



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE

EFFINOV Bois
SYSTEMES CONSTRUCTIFS BOIS POUR LA REHABILITATION DES
ENVELOPPES – EFFICACITE ENERGETIQUE, COMPORTEMENT
HYGROTHERMIQUE ET INDUSTRIALISATION

TIMBER BASED ELEMENT FOR BUILDING ENVELOPE RENOVATION –
ENERGY EFFICIENCY, HYDROTHERMAL BEHAVIOUR AND
INDUSTRIALISATION

EFFINOV BOIS

GUIDE DE CONCEPTION

Mai 2013

Avec le soutien de :



En partenariat avec :



Chapitre I – Description des solutions	6
1.Choix des matériaux	6
1.1.Matériau en bois et à base de bois	6
1.1.1.Bois d'ossature et composants structuraux	6
1.1.2.Panneaux à base de bois	7
1.1.3.Durabilité des bois ou des matériaux à base de bois	8
1.2.Organes de fixation ou d'assemblage	10
1.2.1.Définitions	10
1.2.2.Exigences	10
1.3.Fenêtres et portes extérieures	11
1.4.Matériaux isolants	12
1.4.1.Prescriptions communes à tous les isolants	12
1.4.2.Evaluation du critère de semi-rigidité	12
1.4.3.Isolants à base de laine minérale	12
1.4.4.Isolants à base de fibres de bois	13
1.4.5.Autres matériaux isolants	13
1.5.Matériaux d'étanchéité	13
1.5.1.Matériaux pour barrière d'étanchéité vis-à-vis des remontées capillaires	13
1.5.2.Matériaux pour pare-vapeur	13
1.5.3.Matériaux pour pare-pluie	14
1.6.Matériaux de calfeutrement	16
1.6.1.Mastics	16
1.6.2.Bandes adhésives ou autres accessoires adhésifs	16
1.6.3.Matériaux pour fond de joint	17
1.6.4.Profilés d'étanchéité métalliques ou plastique	17
1.7.Equipements et accessoires	17
1.7.1.Fermetures	17
1.7.2.Garde-corps	17
1.7.3.Brise-soleils	17
1.8.Revêtements extérieurs	18
1.8.1.Revêtements extérieurs en bois	18
1.8.2.Autres revêtements extérieurs	18
2.Descriptif des parois	19
2.1.Solution « Low cost »	19
2.2.Solution Haute Performance Thermique « HPT »	20
2.3.Solution Très Haute Performance Thermique « THPT »	21
2.4.Solution « Tout Bois »	22
2.5.Tableau récapitulatif	23
Chapitre II – Domaine d'emploi	24
1.Type de parois	24
2.Période de construction	24
3.Usage	24
4.Type constructif	25
5.Morphologie de façade	25
6.Localisation	28
Chapitre III – Approche multicritère	29
1.Performance thermique	29
2.Performance acoustique	32
3.Réaction au feu	32

4. Résistance au feu	32
5. Confort visuel	33
6. Apports solaires gratuits	33
7. Confort d'été	34
8. Confort en hiver	34
9. Impact environnemental	34
10. Risque de condensation	34
11. Étanchéité à l'air	35
12. Étanchéité à l'eau	35
13. Stabilité mécanique	35
14. Mise en œuvre	36
15. Coût	38

Chapitre IV – Points singuliers 39

1. Carnet de détail des points singuliers dans le cas d'une mise en œuvre « mur manteau »	40
1.1. Liaison en partie basse	40
1.1.1. Cas des façades suspendues	40
1.1.2. Cas des façades empilées	42
1.2. Liaison avec plancher intermédiaire	43
1.2.1. Cas des façades suspendues	43
1.2.2. Cas des façades empilées	44
1.3. Liaison avec plancher haut et l'acrotère	45
1.4. Liaison avec les porteurs verticaux	46
1.5. Raccord vertical entre parois dans le même plan	47
1.6. Raccord vertical entre parois en angle	48
1.6.1. Cas des angles sortants	48
1.6.2. Cas des angles rentrants	49
1.7. Intégration des menuiseries	50
1.7.1. Généralités	50
1.7.2. Cas des volets battants	50
1.7.3. Cas des volets roulants	52
1.8. Raccord sur pignon	54
2. Carnet de détail des points singuliers dans le cas d'une mise en œuvre « façade rideau »	55
2.1. Liaison en partie basse	55
2.1.1. Cas des façades suspendues	55
2.1.2. Cas des façades empilées	56
2.2. Liaison avec plancher intermédiaire	57
2.2.1. Cas des façades suspendues	57
2.2.2. Cas des façades empilées	59
2.3. Liaison avec plancher haut et l'acrotère	60
2.4. Liaison avec les porteurs verticaux	61
2.4.1. Cas d'un mur simple	61
2.4.2. Gestion d'un joint de dilatation	61
2.5. Raccord vertical entre parois dans le même plan	62
2.6. Raccord vertical entre parois en angle	63
2.6.1. Cas des angles sortants	63
2.6.2. Cas des angles rentrants	64
2.7. Intégration des menuiseries	65
2.7.1. Généralités	65
2.7.2. Cas des volets battants	65
2.7.3. Cas des volets roulants	67
2.7. Raccord sur pignon	69

1. Choix des matériaux

1.1. Matériaux en bois et à base de bois

1.1.1. Bois d'ossature et composants structuraux

1.1.1.1. Bois massifs

Les éléments de bois massif de section rectangulaire sont conformes à la norme NF EN 14081-1 pour les bois classés visuellement et aux normes NF EN 14081-2 à 4 pour les bois classés par machine. Les taux d'humidité des bois sont déterminés selon les méthodes définies par les normes NF EN 13183-1 à 3.

Les niveaux de résistance mécanique des bois de structure doivent être définis par référence à la norme NF EN 338.

Les niveaux de résistance sont obtenus soit à partir de classes visuelles répertoriées par la norme NF EN 1912, soit par un classement machine conforme aux normes NF EN 14081-3.

Pour un usage structurel dans le cadre du présent document, sont admis les bois massifs de classe de résistance minimale C18 pour les bois résineux (selon NF EN 338) ou D18 pour les bois feuillus.

1.1.1.2. Bois massifs reconstitués (BMR)

Les éléments de bois massif reconstitués sont conformes à la norme NF B 52-010.

Les niveaux de résistance mécanique des bois massifs reconstitués doivent être définis par référence à la norme NF B 52-010.

NOTE : La marque de qualité ACERBOIS-GLULAM apporte la preuve de la conformité du produit aux exigences du présent document.

1.1.1.3. Bois lamellés collés (BLC)

Les éléments de bois lamellés collés sont conformes à la norme NF EN 14080.

Les niveaux de résistance mécanique des bois lamellés collés de structure doivent être définis par référence à la norme NF EN 1194.

NOTE 1 : La norme NF EN 1194 est applicable directement dans un calcul aux Eurocodes. La norme NF P 21-400 complète cet outil dans le cadre d'une justification aux règles CB 71 (NF P 21-701).

NOTE 2 : La marque de qualité ACERBOIS-GLULAM apporte la preuve de la conformité du produit aux exigences du présent document.

1.1.1.4. Bois massifs aboutés (BMA)

Les bois de structure comportant des aboutages à entures multiples sont conformes à la norme prEN 15497.

Le collage doit être de type structural, et doit résister à l'humidité en fonction de la classe de service de l'élément telle que défini par la norme NF EN 301.

Les opérations d'aboutage doivent faire l'objet d'un autocontrôle de fabrication par l'entrepreneur.

NOTE : La marque de qualité CTB-AB apporte la preuve de la conformité du produit aux exigences du présent document.

1.1.1.5. Poutres composites

L'utilisation de poutres composites légères à base de bois est admise lorsque celles-ci bénéficient d'un Agrément Technique Européen (ATE) émis dans les conditions prévues à l'ETAG 011 et d'un Document Technique d'Application (DTA) visant favorablement leur emploi pour cette application.

1.1.1.6. Poutres en Lamibois (LVL)

Les poutres en LVL sont conformes à la norme NF EN 14374.

1.1.2. Panneaux à base de bois

Tous les panneaux à base de bois décrits dans le présent document sont des panneaux destinés à des emplois en milieu humide protégé (classe de service 2) et conformes à la norme NF EN 13986.

Bien que ces panneaux ne jouent pas un rôle contreventant (le bâtiment à réhabiliter est lui-même autostable), ces panneaux sont destinés à être fixés sur une ossature de manière à lui conférer une résistance aux efforts dans son plan vis-à-vis du risque sismique et des phases levage. Ces panneaux à base de bois sont donc assimilables à des voiles travaillants.

1.1.2.1. Panneaux contreplaqués

Les panneaux de contreplaqué sont définis dans la norme NF EN 313-2 et désignés dans la norme NF EN 313-1.

Les tolérances dimensionnelles sont données dans la norme NF EN 315.

Les panneaux destinés à des emplois travaillants doivent satisfaire au type EN 636-3 S de la norme NF EN 636.

NOTE : La marque de qualité NF Extérieur CTB-X apporte la preuve de la conformité du produit aux exigences du présent document.

1.1.2.2. Lamibois (LVL)

Les panneaux en lamibois sont définis dans la norme NF EN 14374 et la norme NF EN 14279.

Les tolérances dimensionnelles sont données dans la norme NF EN 315.

Les panneaux destinés à des emplois travaillants doivent satisfaire au type LVL/2 S de la norme NF EN 14279 ou à la norme NF EN 14374.

Les panneaux lamibois (LVL) destinés aux emplois travaillants doivent comporter au moins deux plis croisés.

1.1.2.3. Panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB)

Les panneaux OSB sont définis dans la norme NF EN 300.

Les tolérances dimensionnelles sont données dans la norme NF EN 300.

Les panneaux OSB pour usage intérieur ou extérieur protégé en classe de service 2 (milieu humide) et destinés à des emplois travaillants doivent satisfaire aux exigences de la norme NF EN 300, type OSB/3 ou OSB/4.

NOTE : Les marques de qualité CTB-OSB3 et CTB-OSB4 apportent la preuve de la conformité du produit aux exigences du présent document.

1.1.2.4. Panneaux de particules

Les panneaux de particules sont définis dans la norme NF EN 309.

Les tolérances dimensionnelles sont données dans la norme NF EN 312.

Les panneaux pour usage intérieur en classe de service 2 (milieu humide) ou susceptibles d'être ré-humidifiés accidentellement et temporairement, et destinés à des emplois travaillants doivent satisfaire au minimum aux exigences de la norme NF EN 312 type P5 ou P7.

NOTE : La marque de qualité CTB-H apporte la preuve de la conformité du produit aux exigences du présent document.

1.1.2.5. Panneaux de particules liés au ciment

Les panneaux de particules liés au ciment sont définis dans la norme NF EN 633 et font l'objet d'un Document Technique d'Application quelque soit l'emploi envisagé.

Les tolérances dimensionnelles sont données dans la norme NF EN 634-1.

Les panneaux pour usage intérieur ou extérieur protégé en classe de service 2 (milieu humide) et destinés aux emplois travaillants, doivent satisfaire au minimum aux exigences de la norme NF EN 634-2.

1.1.2.6. Synthèse sur l'utilisation des panneaux à base de bois en voile travaillant des éléments de façade préfabriqués

Type de panneau	Norme de référence
Contreplaqué	NF EN 636-3
Lamibois LVL / S	NF EN 14279 ou NF EN 14374
OSB 3 et 4	NF EN 300
Panneau de particules type P5	NF EN 312
Panneaux de particules liés au ciment	NF EN 634-2 et DTA visant favorablement leur emploi en voile travaillant
Autres panneaux	Voir l'Avis Technique ou Document Technique d'Application visant favorablement leur emploi en voile travaillant de parois à ossature bois

Tableau 1 : Synthèse pour l'utilisation des panneaux à base de bois en voile travaillant

1.1.3. Durabilité des bois ou des matériaux à base de bois

La maîtrise de la durabilité des ouvrages en bois est basée sur le principe suivant :

- 1) Identifier la nature des sollicitations et paramètres influant sur la durabilité de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage considéré, ce qui conduit à déterminer une classe d'emploi ;
- 2) Définir une solution technique compatible en fonction de la catégorie de durabilité visée en retenant :
 - Soit un bois naturellement durable ;
 - Soit un bois à durabilité conférée.

Les classes d'emploi sont définies par référence aux normes NF EN 335-1 à 3.

L'affectation des classes d'emploi est déterminée conformément au Fascicule de Documentation FD-P 20-651 « Durabilité des éléments et ouvrages en bois ».

La durabilité naturelle du bois est définie par référence à la norme NF EN 350-2.

Pour les bois à durabilité conférée, les exigences de pénétration et de rétention doivent être conformes aux prescriptions de la norme NF EN 50-105-3.

Les bois de structure traités avec un produit de préservation contre les attaques biologiques sont conformes à la norme NF EN 15228.

NOTE : La marque de qualité CTB-B+ apporte la preuve de la conformité à la norme NF EN 15228

Pour finir, les essences de bois utilisés peuvent être choisies selon le chapitre 8 du fascicule de documentation FD P 20-651 « Durabilité des éléments et ouvrages en bois » en fonction de la classe d'emploi dans laquelle ils se situent et selon la longévité attendue de l'ouvrage.

1.1.3.1. Cas général

Tous les bois de structure (massifs, collés, Lamibois) et les panneaux à base de bois utilisés pour la fabrication des parois décrites dans le présent document se trouvent en situation de classe d'emploi 2 au sens du fascicule de documentation FD P 20-651 « Durabilité des éléments et ouvrages en bois ».

Les éléments en bois d'ossature secondaire supportant les doublages isolants intérieurs ou extérieurs ou supportant les parements intérieurs se situent également en classe d'emploi 2.

1.1.3.2. Cas particuliers

Pour des ouvrages supportés par un ouvrage béton en partie basse, la lisse basse se situe en classe d'emploi 3b lorsque la bande d'arase présente en sous face est perforée. Sinon, la lisse basse est en classe d'emploi 2 (cas de fixations non traversantes, déportées par équerre métallique ou des ouvrages supportés par des ferrures métalliques par exemple)

Pour les points particuliers où la hauteur au-dessus du sol fini du sommet du soubassement est ponctuellement inférieure à 0,20 m, la lisse basse se situe en classe d'emploi 4.

1.1.3.3. Risques insectes

En application de l'article R112-2 du Code de la Construction et de l'Habitation et de l'arrêté du 27 Juin 2006 modifié, les éléments qui participent à la solidité des structures des bâtiments neufs doivent être protégés :

- Contre les insectes à larves xylophages sur l'ensemble du territoire ;
- En complément, contre les termites dans les départements dans lesquels a été publié un arrêté préfectoral pris conformément à l'article L. 133-5 du Code de la Construction et de l'Habitation

Dans le cadre de ce guide, les éléments bois participant à la composition des façades ossature bois doivent avoir une durabilité vis-à-vis des insectes à larves xylophages et des termites dans les zones concernées.

De plus, les panneaux à base de bois sont soumis aux mêmes exigences réglementaires relatives à la protection contre les termites et autres insectes à larves « xylophages ».

1.2. Organes de fixation ou d'assemblage

1.2.1. Définitions

Pour l'assemblage des panneaux de façades et la fixation des panneaux de façades sur l'ossature primaire, les organes d'assemblages suivants peuvent être utilisés :

- Les pointes non lisses conformes à la norme NF EN 14592 ;
- Les agrafes conformes à la norme NF EN 14592 ;
- Les vis auto-foreuses, les vis à bois et les tirefonds conformes à la norme NF EN 14592 ;
- Les boulons, tiges filetées et broches conformes à la norme NF EN 14592 ;
- Les chevilles métalliques bénéficiant d'un Agrément Technique Européen (ATE) émis dans les conditions prévues à l'ETAG 001 ;
- Les boîtiers, étriers et équerres métalliques bénéficiant d'un Agrément Technique Européen (ATE) émis dans les conditions prévues à l'ETAG 015 ;
- Les connecteurs métalliques emboutis et les plaques à clous conformes à la norme NF EN 14545 ;
- Tout autre système de fixation bénéficiant d'un Agrément Technique Européen (ATE), dans les limites de l'usage visé ;
- Les assemblages fabriqués sur mesure doivent être réalisés à partir d'aciers de nuances et qualités conventionnelles définies dans la norme NF EN 10025-1 à 6, compatibles avec les règles définies dans les Eurocodes 3 et 5 (normes NF EN 1993-1-1 et NF EN 1995-1-1).

1.2.2. Exigences

Les matériaux de fixation et d'assemblage, en fonction de leur usage, doivent satisfaire au minimum aux exigences de l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-1). Le tableau ci-après définit les choix des protections minimales des matériaux à utiliser en fonction de la classe de service et du type d'assemblage.

Assemblages	Classes de services ^{a)}	
	2 (intérieur humide)	3 (extérieur)
Pointes, vis et tirefonds avec $\varnothing \leq 4$ mm	Fe/Zn 12c Z275 ^{b)}	Fe/Zn 25c Z350 ^{b)}
Boulons, broches, pointes, vis et tirefonds avec $\varnothing > 4$ mm	Fe/Zn 12c	Fe/Zn 25c Z350 ^{b)}
Agrafes	Fe/Zn 12c Z275 ^{b)}	Acier inoxydable
Plaques métalliques embouties et plaques à clous d'épaisseur ≤ 3 mm	Fe/Zn 12c Z275 ^{b)}	Acier inoxydable
Plaques métalliques d'épaisseur comprises entre 3 mm et 5 mm	Fe/Zn 12c Z275 ^{b)}	Fe/Zn 25c Z350 ^{b)}
Plaques métalliques d'épaisseur > 5 mm	Protection minimale au moyen d'un primaire	Fe/Zn 25c Z350 ^{b)}

a) Pour des conditions particulièrement corrosives, il convient d'envisager le Fe/Zn 40, un revêtement par galvanisation à chaud ou par shérardisation, ou de l'acier inoxydable.

b) Revêtement par galvanisation à chaud conforme à la NF EN 10346.

Tableau 2 : Exemples de dispositions concernant le choix des matériaux ou de la protection vis-à-vis de la corrosion pour les assemblages

A minima, pour les assemblages fabriqués sur mesure (ferrures mécano-soudées), les exigences suivantes doivent être respectées :

- Les aciers sont au moins de nuance S235 telle que définie dans la norme NF EN 10025
- Les éléments sont à minima protégés de la corrosion sur toutes leurs faces, avant mise en place, par une couche de peinture primaire inhibitrice de corrosion appliquée selon les spécifications du DTU n° 59.1 « Travaux de peinture des bâtiment ».

NOTE : Il ne doit pas y avoir de discontinuité de la protection et les parties mises à nu en cours de fabrication ou de levage doivent être reprises avec la même peinture.

1.3. Fenêtres et portes extérieures

L'ensemble des fenêtres et portes-fenêtres doivent être conformes aux prescriptions du NF DTU 36.5 P1-2 (CGM).

Les performances sont évaluées conformément à la norme NF EN 14351-1.

Les profils d'étanchéité des fenêtres doivent être conformes aux normes NF EN 12365-1 à 4.

NOTE : En plus de ces exigences, il peut y avoir des exigences réglementaires, comme par exemple : les caractéristiques thermiques, la résistance au choc de sécurité des allèges, les efforts de manœuvre des portes, la largeur de passage des portes vis-à-vis de la sécurité feu, la hauteur des poignées au regard des règles d'accessibilité...

Les niveaux des caractéristiques mécaniques des fenêtres doivent, en fonction de leur utilisation, respecter les valeurs du fascicule FD DTU 36.5 –partie 3 et de la norme NF P 20-302.

En effet, en fonction de leurs situations et expositions, le Fascicule de Documentation FD DTU 36.5 – partie 3 permet de déterminer les classes A*E*V* minimales que les fenêtres et portes extérieures doivent respecter. Le tableau ci-dessous est ainsi extrait de ce DTU et fixe la classe AEV nécessaire selon les cas.

Région	Catégorie de Terrain	Hauteur du bâtiment H (m)			
		H ≤ 9	9 < H ≤ 18	18 < H ≤ 28	28 < H ≤ 50
France Métropolitaine					
1	IV	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}
	IIIb	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}
	IIIa	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}
	II	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A2}
	0	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}
2	IV	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}
	IIIb	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}
	IIIa	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}
	II	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}
	0	A* ₃ E* ₅ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}
3	IV	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}
	IIIb	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}
	IIIa	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}
	II	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}
	0	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}	A* ₃ E* ₇ V* _{A4}
4	IV	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A2}
	IIIb	A* ₂ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}
	IIIa	A* ₃ E* ₄ V* _{A2}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}
	II	A* ₃ E* ₅ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}	A* ₃ E* ₇ V* _{A4}
	0	A* ₃ E* ₆ V* _{A3}	A* ₃ E* ₆ V* _{A4}	A* ₃ E* ₇ V* _{A4}	A* ₃ E* ₇ V* _{A4}

Tableau 3 : Performances AEV des menuiseries extérieurs en France métropolitaine

NOTE : Les zones de vent et la catégorie de terrain sont définies dans l'Eurocode 1 et son annexe nationale (NF EN 1991-1-4) et figurent en annexe A du présent document.

1.4. Matériaux isolants

1.4.1. Prescriptions communes à tous les isolants

Pour une mise en œuvre entre montants ou tasseaux, les isolants doivent être « semi-rigides ». Tous les isolants dont la mise en œuvre est décrite dans le présent document ne sont soumis à aucune charge excepté leur poids propre, y compris en toiture.

1.4.2. Evaluation du critère de semi-rigidité

La déviation sous poids propre d'un isolant par mesure de la déviation (D) d'un pas de 0,35 m d'une éprouvette dépassant d'un support ne doit pas être supérieure à 0,12 m.

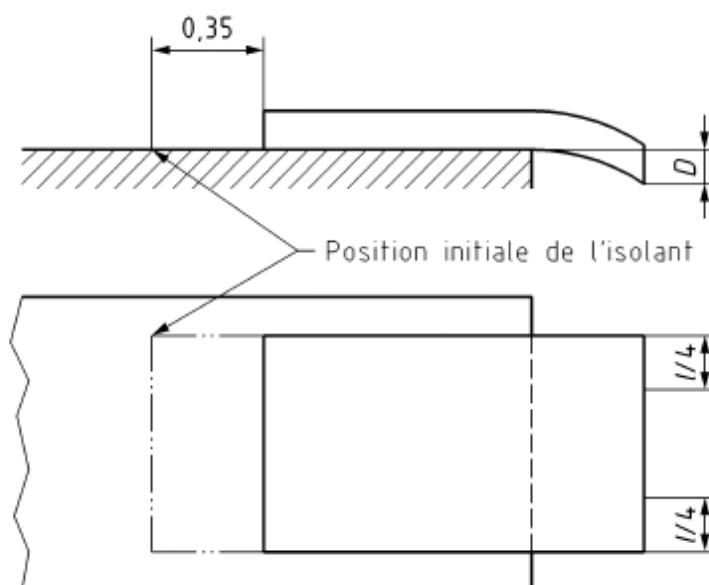


Figure 1 : Test de semi-rigidité d'un isolant

NOTE : ce critère de semi-rigidité correspond au niveau **L2 des isolants sous certificat ACERMI**. Pour les isolants en laine minérales, les isolants bénéficiant d'une certification ACERMI ne sont plus L2 mais « semi-rigide » pour une gamme d'épaisseur justifiée.

1.4.3. Isolants à base de laine minérale

L'isolant en laine minérale, non revêtu, se présente sous forme de panneaux ou rouleaux. Les isolants à base de laine minérale sont définis par la norme NF EN 13162 et sont de classe d'absorption d'eau WS ($< 1 \text{ kg/m}^2$) Les produits à base de laine minérale en vrac font l'objet d'une procédure d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application.

NOTE : La certification ACERMI vaut la preuve de la conformité du matériau aux exigences du présent document.

1.4.4. Isolants à base de fibres de bois

L'isolant en fibre de bois, non revêtu, se présente sous forme de panneaux.

Les isolants à base de fibre de bois sont définis par la norme NF EN 13171 et sont de classe d'épaisseur T2 (déterminé selon EN 823, méthode B1, 250 Pa)

NOTE : La certification ACERMI vaut la preuve de la conformité du matériau aux exigences du présent document.

Les produits à base de fibre de bois en vrac font l'objet d'une procédure d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application.

1.4.5. Autres matériaux isolants

Les plaques de polystyrène expansé doivent être conformes à la norme NF EN 13163.

Les plaques de polystyrène extrudé doivent être conformes à la norme NF EN 13164.

Les plaques de polyuréthane rigide doivent être conformes à la norme NF EN 13165.

Les plaques de mousse phénolique doivent être conformes à la norme NF EN 13166.

Les isolants en verre cellulaire doivent être conformes à la norme NF EN 13167.

Les isolants en laine de bois (fibragglo) doivent être conformes à la norme NF EN 13168.

Les isolants en liège expansé doivent être conformes à la norme NF EN 13170.

Ces isolants, ainsi que tout autre type d'isolant, comme la ouate de cellulose par exemple doivent faire l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant favorablement leur emploi entre éléments d'ossature en bois de murs, planchers ou toiture.

Le présent document ne vise pas les compléments d'isolation dits «Produits Minces Réfléchissants» (PMR).

1.5. Matériaux d'étanchéité

1.5.1. Matériaux pour barrière d'étanchéité vis-à-vis des remontées capillaires (bandes d'arase)

On utilise :

- Feuille à base de bitume modifié SBS, d'épaisseur minimale 2 mm, grésée deux faces, conforme à la norme NF EN 14967 présentant une résistance à la déchirure au clou minimale de 120 N exprimée suivant la norme NF EN 12310-1 ;
- Feuille plastique ou élastomère contre les remontées capillaires dans les murs, conforme à la norme NF EN 14909 (type A), résistante aux agents alcalins, présentant une résistance à la déchirure au clou minimale de 120 N exprimée suivant la norme NF EN 12310-1 ;
- Ou tout autre matériau de performance à l'usage équivalente faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application visant favorablement leur emploi dans le domaine considéré.

1.5.2. Matériaux pour pare-vapeur

Les pare-vapeur sont souples. Ils sont conformes à la NF EN 13984 et, par référence à cette norme, répondent aux spécifications du tableau ci-dessous.

Spécifications des pare-vapeur conformément à la norme NF EN 13984 pour application sur construction à ossature bois	Support discontinu	Support continu
<i>Espace vide entre montants</i>	$e \leq 60$ cm	
<i>Résistance en traction (NF EN 12 311-2) [N/5 cm]</i>	≥ 100	≥ 100
<i>Résistance à la déchirure au clou (NF EN 12 310-1) [N] pour les parois verticales</i>	≥ 40	≥ 40
<i>Résistance à la déchirure au clou (NF EN 12 310-1) [N] pour les parois horizontales ou inclinées</i>	≥ 80	≥ 80

Tableau 4 : Spécifications auxquelles répondent les pare-vapeurs

Le critère de transmission de la vapeur d'eau dépend du type d'ouvrage de revêtement extérieur. Selon la NF EN 13984, il doit être inférieur ou égal à 10,80.10-12 kg/m².s.Pa soit une perméance $\leq 0,005$ g/m².h.mmHg, ce qui correspond à une valeur Sd ≥ 18 m, mesurée selon NF EN 1931 (lorsqu'une lame d'air ventilée sur l'extérieur existe derrière le revêtement extérieur).

