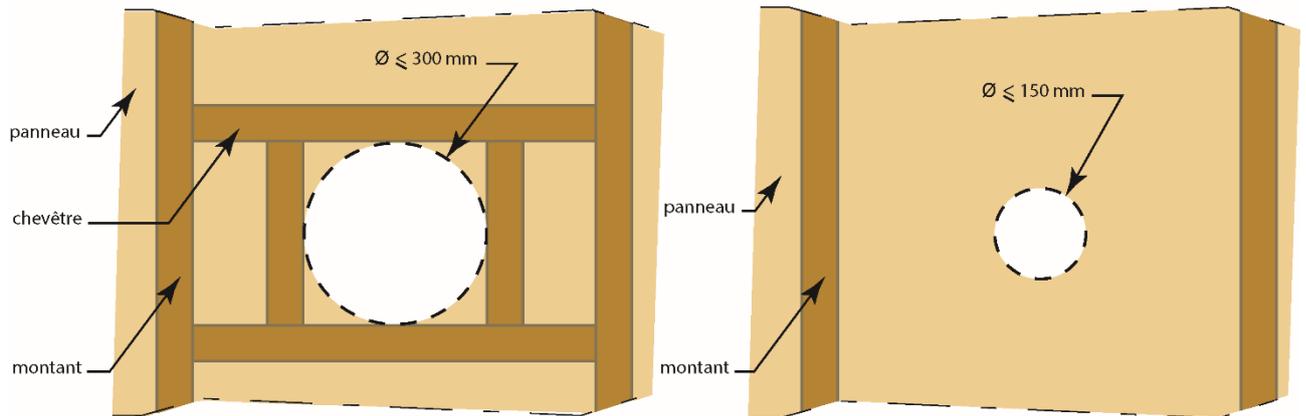


Figure 79 Illustration pour les dimensions maximales des traversées de parois au travers du voile de contreventement.

Pour des dimensions supérieures, le percement doit être pris en compte lors du dimensionnement de la paroi au contreventement et traité avec un chevêtre spécifique, identique à ceux des fenêtres et portes extérieures (conception et dimensionnement spécifique, mise en œuvre d'un linteau,...)

6.4.3 Rétablissement de la continuité des plans d'étanchéité

Cette continuité est rétablie **par pontage par bandes adhésives compatibles** (voir la partie 1-2 « Choix des matériaux » du NF DTU 31.2) et/ou **à l'aide d'accessoires spécialisés** (passe-câbles, manchons EPDM) compatibles avec les dimensions de l'élément traversant.

Ces prescriptions sont également valables pour les fixations d'éléments pesants fixés côté intérieur des murs (éléments hauts de cuisine, chaudière ou centrale VMC murale...).

Il en est de même côté extérieur, pour l'étanchéité à l'eau. Dans le cas d'un réseau particulièrement froid ou chaud (climatisation, conduit de cheminée...), les éléments permettant d'assurer la continuité de l'étanchéité à l'air doivent conserver durablement leur fonctionnalité même en cas de variation de température et de dilatation thermique de l'élément traversant.

Le positionnement et le maintien des gaines traversantes sont réalisés :

- d'un côté grâce au voile travaillant,
- de l'autre côté avec un panneau pré-percé aux dimensions de la gaine, ce panneau étant lui-même fixé aux montants d'ossature.

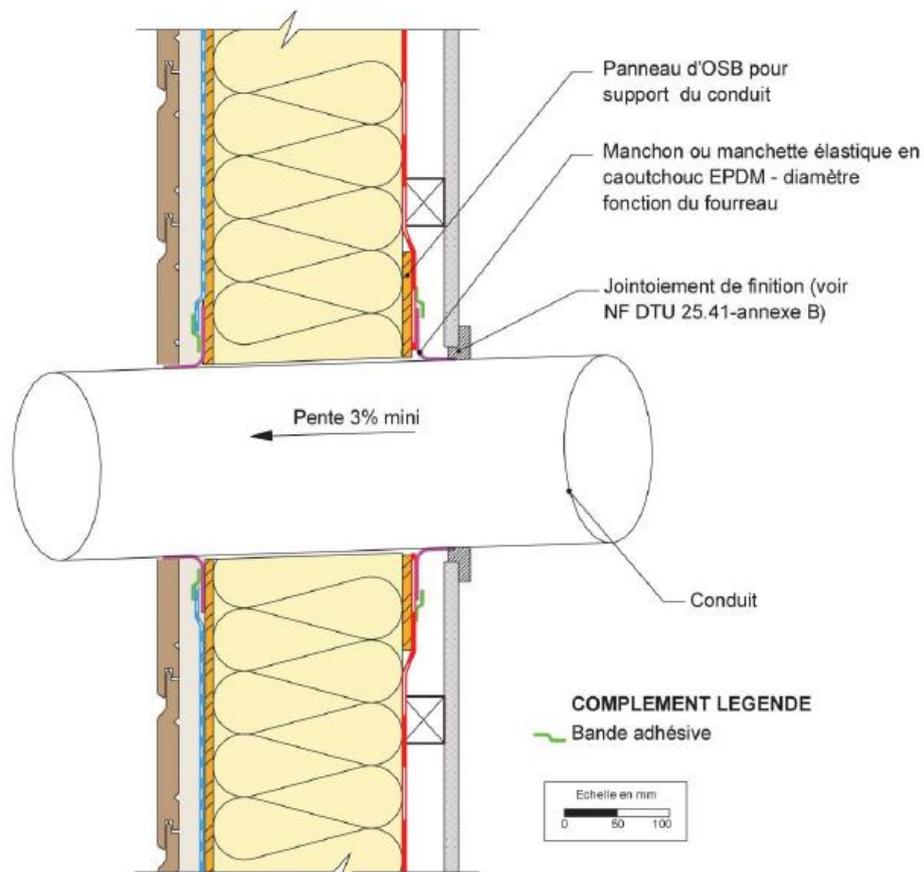


Figure 80 *Raccordement de l'étanchéité à l'air et à l'eau en périphérie d'un élément traversant par un manchon EPDM – niveau d'étanchéité Ee1 (coupe verticale)*

La figure ci-dessus est compatible avec l'exigence d'étanchéité à l'eau de **niveau Ee1** (voir chapitre 7 du présent document).

Dans le cas d'une exigence d'étanchéité à l'eau de **niveau Ee2**, la liaison revêtement extérieur / élément traversant doit être étanche à l'eau. A cet effet, des accessoires sont mis en œuvre dans le plan du revêtement extérieur (collerette en acier inox ou aluminium munis de joints à lèvre par exemple).

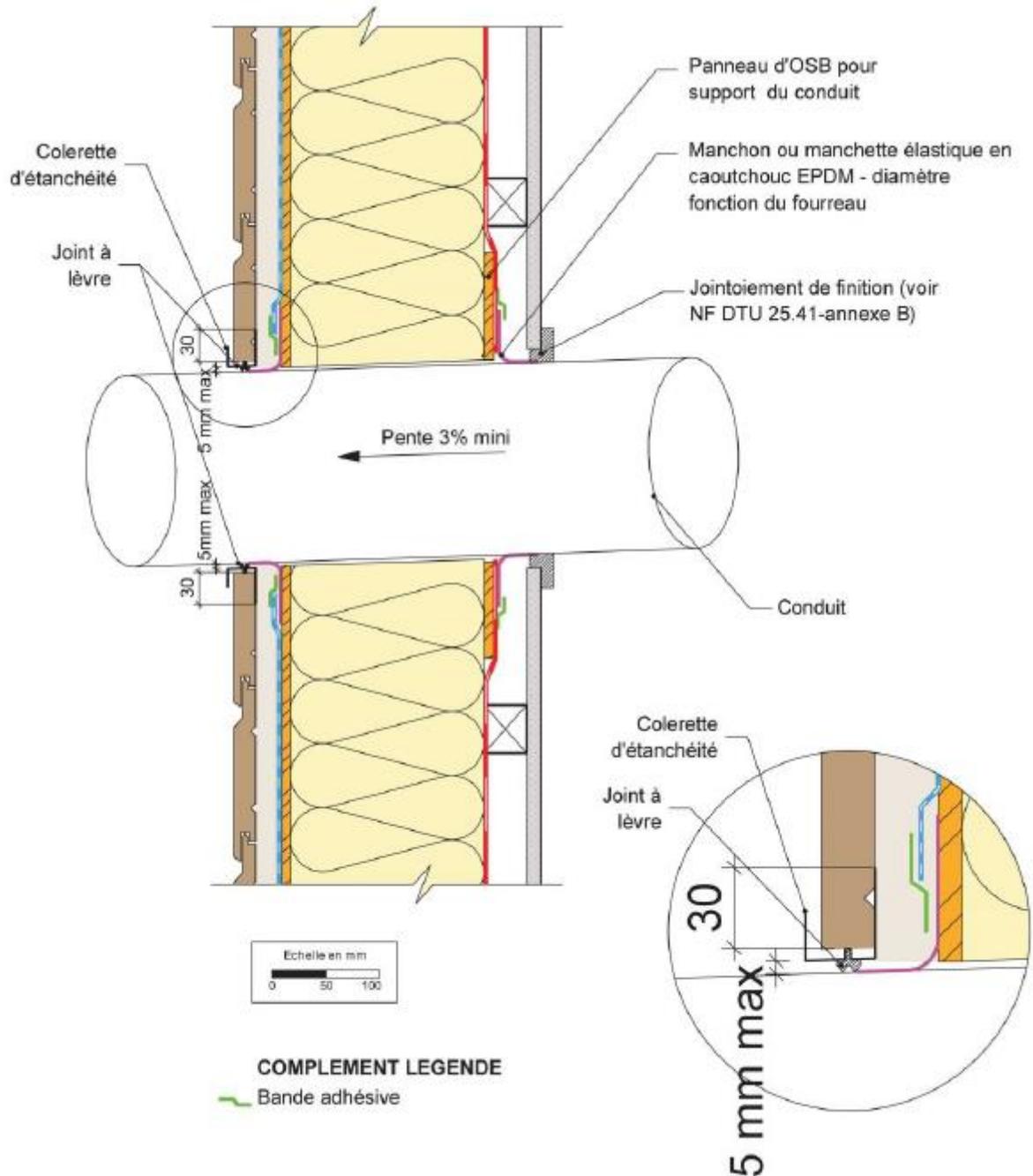


Figure 81 Raccordement de l'étanchéité à l'air et à l'eau en périphérie d'un élément traversant par un manchon EPDM – niveau d'étanchéité Ee2 (coupe verticale)

