



**GUIDE D'AIDE À LA CONCEPTION
DE BARDAGES EN TERRE CUITE
ET BARDAGES MÉTALLIQUES
SUR CONSTRUCTION OU FAÇADE
À OSSATURE BOIS**

Version Héritage

Janvier 2025

GUIDE ÉLABORÉ À L'OCCASION DE LA CONCEPTION DU VILLAGE DES ATHLÈTES

Version Héritage



en partenariat avec



avec le soutien de



Illustrations : Jean-Marc LAUBY

Couverture : © SOLIDEO

Mise en page : DESK (53)

Le présent guide ne se substitue en aucun cas aux textes de référence, qu'ils soient réglementaires (lois, décrets, arrêtés, etc.), normatifs (normes, DTU ou règles de calcul) ou codificatifs (Avis Techniques, CPT, etc. qui doivent être consultés.

Le CSTB décline toute responsabilité quant aux conséquences directes ou indirectes de toute nature qui pourraient résulter de toute interprétation erronée du contenu du présent guide.

Remerciements

La SOLIDEO et le CSTB remercient les opérateurs immobiliers du Village des Athlètes et les représentants de la filière bois pour leur implication et leur participation dans l'élaboration de ces guides, véritable héritage méthodologique pour la construction bois :

- La SCCV Quinconces – Icade, CDC et CDC habitat ;
- La SCCV Saint-Ouen Héritage – NEXITY, EIFFAGE IMMOBILIER et CDC Habitat ;
- La SAS Seine Ampère – Vinci Immobilier Aménagement ;
- Le CODIFAB

La SOLIDEO remercie également l'AQC pour son accompagnement et son expertise.

Liste des auteurs et des relecteurs

Rédaction pilotée par Stéphane HAMEURY (CSTB) et Éric DIBLING (INGENECO Technologies)

Contributeurs :

CSTB : Émilie ORAND, Anouchka BENAKLI,
Benoit BUSSON, Youcef MOKRANI,
Adrien MARTIN, Lucie WIATT

INGENECO Technologies : Sylvain DELETRAZ,
Damien LATHUILLIERE

FCBA : Serge LENEVE, Julien LAMOULIE

SOCOTEC : Nicolas JURASZEK,
Laurent LE MAGOROU

BTP Consultants : Ronan BEZIER LA FOSSE,
Cédric SCHNEIDER

Relecteurs (par ordre alphabétique de patronyme)

Denis BACHMANN, ARBONIS

Damien BAUDRY, ALUPIC

Jacques BOUILLOT, EIFFAGE

Laurent BOURDON, LINOVATEC

Sabine BOURY, CAPEB

Bastien BOUTELOUP, WOODEUM

François BRILLARD, ALPES-CONTROLES

Julien BRISEBOURG, BOUYGUES IMMOBILIER

Damien DEVILLIERE, 3A COMPOSITES

Jérôme DURU, ICADE

Stéphane FAYARD, SOPREMA

Alain GOUJON, NEXITY

Julien HERBERT, AQC

Frank KUPFERLE, C4CI

Jean-Sébastien LAUFFER, TECHNIWOOD

Frédéric MARTINS, TRESPA

Rodolphe MAUFRONT, FFB UMB

Jean-Marie MENARD, JMM Consulting

Jean-Philippe NDOBO-EPOY, STO France

Gunther PERES, GCC

Romain PIERRON, SAINT GOBAIN WEBER

Gilles PREVOST, ACODI

Roland PRIN, BOUYGUES CONSTRUCTION

Clément QUINEAU, UICB

Michel SCOUTHEETEN, KNAUF

Ghislain TRINQUESSE, MATHIS

Frédéric VALEM, TESS

Soan VASSEUR, ALIBERICO

Emmanuel VIGLINO, ARCORA

Préambule

La Société de livraison des ouvrages olympiques (SOLIDEO) est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) dépendant de l'État.

Selon les termes de l'article 53 de la loi n° 2017-257 du 28 février 2017, « Elle peut assurer la maîtrise d'ouvrage (...) de certaines opérations d'aménagement. Pour la réalisation de cette mission, la société exerce les compétences reconnues aux établissements publics d'aménagement. ».

Ainsi, la SOLIDEO a eu la charge d'aménager les sites olympiques et paralympiques dans le cadre d'un projet urbain durable, en lien avec les projets des collectivités territoriales.

Elle a eu pour missions de :

- veiller à la livraison de l'ensemble des ouvrages et à la réalisation de l'ensemble des opérations d'aménagement nécessaires à l'organisation des Jeux Olympiques et Paralympiques 2024 (JOP 2024), dans les délais fixés par le Comité International Olympique ;
- veiller à la pérennisation de ces ouvrages et de ces opérations à l'issue des JOP 2024.

Pour ce faire, elle a :

- coordonné, notamment en organisant leurs interventions, les maîtres d'ouvrage et maîtres d'ouvrage délégués responsables des ouvrages et des opérations d'aménagement nécessaires à l'organisation des JOP 2024 ;
- conclu avec ces maîtres d'ouvrage des conventions relatives au financement et au calendrier de livraison des ouvrages ou de réalisation des opérations d'aménagement ;
- contrôlé le respect de ce calendrier de livraison ou de réalisation, le cas échéant, s'est substituée au maître d'ouvrage, en cas de défaillance de celui-ci.

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) exerce des missions dans les domaines suivants : les recherches scientifiques et techniques et expertises pour le secteur de la construction et le logement, l'amélioration de la qualité des constructions et de son environnement ainsi que celle de l'information des professionnels.

Spécialiste de l'évaluation des produits et procédés innovants, il établit, applique et fait appliquer des référentiels qui contribuent à une meilleure qualité dans les produits, procédés industriels associés au bâtiment. Il est en outre en contact permanent avec les industriels développant des produits innovants et dispose ainsi d'une vision unique des technologies actuelles, des acteurs et des besoins du marché.