Pour certaines configurations de paroi dont la perméance du complexe extérieur est réduite ou en l'absence de lame d'air ventilée, l'exigence en matière de perméance peut être modifiée (voir chapitre 6.4.1.3).

La durabilité du facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau est évaluée par essai selon NF EN 1931 après vieillissement artificiel (70°C / 12 semaines – selon NF EN 1296). Le facteur de résistance à la vapeur d'eau du produit vieilli ne doit pas varier de plus de $\pm 50\%$ par rapport au produit non vieilli.

Lorsque le pare-vapeur mis en œuvre fait office de protection provisoire, en phase chantier, aux intempéries (cas des murs préfabriqués), celui-ci doit être de type A, selon NF EN 13984.

La résistance au choc doit être évaluée selon NF EN 12691, avec une hauteur de chute de 300 mm et selon la méthode A.

Le respect des présentes spécifications est annoncé par le fabricant de pare-vapeur dans la Fiche Technique de son produit, mise à disposition des intervenants sur chantier. Cette fiche respecte la norme NF EN 13984. Cette Fiche Technique mentionne le type de pare-vapeur au sens de cette norme : A, B.

1.5.3. Matériaux pour pare-pluie

1.5.3.1. Pare-pluie souples

Les pare-pluie souples sont conformes à la NF EN 13859-2 et, par référence à cette norme, répondent aux spécifications du tableau ci-dessous :

		Support discontinu				Support continu	
		Bardages type XIII ⁽¹⁾		Bardages type XIV ⁽¹⁾		Bardages type XIII ⁽¹⁾	Bardages type XIV ⁽¹⁾
Entraxe entre montants		e ≤ 45 cm	45 cm < e ≤ 60 cm	e ≤ 45 cm	45 cm < e ≤ 60 cm		
Résistance à la pénétration de l'eau	Neuf	W1		W2		W1	W2
	Vieilli ⁽²⁾	W1 ⁽²⁾		W2 ⁽²⁾		W1 ⁽²⁾	W2 ⁽²⁾
Perméance à la vapeur d'eau		≥ 0,5 g/(m ² .h.mmHg) (soit ≥ 1,04.10 ⁻⁹ kg/(m ² .s.Pa))					
Valeur Sd		≤ 0,18 m					
Résistance en traction [N/5 cm]	Neuf	≥ 100	≥ 140	≥ 100	≥ 140	≥ 100	
	Vieilli ⁽²⁾	≥ 70 ⁽²⁾	≥ 100 ⁽²⁾	≥ 70 ⁽²⁾	≥ 100 ⁽²⁾	≥ 70 ⁽²⁾	≥ 70 ⁽²⁾
Résistance à la déchirure au clou [N]		≥ 75	≥ 100	≥ 75	≥ 100	≥ 75	
Stabilité dimensionnelle		≤ 1,5%					
Souplesse à basse température		T ≤ -5°C					

⁽¹⁾ le type de bardage rapporté – XIII ou XIV selon cahier CSTB 1833 – est annoncé dans le DTU ou l'Avis Technique du bardage rapporté

⁽²⁾ Test de vieillissement: annexe C EN 13859-2 (Durée de vieillissement 336 h UV sauf si bardage à claire-voie selon DTU 41.2 alors 5000 h UV)

Détermination W1: Résistance à la pénétration de l'eau: NF EN 1928 méthode A + § 5.2.3

Détermination W2: Résistance à la pénétration de l'eau: NF EN 13111 (la classe W1 répond à la classe W2)

Propriétés de transmission à la vapeur d'eau (valeur Sd): NF EN ISO 12572 série C

Résistance en traction: NF EN 12311-1 + annexe A (pliable) ou NF EN 12311-1 (non pliable)

Résistance à la déchirure au clou: NF EN 12310-1 + annexe B (pliable) ou NF EN 12310-1 (non pliable)

Stabilité dimensionnelle: NF EN 1107-1 (pliable) ou NF EN 1107-2 (non pliable)

Souplesse à basse température: NF EN 1109

Tableau 5 : Spécifications auxquelles répondent les pare-pluies souples

NOTE : Une homologation CSTB vaut la preuve de la conformité du film pare-pluie aux exigences du présent document.

1.5.3.2. Pare-pluie rigides en fibre de bois

On utilise :

- Les panneaux tendres de fibres de bois conformes aux exigences du type SB-H de la norme NF EN 622-4
- Les panneaux de fibres de moyenne densité (MDF) conformes aux exigences du type MDF.RWH de la norme NF EN 622-5

En complément, ces panneaux répondent également aux exigences de la norme NF EN 14964 de type IL (écrans rigides de sous toiture pour pose en discontinu).

Leur épaisseur est de 15 mm minimum.

Ils sont usinés avec rainures et languettes sur leurs quatre rives

NOTE : Ces panneaux sont destinés à une pose avec des bardages de type XIV au sens du cahier CSTB 1833 exclusivement.

L'utilisation de ces panneaux est limitée à des bâtiments dont la hauteur :

- Hauteur est limitée à R + 2 avec un maximum de 9 m (les pointes du pignon font partie du dernier niveau).
- Hauteur du système est limitée à R + 1 avec un maximum de 6 m (les pointes du pignon font partie du dernier niveau en situation « d » au sens du DTU 20.1

NOTE : La certification CTB-RH vaut la preuve de la conformité des panneaux aux exigences du présent document.

1.6. Matériaux de calfeutrement

1.6.1. Mastics

Les matériaux de calfeutrement mis en œuvre au sein des systèmes d'étanchéité des façades à ossature bois doivent avoir les caractéristiques suivantes.

1.6.1.1. Mastics à extruder

Les mastics à extruder doivent être conformes et classés selon la norme NF EN ISO 11600. Ils doivent de plus répondre aux exigences de la norme NF EN 15651-1.

Au vu des déformations rencontrées sur les éléments et composants des parois à ossature bois, les mastics utilisés sont de classe F 25 E.

Selon les supports, des essais de convenance doivent être réalisés conformément aux prescriptions de la Recommandation Professionnelle RAGE « Maitrise des performances thermiques des systèmes constructifs à ossature bois ».

NOTE : La certification marque, « Label SNJF », permet d'attester des classes des mastics de calfeutrement.

1.6.1.2. Mastics en cordons préformés

Ils sont conformes aux spécifications de la norme NF P 30-303.

1.6.2. Bandes adhésives ou autres accessoires adhésifs

Les bandes ou surfaces adhésives utilisées pour le jointoiment des membranes souples :

- Entre elles
- Avec un élément en bois
- Avec des panneaux à base de bois
- Avec du béton
- Avec du métal
- Avec des gaines plastiques

Celles-ci sont évaluées conformément aux prescriptions de la Recommandation Professionnelle RAGE « Maitrise des performances thermiques des systèmes constructifs à ossature bois ».

1.6.3. Matériaux pour fond de joint

Le fond de joint doit être un matériau compressible et élastique tout en étant capable de résister aux pressions développées lors du serrage du mastic.

NOTE : tel que défini dans le référentiel du Label SNJF et les essais de convenance. Il doit rester imputrescible à l'humidité, être compatible avec le mastic à venir et le primaire éventuel et ne pas gêner les déformations du mastic.

Les propriétés précédentes doivent être conservées jusqu'à la température de + 70 °C.

La section du fond de joint, supérieure à la largeur initiale du joint à surfaces parallèles, sera choisie en fonction de sa compressibilité.

Les fonds de joints sont en mousse de polyéthylène expansé à cellules fermées, utilisés en cordons ou bandes de section rectangulaire ou en mousse à cellules ouvertes imprégnées de résine conforme à la norme NF P 85-570, et vis-à-vis de la durabilité, seuls les produits de la classe 1 de la norme NF P 85-570 sont admis.

NOTE : Un label SNJF vaut la preuve de la conformité aux exigences du présent document.

1.6.4. Profils d'étanchéité métalliques ou plastique

Ces produits sont utilisés en extérieur, comme bavettes, capotages de protection des pièces d'appuis ou des linteaux et plus généralement des habillages des tableaux de baies.

Les prescriptions de la partie 1-2 (CGM) du NF DTU 36.5 s'appliquent :

- Les composants en PVC doivent être conformes aux prescriptions de la NF EN 12608.
- Les tôles prélaquées en aluminium doivent être conformes à la norme NF EN 1396
- Les tôles prélaquées en acier doivent être conformes aux normes NF EN 10169-1 à 3.

Tous les profils métalliques doivent avoir une épaisseur de 15/10^e (1,5 mm) minimum.

1.7. Equipements et accessoires

Les équipements de façade (si éventuellement prévus) doivent être conformes aux prescriptions suivantes.

1.7.1. Fermetures

Les fermetures doivent être conformes prescriptions de la partie 1-2 (CGM) du DTU 36.5 :

Ainsi, les fermetures éventuelles doivent être conformes aux normes applicables et en particulier aux normes suivantes : NF EN 13659, NF EN 13561, DTU 34.2.

1.7.2. Garde-corps

Les dimensions et caractéristiques des garde-corps doivent être conformes aux normes NF P 01-012 et NF P 01-013.

1.7.3. Brise-soleils

Les dimensions et caractéristiques des brise-soleils doivent être conformes aux normes NF EN 12216 et NF EN 13561 + A1.

1.8. Revêtements extérieurs

1.8.1. Revêtements extérieurs en bois

Les revêtements extérieurs en bois respectent les exigences de la norme NF EN 14915 et sont conformes aux prescriptions du NF DTU 41.2.

1.8.2. Autres revêtements extérieurs

Les solutions de parois proposées dans le cadre du présent document peuvent recevoir des revêtements extérieurs non-bois, sous réserve de la présence d'une lame d'air ventilée entre ce revêtement et la façade rapportée.

Type de revêtement extérieur ^{a)}		Obligation d'un pare-pluie	Paragraphe concerné ou NF DTU
Murs de doublage en maçonnerie avec lame d'air	Cas des murs à support continu	Oui	
	Cas des murs à support discontinu	Oui	
Bardage rapporté en bardeaux bitumés		Facultatif, selon DPM	NF DTU 40.14
Bardage rapporté en ardoises naturelles		Oui	NF DTU 40.11
Bardage rapporté en ardoises de fibres-ciment		Facultatif, selon DPM	NF DTU 40.13
Bardage rapporté en feuilles de zinc supportées		Facultatif, selon DPM	NF DTU 40.41
Bardage rapporté en feuilles d'acier inoxydable supportées		Facultatif, selon DPM	NF DTU 40.44
Bardage rapporté en plaques métalliques à nervures verticales		Facultatif, selon DPM	NF DTU 40.35 et règles professionnelles «bardage métallique» du SNPPA (janvier 1981)
Bardages rapportés selon d'autres techniques que celles détaillées ci-dessus		Selon les prescriptions de l'Avis Technique ^{b)} ou du Document Technique d'Application b du procédé de bardage rapporté ^{c)}	/
<p>a) Pour ce qui concerne les bardages rapportés, l'admissibilité de la pose sur maison à ossature bois est précisée dans le texte de mise en œuvre, NF DTU, Règles Professionnelles, Avis Technique ¹⁾ ou Document Technique d'Application ¹⁾ dont ils relèvent.</p> <p>b) Dans la mesure où l'Avis Technique ¹⁾ ou Document Technique d'Application ¹⁾ vise favorablement la pose sur maison à ossature bois.</p> <p>c) Ou son équivalent dans les conditions indiquées dans l'Avant propos.</p> <p>1) Ou son équivalent dans les conditions indiquées dans l'Avant propos.</p>			

Tableau 6 : Spécifications auxquelles répondent les revêtements extérieurs

2. Descriptif des parois

Quatre différentes configurations de solutions de rénovation à base de bois ont été retenues dans le cadre du projet Effinov'Bois, les trois premières ont été définies en fonction du couple « coût/performance thermique » ; le quatrième et dernier prototype présente un caractère plus singulier puisque celui-ci propose d'utiliser au maximum le matériau bois, tant au niveau de la structure que de l'isolant. Ces solutions sont détaillées ci-dessous :

2.1. Solution « Low cost »

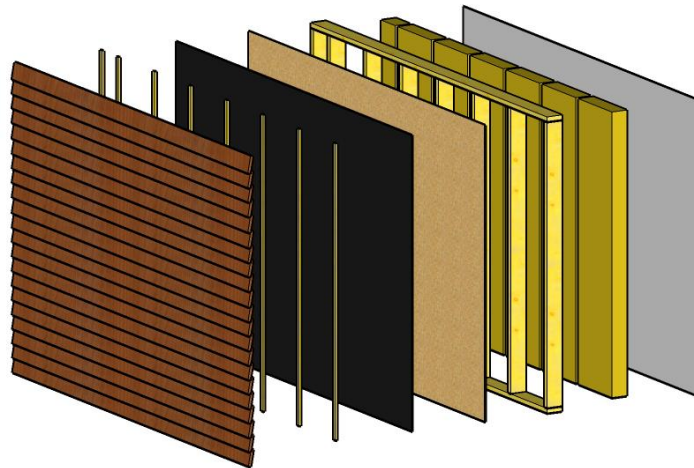


Figure 2: Vue éclatée de la solution "Low cost"

- Bardage ventilé sur liteaux
- Film pare-pluie [$S_d \leq 0,18m$]
- Panneau à base de bois [$S_d \leq 3m$]
- Ossature bois 145mm - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040 W/(m.K)$]
- Film pare-vapeur [$S_d \geq 18m$]

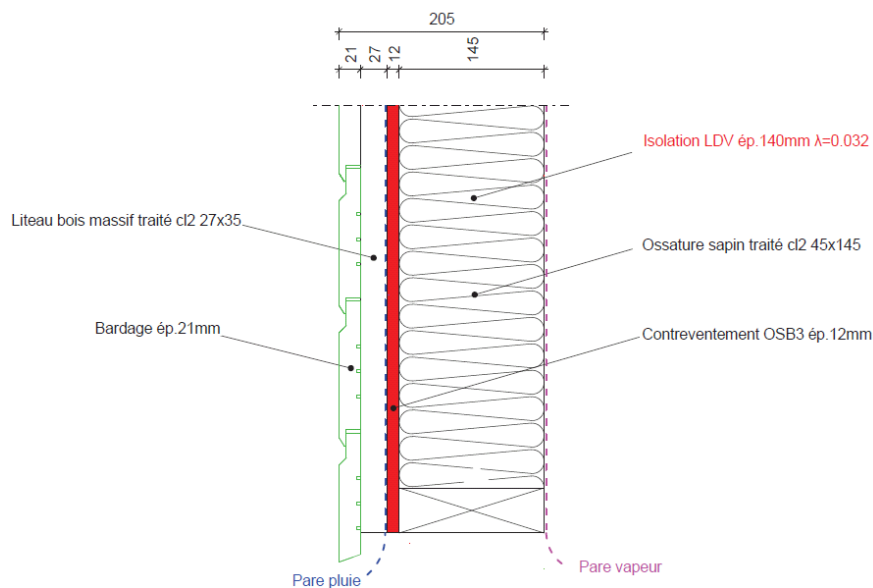


Figure 3: Vue en coupe horizontale d'un exemple de solution "Low cost"

2.2. Solution Haute Performance Thermique « HPT »

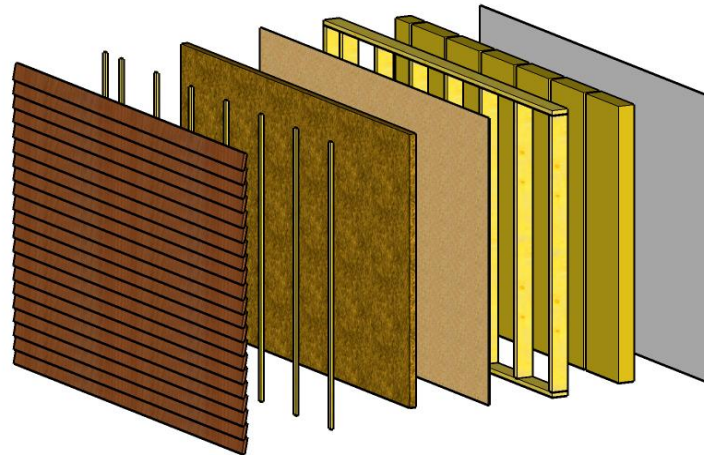


Figure 4: Vue éclatée de la solution "HPT"

- Bardage ventilé sur liteaux
- Pare-pluie rigide fibre de bois [$0,034 \leq \lambda \leq 0,040$ W/(m.K)]
- Panneau à base de bois [$S_d \leq 3$ m]
- Ossature bois 145mm - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040$ W/(m.K)]
- Film pare-vapeur [$S_d \geq 18$ m]

OU

- Bardage ventilé sur liteaux
- Film pare-pluie [$S_d \leq 0,18$ m]
- Contre-ossature bois - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040$ W/(m.K)]
- Panneau à base de bois [$S_d \leq 3$ m]
- Ossature bois 145mm - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040$ W/(m.K)]
- Film pare-vapeur [$S_d \geq 18$ m]

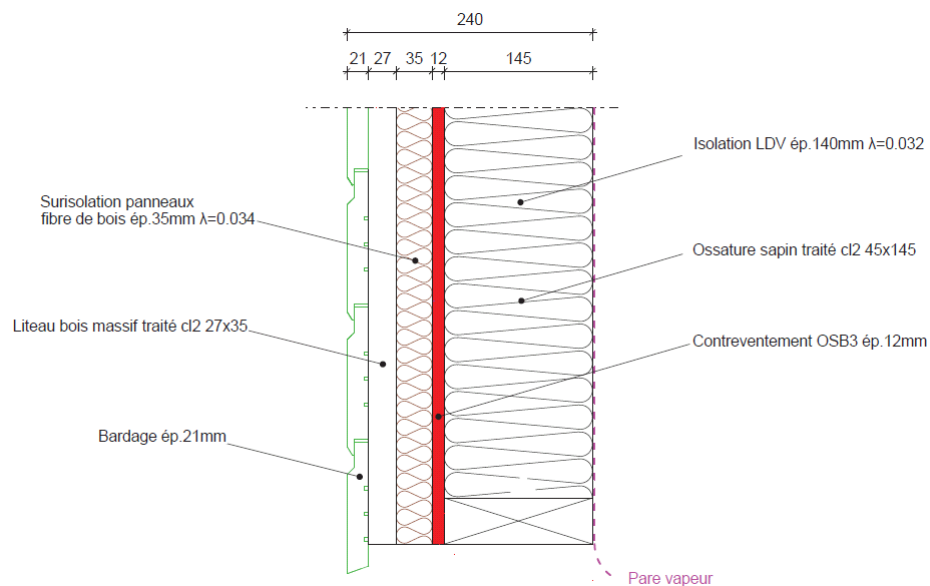


Figure 5: Vue en coupe horizontale d'un exemple de solution "HPT"

2.3. Solution Très Haute Performance Thermique « THPT »

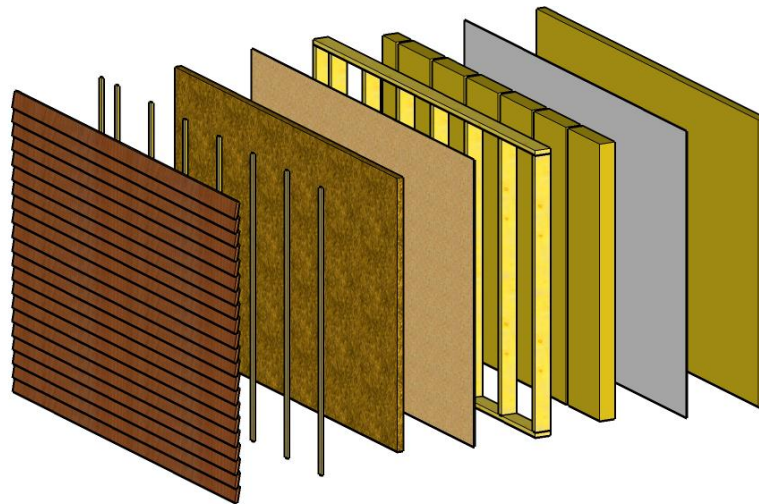


Figure 6: Vue éclatée solution "THPT"

- Bardage ventilé sur liteaux
- Pare-pluie rigide fibre de bois [$0,034 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]
- Panneau à base de bois [$S_d \leq 3\text{m}$]
- Ossature bois 145mm - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]
- Film pare-vapeur [$S_d \geq 18\text{m}$]
- Complément d'isolation intérieure en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]

OU

- Bardage ventilé sur liteaux
- Film pare-pluie [$S_d \leq 0,18\text{m}$]
- Contre-ossature bois - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]
- Panneau à base de bois [$S_d \leq 3\text{m}$]
- Ossature bois 145mm - Remplissage en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]
- Film pare-vapeur [$S_d \geq 18\text{m}$]
- Complément d'isolation intérieure en laine minérale semi-rigide [$0,030 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]

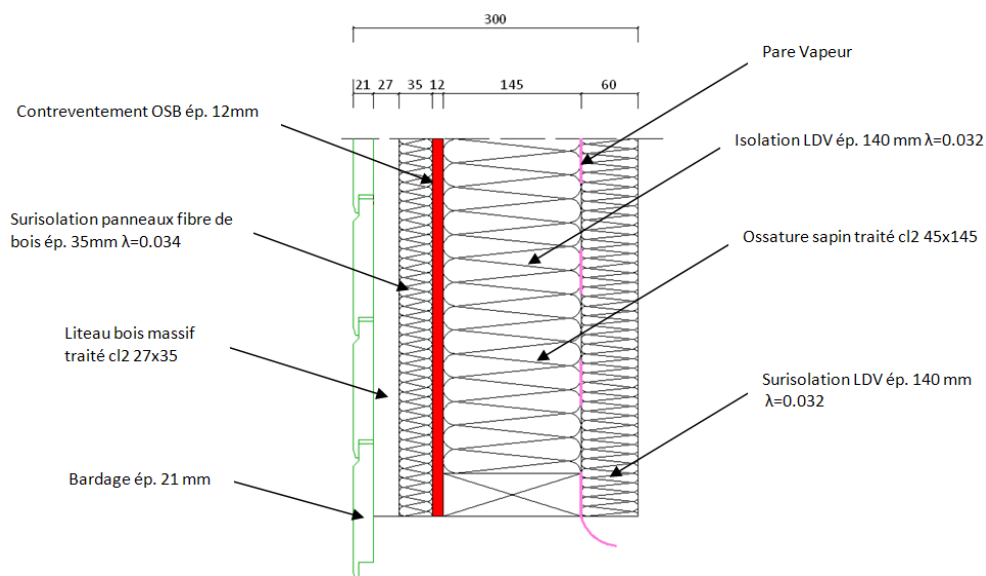


Figure 8: Vue en coupe horizontale d'un exemple de solution "THPT"

2.4. Solution « Tout Bois »

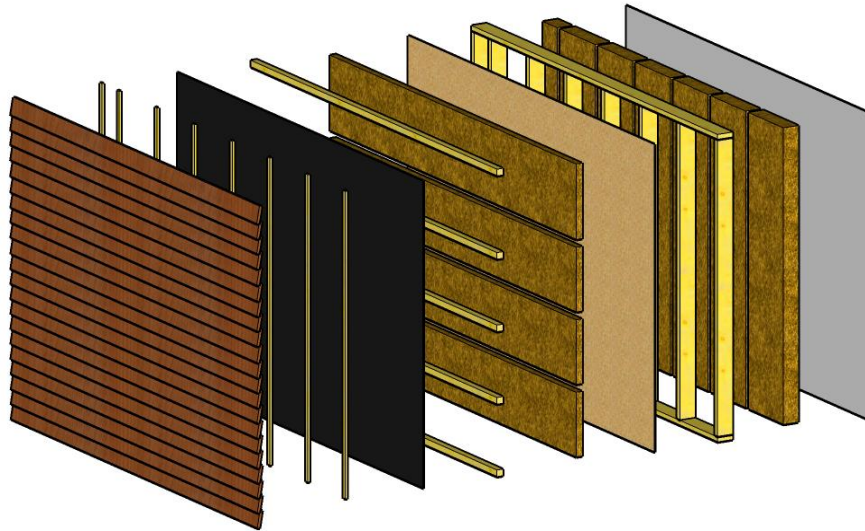


Figure 7: Vue éclaté solution "Tout bois"

- Bardage ventilé sur liteaux
- Pare-pluie rigide fibre de bois [$0,034 \leq \lambda \leq 0,040 \text{ W/(m.K)}$]
- Panneau à base de bois [$S_d \leq 3\text{m}$]
- Ossature bois 145mm - Remplissage en fibre de bois [$0,034 \leq \lambda \leq 0,044 \text{ W/(m.K)}$]
- Film pare-vapeur [$S_d \geq 18\text{m}$]

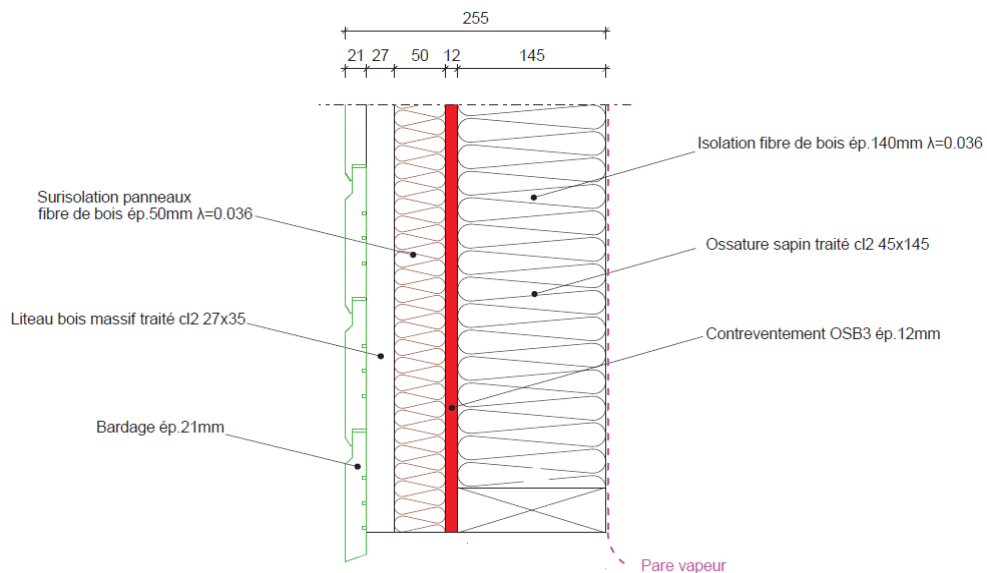


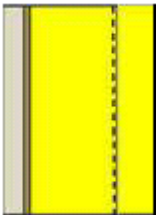



Figure 8: Vue en coupe horizontale d'un exemple de solution "Tout bois"

2.5. Tableau récapitulatif

La performance thermique (Up) en partie courante des exemples des 4 solutions présentées précédemment sont donnés dans le tableau ci-dessous :

	 Low cost	 HPT	 THPT	 Tout bois
	Up W/(m.K)	Up W/(m.K)	Up W/(m.K)	Up W/(m.K)
-	0.243	0.176	0.131	0.186
+	0.262	0.215	0.151	0.215

En préambule, il est important de noter que le présent guide de conception ne constitue pas une preuve de l'aptitude à l'emploi des solutions proposées ni du respect des réglementations en vigueur qui doivent être vérifiés au cas par cas selon les procédures d'évaluation prévues à cet effet (ex : DTA, ATEC, ATE...) Il a pour but de présenter des concepts de solution d'isolation par l'extérieur à base d'ossature en bois issus d'un travail de recherche et d'étudier la faisabilité technique de l'utilisation de ces solutions au regard des exigences essentielles auxquelles doit se conformer un bâtiment ainsi qu'au regard des performances environnementales recherchées.