Dans le cas de bardage ne relevant pas du NF DTU 41-2, le référentiel technique dont relève le bardage peut préciser les dispositions techniques à respecter pour la conception et la réalisation de cet ouvrage.

Pour les éléments traversant le pare-pluie de diamètre ≤ 16 mm (gaine électrique) et un percement du revêtement extérieur de diamètre \leq diamètre gaine + 2 mm, il est considéré que l'étanchéité à l'eau reste de niveau Ee2.

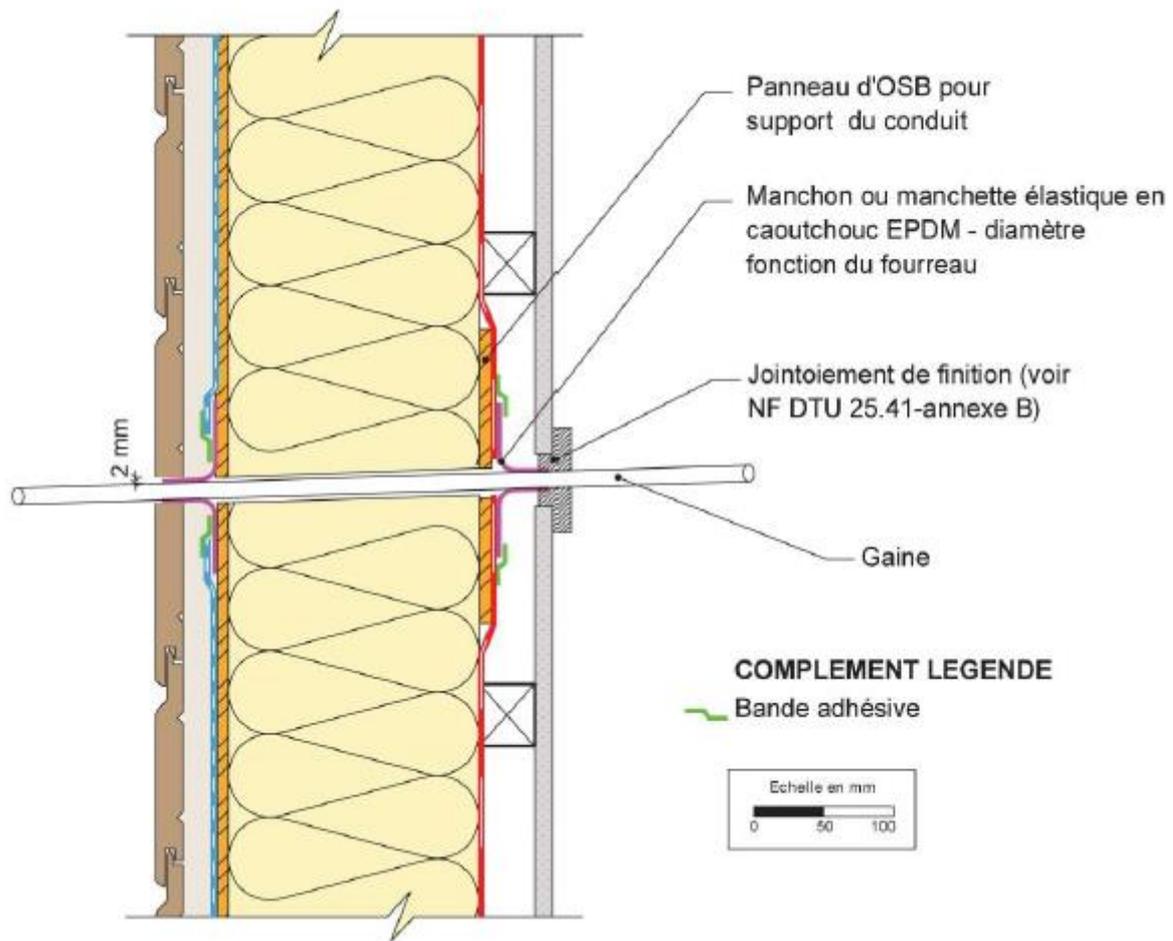


Figure 82 Raccordement de l'étanchéité à l'air et à l'eau en périphérie d'un élément traversant de diamètre inférieur à 16 mm par un manchon EPDM – niveau d'étanchéité Ee2 (coupe verticale)

Dans le cas particulier de conduits pour fluides ou gaz chauds ou réfrigéré, le choix des conduits sera fait en respect du NF DTU 24-1, avec un conduit à double paroi isolé.

NOTE La température de contact de l'extérieur du conduit doit être suffisamment basse pour permettre le raccord d'étanchéité à l'air sans endommager le produit. De plus les pièges à calorie sont à éviter impérativement, ce qui signifie que l'apport calorifique (limité par l'isolation) du conduit de fumée doit pouvoir être évacué (via la VMC par exemple).

6.5 Spécifications complémentaires pour l'incorporation en façade d'éléments rapportés traversant uniquement la barrière d'étanchéité à l'eau

Voir chapitre 11 du NF DTU 31.2 P1-1

6.5.1 Eléments traversant uniquement le revêtement extérieur

La fixation de ces éléments se fera uniquement par vis ou tirefonds en inox, à dimensionner au cas par cas **en fonction du poids de l'élément rapporté et des charges climatiques** exercées sur celui-ci, dans le revêtement extérieur ou dans l'ossature support de revêtement extérieur.

Dans le cas de revêtements extérieurs en bois conformes au NF DTU 41.2, ces fixations par vis sont compatibles avec une exigence d'étanchéité à l'eau de niveau Ee2.

La longueur des éléments de fixation est étudiée de façon à ne pas percer le pare-pluie : une distance « de sécurité » de 3 mm est respectée.

La longueur maximale de ces fixations sera donc égale à :

$$\text{ép. revêtement} + \text{ép. tasseau} - 3 \text{ mm.}$$

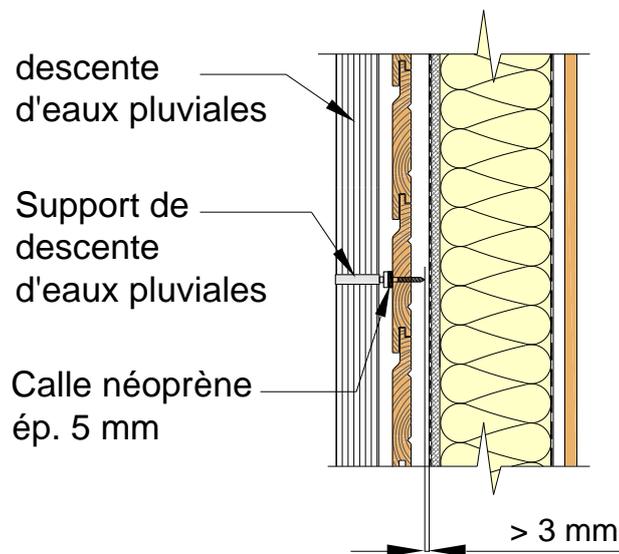


Figure 83 Exemple de fixation d'un support de descente d'eaux pluviales (coupe verticale)

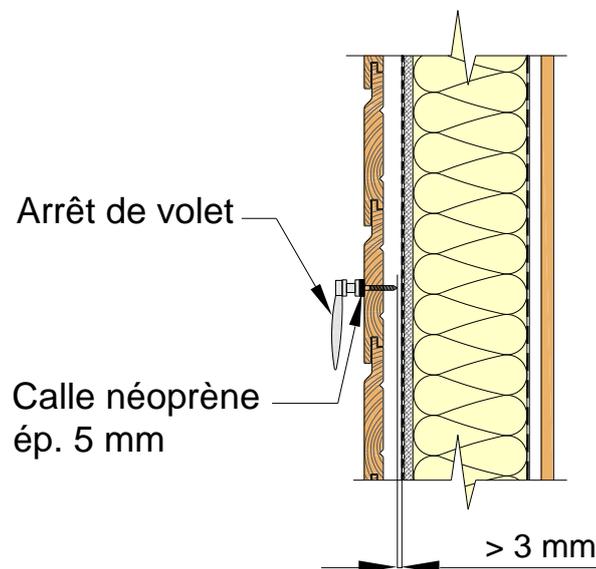


Figure 84 Exemple de fixation d'un arrêt de volet (coupe verticale)

L'écoulement de l'eau sur le bardage ne doit pas être perturbé par cet élément rapporté : des cales néoprènes au droit de chaque fixation permettent cet écoulement.