Dans le cadre d'une coopération, la SOLIDEO s'est appuyée sur les compétences et l'expertise du CSTB dans le domaine des opérations de constructions bois pour les JOP 2024. Le CSTB a ainsi anticipé et facilité l'évaluation des produits et procédés innovants, afin de faciliter l'accès de la construction bois au marché du projet JOP 2024.

Plus généralement, les actions d'intérêt général menées par le CSTB et la SOLIDEO ont permis de renforcer les recherches dans le domaine des opérations de constructions bois et biosourcées.

Selon une initiative entreprise lors de la réunion de lancement du 31/01/2020 au CSTB et des travaux du Club des Industriels portés par la filière Bois, cet objectif commun s'est traduit par la mise à disposition de différents guides de conception relatifs à différents systèmes sur supports bois, dont des procédés de façade et de douches accessibles sur supports bois.

C'est ici la version révisée du *Guide de Conception de Bardages ventilés sur Construction ou Façade à ossature Bois* dans sa version Héritage.

■ **Le CSTB et la SOLIDEO mettront par ailleurs en place, en parallèle, un plan de valorisation et de diffusion des guides produits conjointement.**

La mise à disposition des guides sera faite en ligne sur BATIPEDIA, portée via le compte LinkedIn du CSTB et hébergée sur un smart link. Une campagne emailing sera réalisée pour promouvoir sa sortie.

Un programme de formation sera défini par le service Formation du CSTB, spécialisé dans la création de modules de formation (présentielle, digitale, modules par vidéo). Le programme intégrera les retours d'expérience dans des formations qui mettent en avant les procédés innovants issus du projet de construction des infrastructures des JO 2024.

Un événement de sortie sur le principe du retour d'expérience (en présentiel avec conférence de presse ou en digital par webinaire) pourra être organisé.

S O M M A I R E

9	PARTIE 1 : Objectifs et portée du guide
9	1.1 Périmètre du présent guide
12	1.2 Caractéristiques spécifiques aux bâtiments
15	PARTIE 2 : Notions générales indispensables à la bonne compréhension du guide
15	2.1 Définitions
19	2.2 Différences entre COB et FOB
20	2.3 Définition des typologies de FOB
25	PARTIE 3 : Justification de l'aptitude à l'emploi
25	3.1 Résistance mécanique (y compris au vent) et stabilité
27	3.2 Étanchéité
28	3.3 Durabilité
29	3.4 Sécurité en cas d'incendie
30	3.5 Résistance aux chocs
31	3.6 Qualification des intervenants
33	PARTIE 4 : Conception
33	4.1 Conception de la structure porteuse au regard des parois et du bardage rapporté
33	4.2 Conception de la paroi support
40	4.3 Conception de l'intégration des menuiseries extérieures, fermetures et encadrement de baie dans les parois
40	4.4 Conception du bardage
45	PARTIE 5 : Matériaux
45	5.1 Bois de structure
45	5.2 Isolant de la paroi support (COB ou FOB)
48	5.3 Membranes de paroi
51	5.4 Panneaux
52	5.5 Menuiseries
54	5.6 Revêtement extérieur
57	PARTIE 6 : Mise en œuvre
57	6.1 Paroi support
58	6.2 Revêtement extérieur en partie courante
60	6.3 Points singuliers (paroi et revêtement extérieur)
87	ANNEXE A : Réglementation, normes et autres documents de référence
87	A.1 Textes législatifs et réglementaires
88	A.2 Normes DTU
89	A.3 Recommandations professionnelles RAGE-PACTE
90	A.4 Eurocodes
91	A.5 Normes
93	A.6 Cahiers de Prescriptions Techniques

95	ANNEXE B : Essais à réaliser
95	B.1 Essai AEV façade
96	B.2 Essai de vérification de la compatibilité des déformations entre FOB et bardages rapportés
115	ANNEXE C : Calculs à réaliser
115	C.1 Dimensionnement de la paroi
115	C.2 Détermination de la trame du bardage
116	C.3 Hypothèses pour les calculs des transferts hygrothermiques
119	ANNEXE D : Gestion de l'humidité en phase chantier
119	D.1 Objectif d'un suivi
119	D.2 Problématique
121	D.3 Protocole proposé
122	D.4 Logigramme ISOLANT « HR 85 »
123	D.5 Logigramme pour laine minérale
125	ANNEXE E : Appréciation de laboratoire (n° AL 20-294) bardage terre cuite sur COB ou FOB
125	E.1 Introduction
125	E.2 Textes réglementaires applicables
126	E.3 Documents de référence
126	E.4 Domaine d'application de l'appréciation
126	E.5 Description des supports et des procédés visés
128	E.6 Dispositions constructives acceptées
133	E.7 Traitements des points singuliers et des interfaces
137	E.8 Façades sans baies
137	E.9 Justifications
138	E.10 Exigences de l'arrêté du 7 août 2019
138	E.11 Conclusions
139	E.12 Conditions de validité des conclusions
139	E.13 Durée de validité
141	ANNEXE F : Justifications particulières nécessaires à la constitution du dossier d'ATEX COB ou FOB avec bardage ventilé
147	ANNEXE G : Extrait du rapport de l'étude hygrothermique réalisée dans le cadre du guide (rapport : CSTB DEB/HTO-2020-143-KZ-CP-NP)
147	G.1 Parois étudiées
148	G.2 Paroi avec bardage ventilé
150	G.3 Analyses des résultats et conclusion
151	G.4 Présentation synthétique des résultats
152	G.5 Tableau des propriétés hygrothermiques des matériaux constituant les parois
153	G.6 Courbe de sorption de l'isolant en fibres de bois

Objectifs et portée du guide

Ce guide définit les spécifications des matériaux et de mise en œuvre pour les travaux d'enveloppe à ossature bois (façade ou mur à ossature bois) conformément aux recommandations des normes NF DTU 31.2 (mai 2019) et NF DTU 31.4 (mai 2020), des ATec et/ou des DTA, ainsi qu'aux prescriptions techniques spécifiques à ce domaine d'application et à la composition des ouvrages.