On détaille dans le présent chapitre les caractéristiques des bâtiments pour lesquels a été jugée compatible l'application des solutions développées dans le cadre du projet EFFINOV-BOIS compte tenu de l'état actuel des connaissances sur le sujet.

A titre d'exemple, on cite l'absence de mode de fixations validées permettant d'accrocher les panneaux en zones sismiques en dehors des supports en béton plein.

1. Type de parois

Les solutions développées se limitent à la rénovation des parois verticales des bâtiments pour lesquelles la mise en œuvre de panneaux préfabriquée est particulièrement bien adaptée.

2. Période de construction

Entre 1948 et 1974.

La période de construction visée correspond à ce qu'on appelle communément « période de reconstruction » au cours de laquelle un nombre très important de bâtiments ont été construits. A titre indicatif, on rappelle qu'à elle seule cette période concentre près du tiers des bâtiments d'habitation.

Par ailleurs, on observe pour les bâtiments de cette époque ont une consommation plus élevée par rapport aux bâtiments plus anciens du fait notamment de la technique constructive généralement employée à base de béton. Cette mauvaise performance est également liée à l'absence de réglementation thermique pendant cette période.

On note en dernier lieu que les façades des bâtiments de cette époque se prêtent particulièrement bien à l'isolation par l'extérieur du fait généralement de leur simplicité architecturale.

3. Usage

Bâtiment à usage d'habitation jusqu'à la 4^{ème} famille :

Les bâtiments à usage d'habitation au sens du règlement de sécurité comprennent les bâtiments ou parties de bâtiment abritant un ou plusieurs logements, y compris les foyers. Au sens de la réglementation thermique, les cités universitaires sont considérées comme des bâtiments à usage d'habitation.

La quatrième famille limite la hauteur des bâtiments d'habitation à 50 m.

Bâtiments tertiaires :

Les bâtiments tertiaires sont des bâtiments utilisés pour les activités relatives au secteur tertiaire (activités de services).

ERP

Les établissements recevant du public pour l'application du règlement de sécurité contre l'incendie, constituent tous les bâtiments, locaux ou enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitations, payantes ou non.

IGH

Les immeubles de grande hauteur correspondent en général aux bâtiments de hauteur supérieure à 50 mètres.

4. Type constructif

Parois en parpaing, béton ou brique avec ou sans isolation intérieure existante

Parois de gros œuvre pleine ou maçonnerie à base de petits éléments compatibles avec l'accroche ponctuelle de panneaux isolants à base d'ossature en bois développés dans le cadre du projet EFFINOV-BOIS. La pierre est exclue de ce domaine d'emploi.

La présence d'une isolation thermique existante à l'intérieur a été jugée compatible avec la mise en œuvre des panneaux isolants à base d'ossature en bois. Néanmoins compte tenu du risque lié à la présence d'eau dans la paroi support au moment de la mise en œuvre des panneaux, il est recommandé que la résistance thermique de l'isolation existante ne dépasse pas le quart de la résistance thermique rapportée par l'extérieur.

Poteau/poutre

Les bâtiments de type poteau/poutre sont généralement constitués d'une structure porteuse sur laquelle sont fixés des éléments de remplissage. Les panneaux isolants à base d'ossature bois pourront être fixés directement sur la structure primaire avec ou sans suppression des remplissages existants.

5. Morphologie de façade

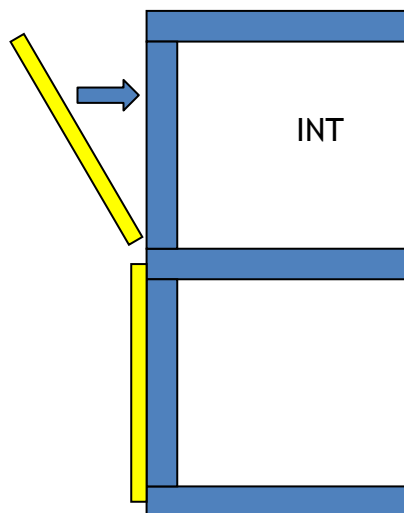
On donne ci-après la liste des morphologies de façade très courante pour lesquelles l'utilisation des solutions développées dans le cadre du projet a été jugée compatible. Les façades très irrégulières ou présentant des modénatures complexes seront beaucoup plus complexes à isoler avec des panneaux préfabriqués de grande dimension et ne sont pas visées dans le présent document.

Façade plane ou avec balcons ponctuels

Il s'agit de façade présentant peu de débordement sur lesquelles il sera possible de rapporter contre la façade les panneaux préfabriqués. Dans ce cas, leur mise en œuvre sera facilitée par l'utilisation d'un matelas d'isolation souple entre la structure du panneau et le mur support (solution THPT) permettant ainsi de reprendre les irrégularités du support. Une autre alternative pourra être la découpe des débordements lorsque cela sera possible.



EXT

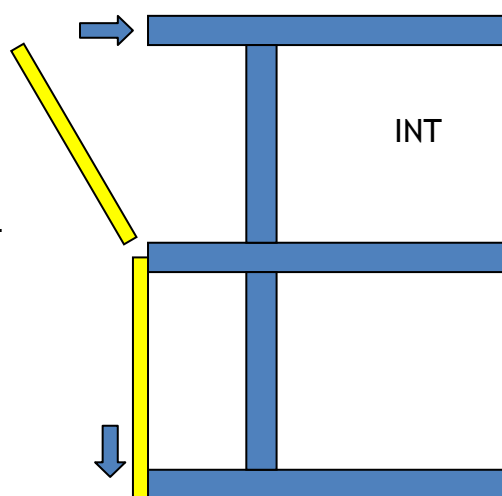


Façade avec balcons filants

Cette morphologie de façade conduit inévitablement à une mise en œuvre de type façade induisant la fermeture des balcons. La mise en place d'un appui au sol sera également indispensable car les balcons ne sont pas dimensionnés pour recevoir une charge supplémentaire. La mise en œuvre contre le mur existant (entre les balcons) a été jugée beaucoup trop difficile à mettre en œuvre.

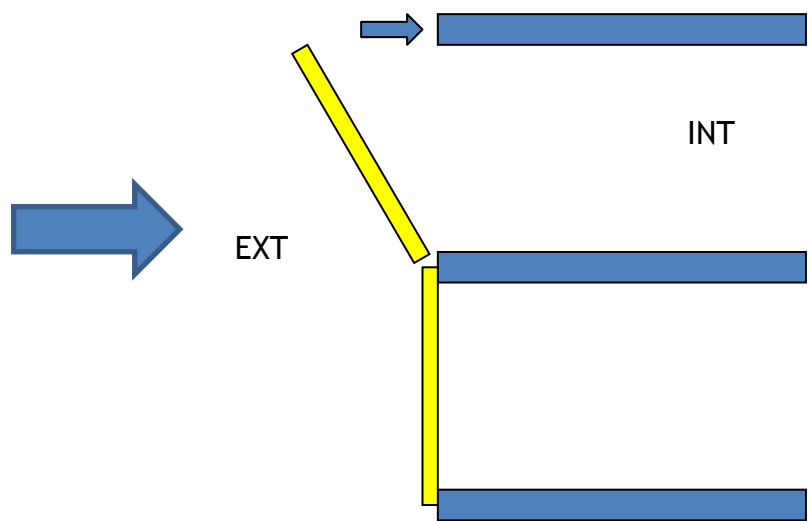
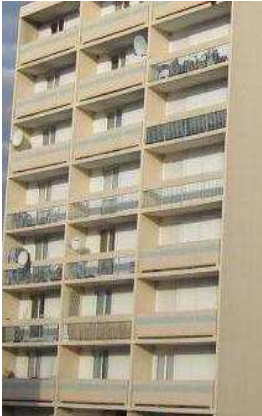


EXT



Façade avec loggias ou système poteau/poutre

Dans ce cas les panneaux sont accrochés à la manière d'une façade rideau à l'extrémité des refends pour les façades avec loggias et à l'extrémité des planchers dans le cas des structures poteau/poutre. A condition que l'état du support le permette du support, dans ce cas il n'est normalement pas nécessaire de mettre en œuvre un appui au sol.

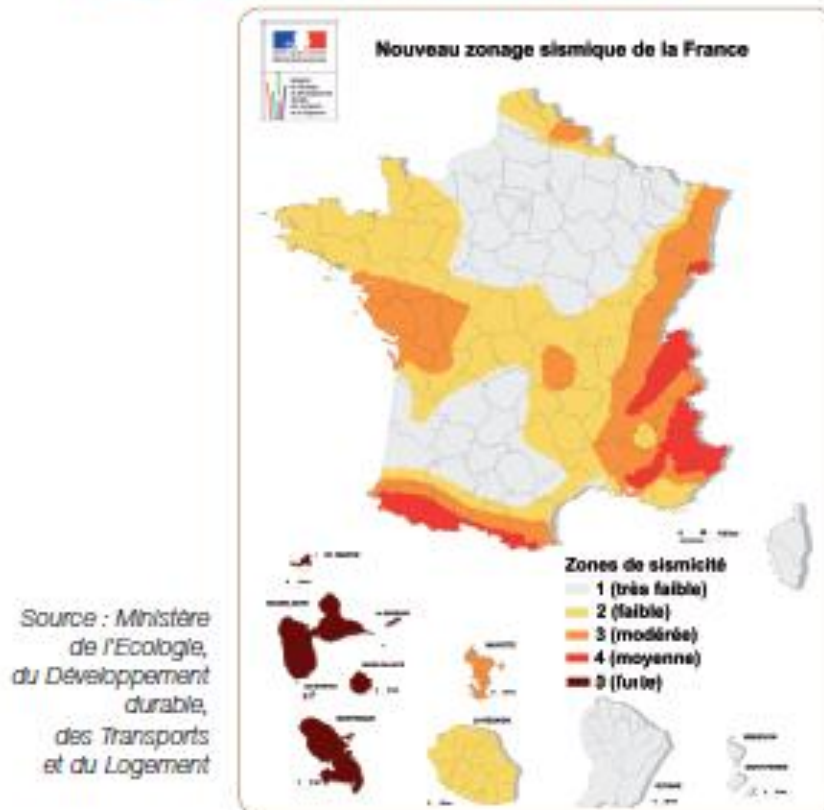


6. Localisation

L'utilisation des solutions a été limitée à la France métropolitaine hors zone sismique. Néanmoins, dans le cas où le mur support est en béton l'accroche de panneaux au moyen d'attaches ponctuelles a été jugée plausible en zone sismique sous réserve de validation par un essai.

L'état de la connaissance au moment de la rédaction du présent rapport ne permettant pas d'étendre l'accroche ponctuel des panneaux à d'autres types de supports en zones sismiques.

Zonage sismique réglementaire en France



CHAPITRE III – APPROCHE MULTICRITERE

Le présent chapitre liste les principales vérifications et analyses qui devront être réalisées afin de justifier de l'aptitude à l'emploi des solutions développées dans le cadre du projet EFFINOV-BOIS. Il regroupe une bonne partie des enseignements et observations relevées au cours du projet.

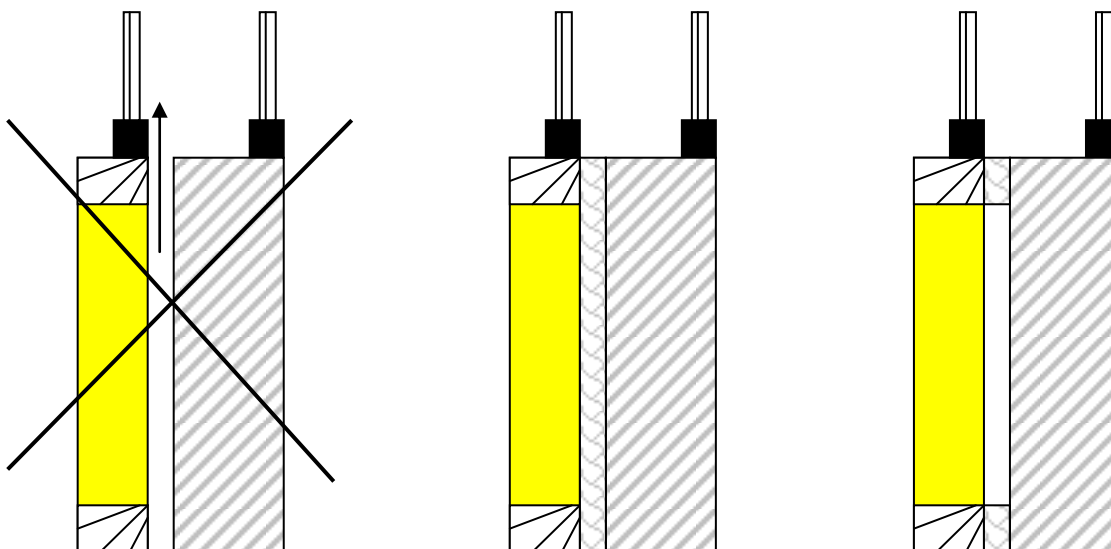
Le travail consiste à dérouler l'ensemble des exigences essentielles auxquelles doit satisfaire le bâtiment à travers une approche multi critères.

Pour faciliter la lecture du document et afin d'éviter les doublons, seule la solution de base HPT mise en œuvre en mur manteau est étudiée vis-à-vis de l'ensemble des critères dans cette partie. Les autres solutions et mise en œuvre sont évoquées dès lors que sur un critère, la performance diffère de façon sensible ou lorsqu'elles apportent une alternative plus intéressante par rapport à la solution de base.

1. Performance thermique

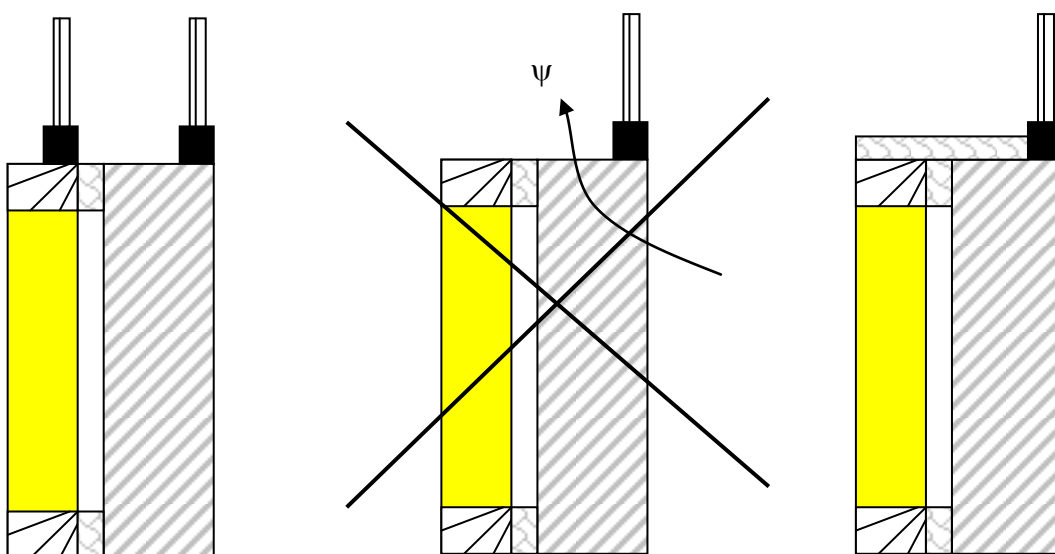
Afin d'atteindre un niveau d'isolation compatible avec les bâtiments BBC, la mise en œuvre des solutions d'isolation proposées dans EFFINOV doit obligatoirement être associée à une isolation performante des planchers et à un traitement efficace des ponts thermiques.

- La circulation d'air froid entre la nouvelle façade et la façade existante peut dégrader de façon très importante la performance thermique de la paroi et supprimer presque totalement le gain thermique apporté par la nouvelle isolation. Des dispositions devront être prises lors de la mise en œuvre afin d'éviter les circulations d'air en provenance de l'extérieur (remplissage des vides d'air avec de l'isolant ou de la mousse expansée, bande isolante périphérique autour des baies, en partie haute et basse des panneaux, couche isolante souple du côté intérieur...)



Alternative : L'utilisation de la solution THPT, permet de reprendre en grande partie les défauts de planéité du mur support et d'éviter ainsi les circulations d'air entre le panneau et le mur support.

- La conservation de la fenêtre existante permet d'améliorer de 20 à 30% le coefficient de transmission surfacique U_w de la fenêtre grâce à la lame d'air supplémentaire située entre la fenêtre existante et la nouvelle fenêtre.
- L'intégration de la fenêtre dans le panneau est favorable au traitement du pont thermique au niveau de l'encadrement de baie. La mise en œuvre des panneaux sans remplacement des menuiseries conduit à la création d'un important pont thermique et peut être par ailleurs source de condensation superficielle sur les murs autour de la baie. Un retour d'isolant de quelques centimètres devra obligatoirement être rajouté dans ce cas de figure.



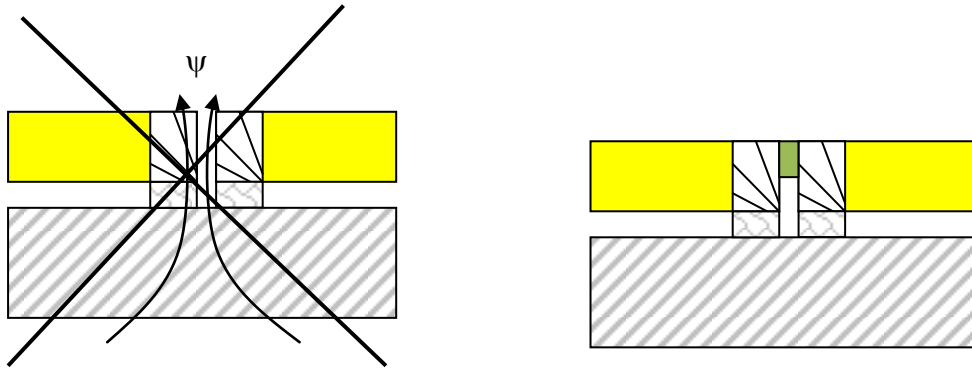
Apport EFFINOV : Une simulation thermique du pont thermique avec et sans traitement du retour de baie a été réalisée dans le cadre du projet (livrable 3.1)

- Les éléments d'ossature en bois (montants et contre-ossature) créent des ponts thermiques intégrés dont l'impact peut dégrader de 15% à 25 % la transmission surfacique obtenue en partie courante. Plus la section des montants est grande plus la déperdition supplémentaire est importante.

Apport EFFINOV : Une simulation thermique du coefficient de transmission thermique de la paroi complète U_p (avec ossature en bois) a été réalisée puis comparé au coefficient de transmission thermique en partie courante U_c (livrable 3.1)

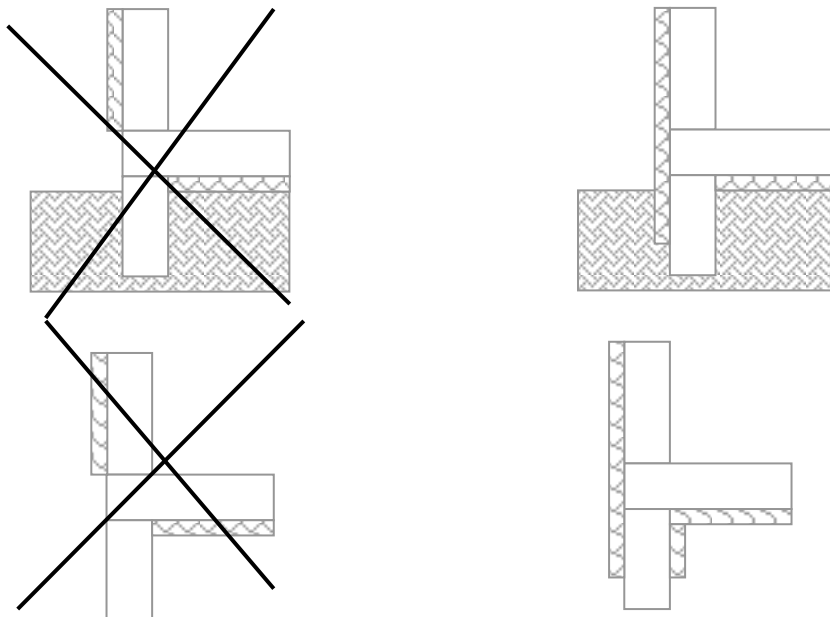
Alternative : L'utilisation de la solution THPT, permet de limiter l'impact des ponts thermiques intégrés autour de 15% grâce à la couche d'isolation continue placée entre le panneau et le mur existant.

- Les jonctions entre panneaux peuvent être à l'origine d'importants ponts thermiques. Elles doivent être traitées lors de la mise en œuvre par calfeutrement ou remplissage à base de mousse expansée.

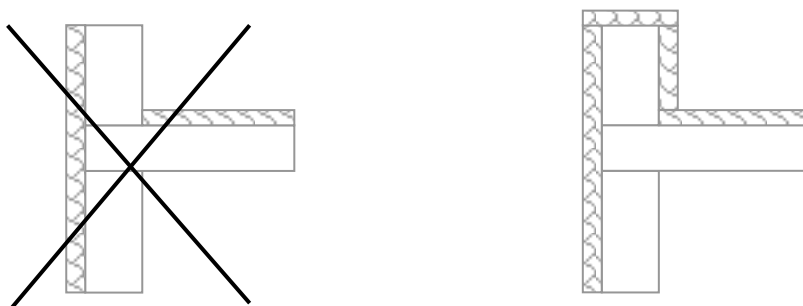


- Les ponts thermiques les plus difficiles à traiter se situent au niveau du plancher bas et du plancher haut de toiture terrasse.

Pour le plancher bas (terre-plein ou vide sanitaire), le seul traitement efficace du pont thermique consiste à prolonger l'isolation en dessous du niveau du plancher bas. Dans le cas du vide sanitaire, le prolongement doit se faire aussi du côté intérieur.



Au niveau du plancher haut, il convient de prolonger l'isolation du mur jusqu'à celle du plancher (par ex : autour de l'acrotère).



2. Performance acoustique

La mise en œuvre d'une peau isolante rapportée à l'extérieur de la façade existante conduit à une amélioration de l'isolement acoustique vis-à-vis du bruit extérieur essentiellement due à l'amélioration de la performance acoustique au niveau de la fenêtre. Une attention particulière devra donc être portée au choix de la fenêtre et notamment la qualité acoustique des entrées d'air par lesquelles passe l'essentiel du bruit aérien. La suppression des entrées d'air pourra se révéler nécessaire dans certaines zones fortement exposées au bruit mais devra être compensée par l'installation d'une ventilation plus performante afin de pallier aux risques sanitaires et de pathologies.

La conservation de la fenêtre existante contribue de façon sensible à l'amélioration de l'isolement acoustique de la paroi.

La solution est compatible avec les niveaux d'isolement vis-à-vis de l'extérieur requis par la réglementation acoustique pour les bâtiments neufs ($D_{nTA,tr} = D_{nTW} + C_{tr}$ compris entre 30 et 45 dB).

L'isolement intérieur entre locaux dépend d'un grand nombre de paramètres et notamment de la transmission directe par le plancher ou le refend, mais aussi des transmissions latérales. L'augmentation de l'isolement vis-à-vis de l'extérieur peut conduire à une perception plus importante du bruit entre locaux et des équipements. Dans le cas d'une mise en œuvre en mur manteau, l'isolement entre locaux dépendra essentiellement de la composition des parois existantes.

Apport EFFINOV : mesure comparative de l'isolement acoustique sur les cellules PASSYS rénové et non rénovée (livrable 3.1) et mesure sur plusieurs variantes au laboratoire FCBA (livrable 4.3) qui ont permis de tirer plusieurs conclusions notamment sur l'importance du choix de la menuiserie, véritable point faible de l'ensemble et sur l'impact non négligeable de l'entrée d'air de la menuiserie sur la performance acoustique de l'ensemble (diminution de 5 dB sur la $R(A)_{tr}$ avec la présence d'une entrée d'air).

Point de vigilance particulière dans le cas d'une mise en œuvre de type façade : la façade assure à elle seule l'isolement vis-à-vis de l'extérieur et participe de façon importante à l'isolement entre locaux. L'exigence réglementaire en termes d'isolement entre locaux comprise entre 53dB et 58 dB pourra s'avérer contraignante dans ce cas de figure du fait des transmissions latérales qui peuvent être importante dans la façade.

3. Réaction au feu

La conformité à la réglementation incendie, nécessite dans le cas général l'utilisation d'un revêtement extérieur classé M2. Dans certains cas particulier un classement M3 voir M4 peut néanmoins être suffisant.

4. Résistance au feu

La résistance au feu des panneaux dépend fortement composition et de la mise en œuvre et doit donc être étudiée au cas par cas. Les paramètres les plus importants qui influencent le comportement au feu sont :

- L'épaisseur et le type de revêtement extérieur.

- Le type d'isolant
- Le type de parement intérieur de la paroi
- La présence de cavités de ventilations
- Les barrières au feu, qui évitent l'effet cheminée
- Le traitement des embrasures de baie (plaque de plâtre ou laine de roche)
- La protection des éléments de fixation des panneaux

La mise en œuvre de panneaux en bois impose également un indice « C+D » (allège et ou partie saillante) minimale de 1,3 mètre.

Point de vigilance particulière dans le cas d'une mise en œuvre de type façade : la vitesse de combustion pourra être plus élevées dans ce cas de figure du fait de la ventilation. Par ailleurs, la composition de la façade et notamment le type de parement intérieur utilisé aura plus d'influence du fait de l'absence de mur existant. Un autre point de vigilance concerne le traitement de l'étanchéité en nez de dalle qui doit permettre d'assurer un compartimentage entre locaux. Dans ce cas particulier, il convient de s'assurer que la résistance au feu peut être assurée en totalité par le panneau rapporté et le parement intérieur.

Point de blocage relevé au cours du projet : des études de recherche permettant de trouver les meilleures solutions constructives bois permettant de satisfaire les exigences au feu semblent requises.

5. Confort visuel

D'une manière générale, l'augmentation de l'épaisseur de la paroi du côté extérieur crée un effet tunnel au niveau des baies et peut conduire à une baisse importante de l'apport en lumière naturelle. La teinte du pourtour de la baie pourra accentuer ou limiter cet effet en fonction du type de revêtement employé et plus particulièrement sa couleur. La conservation de la fenêtre existante pourra contribuer également à la réduction de l'apport en lumière naturelle.

Néanmoins, on constate que l'environnement proche de la façade influence beaucoup l'apport en lumière naturelle. La présence de masques proches ou lointains, le niveau de réflexion lumineuse du sol (albedo) ou des bâtiments environnent.