6.5.2 *Éléments traversant le revêtement extérieur et le pare-pluie*

Selon le niveau de chargement de l'élément rapporté sur la façade, il peut être nécessaire de traverser le pare-pluie pour pouvoir **s'ancrer directement dans l'ossature principale** de la façade.

NOTE Il s'agit par exemple de fixations de balcons, stores, brise-soleil, etc. (éléments pesants)

La procédure suivante est alors à respecter :

- le percement de la paroi est légèrement oblique descendant vers l'extérieur (pente supérieure à 3%) ;
- le pare-pluie est incisé autour de l'élément traversant ;
- la continuité de l'étanchéité à l'eau est rétablie par pontage par bandes adhésives compatibles (voir la partie 1-2 « Choix des matériaux » du NF DTU 31.2) et/ou à l'aide d'accessoires spécialisés (manchons EPDM).

Les **réservations** pour la disposition d'entretoises sont communiquées à l'entreprise de construction **avant la fabrication des murs**.

L'écoulement de l'eau sur le revêtement extérieur et dans la lame d'air (si le bardage n'est pas à joints fermés) ne doit pas être perturbé par cet élément rapporté.

Une cale plastique ou en contreplaqué (NF EN 636 type 3S) de l'épaisseur des tasseaux support de revêtement extérieur sera disposée ponctuellement (pour respecter le débit de la lame d'air) dans l'épaisseur de la lame d'air au droit de chaque fixation pour permettre leur serrage sans déformer le revêtement extérieur.

La rive supérieure de ces cales sera biseautée (au moins à 30°) pour permettre l'écoulement de l'eau.

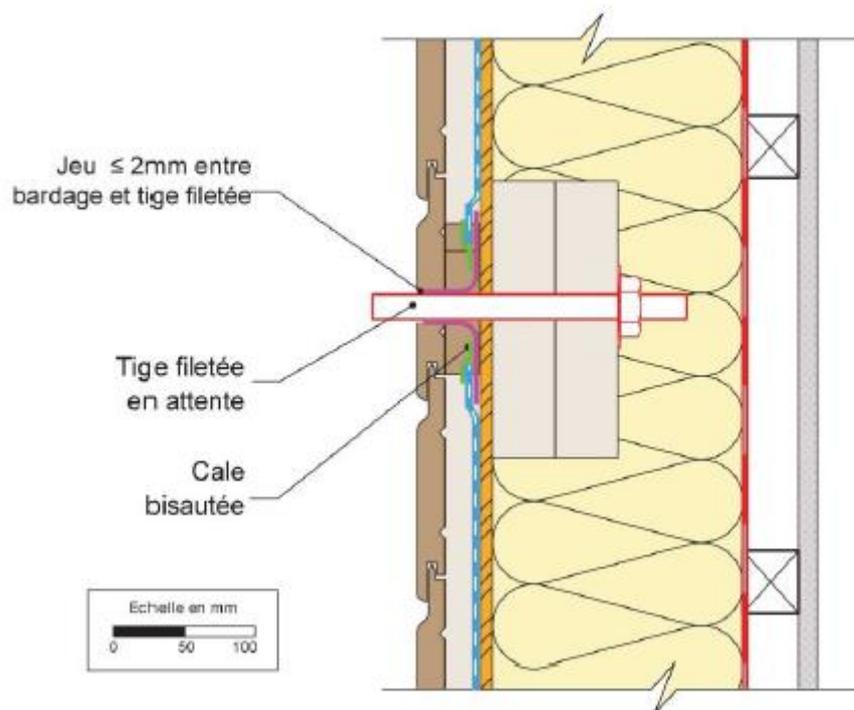


Figure 85 *Exemple de traversée bardage / pare-pluie – coupe verticale*

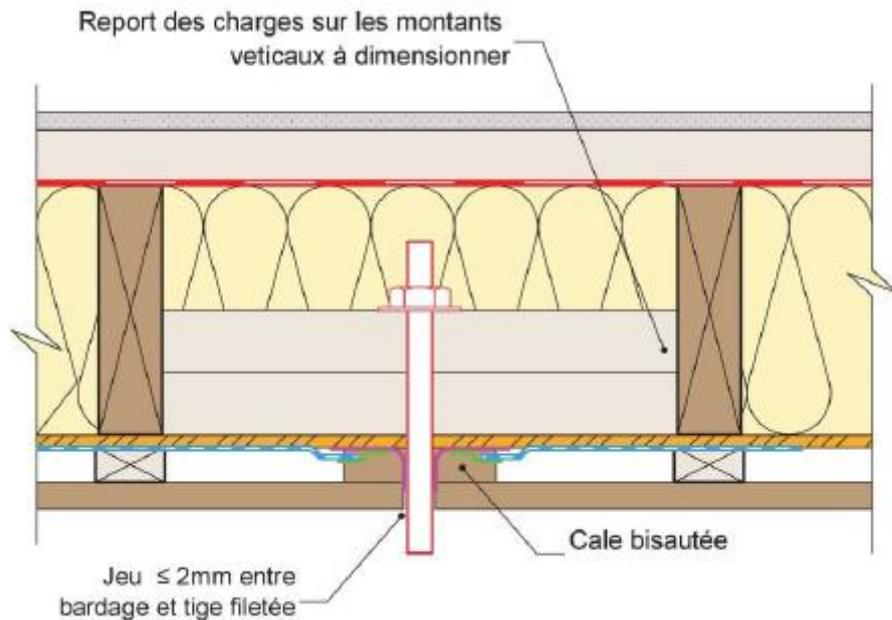


Figure 86 Exemple de traversée bardage / pare-pluie – – coupe horizontale

Pour les éléments traversants de diamètre ≤ 16 mm (tige filetée par exemple) et un percement du revêtement extérieur de diamètre \leq diamètre tige + 2 mm, il est considéré que l'étanchéité à l'eau reste de niveau Ee2.

Pour les éléments traversants de diamètre > 16 mm, comme indiqué au chapitre 6.4.3 ci-dessus, la performance « étanchéité à l'eau » est de niveau Ee1 ou Ee2 selon la présence ou non d'accessoires d'étanchéité mis en œuvre avec le revêtement extérieur (anneaux en acier inox ou aluminium munis de joints à lèvres par exemple) assurant l'étanchéité entre le bardage et cet élément traversant.

6.5.3 Cas particulier des éléments traversant les écrans rigides (panneaux à fonction pare-pluie) et les barrières à la diffusion de vapeur d'eau en panneau à base de bois

Le rétablissement de la continuité doit être réalisé comme indiqué ci-dessus, par bandes adhésives compatibles (voir la partie 1-2 « Choix des matériaux » du NF DTU 31.2) et/ou à l'aide d'accessoires spécialisés (manchons EPDM), **directement sur les panneaux à base de bois** constituant les plans d'étanchéité.