Le présent guide a pour vocation d'aider dès la phase conception les intervenants dans le cadre d'une opération de construction visant des supports bois. Il est rédigé dans un but pédagogique afin de présenter les dispositions faisant consensus auprès d'experts du domaine et s'appuyant sur les retours d'expérience des ATEx formulées sur la base de la version 1 du présent guide dans le cadre de la construction du Village des Athlètes JOP 2024.

Ainsi ce guide n'est pas un document « autoportant » mais fournit des éléments facilitant l'obtention d'une Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEx) ou d'un Avis Technique (ATec) pour une reconnaissance en technique courante.

Le présent guide est applicable pour le périmètre ainsi que pour les caractéristiques des bâtiments précisés ci-après.

1.1 Périmètre du présent guide

- Travaux neufs
- Situation (zone d'application du guide) : France Métropolitaine avec les limites définies ci-après :
 - Vent (région vent, catégorie de terrain, pression de vent maximale visée)
 - Pression ELS maximale : 2 400 Pa.
 - Région de vent : 1 à 4 (au sens l'Eurocode 1 partie 1-4 et son Annexe Nationale).
 - Catégorie de rugosité du terrain : II, IIIa, IIIb et IV (au sens l'Eurocode 1 partie 1-4 et son Annexe Nationale).

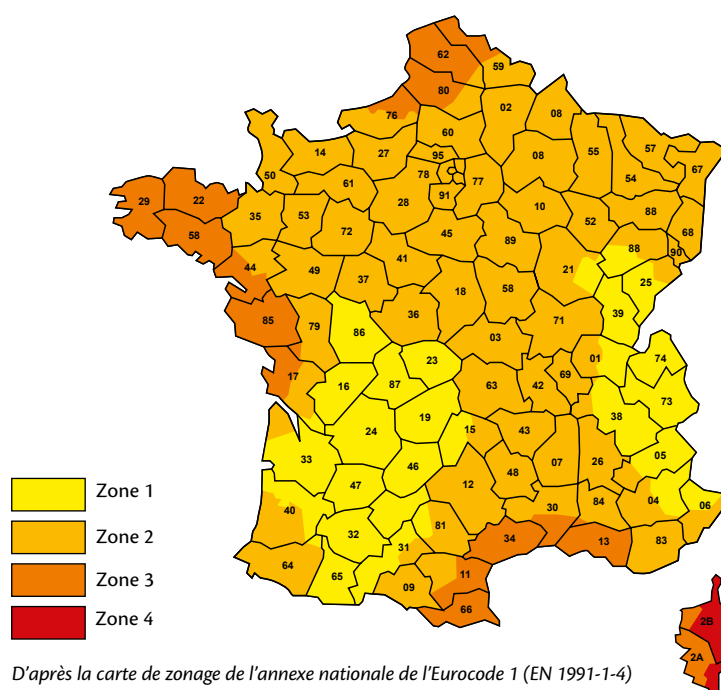


Figure 1 : Carte de France de régions de vent

Tableau 1 : Catégories de terrain selon l'Eurocode 1 partie 1.4 et son Annexe nationale

0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de la mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km
II	Rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur
IIIa	Campagne avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles ; bocages denses, verger
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface est recouverte de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêt

- Sismique

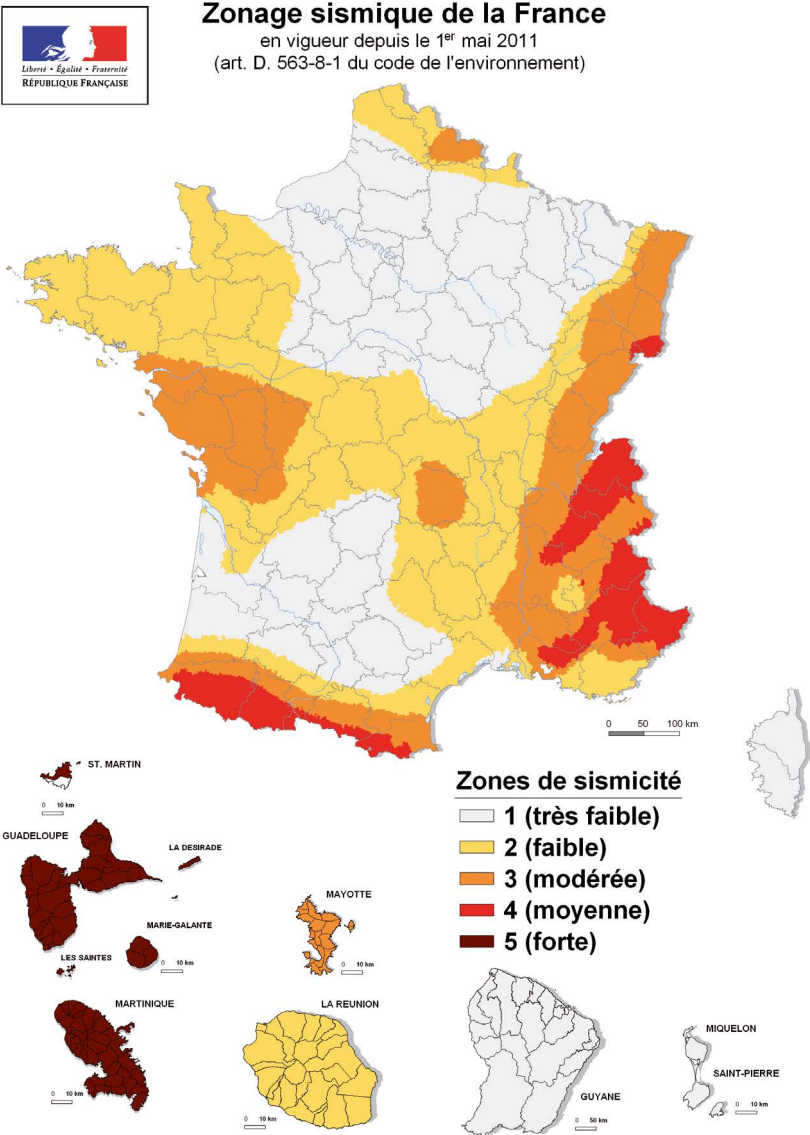


Figure 2 : Carte de France des zones sismiques (carte donnée à titre informatif)

Tableau 2 : Visualisation des cas traités par le guide selon les zones sismiques et catégories d'importance des bâtiments

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1				
2				
3				
4				
Légende :				
	Cas traité par le guide			
	Cas non traité par le guide lorsque des dispositions parasismiques sont nécessaires.			