Apport EFFINOV : mesure et simulation du facteur de lumière du jour (livrable 1.4 et 4.2)

6. Apports solaires gratuit

En hiver ou en mi-saison, l'ajout d'une peau extérieure isolante sur la façade est plutôt défavorable au regard de la récupération des apports solaires gratuits à travers les murs et les baies. Par ailleurs, le fait de conserver l'ancienne fenêtre amplifie encore davantage ce phénomène en réduisant le facteur solaire de la baie. Le positionnement de la nouvelle fenêtre à l'extérieur du panneau permet de limiter l'effet de masque induit par l'encadrement de la baie. L'option consistant à supprimer l'ancienne fenêtre pourra dans certains cas être plus performante d'un point de vu énergétique malgré l'augmentation du coefficient de transmission surfacique U_w . Ceci s'explique par l'augmentation du facteur solaire de la fenêtre et la récupération plus importante des apports solaires en hiver ou en mi saison qui compense la perte d'isolation thermique (ex : cas des pièces bénéficiant d'un ensoleillement important (SUD-EST à SUD-OUEST)).

7. Confort d'été

La mise en place de protection solaire systématiquement intégrée dans le panneau préfabriqué est presque indispensable pour limiter la surchauffe à l'intérieur des bâtiments rénovés. En effet, l'augmentation du niveau d'isolation des parois conduira à une accumulation de la chaleur dans les locaux qui ne pourra plus s'évacuer par transmission thermique à travers les parois. Il est donc primordial, d'empêcher le rayonnement solaire de pénétrer par les parois vitrées par un dispositif de protection solaire mobile au niveau des baies vitrées recevant un fort ensoleillement.

Apport EFFINOV : Les essais à l'INES ont montré le risque d'échauffement plus important dans le cas du bâtiment rénové (livrable 4.2). Le confort d'été a par ailleurs été évalué lors des simulations énergétiques (livrable 6.3)

8. Confort en hiver

La mise en place d'une isolation par l'extérieur permet d'améliorer le confort des occupants en supprimant l'effet de paroi froide et en limitant les amplitudes de variation de températures de surface.

Par ailleurs, le mur manteau permet d'éviter le risque de condensation superficielle à la des murs du fait de l'augmentation de la température de surface intérieure.

Apport EFFINOV : mesure comparative des températures de surface intérieure sur les cellules PASSYS (Livrables 4.2)

9. Impact environnemental

La mise en œuvre des solutions d'isolation développée dans le cadre du projet sur les parois verticales du bâtiment avec un complément d'isolation des planchers et de la toiture conduit à une forte réduction de la consommation énergétique de l'utilisation du bâtiment et à une diminution de l'impact du bâtiment pour la plupart des indicateurs environnementaux considérés. L'impact environnemental des composants des différentes solutions reste faible face au gain énergétique apporté et il n'y a pas d'écart significatif de performance environnementale entre les solutions envisagées. Le choix des solutions sera essentiellement conditionné par l'aspect économique et les performances d'un point de vue multicritère.

Apport EFFINOV : simulations énergétiques et environnementales (Livrables 5 et 6)

10. Risque de condensation

La mise en œuvre d'un pare-vapeur sur la face interne du système d'isolation est indispensable pour empêcher la condensation au niveau du panneau OSB peu perméable à la vapeur d'eau. Le pare-vapeur devra être protégé pendant le transport et au moment de la mise en œuvre pour éviter qu'il soit déchiré. Le niveau de résistance à la diffusion de vapeur d'eau minimum requis pour ce pare-vapeur correspond à un sd de 18 m dans le cas d'un revêtement extérieur ventilé (type bardage) et à un sd de 90 mètres dans les autres cas.

Dans le cas où les solutions EFFINOV-BOIS sont mise en œuvre avec conservation de l'isolation à l'intérieur de la paroi, il convient de s'assurer que la résistance thermique de la couche d'isolation existante ne dépasse pas 1/3 de la résistance thermique totale de la paroi.

Le dimensionnement du système de ventilation devra être vérifié afin de s'assurer qu'il permet de compenser l'imperméabilisation de l'enveloppe induite par la mise en œuvre de la solution d'isolation extérieure. En effet, la ventilation aura pour rôle d'évacuer en plus de l'humidité produite dans le local, l'humidité accumulée dans le mur qui ne pourra plus diffuser vers l'extérieur.

Apport EFFINOV : mesure d'humidité dans la paroi avant et après rénovation réalisée au niveau des cellules PASSYS à l'INES (livrable 4.2), mesure d'humidité dans la paroi réalisée au FCBA (Livrables 4.3), simulation WUFI réalisée par le TREFFLE (livrable 3.1)

11. Etanchéité à l'air

En partie courante, l'étanchéité à l'air est normalement assurée par le mur existant et plus particulièrement par l'enduit mise en œuvre sur le mur existant. Il est donc indispensable de faire un diagnostic du mur existant avant de mettre en œuvre les solutions d'isolation. (ex : présence d'enduit, type d'enduit, fissuration...)

Pour le traitement de l'étanchéité à l'air, l'attention se portera essentiellement au niveau des points singuliers. En effet, la difficulté sera d'assurer un plan d'étanchéité continu tout autour de l'enveloppe et notamment aux jonctions entre panneaux ou entre parois. Le chapitre IV du présent guide fourni des exemples de point singulier intégrant notamment des principes de mise en œuvre de membranes d'étanchéité à l'air.

Point de vigilance particulière dans le cas d'une mise en œuvre de type façade : dans ce cas de figure, la façade rapportée aura pour fonction d'assurer l'étanchéité à l'air en partie courante. La membrane pare-vapeur pourra dans ce cas faire office de plan d'étanchéité à condition que celle-ci ne risque pas d'être endommagée durant la mise en œuvre.

Apport EFFINOV : Pour le mur rénové l'équation de débit déterminée suite aux essais permet de calculer une fuite de $0,35 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ à 4Pa , on est ainsi conforme à l'exigence de la RT 2012 pour les bâtiments collectifs correspondant à $1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ (livrable 4.3).

12. Etanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau est assurée soit au niveau de la peau extérieur (ex : bardage de type XIV associé à un pare-pluie en panneaux de fibre de bois, enduit sur isolant). Il peut être de type XIII dans le cas où un dispositif de récupération des eaux de pluie est prévue derrière la peau extérieur (ex : cas du bardage ventilé). Dans ce deuxième cas, un pare-pluie de type film doit être mis en œuvre entre la peau extérieur et l'isolant.

13. Stabilité mécanique

Le dimensionnement des éléments de fixation doit être effectué au cas par cas et tenir compte notamment des paramètres suivant :

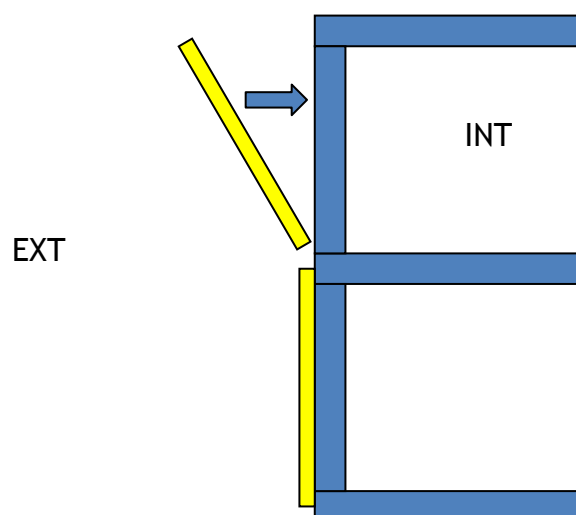
- Poids des panneaux (dans le cas particulier d'un appui au sol, vérifier le dimensionnement de la longrine pour recevoir le poids de la façade)
- Nature du support
- Hauteur du bâtiment
- Utilisation en zone sismique
- Effet du vent

Point de blocage relevé au cours du projet : un besoin complémentaire en termes de recherche semble nécessaire pour fiabiliser et optimiser les éléments de fixation disponibles sur le marché. On cite notamment l'absence de validation de dispositifs de fixation mécanique utilisable en zone sismique sur des supports en à base de maçonnerie en corps creux.

Apport EFFINOV : renvoi vers livrable 1.1 et 3.1

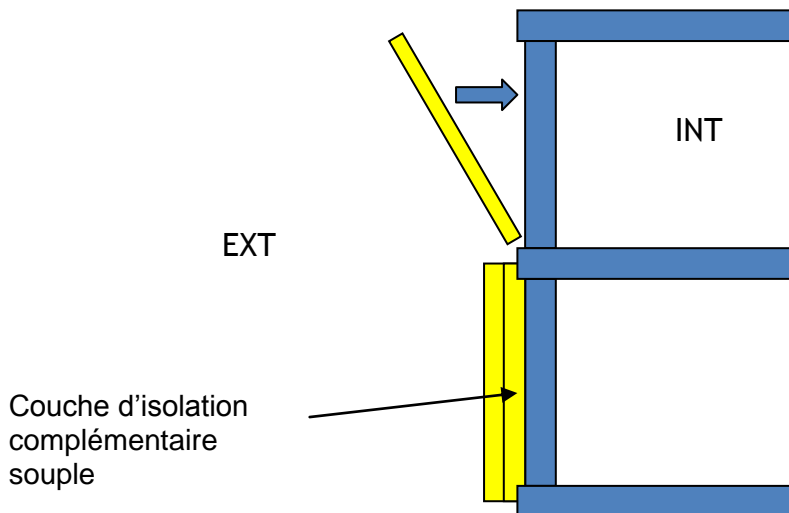
14. Mise en œuvre

La mise en œuvre de la solution directement contre le mur existant nécessite que celui-ci soit bien plan. Dans une grande majorité de cas, le mur existant n'est pas parfaitement lisse et présente des débordements. Dans certains cas, les débordements sont importants comme par exemple dans le cas des balcons ponctuels et nécessite d'être pris en compte au moment du positionnement des ouvertures dans les panneaux à la conception. Il est également possible si la conservation des balcons n'est pas essentielle, de les supprimer au même titre que les appuis de baie.

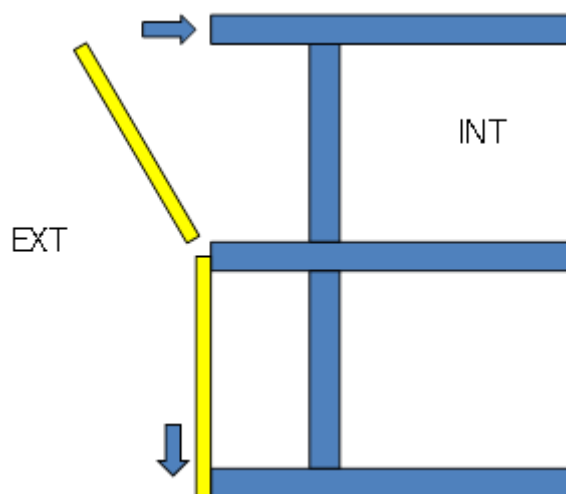


Dans tous les cas, un relevé géométrique du mur existant est indispensable avant de concevoir et réaliser les panneaux aux bonnes dimensions et positionner correctement en usine les fenêtres. Des techniques de relevé géométrique semi-automatique existe basé sur une méthode de photographie laser.

Alternative : L'utilisation de la solution THPT, permet de reprendre en grande partie les défauts de planéité du mur support et de faciliter la mise en œuvre. Cette solution est particulièrement bien adaptée dans le cas de petits débordements (quelques cm).



Point de vigilance particulière dans le cas d'une mise en œuvre de type façade : La mise en œuvre des panneaux en façade rideau est requise dans certains cas de figure ne permettant pas la mise en œuvre en mur manteau. C'est notamment le cas lorsque les balcons sont filants ou en présence de loggias. Les structures poteau/poutres requièrent également la mise en œuvre d'une façade assurant le clos et le couvert. On attire l'attention ici sur le cas des balcons filants qui ne sont pas dimensionnés pour supporter le poids des panneaux et nécessite de prévoir un appui au sol permettant de reprendre la charge des panneaux. Les fixations placées en nez de balcons ont dans ce cas uniquement une fonction de reprise des efforts horizontaux.



Apport EFFINOV : Recensement des différentes morphologies de façade courante et adaptations possibles (livrable 3.1 et 7.4).

15. Coût

Le coût dépend de plusieurs paramètres qu'il convient de prendre en compte au moment de la conception :

- La complexité de la façade (nombre de décroché)
- La nature du mur existant
- Le nombre de fenêtre à prévoir
- La nature des matériaux et accessoires utilisés (isolants, revêtement, membranes, coffres de volet roulant, systèmes de fixations...)
- La nécessité de prévoir une reprise de charge au sol
- La hauteur du bâtiment (moyen de levage)
- Options architecturales

Dans certains cas, le coût de la rénovation peut être compensé en partie grâce à l'ajout de surface habitable (cas de la fermeture de balcons...)

Chapitre IV – Points singuliers

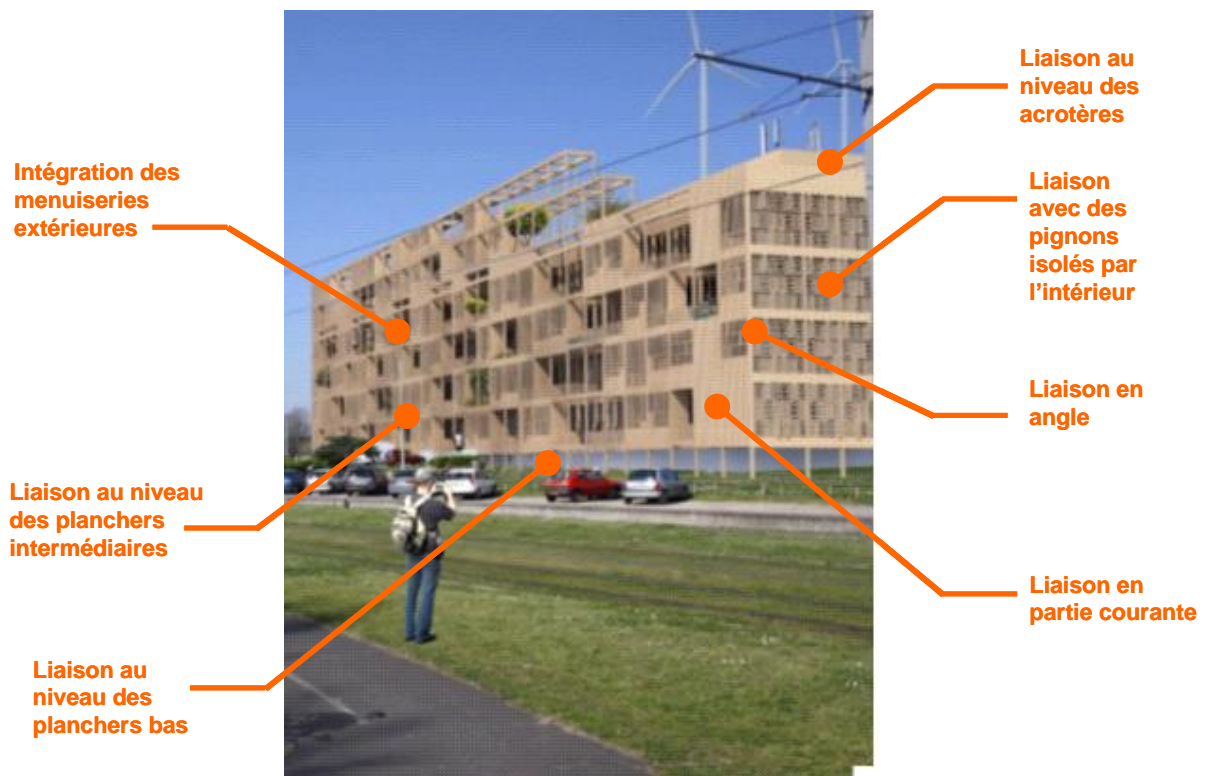
Des dispositions particulières doivent être prises au niveau des points singuliers afin de garantir une performance équivalente à celle atteinte en partie courante.

Les points singuliers traités directement à la préfabrication seront : Les jonctions entre la partie courante et la baie, les jonctions entre les composants (OSB, isolant, membranes). En ce qui concerne les jonctions entre panneau (angle, mur), les jonctions basses et hautes, les ancrages et les fractionnements, les dispositions prévues devront être précisément décrites pour les mises en œuvre les plus courantes et faire l'objet d'une évaluation technique au cas par cas.

Les détails techniques ci-dessous sont illustrés sur la base d'une façade « HPT – Haute Performance Thermique ».

Les façades suspendues sont ancrées à chaque niveau en nez de dalle alors que les façades empilées sont mises en œuvre les unes sur les autres, étant autoportées par rapport à leur poids propre.

Les détails ci-dessous sont répertoriés :



Remarque :

Des exigences réglementaires (acoustique, sécurité incendie notamment) peuvent imposer des contraintes particulières. Les détails ci-dessous ne donnent que des principes constructifs. Le respect vis-à-vis des réglementations doit être justifié au cas par cas, tout comme la stabilité mécanique vis-à-vis des efforts de vent, de poids propre, des actions dues au séisme,...

Pour les solutions « Low cost » et « Tout Bois », les principes ci-dessous peuvent s'appliquer. Dans le cas de la solution « THPT », qui comprend un doublage intérieur, les isolants de calfeutrement décrits sur les détails ci-dessous peuvent être remplacés par ce doublage. Dans ce cas, attention à la densité et à la nature de cet isolant de doublage : des contraintes réglementaires (sécurité incendie surtout) peuvent imposer, au droit des planchers, en périphérie des baies,... des exigences spécifiques sur le matériau utilisé.

Les liaisons entre parois existantes sont supposées étanches à l'air.

Le point de vigilance est ici la fixation au bâtiment existant des façades dont la chambrée est inaccessible, avec d'un côté le panneau à base de bois et de l'autre la paroi existante.

1. Carnet de détail des points singuliers dans le cas d'une mise en œuvre type « mur manteau »

1.1. Liaison en partie basse

1.1.1. Cas des façades suspendues

Une ferrure (linéaire ou ponctuelle) est ancrée en tête du plancher bas. La position de cette ferrure doit permettre de maintenir la garde au sol minimale de 20 cm entre le sol et l'élément de façade rapportée.

L'élément de façade est mis en place sur ces porteurs métalliques et liaisonné par tirefonds.




Un isolant périphérique adapté au contact avec le sol (type polystyrène extrudé, liège,...) est mis en œuvre sur la périphérie entre la sous face de la partie horizontale de la ferrure et le pied des fondations du bâtiment existant.

L'épaisseur de cet isolant est au maximum celle de l'élément de façade rapporté.

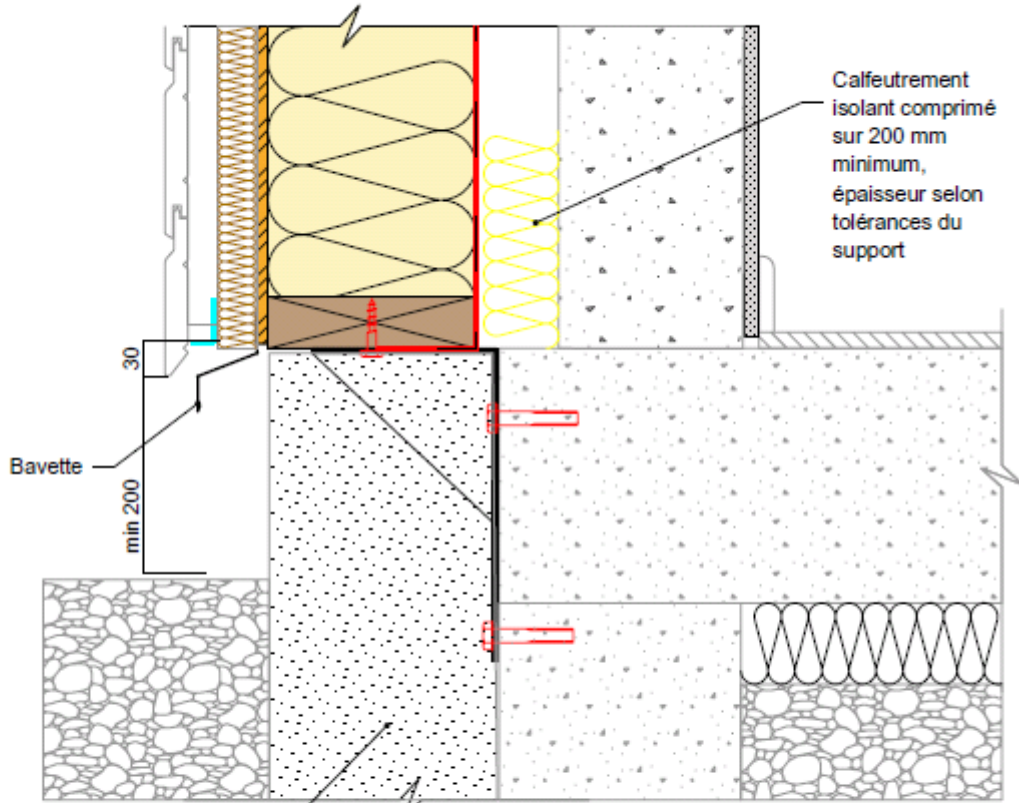
Une bavette métallique protège la partie haute de cet isolant et la traverse basse.

Côté intérieur, le pare-vapeur est rabattu sous la traverse basse de l'élément préfabriqué.

COMPLEMENT LEGENDE

-  Joint pré-comprimé
-  Collage mastic
-  Bande adhésive

LIAISON DALLE SUSPENDU



Calfeutrement
isolant comprimé
sur 200 mm
minimum,
épaisseur selon
tolérances du
support

Bavette

30

min 200

Isolant
périphérique

Vue 3D équerre (principe)

trous oblongs



1.1.2. Cas des façades empilées

Une fondation complémentaire est nécessaire.

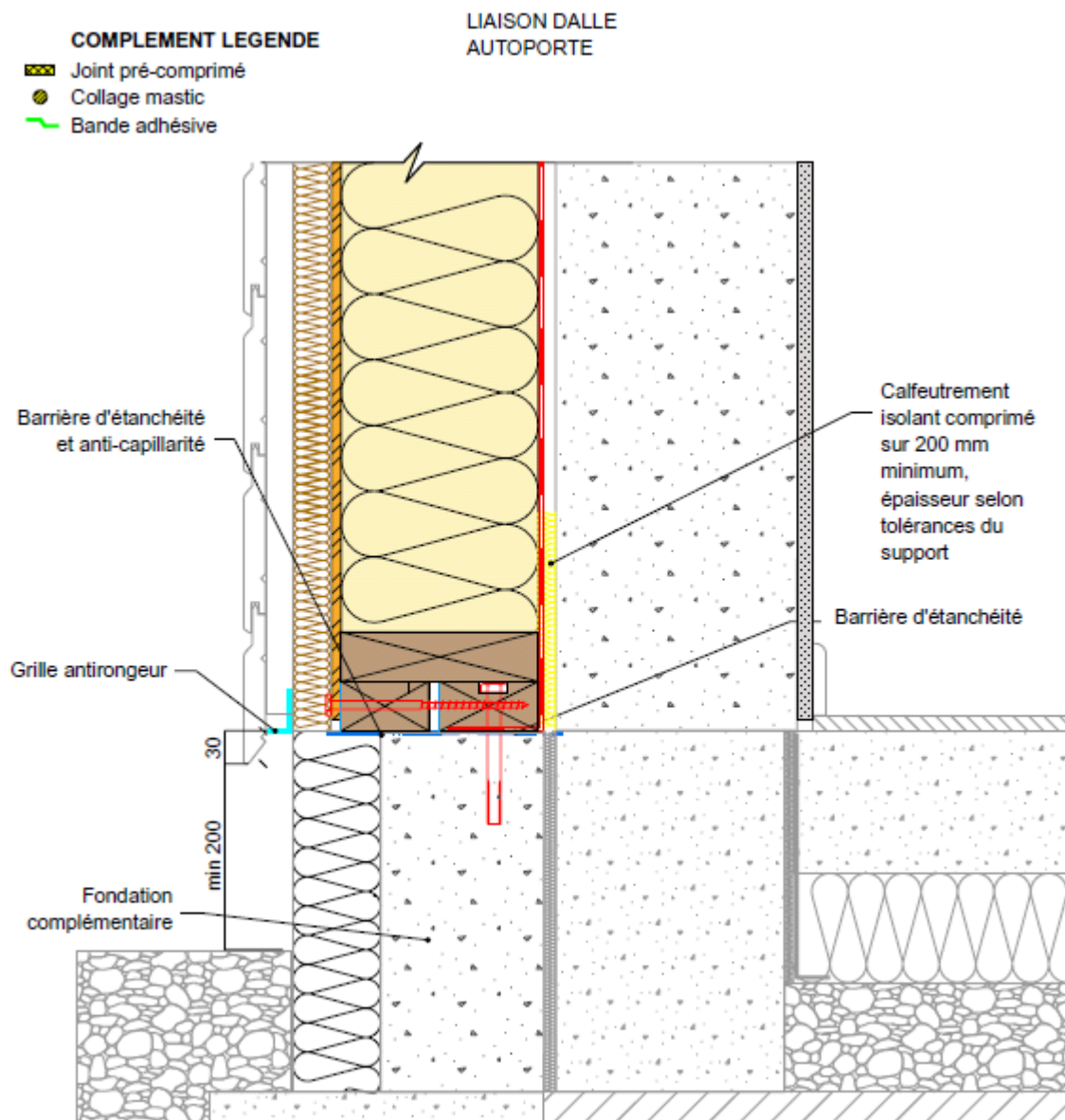
Une lisse basse (classe d'emploi 3b) de largeur équivalente à la moitié de la traverse basse des murs est ancrée à la fondation en béton. La façade rapportée est équipée d'une lisse complémentaire (classe d'emploi 3b également) de même section que celle de la demie lisse basse. Les deux lisses sont assemblées par tirefond depuis l'extérieur en traversant le panneau de contreventement.

Un isolant périphérique adapté au contact avec le sol (type polystyrène extrudé, liège,...) est mis en œuvre sur la périphérie entre la sous face de la lisse basse et le pied des fondations.

Pour augmenter l'épaisseur de cet isolant périphérique il est possible de poser la façade en léger porte-à-faux. Dans ce cas, une note de calcul devra être établie afin de montrer qu'il n'y a pas de risque de déversement de la façade rapportée.

Le revêtement extérieur doit recouvrir la liaison lisse basse / maçonnerie d'au moins 3 cm. A défaut, une bavette métallique est mise en œuvre.

Côté intérieur, le pare-vapeur est rabattu sous l'élément préfabriqué.