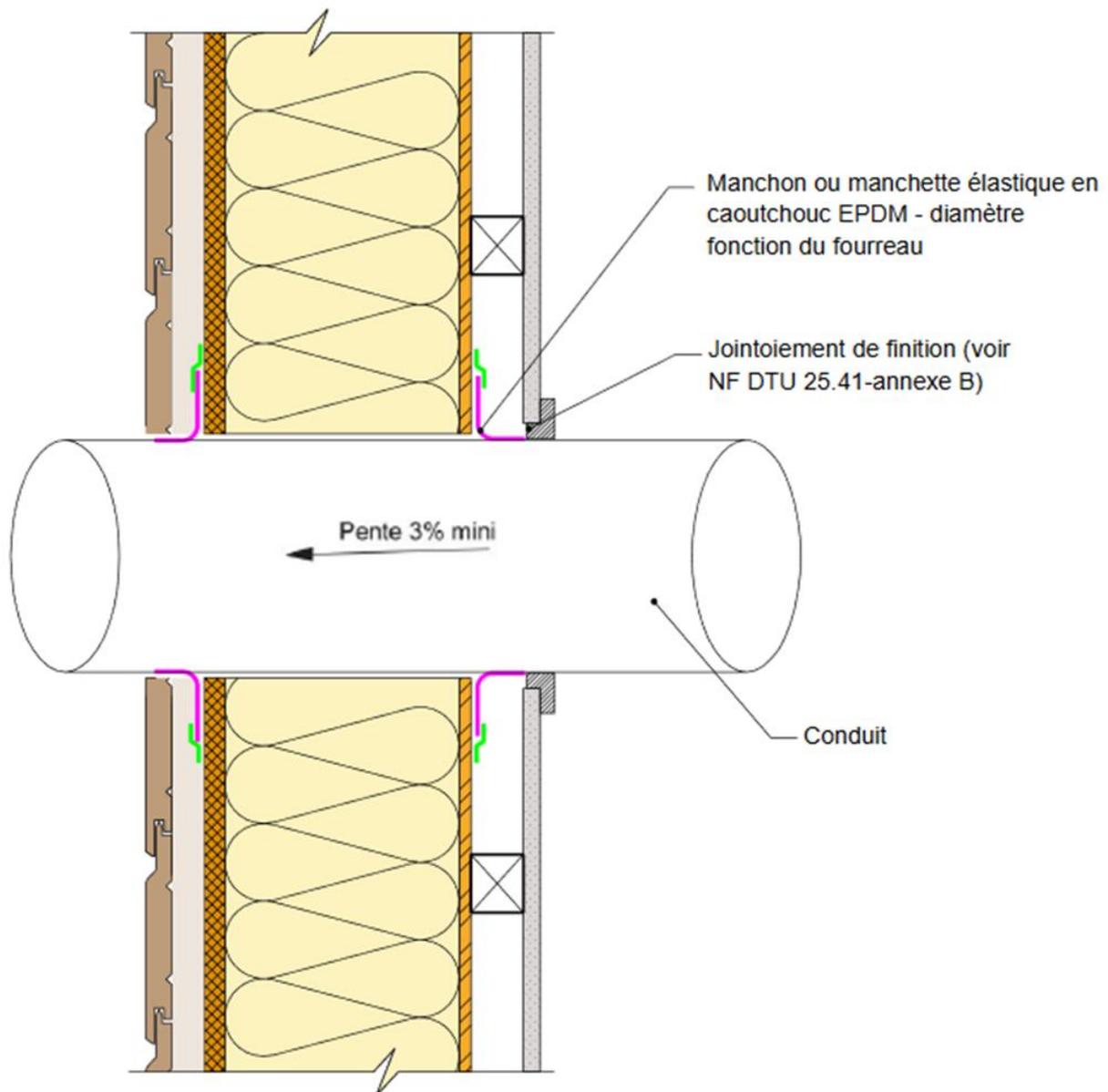


Figure 87 Exemple de traitement de la traversée d'une paroi sans membrane souple (pare-pluie et pare-vapeur) (coupe verticale)

6.6 Intégration des fermetures

6.6.1 Préambule

La mise en œuvre des fermetures n'est pas spécifiquement décrite dans le NF DTU 31.2. Mais dans un mur à ossature bois, la dégradation de l'étanchéité à l'eau, à l'air et à la vapeur d'eau peut être très problématique. Les schémas du présent chapitre sont des exemples de détails d'exécution qui présentent des solutions fonctionnelles et performantes, mais il en existe d'autres !

NOTE La réalisation de l'étanchéité à l'eau et à l'air reprend les principes décrits par ailleurs dans ce document ainsi que dans les Recommandations Professionnelles PACTE « Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois » (document téléchargeable sur <https://www.programmepacte.fr/catalogue>).

6.6.2 Volets roulants de type « bloc-baie »

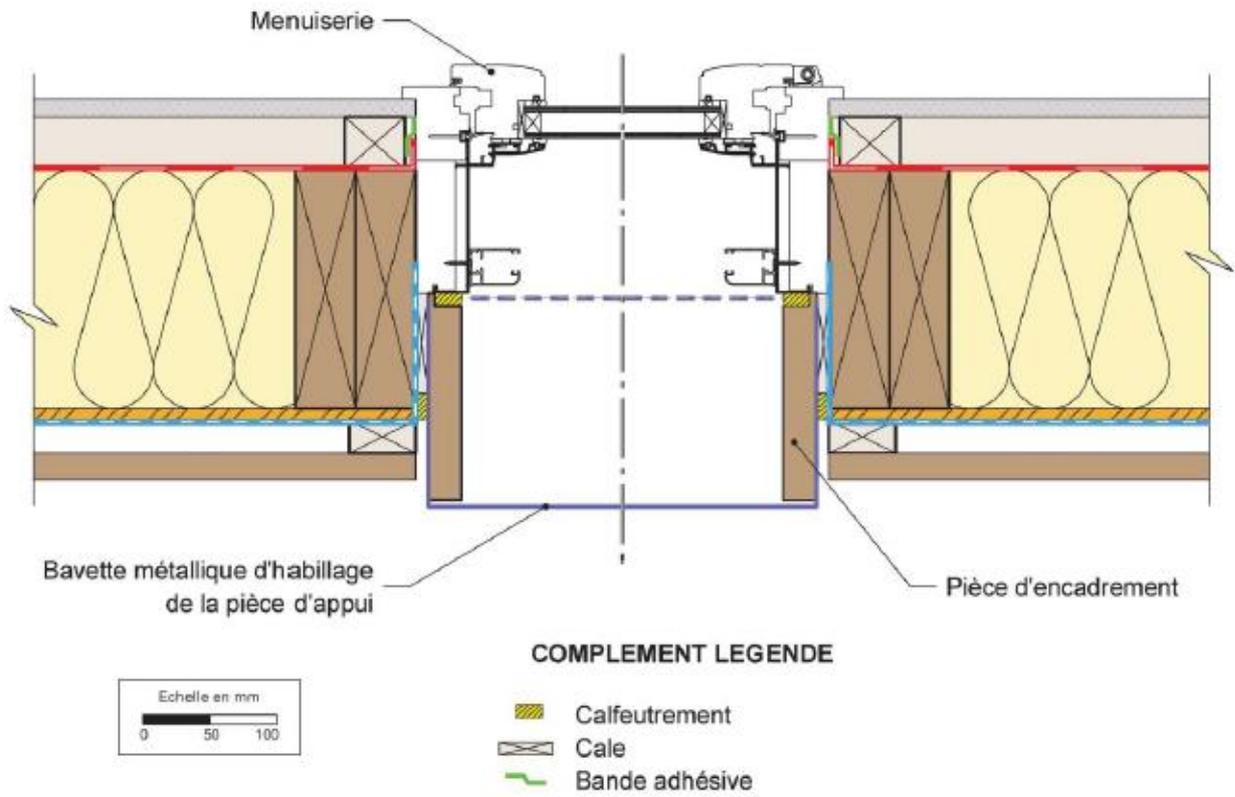


Figure 88 Coupe horizontale

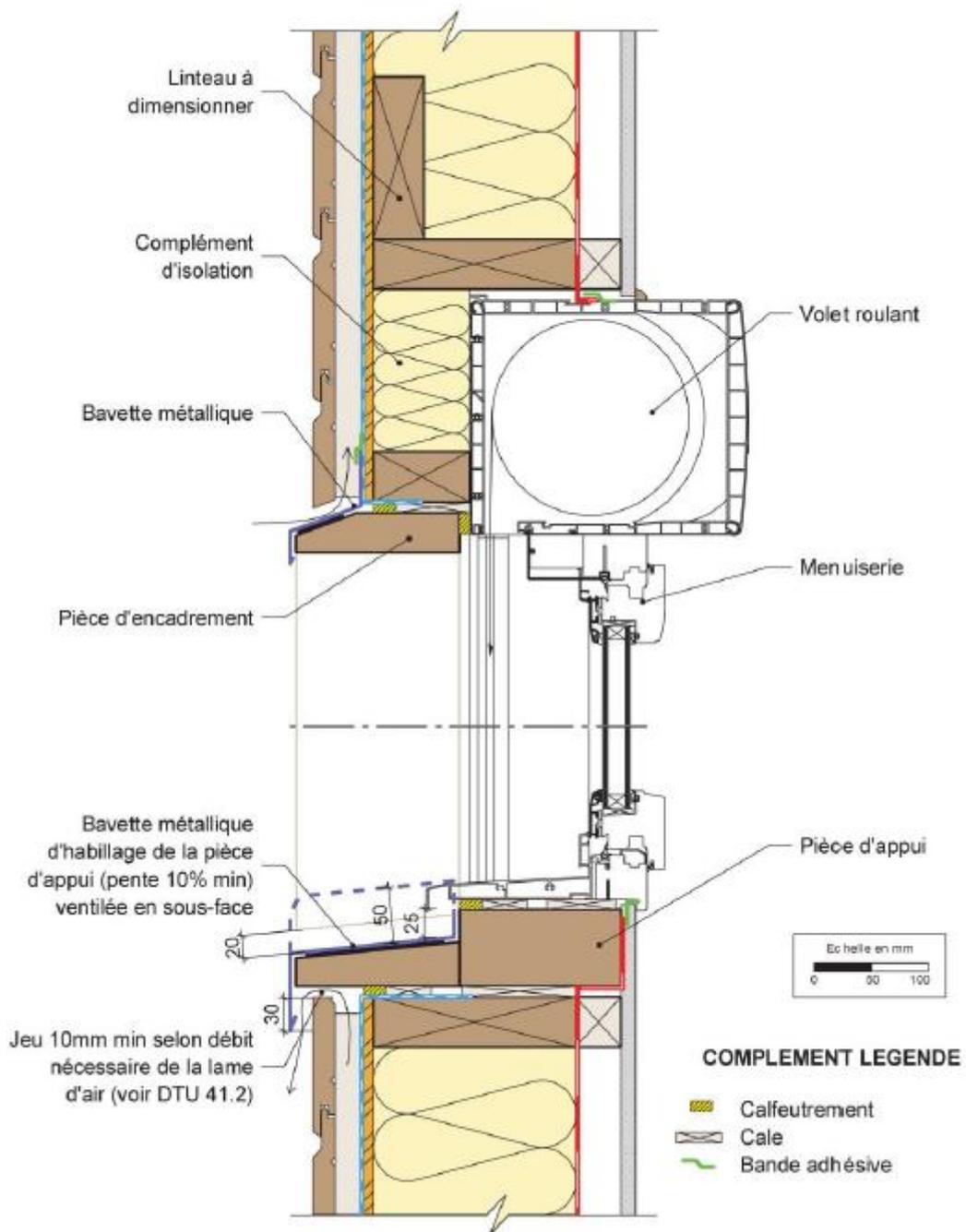


Figure 89 Coupe verticale

NOTE Le niveau de performance de l'étanchéité à l'air de la façade comportant une baie avec ce type de coffre de volet roulant sera directement lié à la performance de ce coffre.