- Exigence vis-à-vis de l'étanchéité à la pluie battante :
 - Exigence Ee1 ou Ee2 conformément à la norme NF DTU 31.2 ou à la norme NF DTU 31.4 pour les bâtiments de hauteur inférieure ou égale à 28 m.
 - Exigence minimale Ee2 conformément à la norme NF DTU 31.2 ou à la norme NF DTU 31.4 pour les bâtiments dont la hauteur est comprise entre 28 et 50 m.

Tableau 3 : Exigences en termes d'étanchéité à la pluie en fonction de la hauteur des bâtiments et des pressions de vent

Région de vent	Catégorie de rugosité du terrain	Hauteur de façade H (m)			
		H ≤ 9	9 < H ≤ 18	18 < H ≤ 28	28 < H ≤ 50
1	IV	Ee1	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIa	Ee1	Ee1	Ee1	Ee2
	II	Ee1	Ee1	Ee1	Ee2
2	IV	Ee1	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee1	Ee2
	IIIa	Ee1	Ee1	Ee2	Ee2
	II	Ee1	Ee1	Ee2	Ee2
3	IV	Ee1	Ee1	Ee2	Ee2
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee2	Ee2
	IIIa	Ee1	Ee2	Ee2	X
	II	Ee1	Ee2	Ee2	X
4	IV	Ee1	Ee1	Ee2	Ee2
	IIIb	Ee1	Ee1	Ee2	Ee2
	IIIa	Ee2	Ee2	Ee2	X
	II	Ee2	Ee2	Ee2	X
Légende :					
X		Situation non visée par le guide			

Les exigences d'étanchéité Ee1 et Ee2 définies dans le tableau ci-dessus, extraites des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, sont issues des performances des parois pour des pressions de pluie battante bien identifiées (la pression à la pluie battante correspondant au quart de la pression à l'ELS). La limitation pour le critère Ee1 correspond à une étanchéité à l'eau de la paroi sous une pression maximale de vent à la pluie battante de 300 Pa (donc une pression à l'ELS : 1 200 Pa) et pour le critère Ee2, la paroi reste étanche sous une pression maximale de vent à la pluie battante de 600 Pa (pression ELS : 2 400 Pa).

Les hypothèses de calculs ayant conduit aux exigences Ee1 et Ee2 définies dans le tableau ci-dessus sont : $C_o(z) = 1$ jusqu'à 28 m et 1,092 au-delà ; $C_{season} = 1$; $C_{dir} = 1$; $C_s C_d = 1$; $C_{pe} = -1.4$; $C_{pi} = 0$. Ces hypothèses ne sont valables que pour l'établissement de ce tableau, il convient ainsi que les sollicitations de vent agissant sur les façades déterminées pour le dimensionnement des façades et du bâtiment d'un projet donné soient déterminées selon les hypothèses correspondant au projet en question.

- Protection des bois et dérivés du bois contre les termites et insectes à larves xylophages :
 - Lorsque le site de la construction fait l'objet d'un arrêté préfectoral¹ des dispositions spécifiques sont à prévoir pour les éléments en bois ou à base de bois participant à la stabilité du bâtiment :
 - Les bois et les matériaux dérivés doivent :
 - ◇ soit être naturellement résistant aux termites ;

¹ La liste des départements faisant l'objet d'un arrêté préfectoral est disponible en téléchargement sur le site du Ministère du logement via le lien <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/R59498>

- ◊ soit avoir fait l'objet d'un traitement adapté afin qu'ils résistent aux attaques de termites. Ce traitement doit être efficace pendant une durée minimale de 10 ans ;
- ◊ soit, s'ils ne sont ni naturellement durables ni traités, être mis en œuvre de manière apparente dans un local aménageable ou accessible afin de permettre leur examen visuel et si nécessaire leur traitement et/ou leur remplacement.
- Un dispositif capable de faire obstacle au passage des termites depuis le sol vers le bâti doit être mis en œuvre. Les dispositifs peuvent être :
 - ◊ une barrière physico-chimique ;
 - ◊ une barrière physique ;
 - ◊ un dispositif de construction contrôlable.
- La protection contre les autres insectes xylophages dans tous les départements métropolitains : la durabilité du bois massif (naturelle ou conférée) vis-à-vis des termites et des insectes à larves xylophages est donnée dans le FD P 20-651.
- Il existe 2 guides édités par le ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement :
 - Prévention contre les termites à l'interface sol-bâti (lien : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/termite-insectes-xylophages-champignons-lignivores>).
 - La protection des bâtiments neufs contre les termites et les autres insectes xylophages (lien : <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/termite-insectes-xylophages-champignons-lignivores>).

1.2 Caractéristiques spécifiques aux bâtiments

Le présent chapitre rappelle les caractéristiques spécifiques aux bâtiments traitées dans le présent guide, il ne dispense pas le lecteur de prendre connaissance de l'ensemble des autres chapitres.

- Bâtiments visés
 - Bâtiment d'habitation jusqu'à la 4^e famille (au sens des textes réglementaires relatifs à la sécurité incendie) ou autres bâtiments (de type : bureaux, ERP) à exigences inférieures ou égales aux bâtiments d'habitation de 4^e famille dans les limites de hauteur définies précédemment.

NOTE 1

Les bâtiments classés réglementairement comme Immeubles de Grandes Hauteurs (IGH) ne sont pas envisagés par le présent guide. Pour les autres bâtiments, les hauteurs limites dépendront principalement de l'exposition à la pluie et de la résistance au vent des parements extérieurs et, pour les COB, des performances mécaniques de l'ossature.