1.2. Liaison avec plancher intermédiaire

1.2.1. Cas des façades suspendues

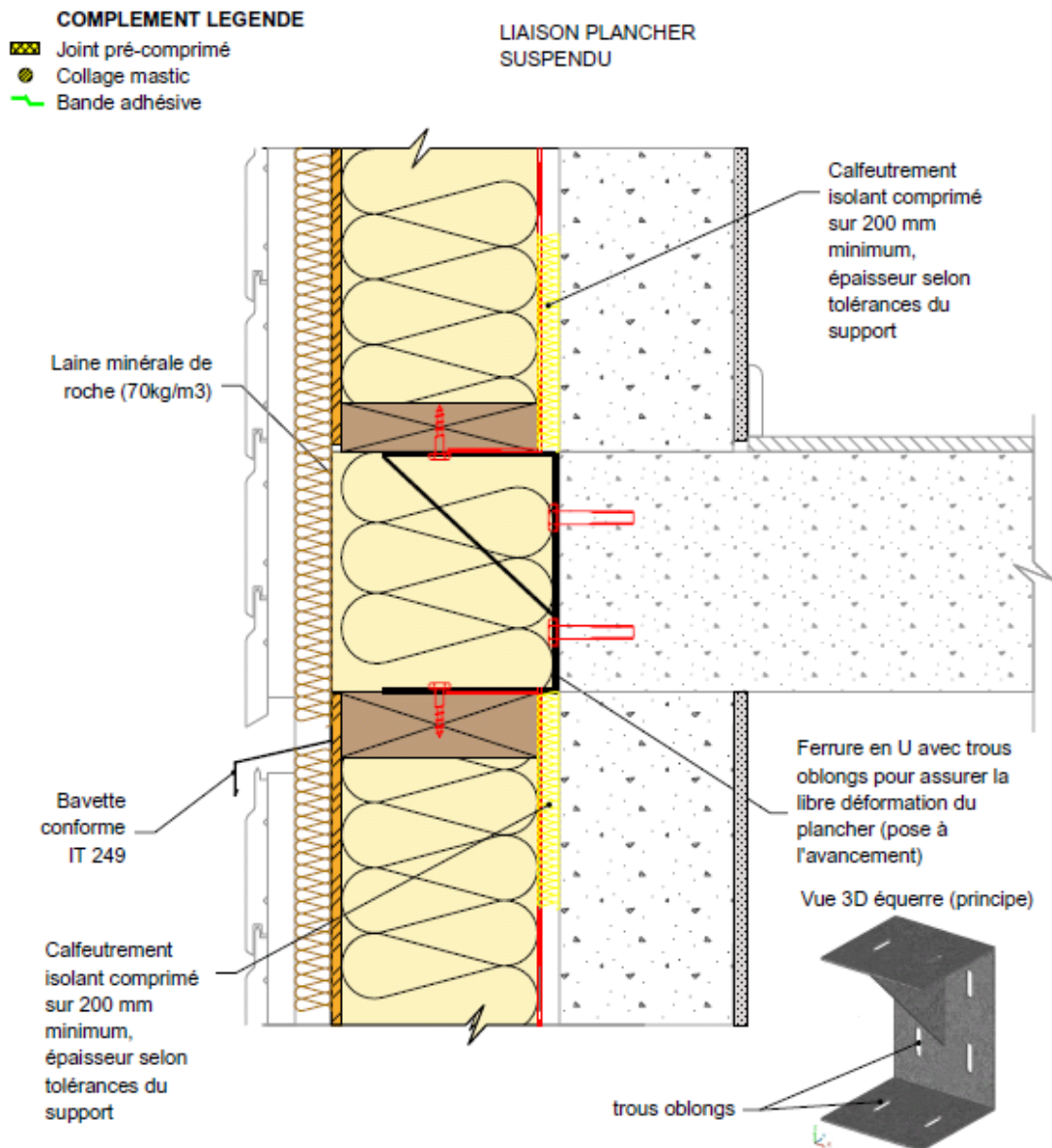
Le mur de l'étage inférieur est mis en place.

Une ferrure « en U » linéaire ou ponctuelle est ensuite ancrée en tête de plancher, de telle sorte que sa partie horizontale inférieure puisse être tirefonnée sur la traverse haute du mur de l'étage inférieur. La façade du niveau supérieur est tirefonnée (par en dessous) dans sa partie horizontale supérieure de la ferrure.

L'espace entre les deux éléments de façade est bourré de laine minérale à 70 kg/m³ (respect de la réglementation incendie).

Une bavette métallique (tôle d'acier d'épaisseur 15/10^{ème}) est mise en œuvre à chaque niveau (sécurité incendie et continuité du plan d'étanchéité à l'eau).

Le pare-vapeur est rabattu sur les traverses. Comme celui n'est pas continu d'un étage à l'autre, le panneau de contreventement extérieur doit être interrompu pour ne pas constituer de barrière à la diffusion de vapeur d'eau.



1.2.2. Cas des façades empilées

Il faut réaliser ici un assemblage type « mi-bois » comme décrit ci-dessus au chapitre « liaison en partie basse »

Selon les tolérances dimensionnelles de l'ouvrage existant (distance entre planchers), un calage peut être nécessaire entre les éléments de façade préfabriqués.

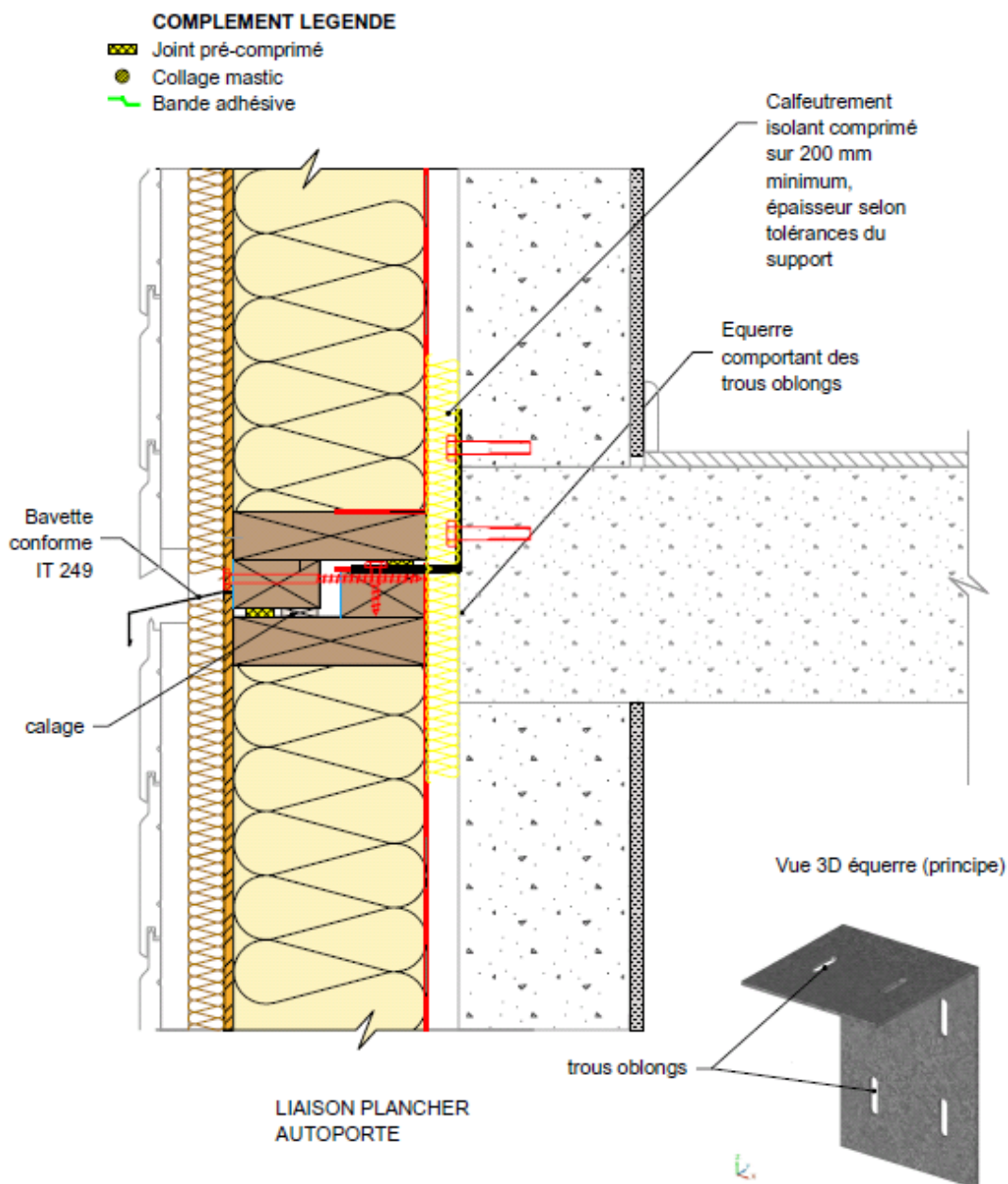
Le pare-vapeur est rabattu sur les traverses.

Deux cordons en mousse imprégnée pré-comprimée peuvent être mis en œuvre pour parfaire la liaison en cas de jeu trop important entre éléments préfabriqués.

Un calfeutrement avec de l'isolant en laine de roche à 70 kg/m³ est réalisé en tête de plancher (sécurité incendie).

Une équerre métallique permet de liasonner la façade du niveau inférieur au plancher existant.

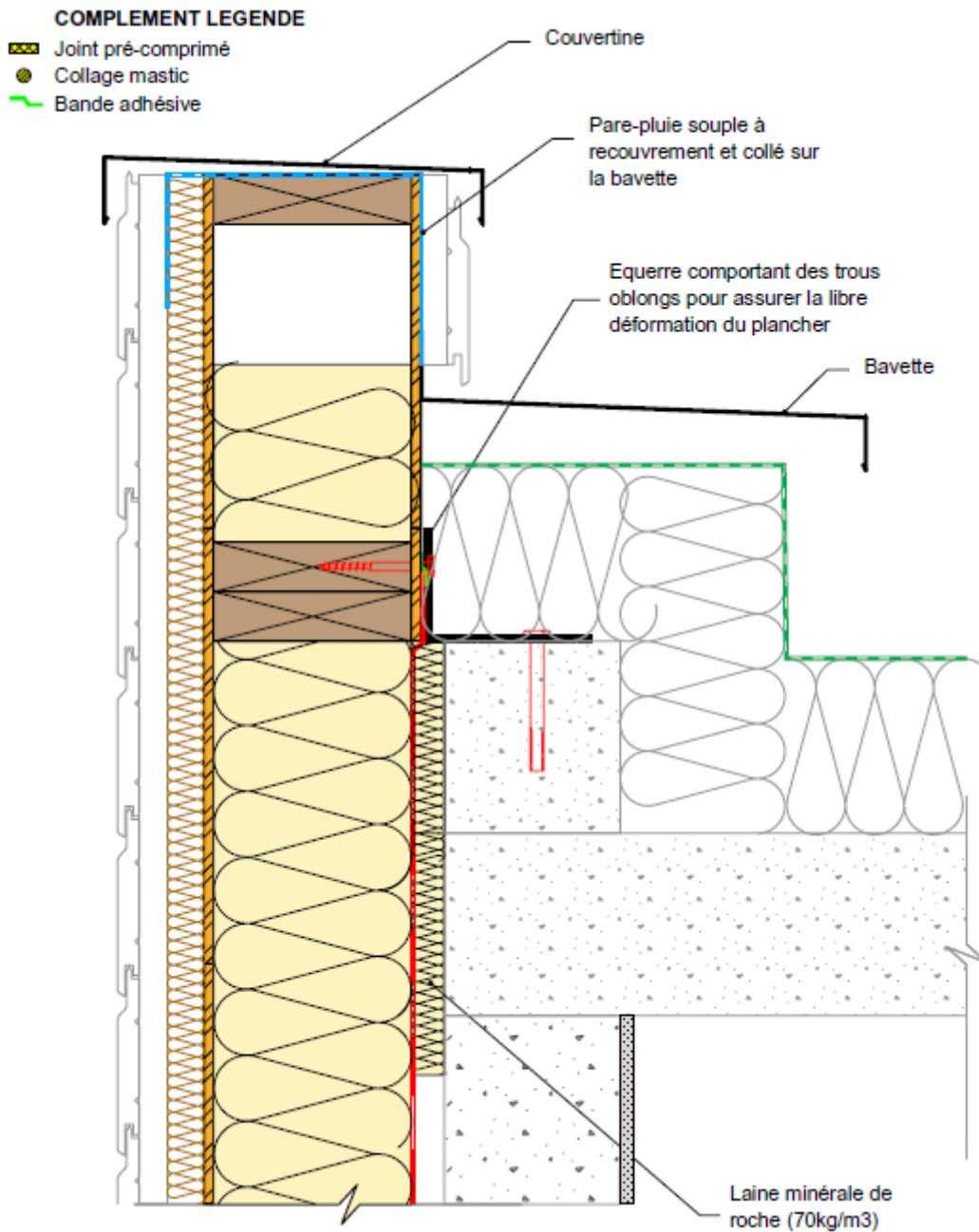
Une bavette métallique (tôle d'acier d'épaisseur 15/10^{ème}) est mise en œuvre à chaque niveau (sécurité incendie et continuité du plan d'étanchéité à l'eau).



1.3. Liaison avec plancher haut et l'acrotère

Une équerre métallique permet de liasonner la façade avec le relevé d'acrotère.

Une bande de pare-pluie souple permet de réaliser l'étanchéité à l'eau sur le dessus de l'acrotère.



Note : Les détails concernant la mise en œuvre de la membrane d'étanchéité de la toiture (relevé d'étanchéité notamment) ne sont pas représentés ici.

1.4. Liaison avec les porteurs verticaux

Gestion d'un joint de dilatation ou d'un fractionnement

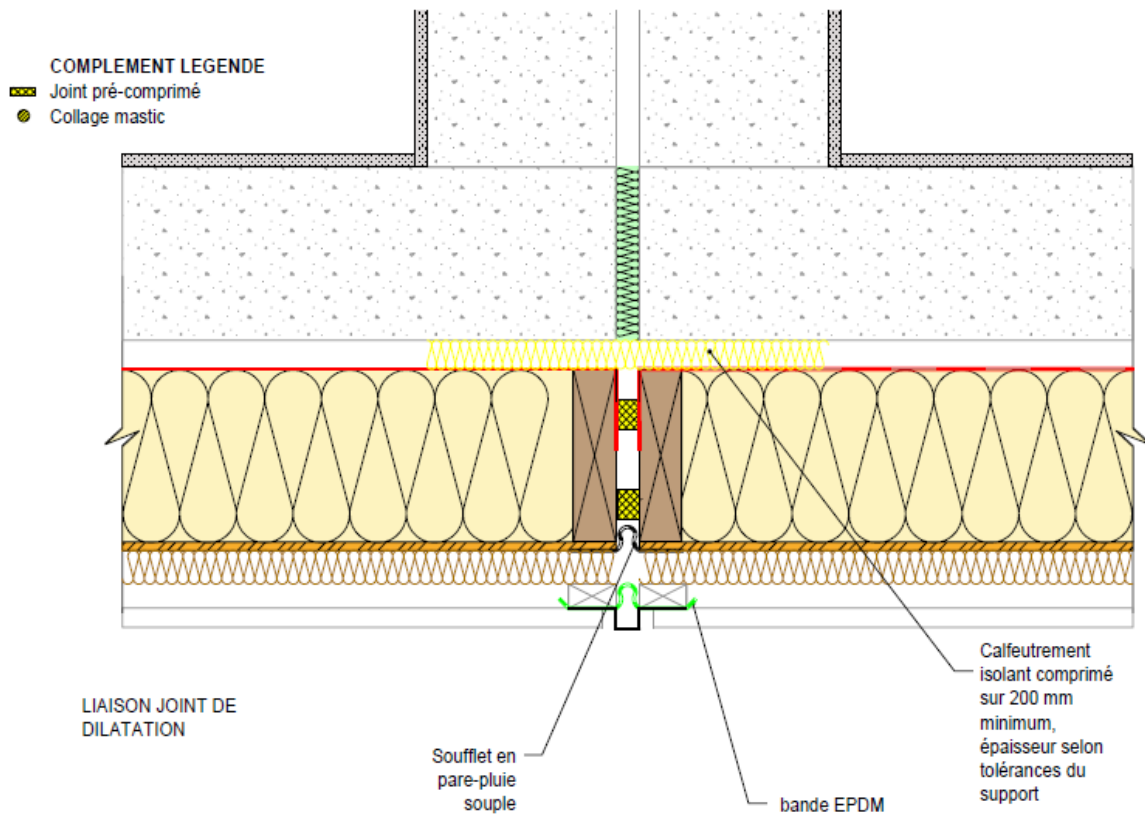
Au droit d'un joint de dilatation, la façade doit absolument être interrompue, du point de vue mécanique. Il ne doit pas y avoir en plus des fixations hautes et basses d'autre fixation avec le gros œuvre béton sur la hauteur du joint de dilatation.

A minima, deux bandes de mousse imprégnée pré-comprimée sont interposées entre les éléments de façade. Si le jeu le permet, le côté de l'élément de façade peut également être équipé d'une bande d'isolant compressible qui comblera le vide entre les éléments de façade.

La continuité de l'étanchéité à l'eau est assurée par une bande de pare-pluie souple mise en œuvre avec un soufflet permettant de reprendre le jeu du joint de dilatation du gros-œuvre.

Le pare-vapeur de chaque élément de façade est rabattu sur la périphérie de l'ossature.

Note : le revêtement extérieur doit également permettre de suivre les variations dimensionnelles du gros-œuvre



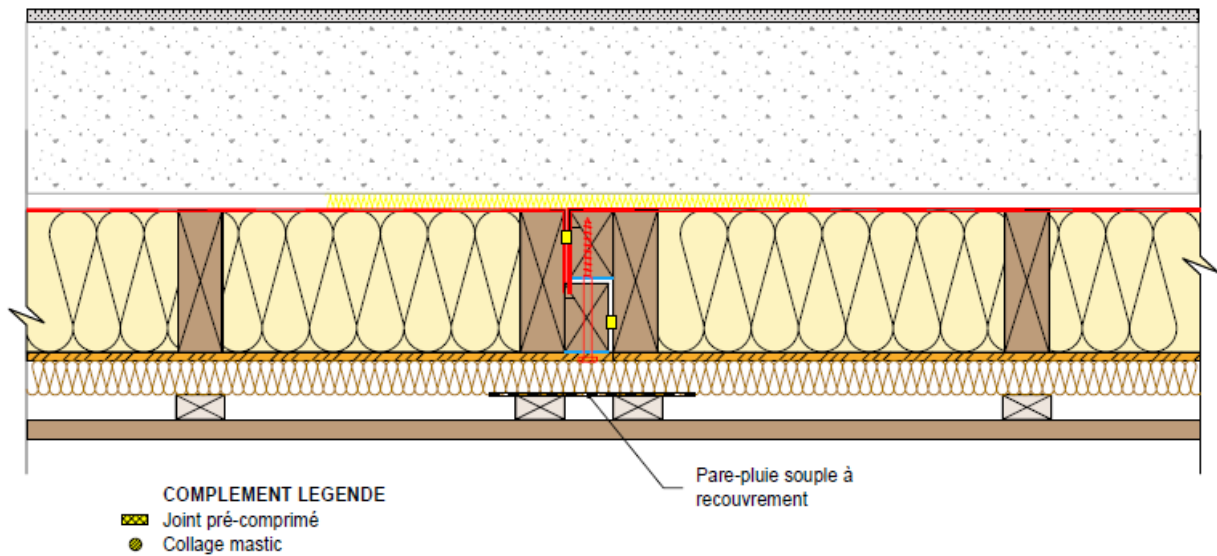
1.5. Raccord vertical entre parois dans le même plan

Le principe de l'assemblage à mi-bois depuis l'extérieur est utilisé, les tirefonds permettent de solidariser les éléments de façade entre eux.

Deux cordons en mousse imprégnée pré-comprimée peuvent être mis en œuvre pour parfaire la liaison en cas de jeu trop important entre éléments préfabriqués.

L'étanchéité à l'eau est réalisée grâce à l'emboîtement rainure/languette des panneaux pare-pluie rigide ou bien grâce à une bande de pare-pluie rapportée.

Le pare-vapeur de chaque élément de façade est rabattu sur la périphérie de l'ossature.



1.6. Raccord vertical entre parois en angle

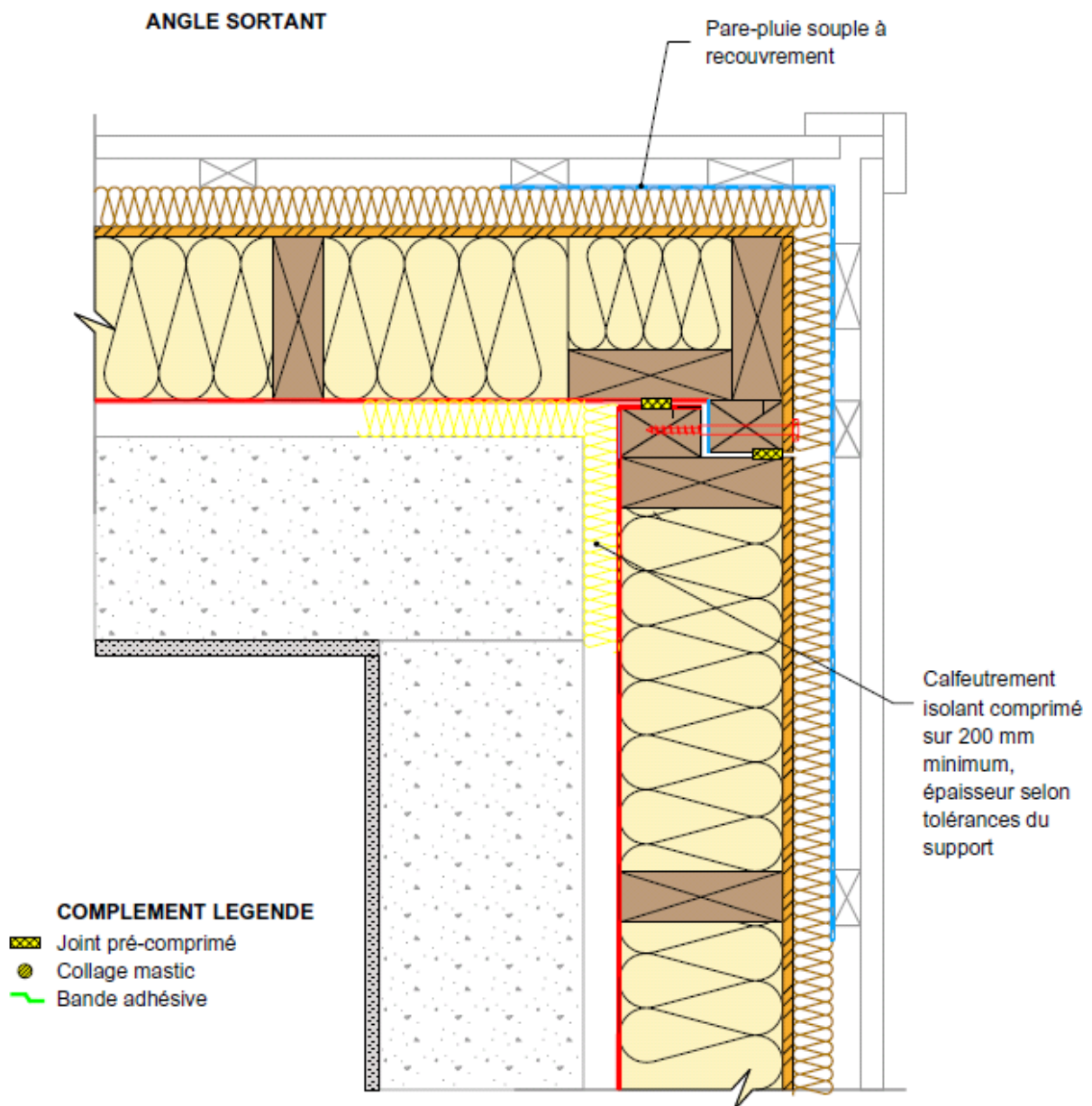
1.6.1. Cas des angles sortants

Au niveau mécanique, la liaison entre éléments de façade est réalisée depuis l'extérieur avec la technique « mi-bois » avec au moins trois tirefonds (\varnothing 8 mm minimum) sur une hauteur d'étage. Il ne doit pas y avoir de fixation le gros œuvre béton sur la hauteur de l'angle.

Deux cordons en mousse imprégnée pré-comprimée peuvent être mis en œuvre pour parfaire la liaison en cas de jeu trop important entre éléments préfabriqués.

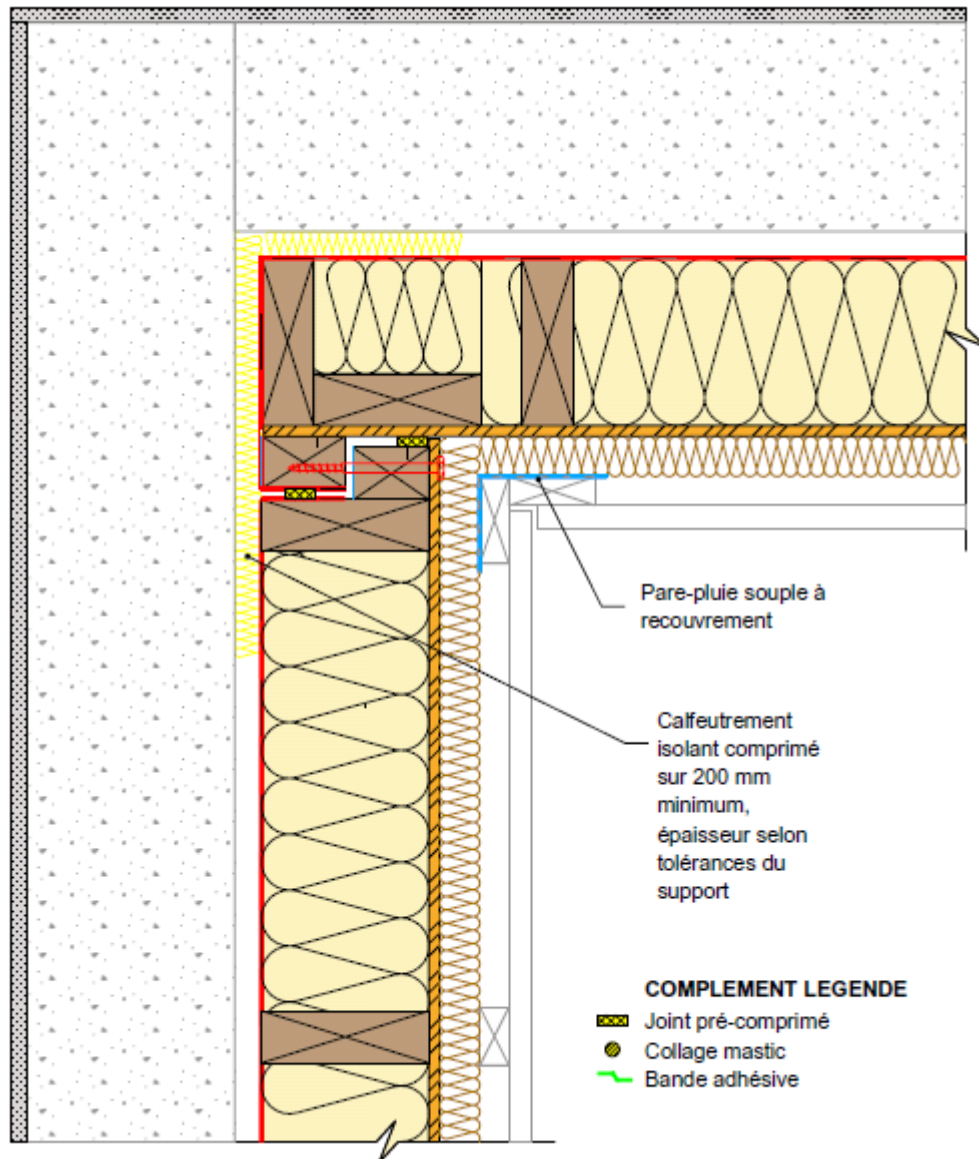
Le pare-vapeur de chaque élément de façade est rabattu sur la périphérie de l'ossature.