6.6.3 Volets roulants de type « coffre linteau »

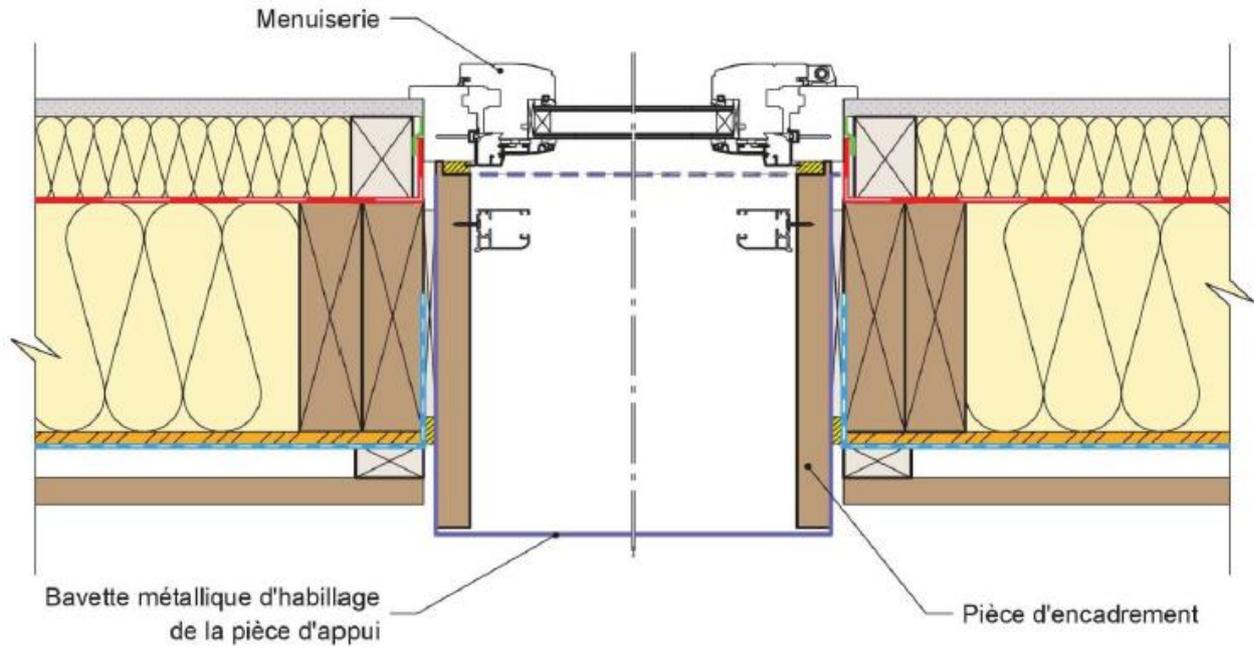


Figure 90 Coupe horizontale

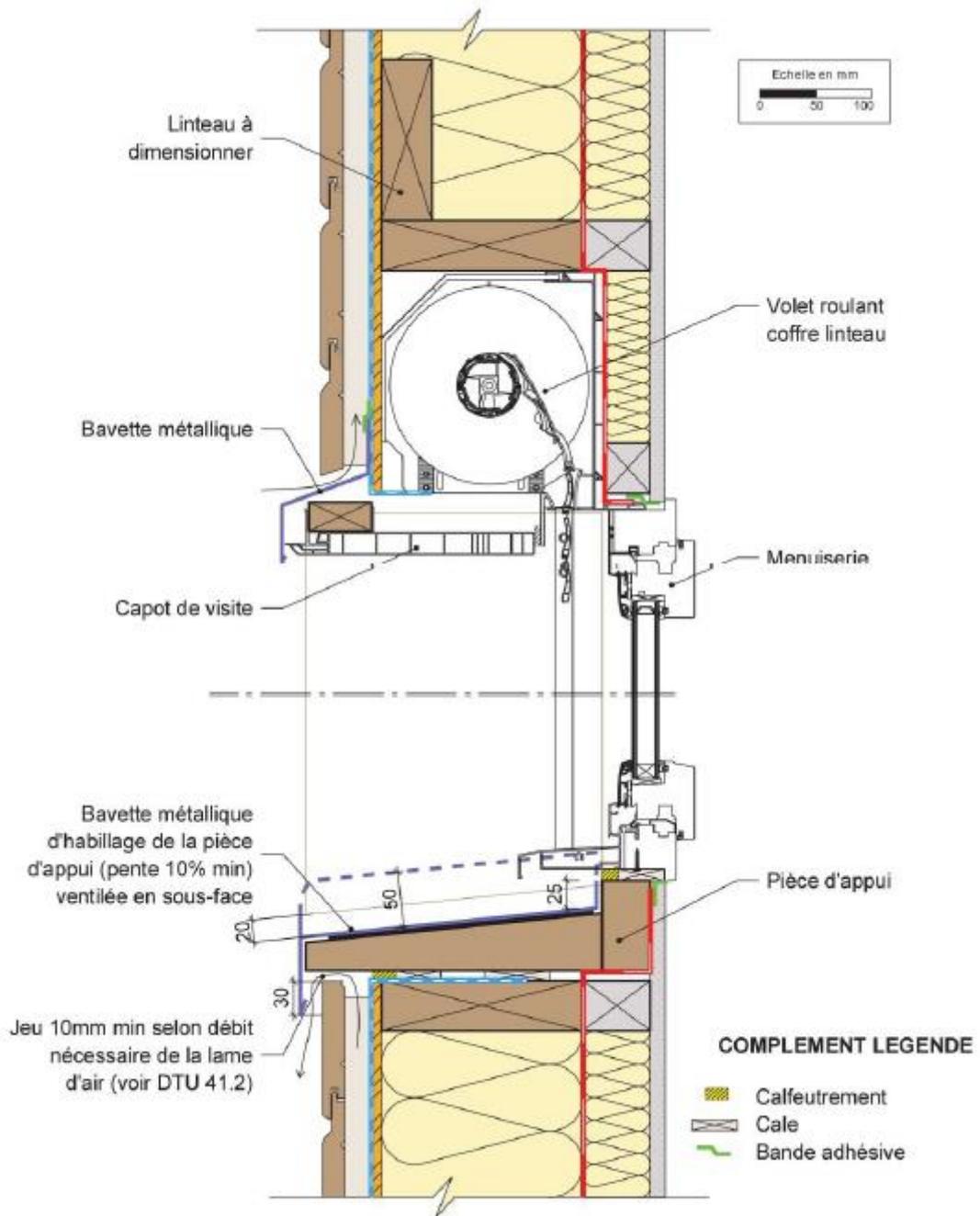


Figure 91 Coupe verticale

6.6.4 Brise-soleil orientables (BSO)

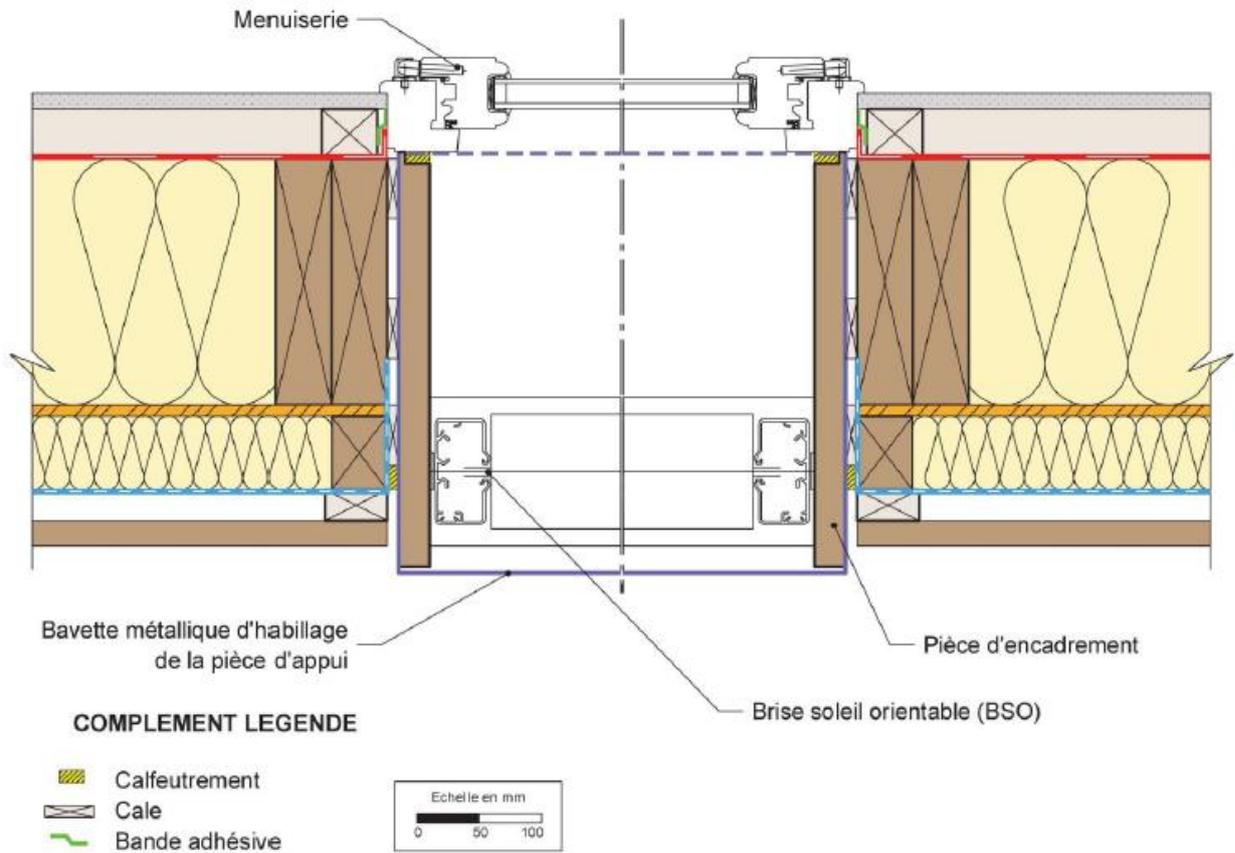


Figure 92 Coupe horizontale

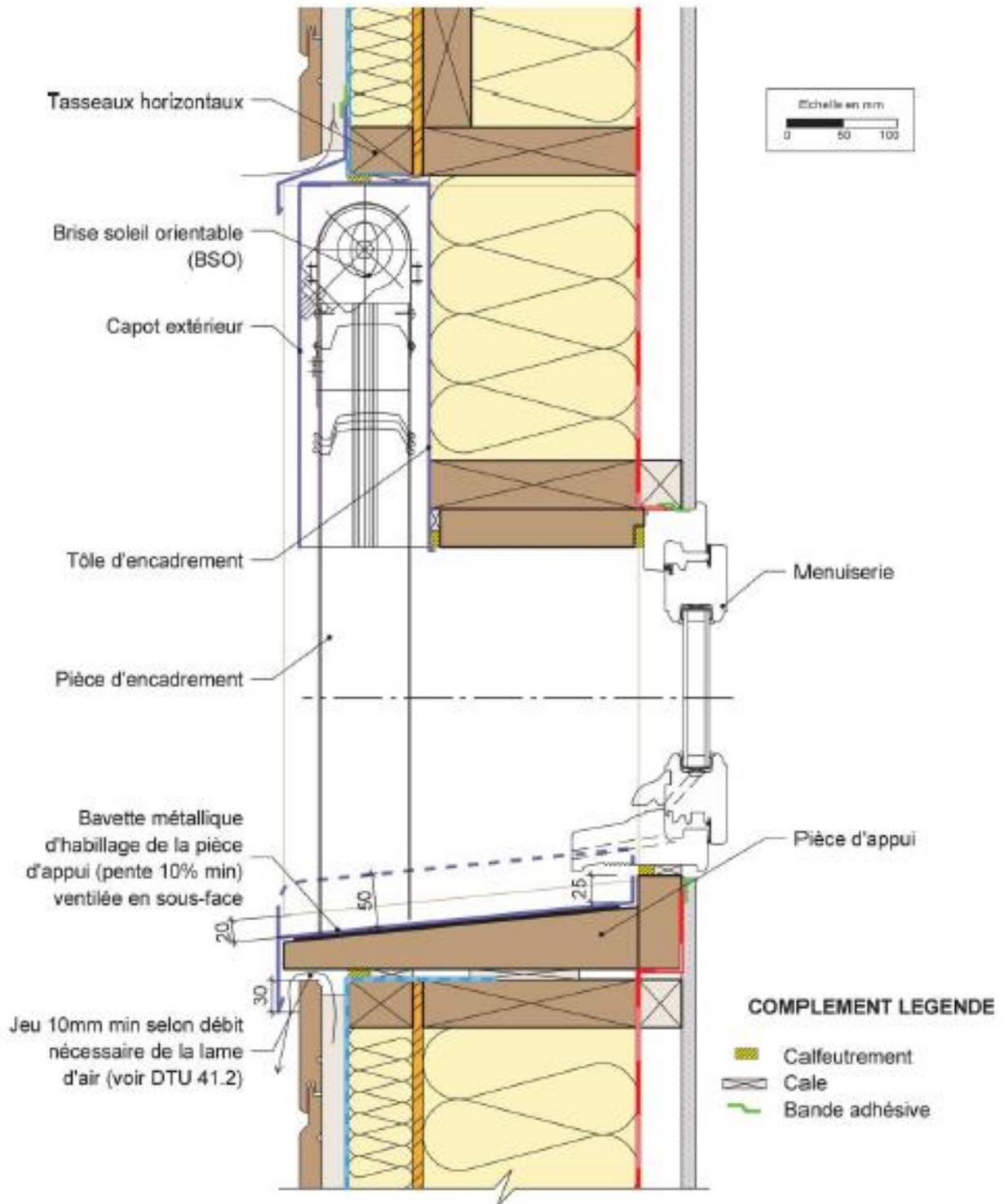


Figure 93 Coupe verticale

6.6.5 Volets battants

Les volets battants sont assemblés sur le mur **bois par l'intermédiaire des encadrements de baie**. En aucun cas les pattes de fixation des volets ne doivent se situer en façade et perforer le revêtement extérieur et le pare-pluie. Les fixations passent à l'arrière du calfeutrement entre le pare-pluie et l'encadrement de baie.