NOTE 2

Les COB sont généralement limitées à 4 niveaux superposés pour des raisons techniques et économiques, entre autres par les dispositions à prendre pour assurer la reprise des efforts (descente de charge et contreventement notamment) et la gestion des variations hygrothermiques. Ainsi, les hauteurs visées par la norme NF DTU 31.2, c'est-à-dire jusqu'à une hauteur de plancher bas du dernier niveau de 28 m, ont entre autres pour objectif de couvrir les configurations de surélévation (et non pas de bâtiment de 28 m en COB toute hauteur).

- Paroi support du bardage
 - Supports conformes aux normes NF DTU 31.4 (FOB) et DTU 31.2 (COB)
- Enveloppe à ossature bois
 - Parois verticales en COB ou FOB filante ou interrompue (les typologies de FOB et leur fonctionnement mécanique sont précisés au §2.2).

- Typologie de locaux
 - Locaux à faible et moyenne hygrométrie au sens de l'Annexe B des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 (soit un taux d'hygrométrie inférieur ou égal à 5 g/m³) ;

ATTENTION 1

Les autres types de locaux à forte et très forte hygrométries ne sont pas envisagés dans ce guide.

- Locaux ponctuellement et temporairement rafraîchis ou non en période chaude par un système d'appoint associé à la ventilation mécanique, dans le respect des conditions des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 ($\Delta T_{\text{int}} - T_{\text{ext}} < 5 \text{ °C}$).
- Remplissage de la paroi COB ou FOB par :
 - un isolant à base de laine minérale (voir §5.2.1) conforme aux normes NF DTU 31.2 (COB) et NF DTU 31.4 (FOB) ;
 - un isolant à base de fibres de bois (voir §5.2.2). Au moment de la rédaction du présent guide, les normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 ne visent pas l'isolant à base de fibres de bois. Ces isolants doivent ainsi faire l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA visant favorablement une mise en œuvre entre montants d'ossature conformes aux normes NF DTU 31.2 et/ou NF DTU 31.4.
- Complément d'isolation de la paroi COB ou FOB (voir §5.2.3.1).
 - Complément d'isolation par l'intérieur en contre-cloison désolidarisée :
 - un isolant en panneau ou rouleau à base de laine minérale conforme à la norme NF DTU 25.41 ;
 - un isolant thermique en panneau ou rouleau de produit à base de fibres végétales ou animales faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA du Groupe Spécialisé n° 20 visant favorablement une mise en œuvre en contre-cloison désolidarisée conforme à la norme NF DTU 25.41 devant des parois conformes aux normes NF DTU 31.2 (COB) et/ou NF DTU 31.4 (FOB).
 - Complément d'isolation par l'extérieur (conforme aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4) : un isolant à base de laine roche uniquement (voir 5.2.3.2).
- Revêtement extérieur à joints fermés
 - Pose horizontale de bardeaux en terre cuite à joints fermés bénéficiant d'un Avis Technique Document Technique d'application visant la pose sur COB.
 - Pose des tôles d'acier nervurées sur simple ou double réseau conformes aux Recommandations Professionnelles RAGE de juillet 2014 « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable ».
 - Pose des clins et cassettes métalliques bénéficiant d'un rapport de conformité au Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 pour l'emploi sur COB.

ATTENTION 2

Le présent guide n'envisage que les revêtements extérieurs à joints fermés.

- Traitement des points singuliers
 - Baies :
 - Menuiserie sous certification ou sous ATec avec niveau de classement ad hoc pour l'usage prévu – menuiserie bois, aluminium ou mixte bois/aluminium.
 - L'encadrement de baie et intégration de la menuiserie conformes aux dispositions des recommandations professionnelles PACTE de novembre 2020 « Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois », complétées par les dispositions du présent guide dont :
 - ◊ traitement spécifique des encadrements de baies par pièces d'acier rapportées avec recouvrement ou encadrement de baie soudé monobloc étanche ;
 - ◊ calfeutrement à l'eau des menuiseries : en applique intérieure sur une feuillure reconstituée par l'encadrement de baie ;
 - ◊ position de la menuiserie dans la paroi : en tunnel du nu extérieur au nu intérieur ou en applique intérieure.

- Acrotères et arrêt au niveau des débords de toiture.
- Balcons pentés vers l'extérieur, terrasses :
 - balcon en porte à faux ;
 - balcon suspendu ;
 - balcon en appui ;
 - balcon autoportant.

NOTE 3

Certaines configurations de balcons pourront être limitées du fait du risque lié à l'étanchéité à l'eau au niveau de la jonction façade/balcon.

- départ de bardage (en rez-de-chaussée) ;
- angles sortants / angles rentrants ;
- jonction au droit des planchers intermédiaires ;
- joints de dilatation ;
- jonction entre éléments préfabriqués de COB ou FOB ;
- traversées de parois ;
- jonctions entre différents parements.
- Thématiques traitées dans ce guide
 - Stabilité de l'ouvrage ;
 - Sécurité incendie (voir §3.4) ;
 - Résistance au vent ;
 - Résistance aux chocs ;
 - Étanchéité à l'eau ;
 - Salubrité des parois : dans les cas d'une mise en œuvre (en partie courante ou au niveau des points singuliers) non traitée dans le cadre des normes NF DTU 31.2 et DTU 31.4, ou de l'Avis technique ou du DTA du procédé, des études complémentaires de transferts hygrothermiques dans la paroi, devront être réalisées.

ATTENTION 3

Ce guide n'aborde pas :

- la préfabrication en atelier incluant le procédé de bardage (hors ossatures qui pourront être posées en usine lors de la préfabrication des panneaux à ossature bois). Seule la préfabrication des COB ou des FOB telle que couverte dans les normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 est envisageable ;
- les IGH ;
- la mise en œuvre de membranes hygro-régulantes (Sd variable) ;
- les cas où les dispositions parasismiques s'appliquent.