Côté extérieur, l'étanchéité à l'eau est réalisée grâce à une bande de pare-pluie rapportée posée de telle sorte qu'il y ait un recouvrement de part et d'autre de l'angle équivalent à deux tasseaux support de revêtement extérieur.



1.6.2. Cas des angles rentrants

La réalisation de ce détail est analogue à celle des angles sortants.



1.7. Intégration des menuiseries

1.7.1. Généralités

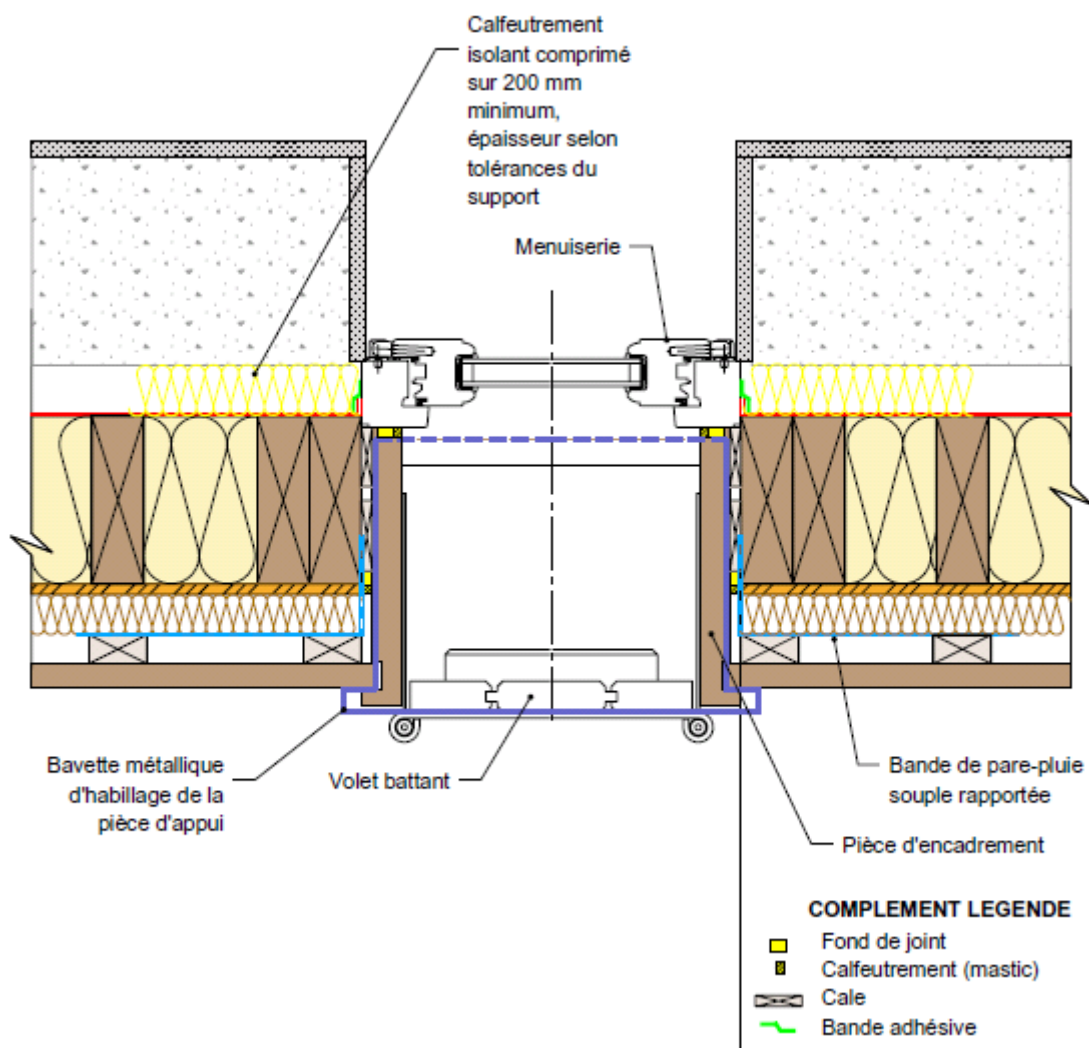
L'étanchéité à l'eau est réalisée en périphérie des baies par des bandes de pare-pluie souples rapportées en association avec des bavettes métalliques.

Un calfeutrement conforme au NF DTU 44.1 doit être mis en œuvre de façon continue entre le chevêtre à ossature bois et le précadre d'habillage du tableau. Il peut s'agir d'un mastic de classe F 25 E sur fond de joint ou d'un cordon en mousse imprégnée pré-comprimée de catégorie « air-eau »

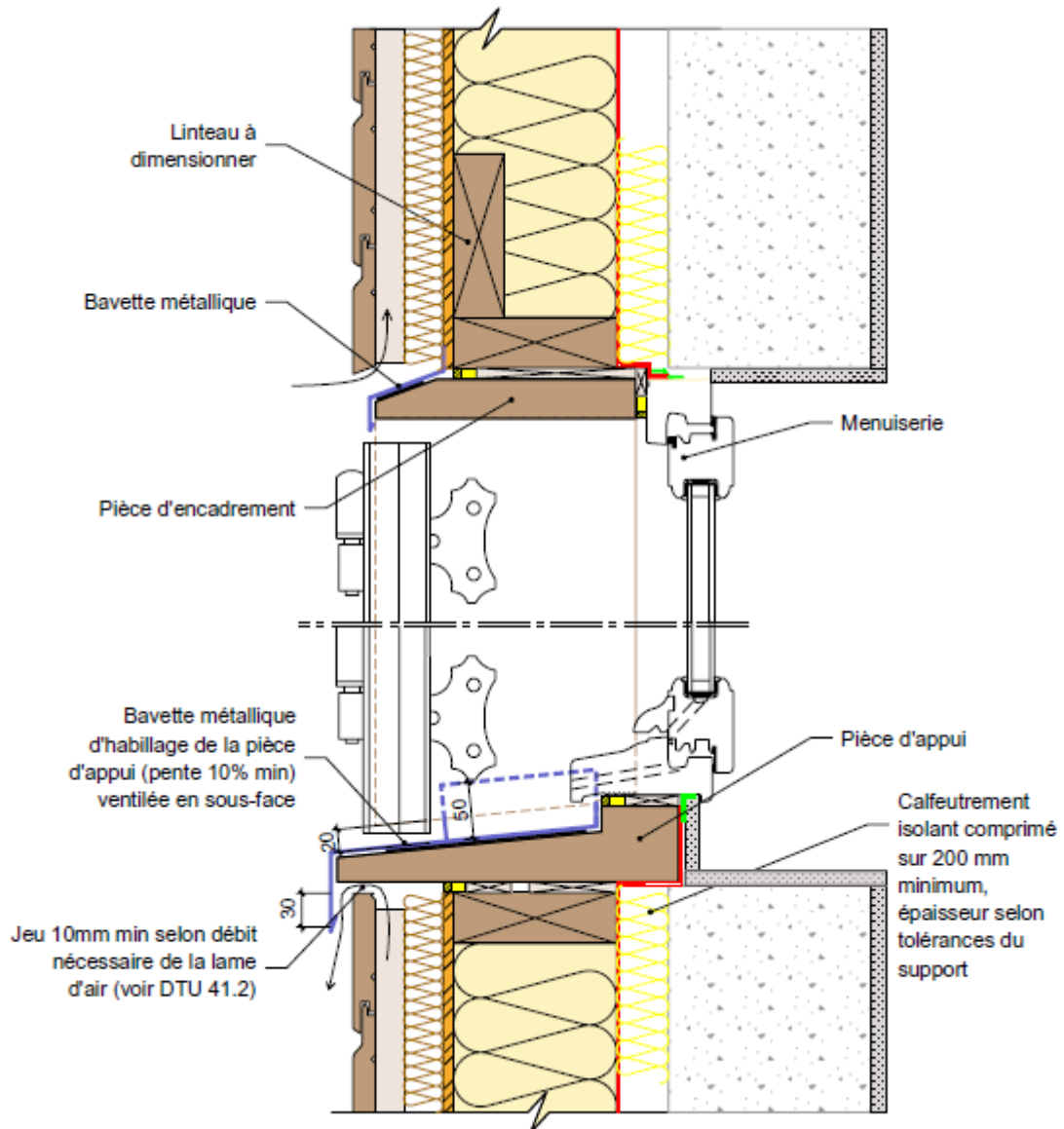
Lorsque le précadre est réalisé tout ou partie en bois, l'étanchéité à l'eau de la liaison entre le jambage (partie verticale) du précadre et la bavette de l'appui est assurée par un relevé des extrémités de la bavette (relevés également appelés « oreilles »)

L'étanchéité à l'air est assurée par pontage au ruban adhésif du pare-vapeur avec le dormant de la menuiserie. Selon la position de la menuiserie par rapport à la façade existante il pourra être nécessaire d'étancher la liaison entre le dormant de la menuiserie neuve et le mur existant. La menuiserie, avant sa pose peut alors être équipée d'une « jupe » en pare-vapeur souple, collée au ruban adhésif sur le dormant, le film étant rabattu dans le tableau existant et collé à la maçonnerie au mastic.

1.7.2. Cas des volets battants



En aucun cas la fixation des volets battants ne doit être réalisée au travers du revêtement extérieur et du pare-pluie, mais au travers du pré-cadre pour aller chercher les montants d'ossature.

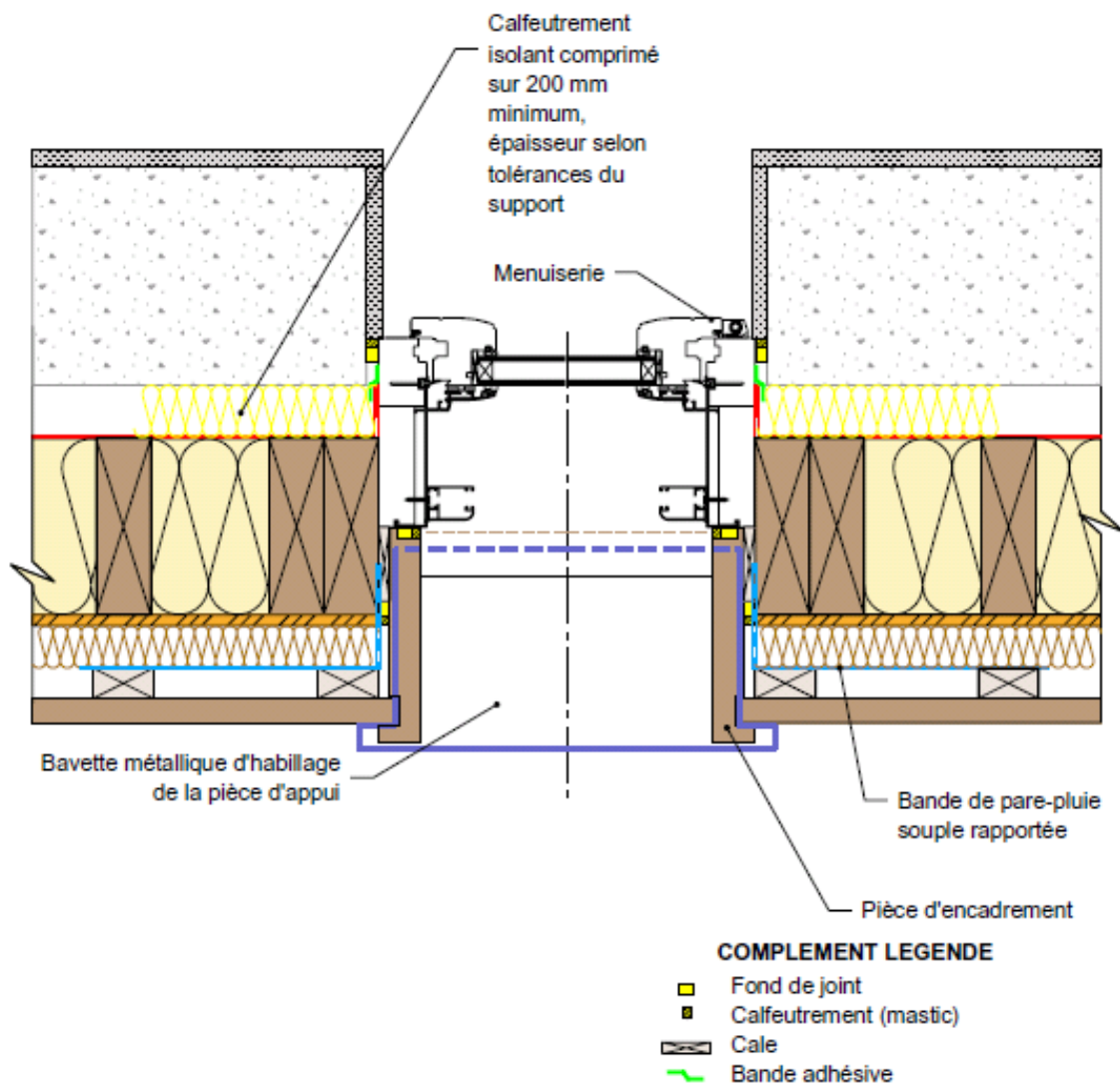


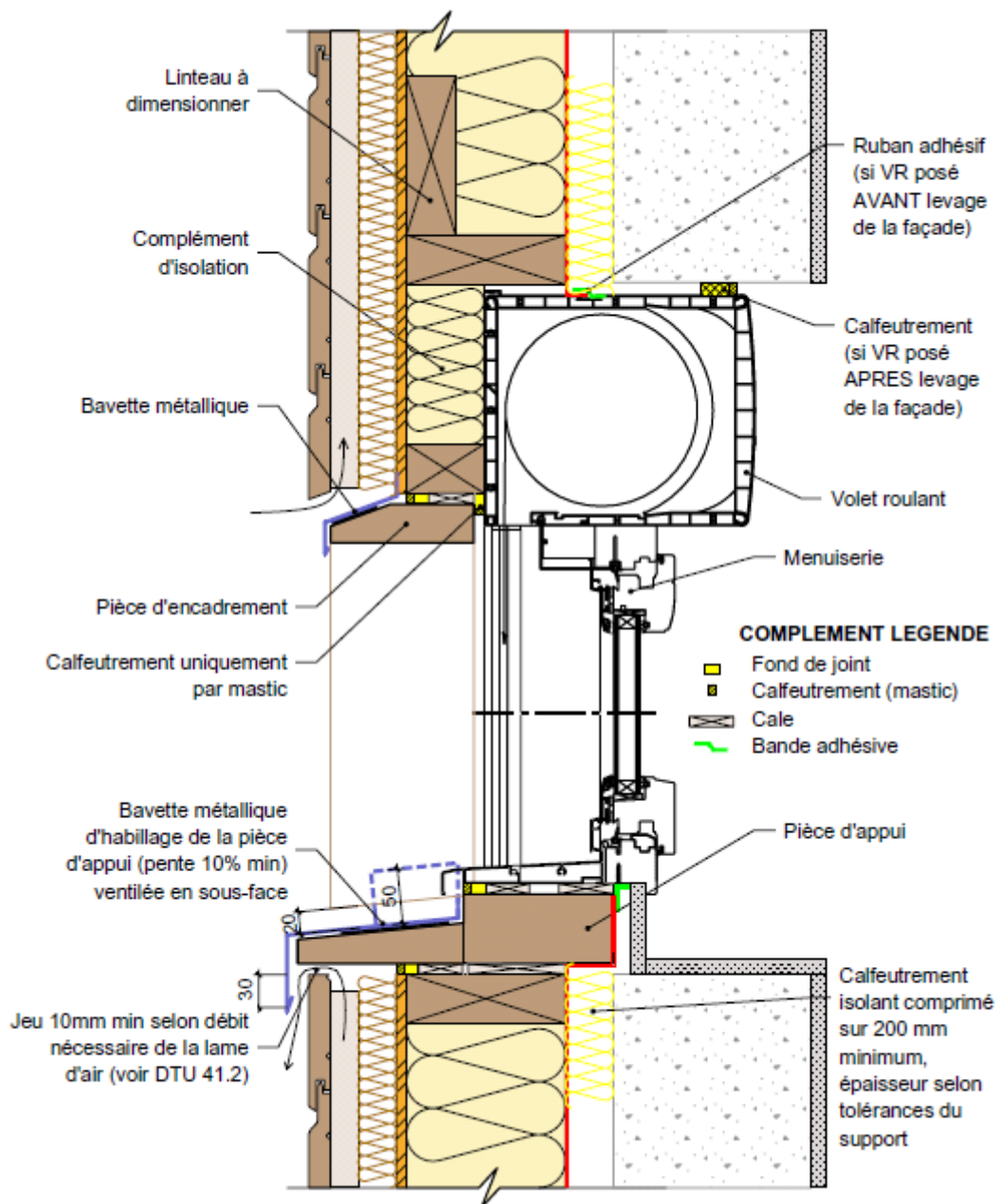
1.7.3. Cas des volets roulants

La position du coffre de volet et roulant la réalisation de l'étanchéité dans la chambrée du mur va dépendre de ses dimensions et de sa conception.

Un cas courant est représenté ici : il s'agit d'un bloc-baie en applique intérieure visitable depuis l'intérieur. La façade du coffre doit rester apparente et l'étanchéité à l'air est assurée par pontage au ruban adhésif du film pare-vapeur sur le coffre. Cette technique permet de mettre en œuvre une épaisseur significative d'isolant au niveau du linteau et améliorer l'efficacité thermique de l'ensemble.

Une autre solution consiste à mettre en œuvre un coffre de type « linteau » dont l'épaisseur correspond à la largeur des montants d'ossature. Cette configuration permet de s'affranchir du niveau d'étanchéité à l'air du coffre, en faisant filer le pare-vapeur jusqu'au dormant de la menuiserie. Contrepartie : il n'est alors pas possible de rapporter un complément d'isolation important au niveau du coffre.



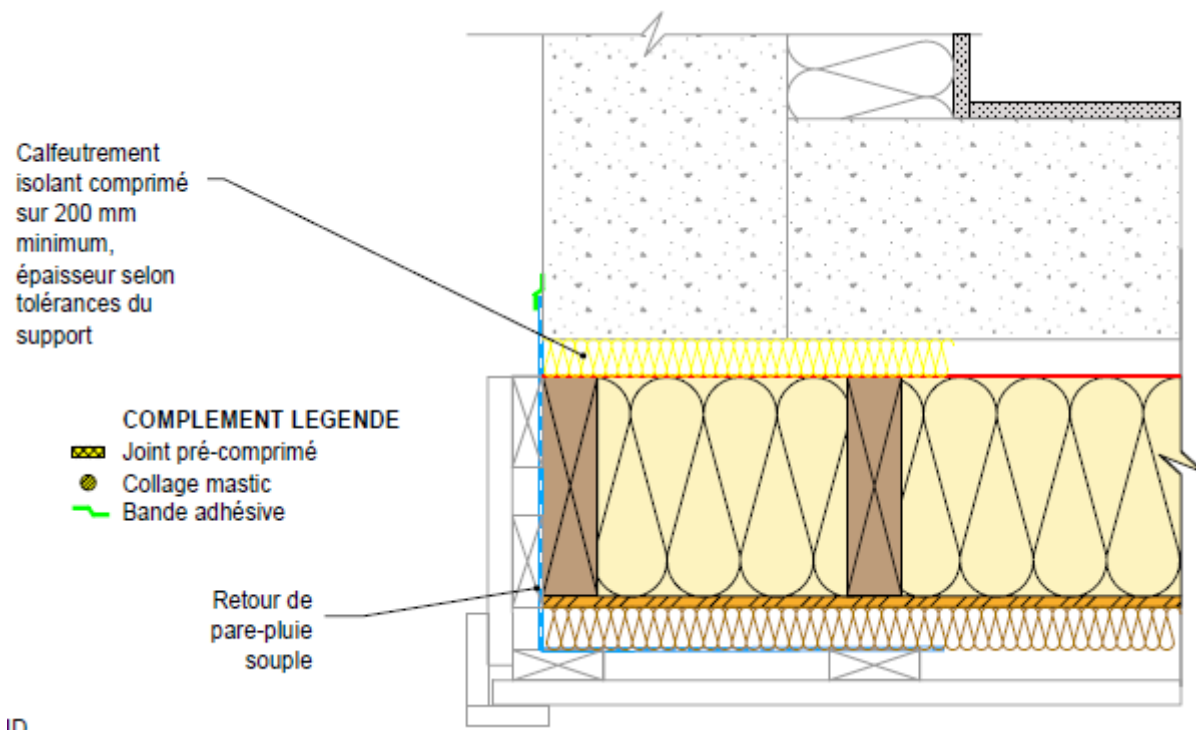


1.8. Raccord sur pignon

Le détail ci-dessous présente un cas où le pignon n'est pas accessible depuis l'extérieur, celui-ci étant isolé par l'intérieur. Dans le cas où le pignon est accessible, le traitement de ce point singulier est réalisé comme un angle sortant (voir ci-dessus).

L'étanchéité à l'eau est réalisée avec une bande de pare-pluie souple recouvrant sur la façade une zone comprise entre deux tasseaux de support de revêtement extérieur et côté pignon un recouvrement du côté de la façade rapportée jusqu'au pignon existant sur lequel est collé le film souple, au ruban adhésif ou au mastic.

Remarque : Cette prescription doit être utilisée si aucune autre solution n'est envisageable : le pont thermique est assez élevé. Elle est à prescrire de préférence sur des pignons mitoyens (donnant sur un local chauffé)



2. Carnet de détail des points singuliers dans le cas d'une mise en œuvre type « façade rideau »

2.1. Liaison en partie basse

2.1.1. Cas des façades suspendues

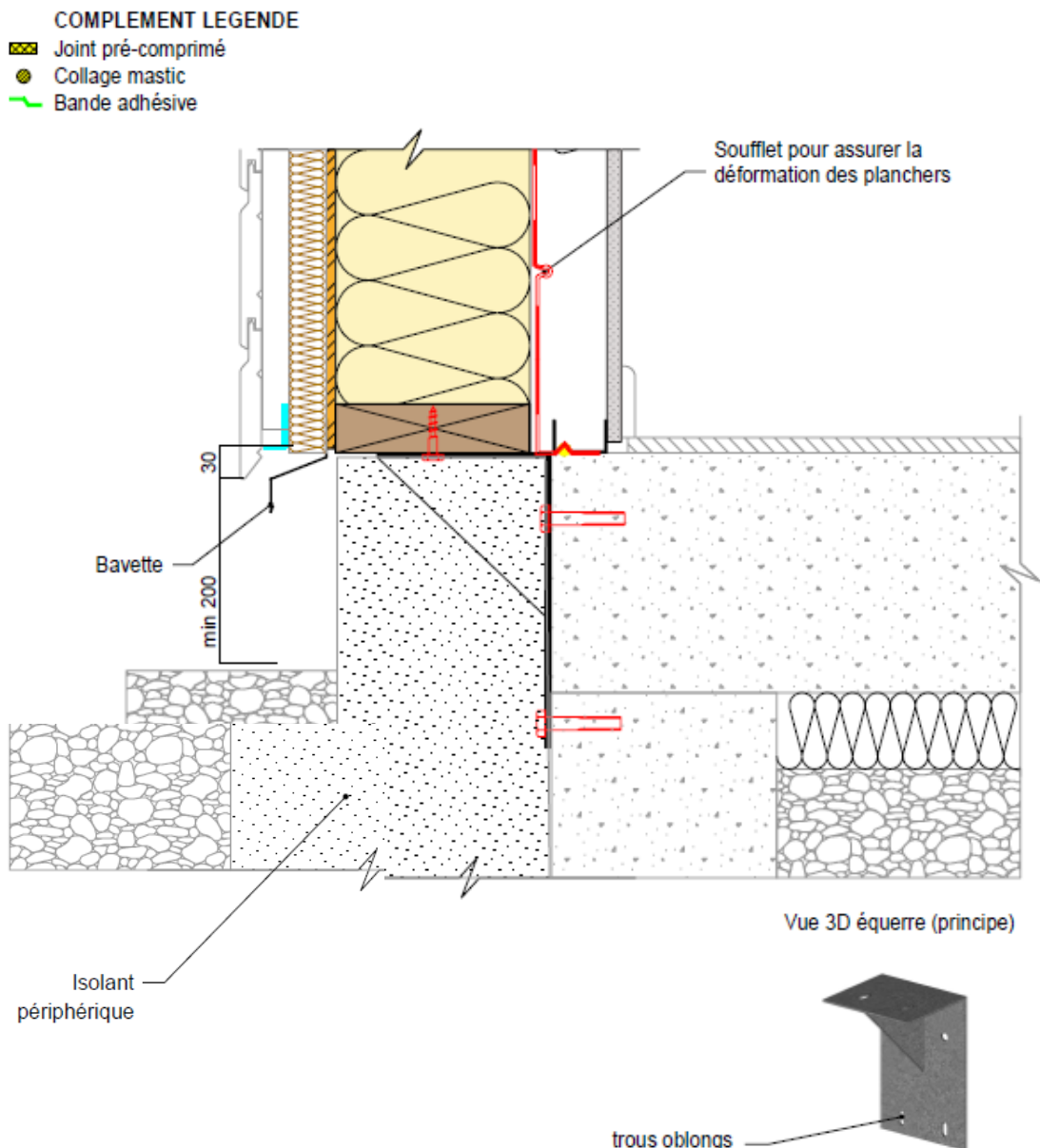
Une ferrure (linéaire ou ponctuelle) est ancrée en tête du plancher bas. La position de cette ferrure doit permettre de maintenir la garde au sol minimale de 20 cm entre le sol et l'élément de façade rapportée. L'élément de façade est mis en place sur ces porteurs métalliques et liaisonné par tirefonds.

Un isolant périphérique adapté au contact avec le sol (type polystyrène extrudé, liège,...) est mis en œuvre sur la périphérie entre la sous face de la partie horizontale de la ferrure et le pied des fondations du bâtiment existant.

L'épaisseur de cet isolant est au maximum celle de l'élément de façade rapporté.

Une bavette métallique protège la partie haute de cet isolant et la traverse basse.

Côté intérieur, le pare-vapeur est collé sur la dalle existante.



2.1.2. Cas des façades empilées

Une fondation complémentaire est nécessaire. La mise en œuvre est ensuite analogue à celle d'un mur à ossature bois classique.