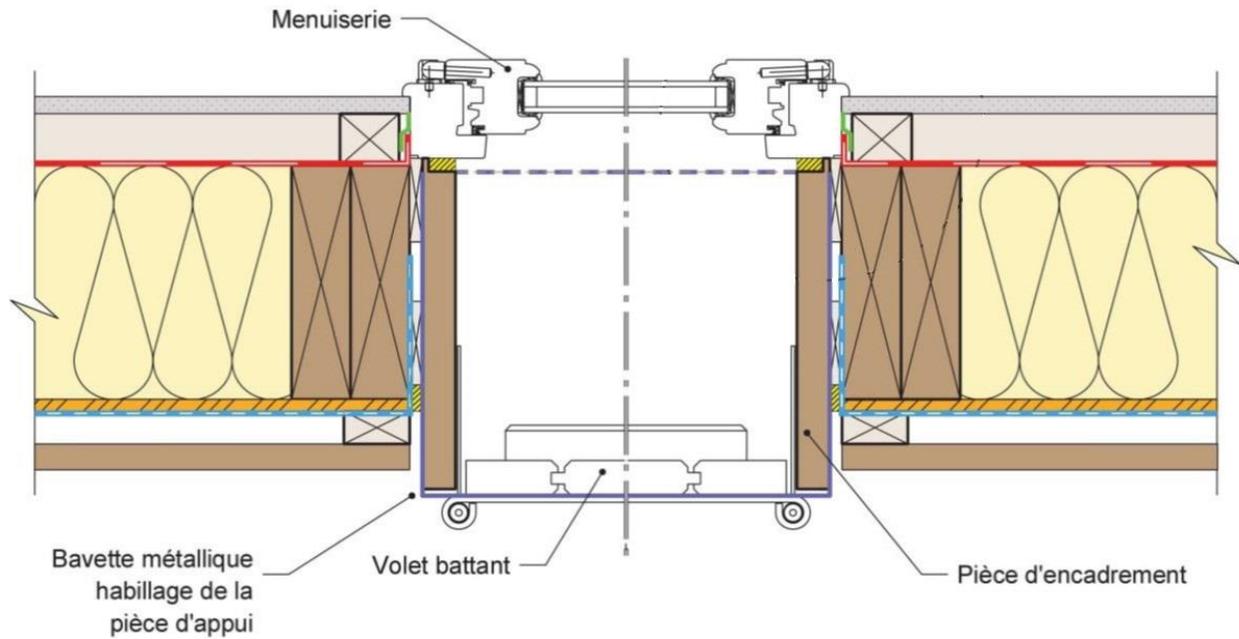


Figure 94 Coupe horizontale

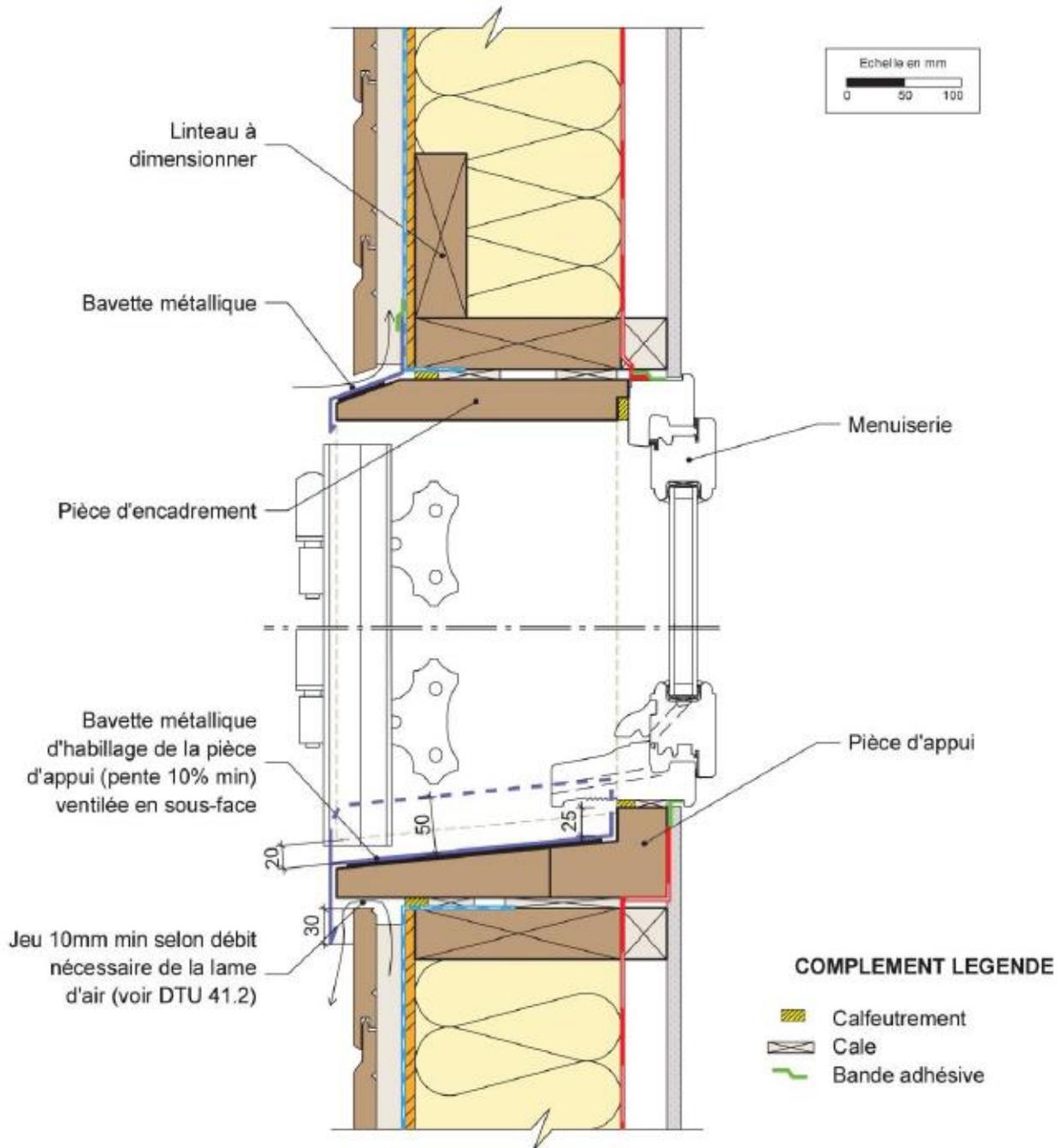


Figure 95 Coupe verticale

6.7 Interface avec le lot « fumisterie »

Les travaux de fumisterie sont décrits dans le NF DTU 24.1. Ils concernent la réalisation des conduits de fumée individuels et collectifs, tubages... destinés à évacuer les produits de combustion des **appareils destinés au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire**.

Il convient également le cas échéant de se reporter aux prescriptions des fabricants relatives aux conduits d'évacuation des fumées qui proposent également des kits permettant de répondre aux exigences de réaction au feu, d'absence de pont thermique, d'étanchéité à l'eau et à l'air, de résistance au feu de cheminée et de compatibilité des composants de l'ouvrage de fumisterie (conformément à l'amendement A2 de la norme NF DTU 24.1).

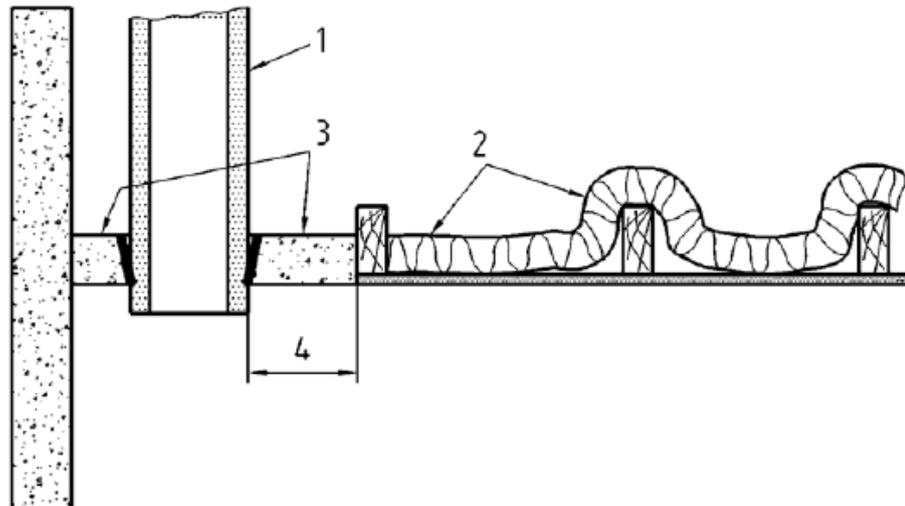
L'entreprise réalisant les travaux de fumisterie devra fournir à l'entreprise du gros œuvre bois les **réservations** nécessaires à l'incorporation des conduits de cheminée ainsi que les **charges** devant être reprises par la structure.

Les conduits sont à double paroi isolée.

NOTE il est nécessaire de permettre à la fois une circulation et une évacuation de l'air autour de la paroi intérieure isolée, ceci pour permettre d'éviter les phénomènes de piégeage des calories.

Pour l'insertion dans une structure en bois, **une distance de sécurité** entre la face externe du conduit et les matériaux avoisinants risquant de s'enflammer (non classés A1 ou A2s1,d0) doit être respectée.

Cette distance de sécurité est déterminée dans le NF DTU 24.1 en fonction de la résistance thermique (R_u) de la paroi du conduit et de sa classe de température (T) et varie généralement entre 2 cm et 10 cm.



Légende

- | | | | |
|---|------------------|---|---|
| 1 | Conduit de fumée | 3 | Pas d'isolant sur la partie non combustible |
| 2 | Isolation | 4 | Distance de sécurité |

Figure 96 Définition de la distance de sécurité par rapport aux matériaux combustibles selon NF DTU 24.1

Concernant **l'étanchéité à l'air** de la paroi traversée par un conduit, les raccords d'étanchéité sont réalisés avec des profilés (manchons) spécifiques, permettant un serrage du conduit, ces manchons seront ensuite raccordés au pare-vapeur avec du ruban adhésif.

Les manchons doivent dans cette configuration bénéficier d'un classement de réaction au feu au moins M1 ou A2-s2,d0.

L'étanchéité au niveau de la couverture est réalisée, en fonction de la nature du matériau de couverture selon les prescriptions des DTU de la série 40.