Notions générales indispensables à la bonne compréhension du guide

Ce chapitre rappelle des éléments indispensables à la bonne compréhension du guide en introduisant des notions propres aux différents composants des systèmes de parois verticales extérieures visées par le présent guide.

2.1 Définitions

Calfeutrement : garnissage d'un joint entre les pièces de l'encadrement de baie et l'élément de parois à ossature bois ou la menuiserie dont la fonction principale est d'assurer l'étanchéité à l'eau et/ou à l'air. Le calfeutrement peut être situé dans le tableau de la menuiserie ou en applique intérieure.

COB : Constructions à ossature bois porteuse et contreventant visées par la norme NF DTU 31.2. Les parois de COB ainsi couvertes par le présent guide sont des murs extérieurs porteurs et contreventant.

Écran thermique : Protection passive constituée d'éléments rapportés assurant une fonction de protection des éléments combustibles du bâti. Les performances et l'utilisation de ces écrans sont définies soit directement par la réglementation, soit par une appréciation de laboratoire traitant de la propagation du feu par les façades. Les fonctions de ces écrans sont multiples. Leurs principaux objectifs étant de se prémunir contre :

- un embrasement généralisé précoce ;
- une contribution des éléments combustibles non protégés du bâti à la charge calorifique de l'incendie (ce qui ne correspond pas aux charges calorifiques pris en compte dans les protocoles d'essais conventionnels utilisés pour évaluer les performances des produits, procédés, parois).

Ces écrans thermiques justifient de performances de réaction au feu et de résistance au feu *via* les évaluations réglementaires adéquates.

Dans le présent guide, les écrans thermiques mentionnés concernent ceux appliqués en face extérieure des parois à ossatures bois.

Ils doivent être visés par l'Appréciation de Laboratoire (voir ANNEXE E) du procédé de bardage traitant du risque de propagation du feu par les façades et de chutes d'objets.

Encadrement de baie : l'encadrement de baie est constitué d'éléments en acier dont la fonction est d'assurer l'étanchéité à l'eau entre la menuiserie, la paroi à ossature bois et le revêtement extérieur. L'encadrement de baie peut être mis en œuvre sur chantier ou en atelier sur les parois à ossature bois dans le cas d'une préfabrication avancée.

Flèche / Déformation nuisible : Part de la flèche/déformation de la structure support et/ou de la FOB risquant de provoquer des désordres dans l'ouvrage supporté (ici le bardage). C'est donc l'accroissement de la flèche, ou fléchissement, pris par la structure support et/ou de la FOB à partir de l'achèvement du bardage sous l'effet des charges appliquées postérieurement à la pose du bardage et des effets à long terme (fluage) de l'ensemble des charges présentes.

FOB : Façade à Ossature Bois couverte par la norme NF DTU 31.4, il s'agit de façades non porteuses et non contreventant.

FOB filante (voir §2.3 pour plus de détails) : Les façades à ossature bois sont positionnées devant la structure primaire.

FOB interrompue (voir §2.3 pour plus de détails) : Les façades à ossature bois sont insérées partiellement entre deux planchers consécutifs de la structure primaire. Ce type de façade à ossature bois peut avoir un complément d'isolation extérieure continue (devant le nez de plancher) ou non (interrompu à chaque plancher comme les panneaux de façade).

FOB interrompue avec complément d'isolation extérieure continue (voir §2.3 pour plus de détails) : Les panneaux de façades sont positionnés entre les planchers et le complément d'isolation extérieure est placé filant devant le nez de plancher.

Fonctionnement statique des panneaux de FOB (voir §2.3 pour plus de détails) :

- Isostatique : le poids propre des panneaux de FOB est repris sur deux points d'ancrage.
- Hyperstatique : le poids propre des panneaux de FOB est repris en plus de deux points de fixation.
- Appui continu : le poids propre est repris sur un appui linéaire.

Habillage de baie : Élément de finition décoratif dont la fonction principale n'est pas l'étanchéité à l'eau (même s'il peut y contribuer).

Jeu fonctionnel de la FOB : Jeu dont les plages de fonctionnement permettent d'absorber les déformations différentielles entre les panneaux de FOB eux-mêmes ou entre les panneaux de FOB et la structure support. Ces jeux intègrent notamment des jeux fixes liés aux tolérances de fabrication et de mise en œuvre de la structure support, des panneaux de FOB, et des variations dimensionnelles hygrothermiques de celle-ci.

Jeu fonctionnel du bardage : Jeu dont les plages de fonctionnement permettent d'absorber les déformations différentielles entre les éléments de bardage. Ces déformations différentielles sont directement liées aux déformations différentielles sous charges nuisibles entre les panneaux de FOB eux-mêmes ou entre les panneaux de FOB et la structure support.

Ossature support du bardage simple réseau : Ouvrage rapporté entre le complexe de COB ou de FOB et le bardage sur lequel celui-ci est fixé. Cette ossature est verticale, positionnée au droit des montants de la COB ou de la FOB et fixée mécaniquement dans ces derniers (voir Figure 3 et Figure 4).