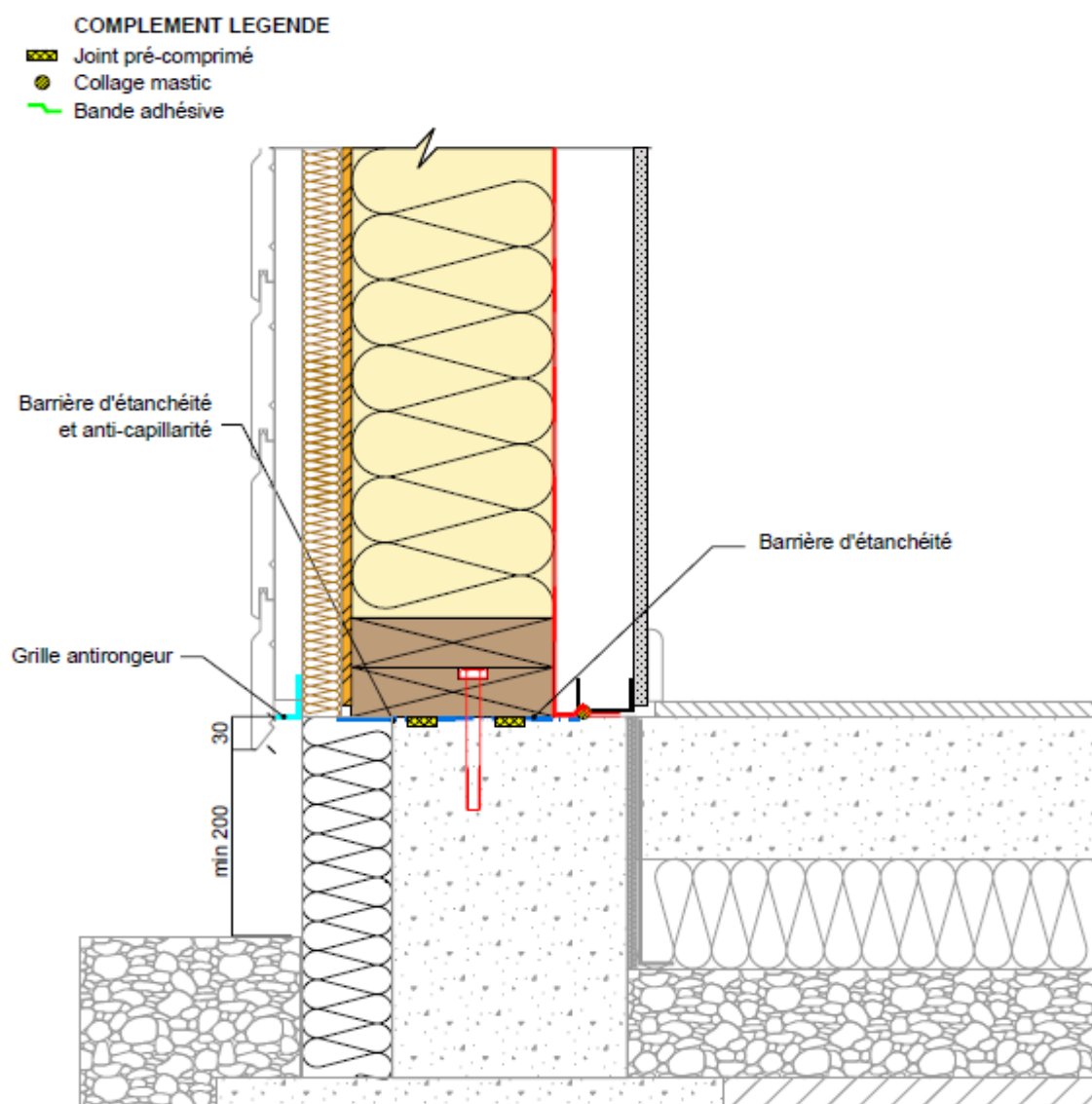
La fixation de la façade rapportée est réalisée par l'intermédiaire d'une lisse basse (classe d'emploi 3b). Un isolant périphérique adapté au contact avec le sol (type polystyrène extrudé, liège,...) est mis en œuvre sur la périphérie entre la sous face de la lisse basse et le pied des fondations.

Pour augmenter l'épaisseur de cet isolant périphérique il est possible de poser la façade en léger porte-à-faux. Dans ce cas, une note de calcul devra être établie afin de montrer qu'il n'y a pas de risque de déversement de la façade rapportée.

L'épaisseur de cet isolant est au maximum celle de l'élément de façade rapporté.

Le revêtement extérieur doit recouvrir la liaison lisse basse / maçonnerie d'au moins 3 cm. A défaut, une bavette métallique est mise en œuvre.

Côté intérieur, le pare-vapeur est collé sur le plancher.



2.2. Liaison avec plancher intermédiaire

2.2.1. Cas des façades suspendues

Afin d'assurer l'étanchéité à l'air entre étages, une bande de pare-vapeur est positionnée en attente en tête de plancher avec un débord dessus/dessous d'au moins 20 cm, pour le jointoiment ultérieur avec les pare-vapeur des façades.



La ferrure est ensuite ancrée en tête de plancher.




La façade du niveau inférieur est tirefonnée dans la partie basse de la ferrure, et la façade du niveau supérieur dans sa partie horizontale.

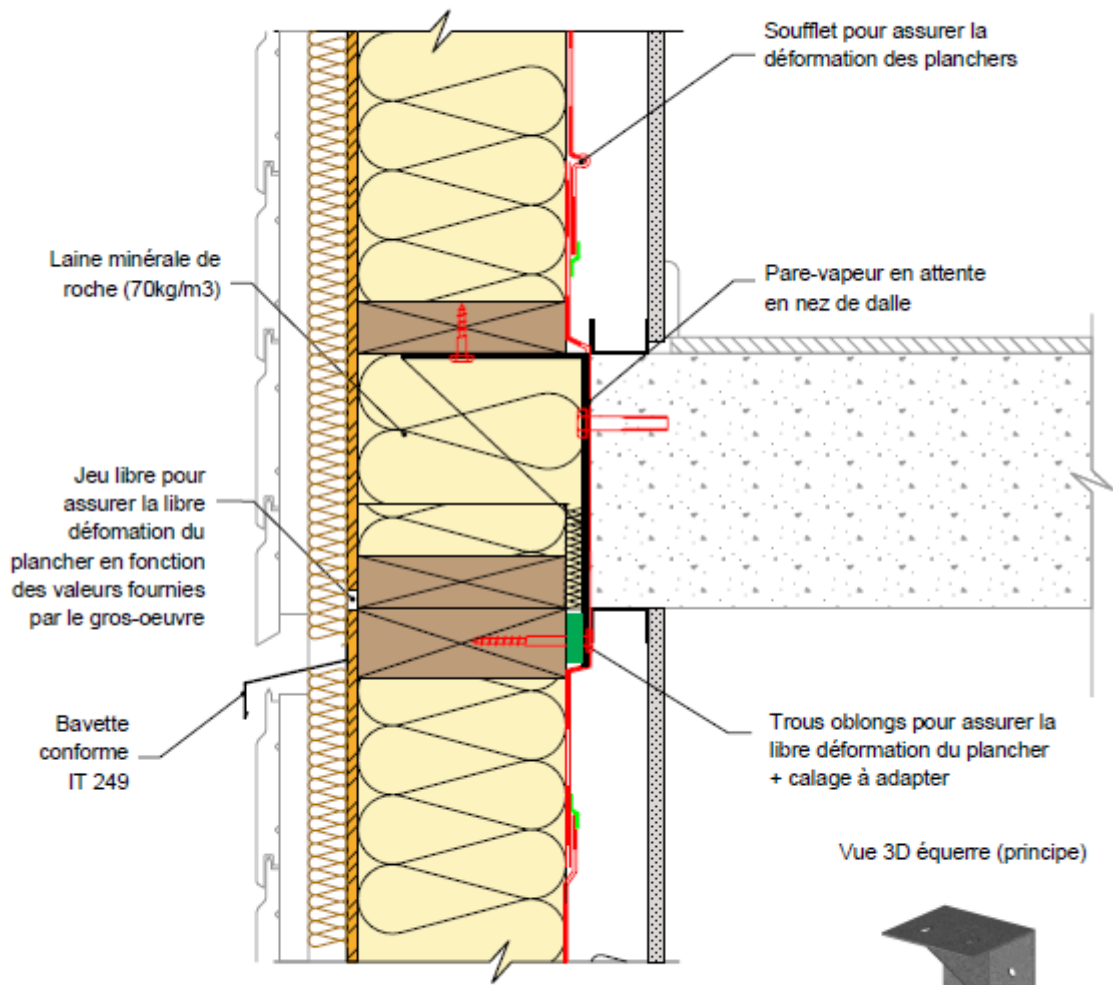
L'espace entre les deux éléments de façade est bourré de laine minérale à 70 kg/m³ (respect de la réglementation incendie).

Une bavette métallique (tôle d'acier d'épaisseur 15/10^{ème}) est mise en œuvre à chaque niveau (sécurité incendie et continuité du plan d'étanchéité à l'eau).

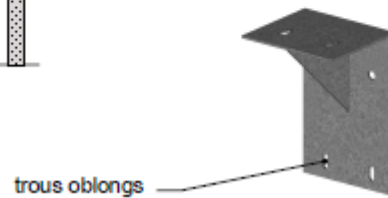
Côté intérieur la bande de pare-vapeur laisse en attente est raccordée au ruban adhésif au pare-vapeur de la façade.

COMPLEMENT LEGENDE

-  Joint pré-comprimé
-  Collage mastic
-  Bande adhésive



Vue 3D équerre (principe)



2.2.2. Cas des façades empilées

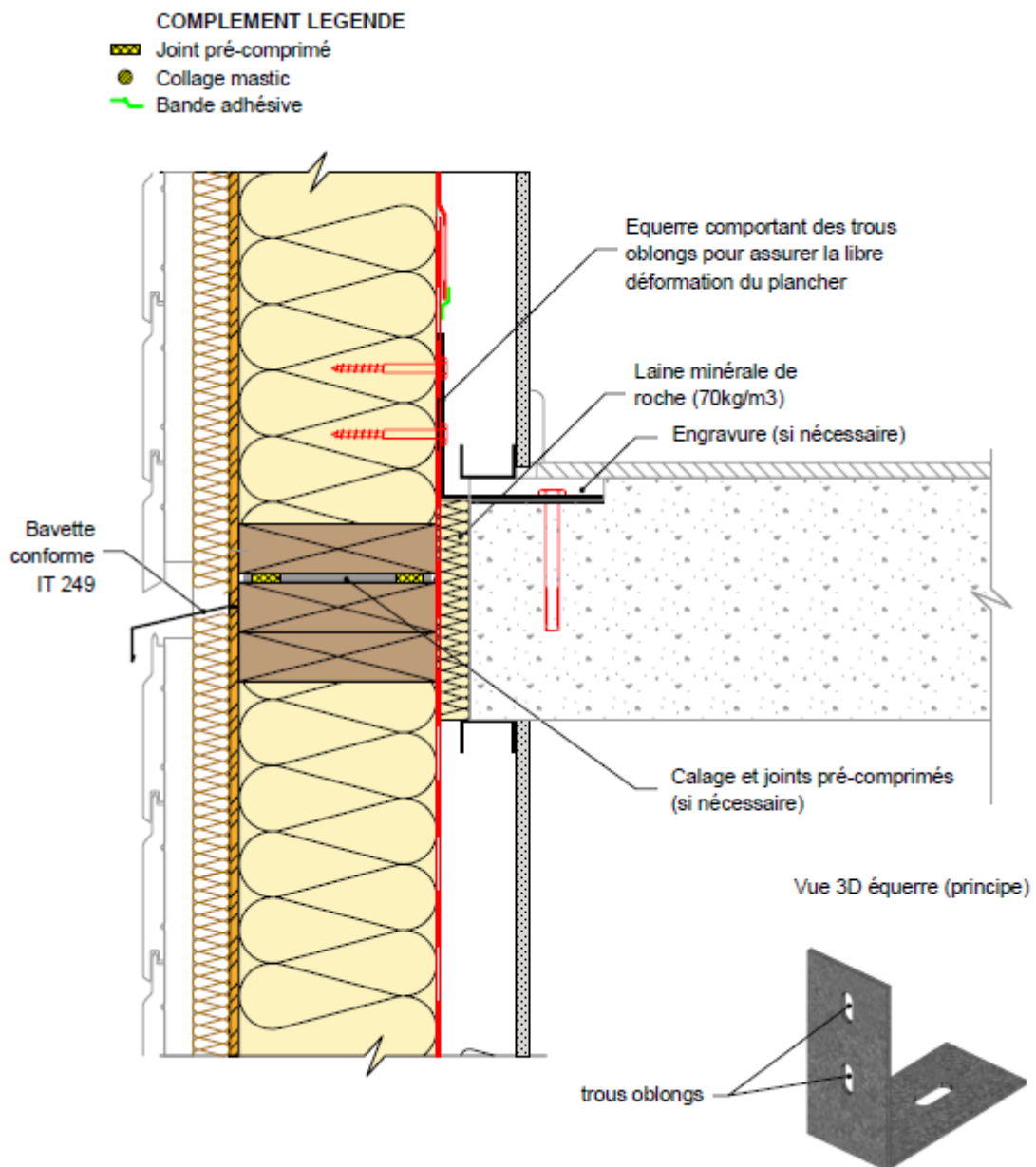
Selon les tolérances dimensionnelles de l'ouvrage existant (distance entre planchers), un calage peut être nécessaire entre les éléments de façade préfabriqués.

Le pare-vapeur de la façade du niveau inférieur est posé avec une surlongueur permettant son jointoiment avec celui de la façade du niveau supérieur.

Un calfeutrement avec de l'isolant en laine de roche à 70 kg/m³ est réalisé en tête de plancher (sécurité incendie).

Une équerre métallique permet de liasonner la façade au plancher existant.

Une bavette métallique (tôle d'acier d'épaisseur 15/10^{ème}) est mise en œuvre à chaque niveau (sécurité incendie et continuité du plan d'étanchéité à l'eau).

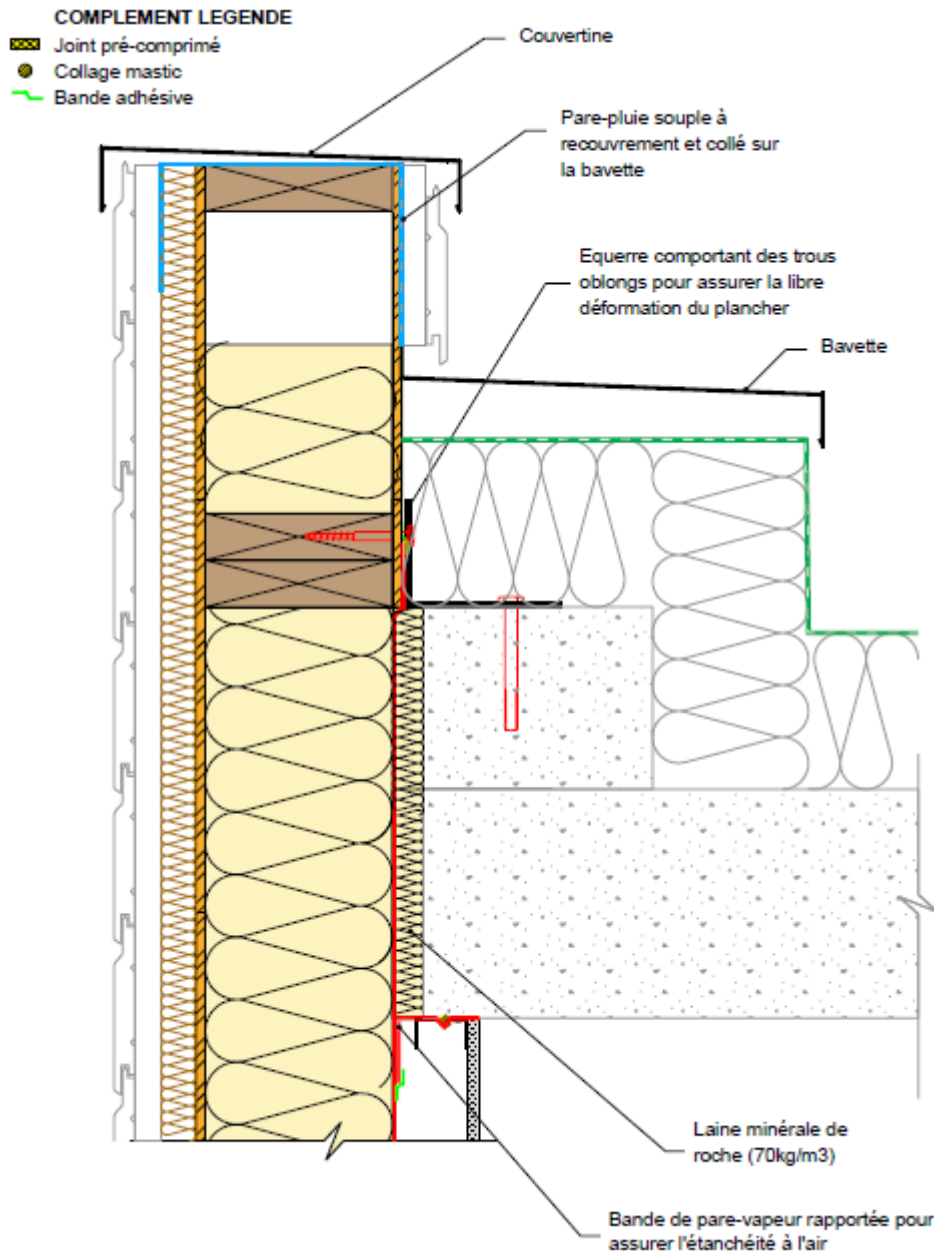


2.3. Liaison avec plancher haut et l'acrotère

La fixation est identique à celle des planchers intermédiaires empilés.

Une bande de pare-pluie souple permet de réaliser l'étanchéité à l'eau sur le dessus de l'acrotère.

Une bande de pare-vapeur est rapportée pour assurer l'étanchéité à l'air de la liaison façade / plancher haut : celle-ci est collée au ruban adhésif sur le pare-vapeur de façade et au mastic au niveau du plafond.



Note : Les détails concernant la mise en œuvre de la membrane d'étanchéité de la toiture (relevé d'étanchéité notamment) ne sont pas représentés ici.

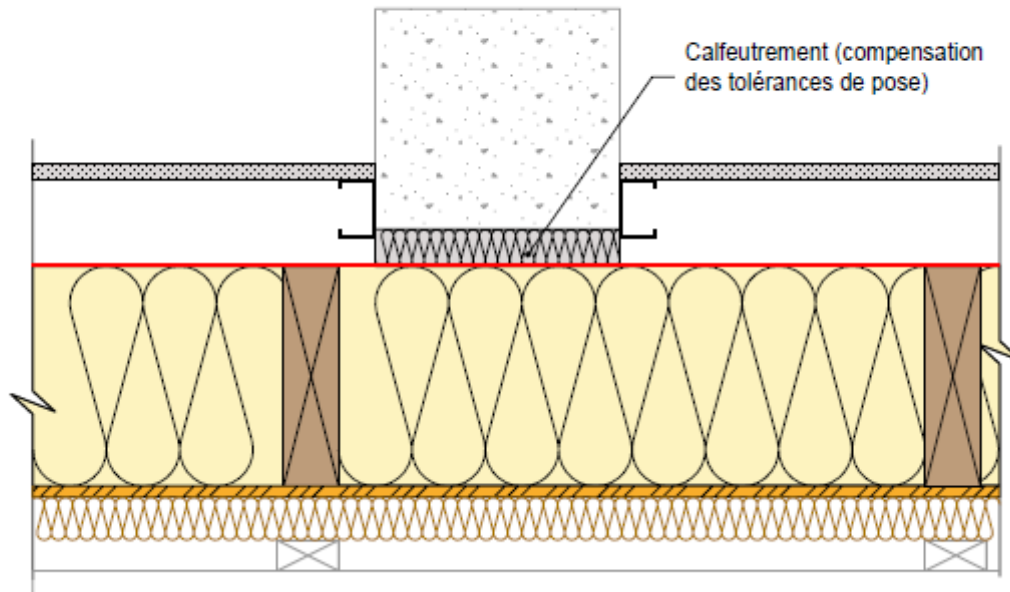
2.4. Liaison avec les porteurs verticaux

2.4.1. Cas d'un mur simple

Le pare-vapeur et la façade doivent être filants devant le porteur du bâtiment existant.

Le calfeutrement est réalisé en laine de roche.

Si les locaux de part et d'autre du porteur sont indépendants ou à destination différentes, au moins un montant d'ossature devra être positionné au droit de cet élément maçonné (limitation des transmissions latérales pour répondre aux exigences acoustiques).



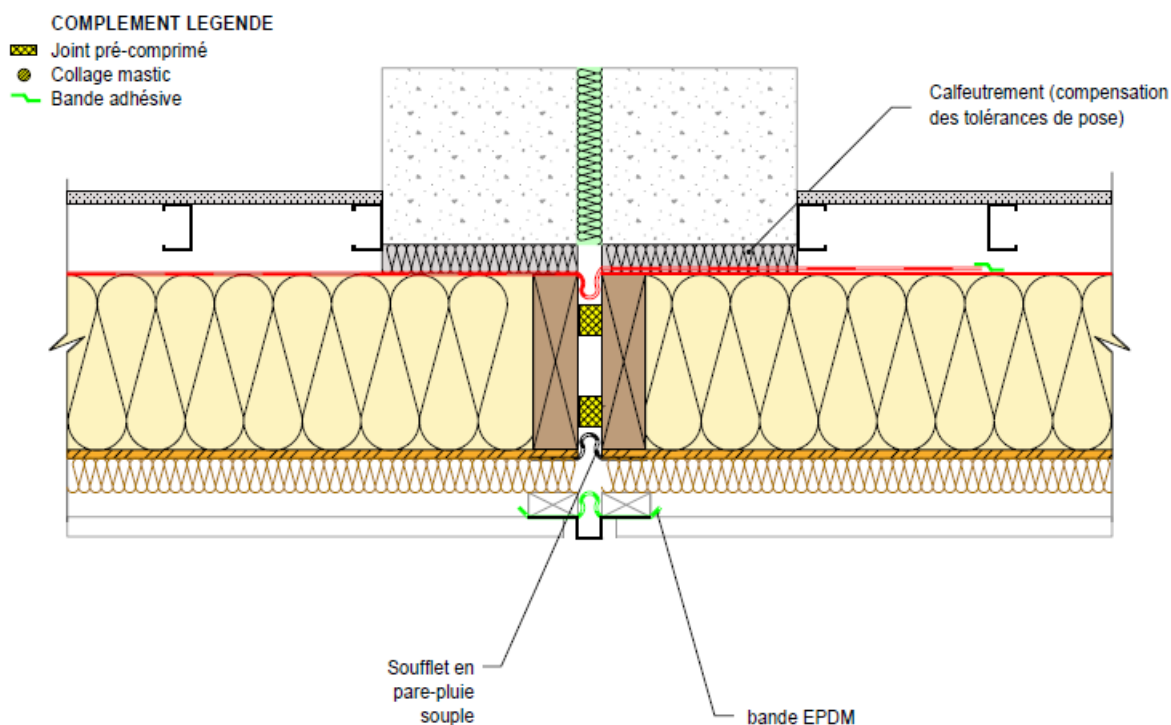
2.4.2. Gestion d'un joint de dilatation

Au droit d'un joint de dilatation, la façade doit absolument être interrompue, du point de vue mécanique. Il ne doit pas y avoir en plus des fixations hautes et basses d'autre fixation avec le gros œuvre béton sur la hauteur du joint de dilatation.

A minima, deux bandes de mousse imprégnée pré-comprimée sont interposées entre les éléments de façade. Si le jeu le permet, le côté de l'élément de façade peut également être équipé d'une bande d'isolant compressible qui comblera le vide entre les éléments de façade.

La continuité de l'étanchéité à l'eau est assurée par une bande de pare-pluie souple mise en œuvre avec un soufflet permettant de reprendre le jeu du joint de dilatation du gros-œuvre.

La continuité de l'étanchéité à l'air est assurée en faisant filer le pare-vapeur d'un des deux éléments de façade (surlongueur à laisser à la fabrication) et en réalisant un collage au ruban adhésif sur le pare-vapeur de l'élément suivant. Un soufflet est ménagé pour absorber les dilations du gros-œuvre sans mettre en charge le film.



Note 1 : le revêtement extérieur doit également permettre de suivre les variations dimensionnelles du gros-œuvre

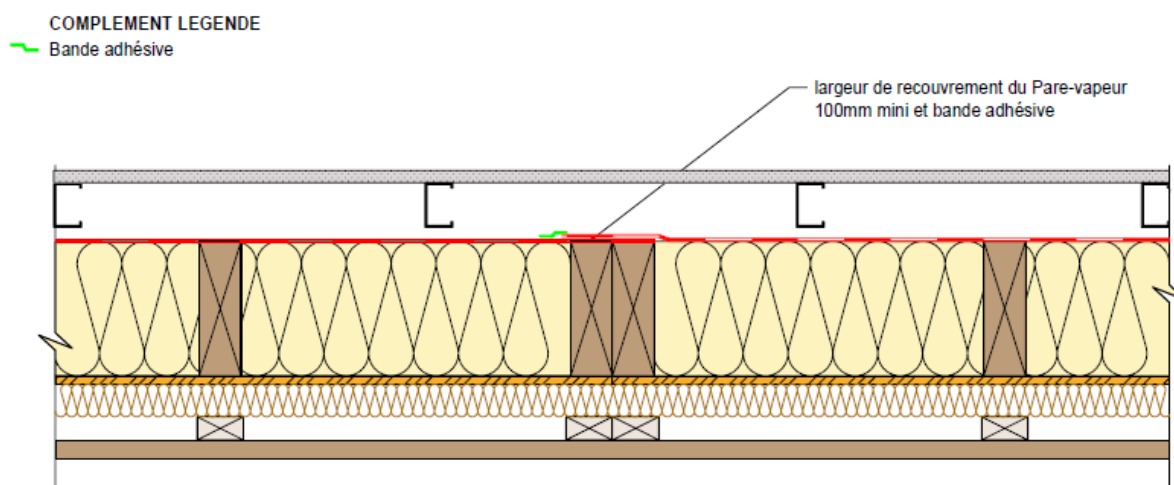
Note 2 : cette technique de fractionnement de l'ossature peut aussi être utilisée pour limiter les transmissions latérales et faciliter le respect de la réglementation acoustique.

2.5. Raccord vertical entre parois dans le même plan

Au niveau mécanique, la liaison doit être réalisée avec au moins trois tirefonds ou boulons (\varnothing 8 mm minimum) sur une hauteur d'étage.

Le recouvrement du pare-vapeur d'un élément préfabriqué à l'autre doit être d'au moins 100 mm. Le collage est réalisé au ruban adhésif.

L'étanchéité à l'eau est réalisée grâce à l'emboîtement rainure/languette des panneaux pare-pluie rigide ou bien grâce à une bande de pare-pluie rapportée.