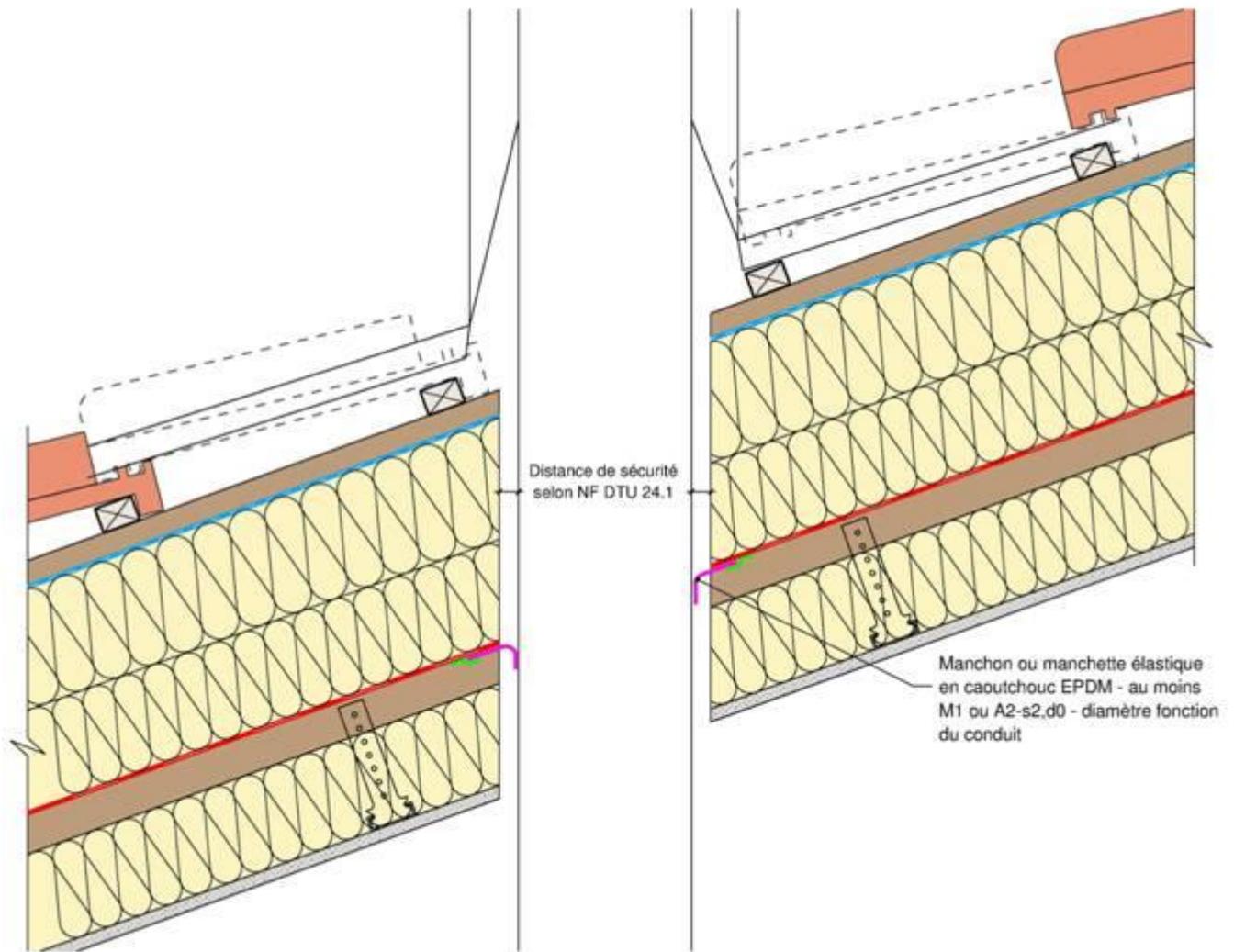


Figure 97 Raccordement autour d'un conduit en toiture

7. METHODOLOGIE POUR LA REPARATION DU VOILE TRAVAILLANT POSITIONNE COTE EXTERIEUR EN CAS DE DEGATS SUITE A UN CHOC

Voir Annexe A du NF DTU 31.2 P1-1

7.1 Comportement au choc des parois à ossature bois

Certaines des solutions techniques de parois à ossature bois définies dans l'annexe A de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 sont résistantes quel que soit le type de choc. A contrario, le panneau de contreventement de certaines parois peut être endommagé par un choc à 900J.

Il convient donc de réparer la paroi, car sa stabilité n'est alors assurée que de manière transitoire.

Deux cas de figures peuvent se présenter pour ces réparations.

7.2 L'intervention peut avoir lieu depuis l'extérieur

Dans ce cas, il conviendra alors :

1. de déposer le revêtement extérieur afin de ménager un accès à la partie endommagée du panneau ;
2. de déposer le film pare-pluie et l'éventuel doublage isolant par l'extérieur ;
3. de démonter le panneau endommagé ;
4. de mettre en œuvre un panneau dont la nature, l'épaisseur et les fixations dans l'ossature sont au moins équivalente à l'existant ;
5. de rétablir la continuité du film pare-pluie en respectant les recouvrements horizontaux et verticaux prescrits dans la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 ;
6. de reposer les éléments du revêtement extérieur.
7. Côté intérieur, outre le remplacement de la plaque de plâtre, la continuité du film pare-vapeur devra être rétablie.

7.3 L'intervention peut avoir lieu depuis l'intérieur

Dans ce cas, il conviendra alors :

1. de déposer les restes de plaque de plâtre endommagés ;
2. de déposer l'ossature support de plaque de plâtre de manière à pouvoir accéder à l'ossature principale ;
3. de déposer le film pare-vapeur et l'isolant de doublage intérieur éventuel ;
4. de mettre en œuvre, côté intérieur de l'ossature principale un panneau permettant de rétablir la continuité du voile travaillant (panneau de même nature, de même épaisseur et avec la même densité de fixation que les panneaux existants) ;
5. de rétablir la continuité du film pare-vapeur conformément aux prescriptions de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 ;
6. de procéder au remplacement de la (des) plaque(s) de plâtre et de ses (leurs) supports.

Il est à noter que lorsque cela est possible, particulièrement quand le revêtement extérieur n'est pas endommagé, l'intervention depuis l'intérieur du bâtiment permet une intervention plus rapide, sans avoir à gérer d'éventuelles intempéries ou de rétablir la continuité de l'étanchéité à l'eau.

8. REGLES SIMPLIFIEES DE JUSTIFICATION DU CONTREVENTEMENT ET DES ANCRAGES DES OUVRAGES A OSSATURE BOIS : EXEMPLE DE CALCUL

Voir Annexe D du NF DTU 31.2 P1-1

8.1 Objet et limites de la règle de moyens

Les règles simplifiées faisant l'objet de l'annexe D de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 autorisent, pour tous les ouvrages entrant dans leur domaine d'application, une approche basée sur une méthode de justification simplifiée. Il est rappelé qu'une justification des structures conformément au chapitre 7 de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 peut permettre d'optimiser leur dimensionnement.

Cette justification de stabilité est valable pour autant que la construction satisfasse aux autres spécifications du NF DTU 31.2.

Cette règle de moyen permet de justifier uniquement le contreventement, les montants vis-à-vis des charges descendantes, les ancrages et la fixation en périphérie des planchers intermédiaires : tous les autres éléments de la construction doivent être justifiés conformément au chapitre 7 de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2 et notamment les linteaux et chevêtres, les éléments préfabriqués de planchers et de toiture.

De plus, afin d'assurer une bonne compatibilité avec d'autres règlements, ces règles sont compatibles avec d'autres textes. Par exemple, leur domaine d'emploi est compatible avec les règles simplifiées pour la justification des bâtiments d'habitation et assimilés en zone sismique.

8.2 Exemples d'application de la règle de moyen

8.2.1 Définition du cas étudié

Supposons un bâtiment R + comble perdu de pente inférieure à 50% à base rectangulaire de 10 m x 8 m et situé en région de vent 2 sur un terrain plat en zone périurbaine (catégorie de rugosité IIIb). La hauteur des murs est de 2,7 m.

8.2.2 Vérification du contreventement

Pour assurer la stabilité de l'ouvrage, l'effort de vent à reprendre par chacun des voiles de contreventement sur chaque façade est alors (valeur à prendre dans les tableaux du chapitre D.2.1. de l'annexe D de la partie 1-1 (CCT) du NF DTU 31.2.) :

$$F_{v,Ed} = 12,6 \text{ kN}$$

Le choix des fixations des panneaux sur l'ossature est : Pointes 2,5 mm tous les 100 mm, soit $C_{fix} = 1,8$.

Les voiles de contreventement sont constitués par :

- façade Nord : 4 panneaux de 1,2 m (soit 4,8 m au total) ;
- façade Sud : 2 panneaux de 1,2 m + 2 panneaux de 0,8 m (soit 4 m au total) ;
- façade Est : 3 panneaux de 1,2 m (soit 3,6 m au total) ;
- façade Ouest : 3 panneaux de 1,2 m + 1 panneau de 0,8 m (soit 4,4 m au total).

Tous les voiles ont une hauteur h comprise entre 2,5 et 3 m. Tous les panneaux constituant les voiles ont une largeur b minimum de $h / 4$. Toutes les façades contiennent au minimum 2 panneaux de 1,2 m.

Dans les deux directions, le rapport de la longueur cumulée des voiles sur une face du bâtiment à celle située sur la face opposée est compris entre 0,5 et 2.

Les résistances individuelles des panneaux sont :

$$\text{Pour les panneaux de 1,2 m : } F_{v,i,Rd} = 7,05 \cdot \frac{1,2^2}{2,7} \cdot 1,8 = 6,77 \text{ kN}$$

$$\text{Pour les panneaux de 0,8 m : } F_{v,i,Rd} = 7,05 \cdot \frac{0,8^2}{2,7} \cdot 1,8 = 3 \text{ kN}$$

Les résistances de calcul pour les murs de chaque façade sont donc :

- façade Nord : $F_{v,Rd} = 4 \times 6,77 = 27 \text{ kN}$;
- façade Sud : $F_{v,Rd} = 2 \times 6,77 + 2 \times 3 = 19,5 \text{ kN}$;
- façade Est : $F_{v,Rd} = 3 \times 6,77 = 20,3 \text{ kN}$;
- façade Ouest : $F_{v,Rd} = 3 \times 6,77 + 1 \times 3 = 23,3 \text{ kN}$.

Toutes les façades sont correctement contreventées, car $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ pour tous les murs.

8.2.3 Vérification des ancrages

On retient les charges suivantes pour des niveaux de 3 m de hauteur :

Tableau 1 — Estimation poids Mur

Estimation poids Mur en kg / ml (daN/m)	
montants/60cm	16
traverse/lisse	11
panneaux	25
isolant	21
parement	33
bardage	25
Total :	131

On néglige les charges de plancher et de toiture (mur non porteur des solives du niveau supérieur et de la charpente).

Sous ces hypothèses, nous avons, pour le diaphragme de 4,8 m de long :

$$G_d = 131 \times 4,8 / 2 = 943 \text{ daN} = 3,14 \text{ kN}$$

Les efforts de vent à reprendre étant :

$$F_{v,Ed} = 12,6 \text{ kN}$$

Les efforts de soulèvement dus au vent sont :

$$F_{ax,vent,Ed} = \frac{F_{v,Ed} \cdot h}{b_{tot}} = \frac{12,6 \times 3}{4,8} = 7,9 \text{ kN}$$

Les efforts d'ancrage sont alors de :

$$F_{ax,Ed} = F_{ax,vent,Ed} - G_d = 7,9 - 3,14 = 4,76 \text{ kN}$$

Il y a un soulèvement à reprendre de 4,8 kN.