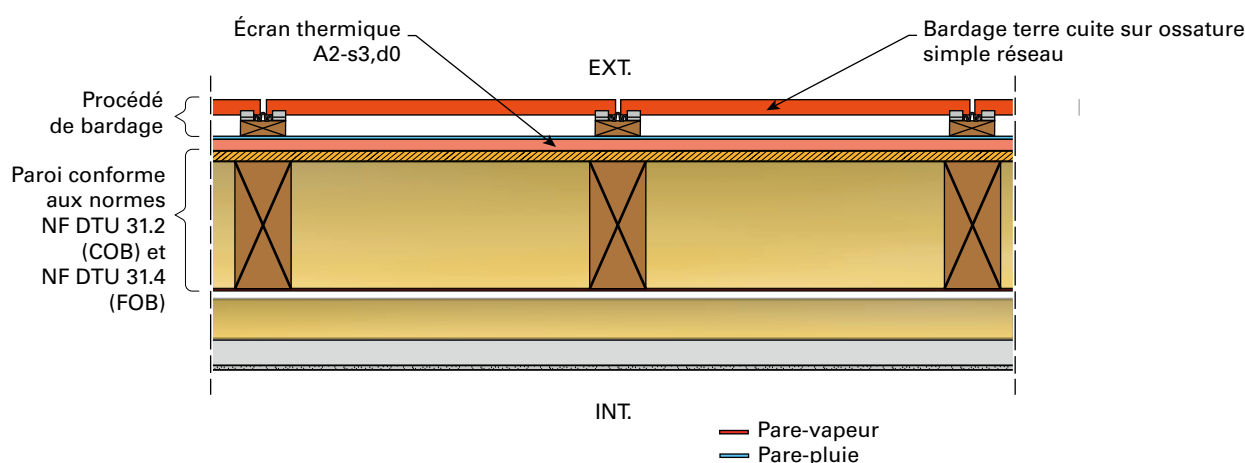


Figure 3 : Représentation de l'ossature simple réseau – coupe horizontale

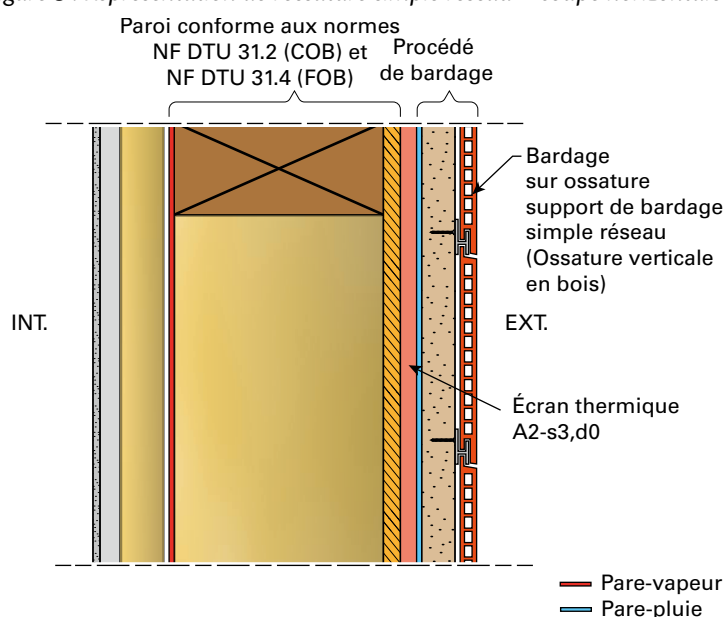


Figure 4 : Représentation de l'ossature simple réseau – coupe verticale

Ossature simple réseau avec complément d'isolation par l'extérieur : Ensemble du dispositif d'ossature permettant de rapporter le revêtement extérieur avec un complément d'isolant par l'extérieur sur la paroi support. Il est composé : d'une contre-ossature bois horizontale (fixée dans les montants de la FOB) support du complément d'isolation extérieure et est conforme à la norme NF DTU 31.2 ou à la norme NF DTU 31.4 ; d'une ossature bois verticale support du bardage (fixée sur la contre-ossature). Cette conception à l'avantage d'avoir une désindexation entre l'ossature support du bardage et les montants de la FOB (voir Figures 5 et 6).

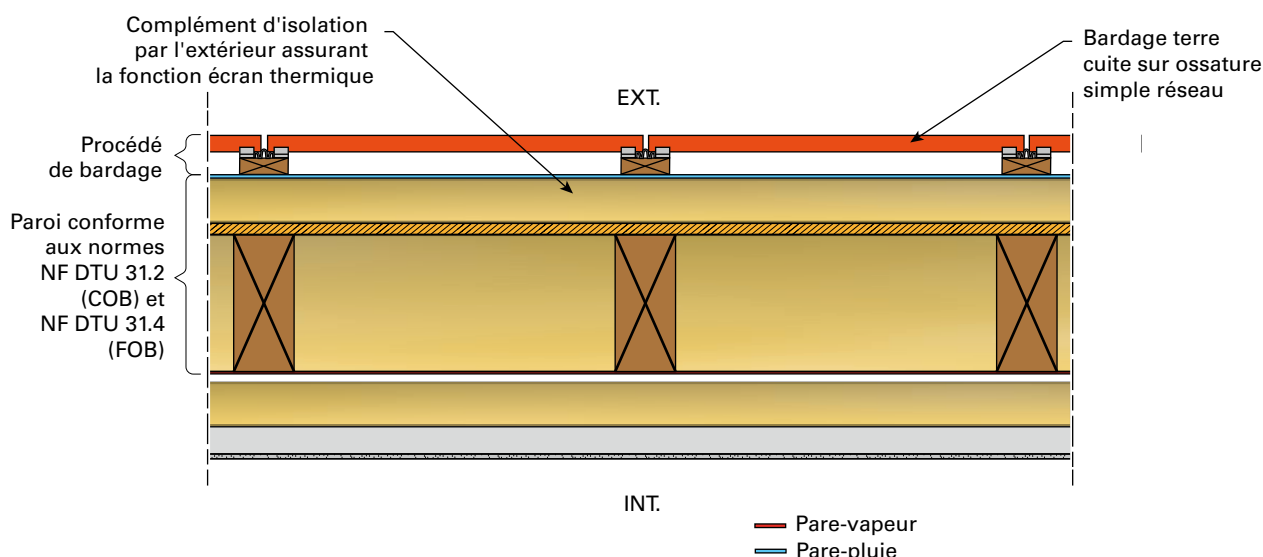


Figure 5 : Représentation de l'ossature simple réseau avec complément d'isolation par l'extérieur – coupe horizontale