2.6. Raccord vertical entre parois en angle

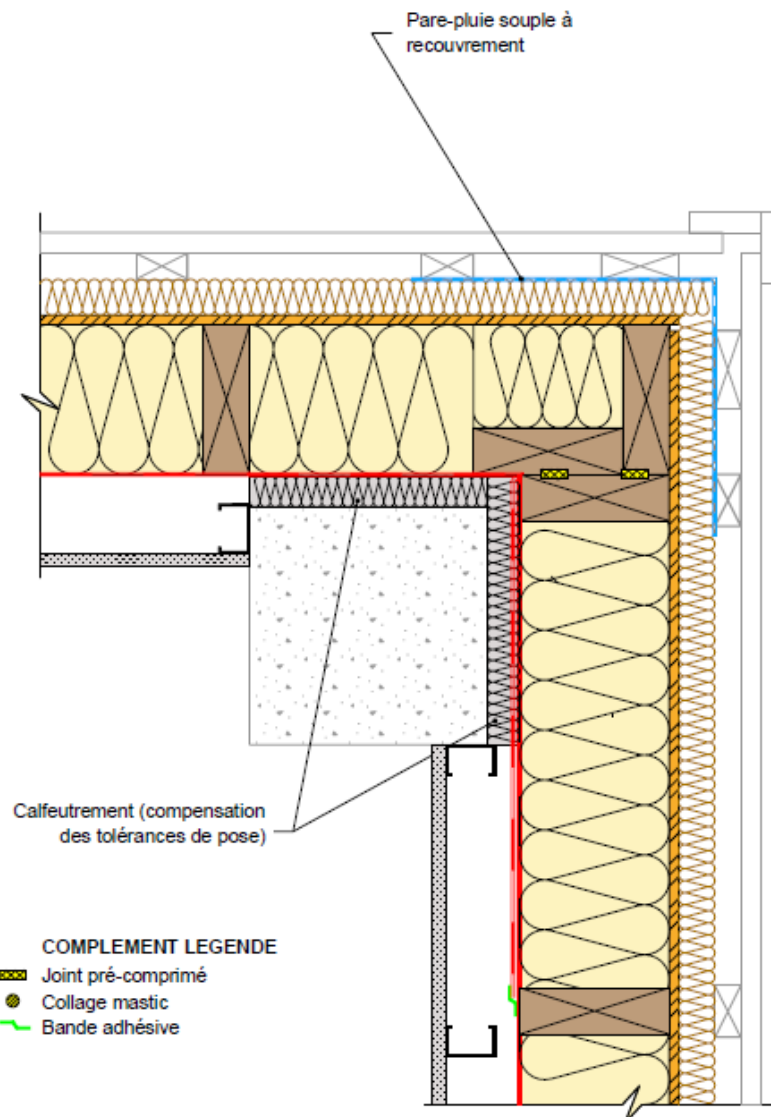
2.6.1. Cas des angles sortants

Au niveau mécanique, la liaison entre éléments de façade doit être réalisée avec au moins trois tirefonds ou boulons (\varnothing 8 mm minimum) sur une hauteur d'étage. Il ne doit pas y avoir de fixation le gros œuvre béton sur la hauteur de l'angle.

Deux cordons en mousse imprégnée pré-comprimée peuvent être mis en œuvre pour parfaire la liaison en cas de jeu trop important entre éléments préfabriqués.

Le pare-vapeur de l'un des deux éléments de façade doit être mis en œuvre avec une surlongueur permettant la liaison au-delà de l'angle avec le pare-vapeur de l'autre élément. Le recouvrement du pare-vapeur doit être d'au moins 100 mm. Le collage est réalisé au ruban adhésif.

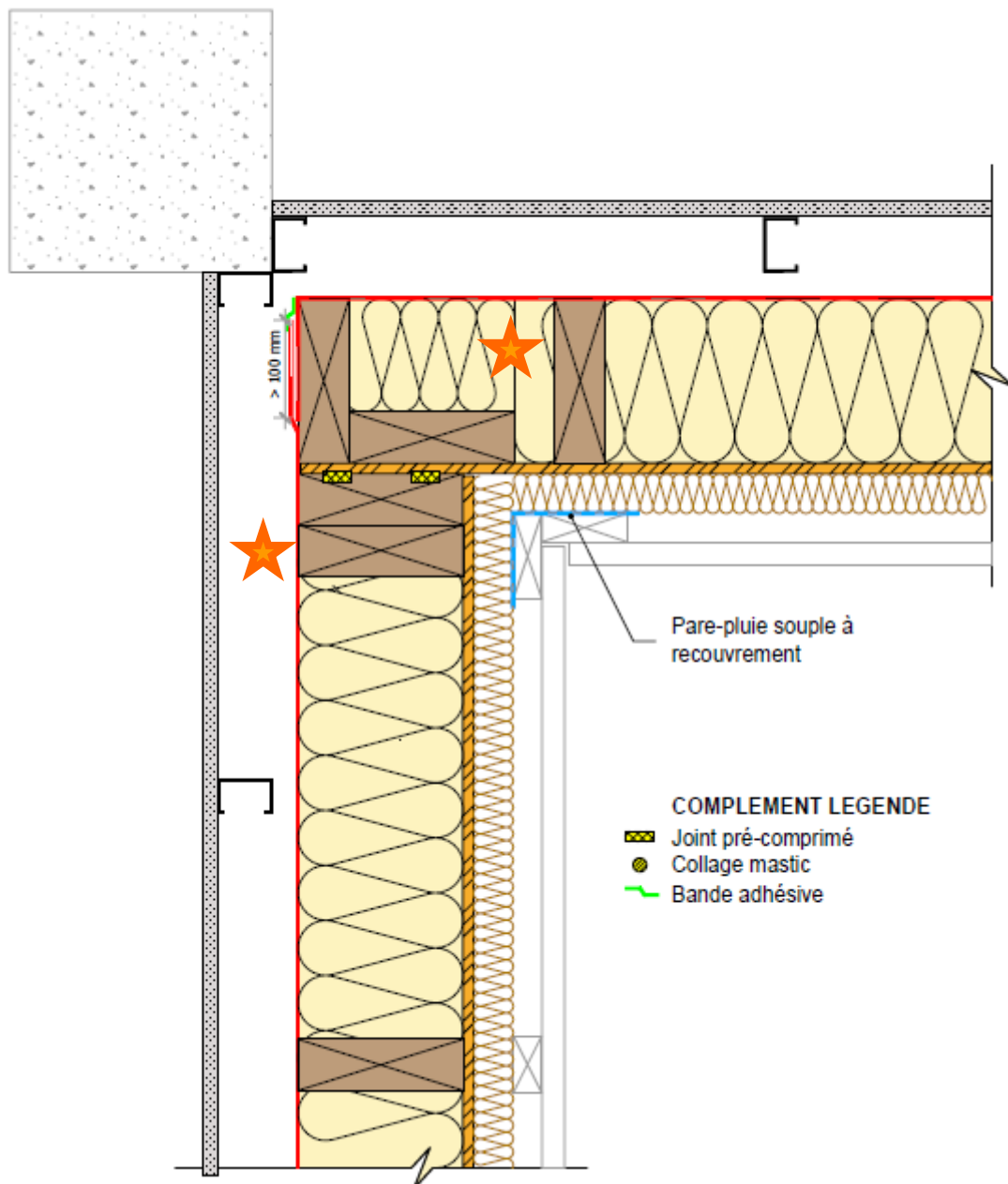
Côté extérieur, l'étanchéité à l'eau est réalisée grâce à une bande de pare-pluie rapportée posée de telle sorte qu'il y ait un recouvrement de part et d'autre de l'angle équivalent à deux tasseaux support de revêtement extérieur.



2.6.2. Cas des angles rentrants

La réalisation de ce détail est analogue à celle des angles sortants.
A noter cependant :

La position des montants marqués d'une étoile  peut varier en fonction de l'épaisseur du pare-pluie rigide.



2.7. Intégration des menuiseries

2.7.1. Généralités

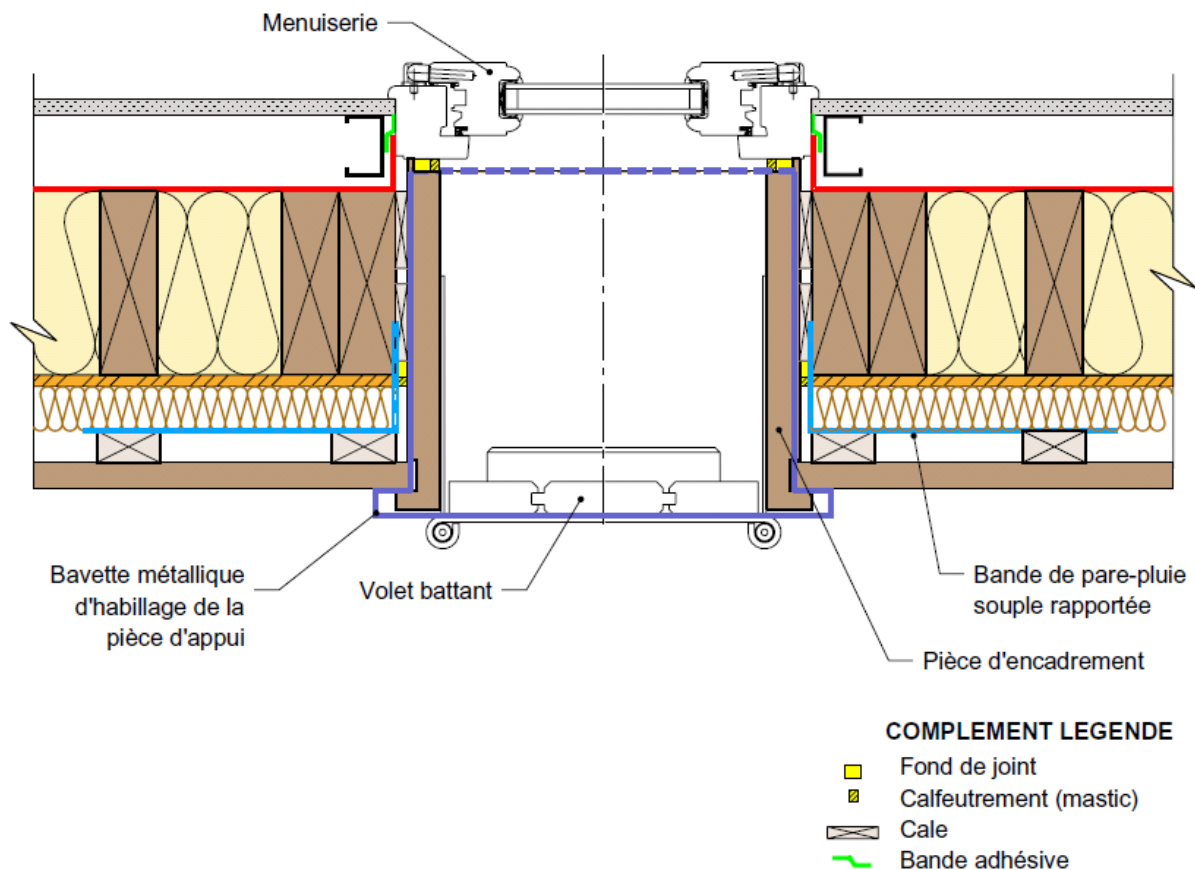
L'étanchéité à l'eau est réalisée en périphérie des baies par des bandes de pare-pluie souples rapportées en association avec des bavettes métalliques.

Un calfeutrement conforme au NF DTU 44.1 doit être mis en œuvre de façon continue entre le chevêtre à ossature bois et le précadre d'habillage du tableau. Il peut s'agir d'un mastic de classe F 25 E sur fond de joint ou d'un cordon en mousse imprégnée pré-comprimée de catégorie « air-eau »

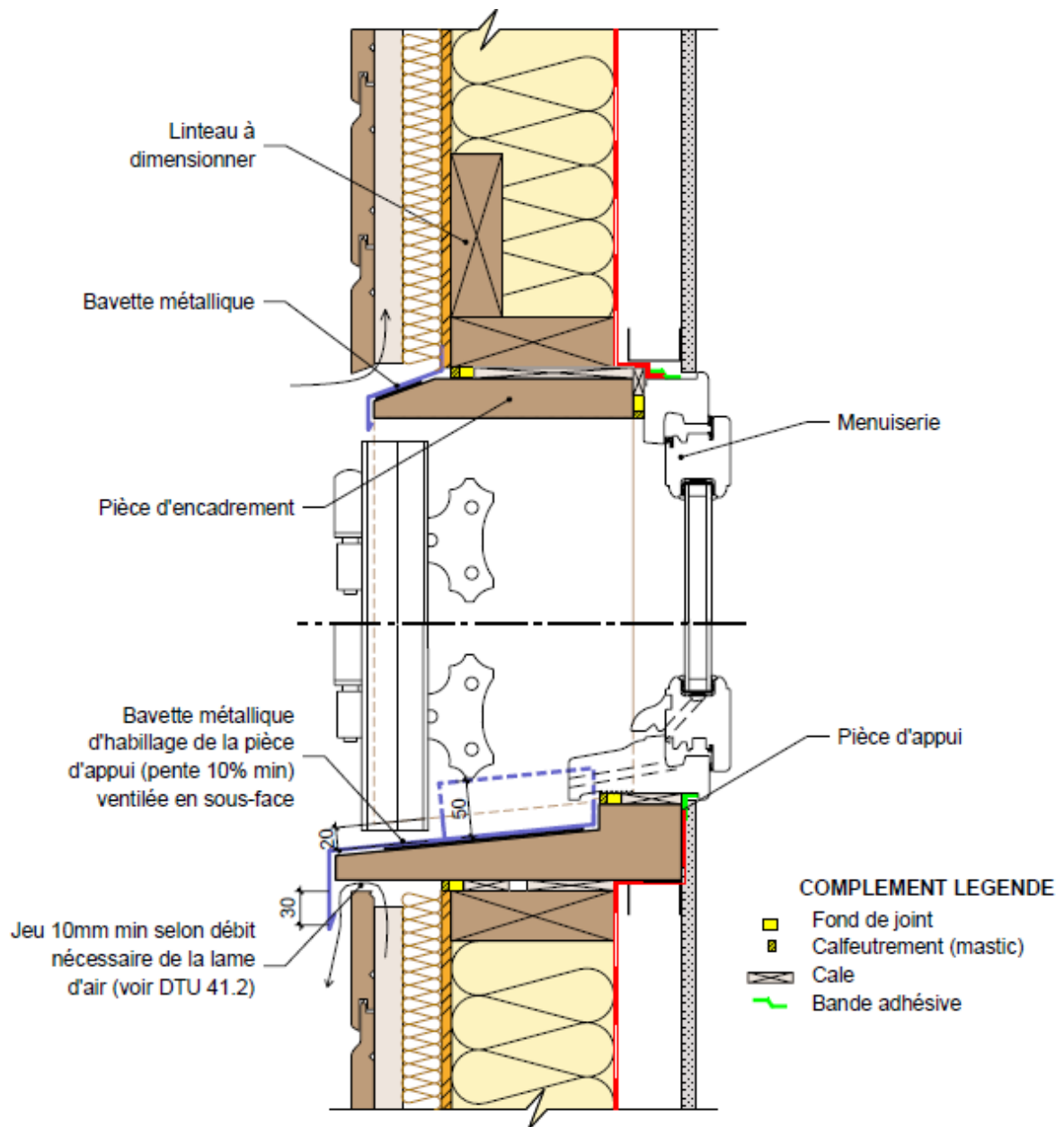
Lorsque le précadre est réalisé tout ou partie en bois, l'étanchéité à l'eau de la liaison entre le jambage (partie verticale) du précadre et la bavette de l'appui est assurée par un relevé des extrémités de la bavette (relevés également appelés « oreilles »)

L'étanchéité à l'air est assurée par pontage au ruban adhésif du pare-vapeur avec le dormant de la menuiserie.

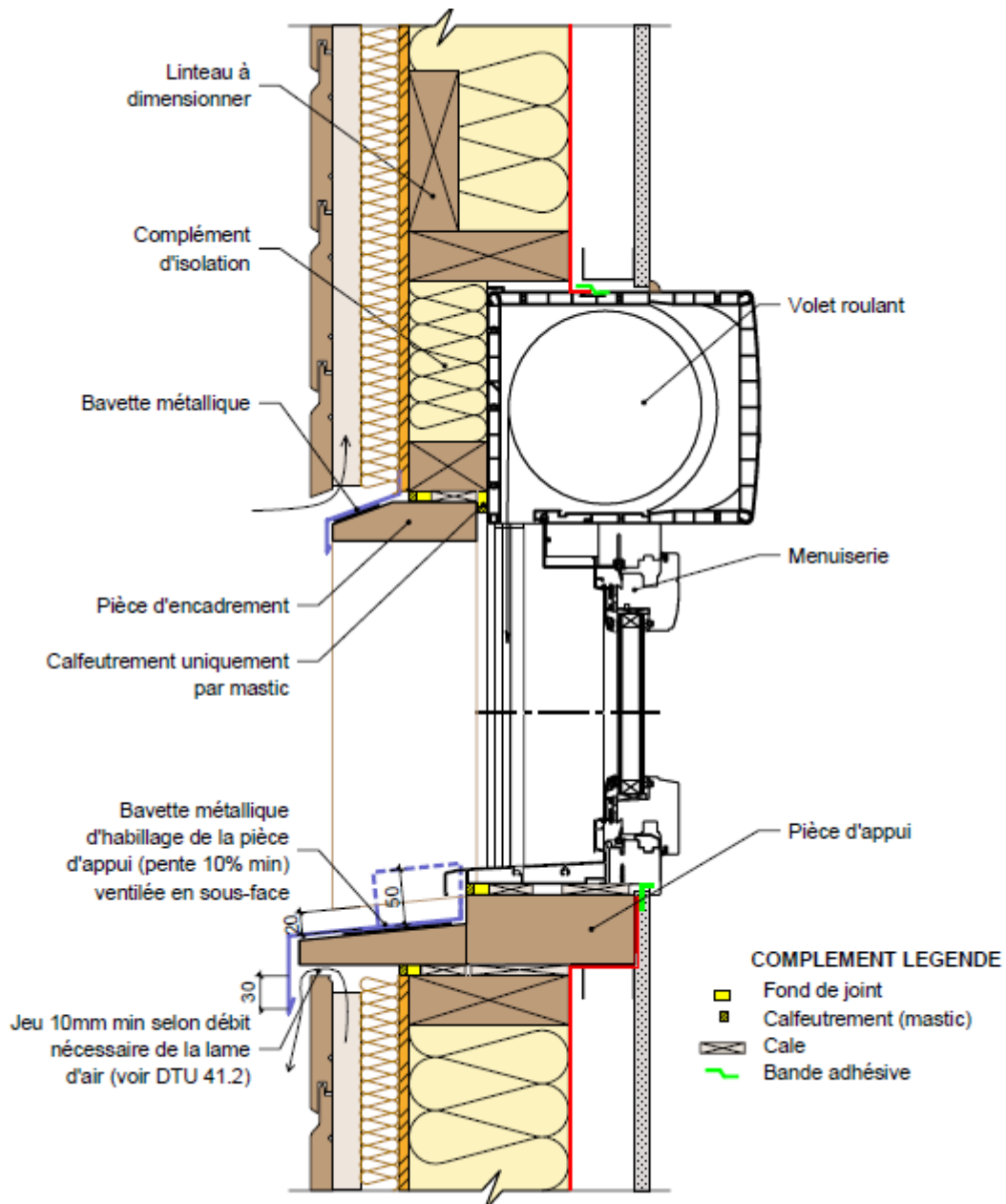
2.7.2. Cas des volets battants



En aucun cas la fixation des volets battants ne doit être réalisée au travers du revêtement extérieur et du pare-pluie, mais au travers du pré-cadre pour aller chercher les montants d'ossature.



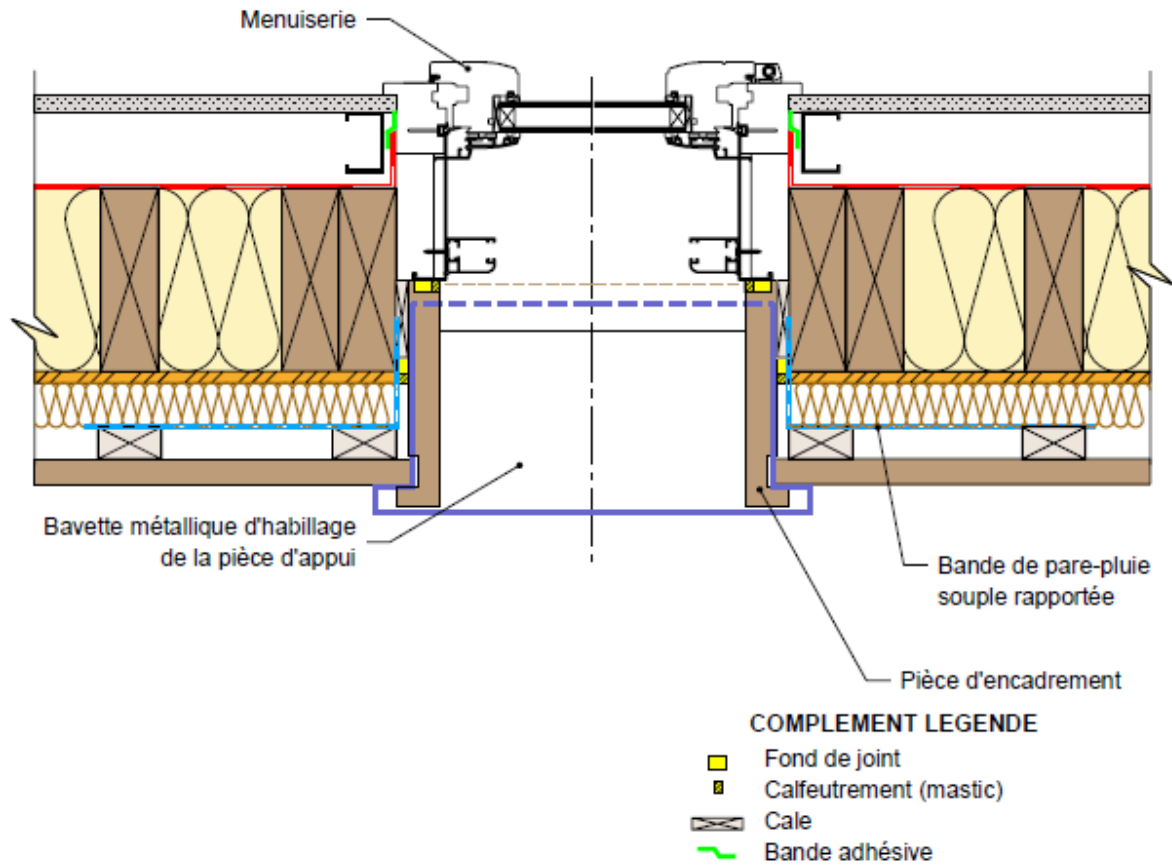
2.7.3. Cas des volets roulants



La position du coffre de volet et roulant la réalisation de l'étanchéité dans la chambrée du mur va dépendre de ses dimensions et de sa conception.

Un cas courant est représenté ici : il s'agit d'un bloc-baie en applique intérieure visitable depuis l'intérieur. La façade du coffre doit rester apparente et l'étanchéité à l'air est assurée par pontage au ruban adhésif du film pare-vapeur sur le coffre. Cette technique permet de mettre en œuvre une épaisseur significative d'isolant au niveau du linéau et améliorer l'efficacité thermique de l'ensemble.

Une autre solution consiste à mettre en œuvre un coffre de type « linéau » dont l'épaisseur correspond à la largeur des montants d'ossature. Cette configuration permet de s'affranchir du niveau d'étanchéité à l'air du coffre, en faisant filer le pare-vapeur jusqu'au dormant de la menuiserie. Contrepartie : il n'est alors pas possible de rapporter un complément d'isolation important au niveau du coffre.

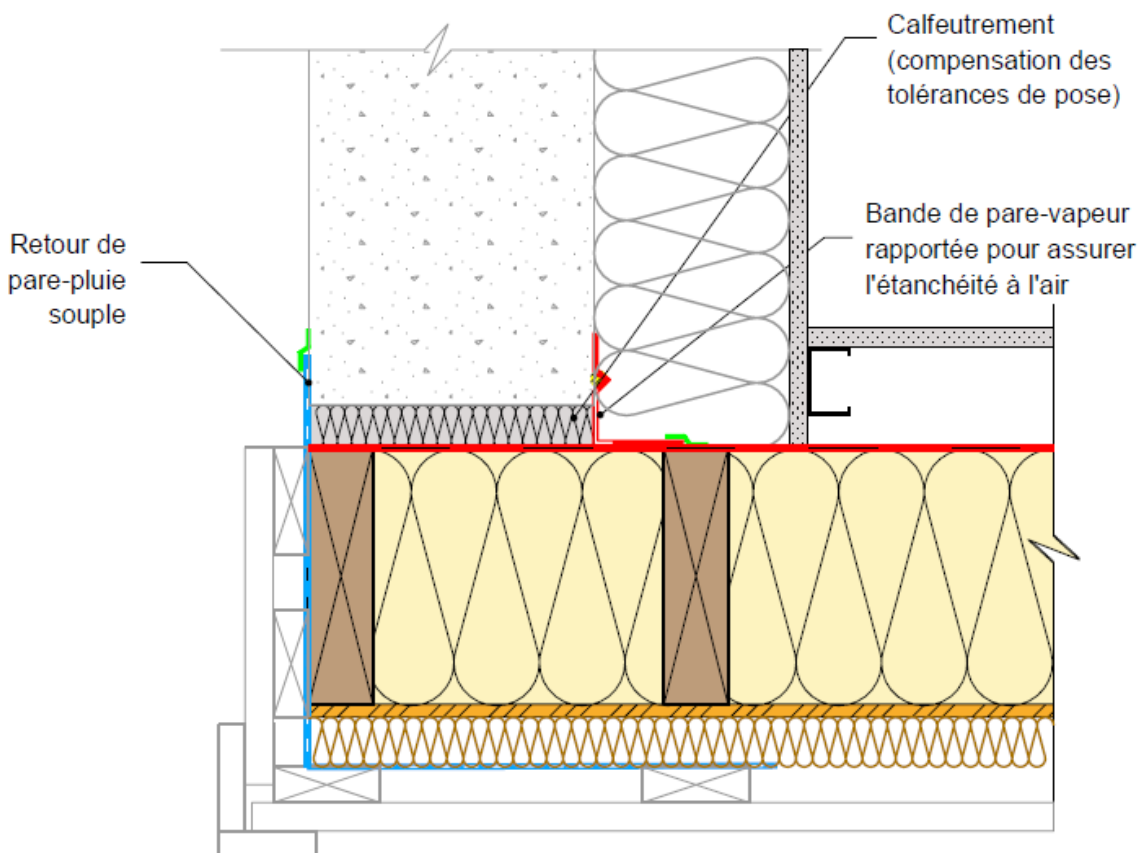


2.7. Raccord sur pignon




Le détail ci-dessous présente un cas où le pignon n'est pas accessible depuis l'extérieur, celui-ci étant isolé par l'intérieur. Dans le cas où le pignon est accessible, le traitement de ce point singulier est réalisé comme un angle sortant (voir ci-dessus).

L'étanchéité à l'eau est réalisée avec une bande de pare-pluie souple recouvrant sur la façade une zone comprise entre deux tasseaux de support de revêtement extérieur et côté pignon un recouvrement du côté de la façade rapportée jusqu'au pignon existant sur lequel est collé le film souple, au ruban adhésif ou au mastic.

Une bande de pare-vapeur est rapportée pour assurer l'étanchéité à l'air de la liaison façade / mur pignon : celle-ci est collée au ruban adhésif sur le pare-vapeur de façade et au mastic au niveau du pignon existant.



COMPLEMENT LEGENDE

-  Joint pré-comprimé
-  Collage mastic
-  Bande adhésive