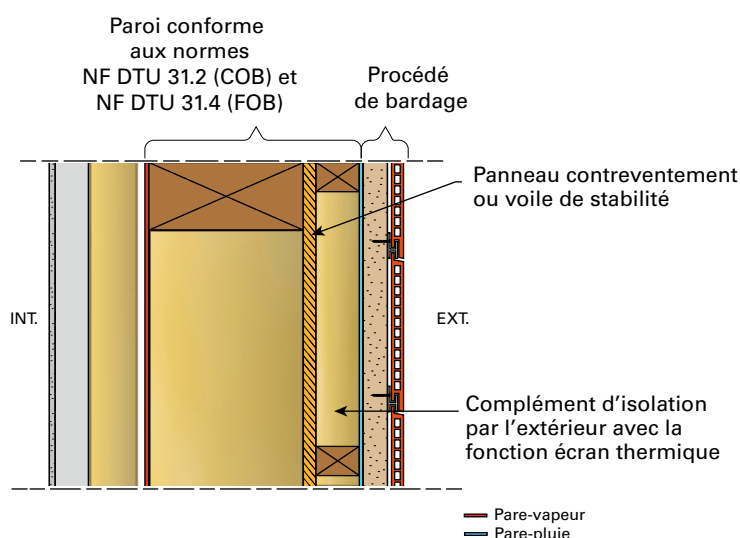


Figure 6 : Représentation de l'ossature simple réseau avec complément d'isolation par l'extérieur – coupe verticale

Ossature multi-réseau : Ensemble du dispositif d'ossature permettant de rapporter le revêtement extérieur sur la paroi support. Il est composé d'une ossature primaire verticale (fixée dans les montants de la paroi à ossature bois) et une ossature secondaire horizontale (fixée dans le montant de la paroi, c'est-à-dire que la fixation doit traverser intégralement l'ossature primaire du bardage et les panneaux), voire une troisième ossature (verticale). Cette conception par multi-réseau à l'avantage d'avoir une désindexation entre l'ossature support du bardage et les montants de la paroi à ossature bois.

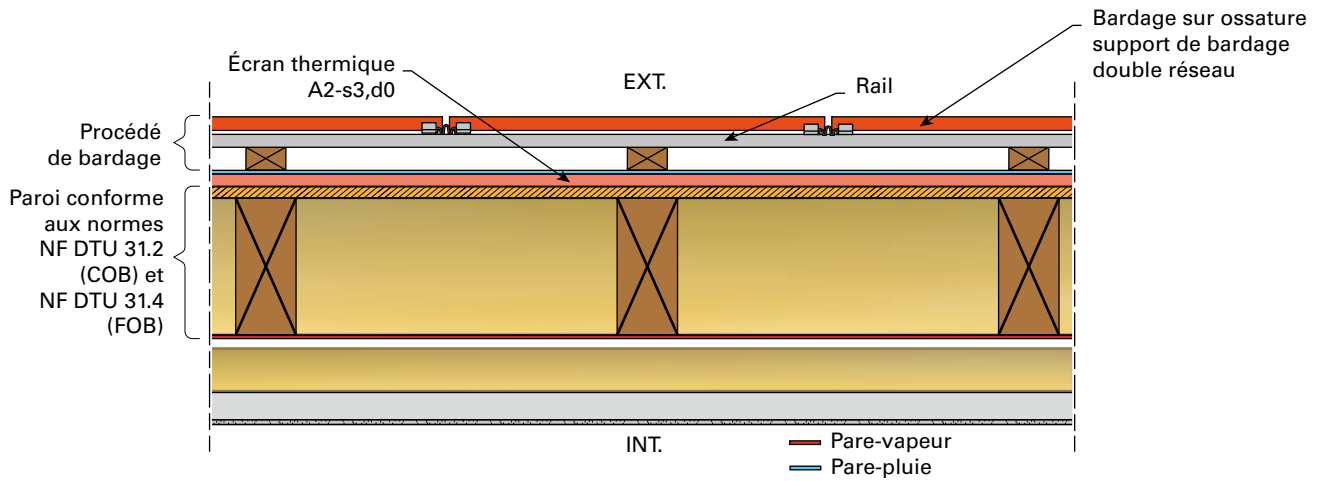


Figure 7 : Exemple d'ossature double réseau avec premier réseau vertical bois et second réseau horizontal métallique – coupe horizontale

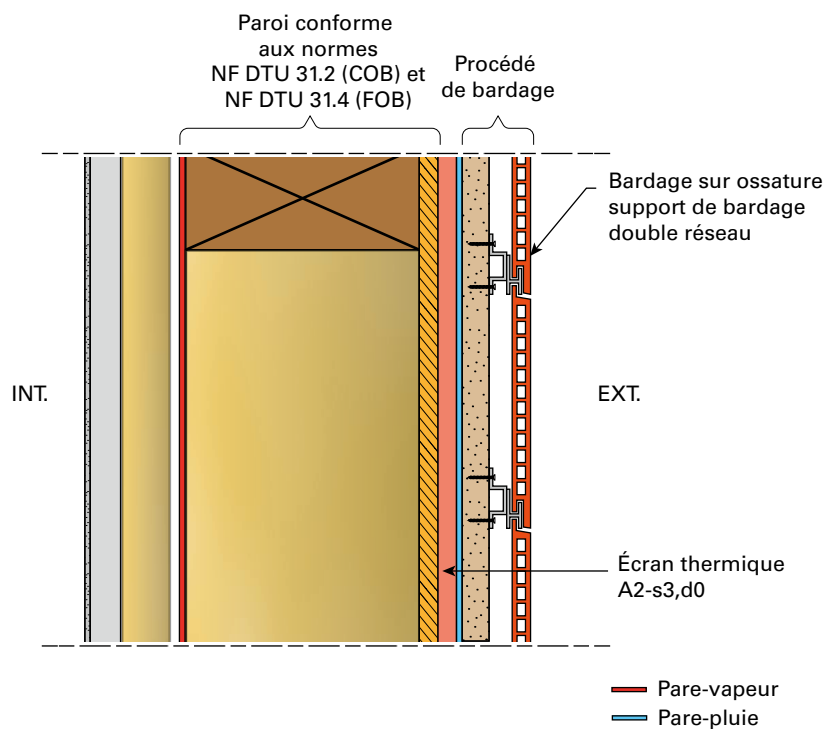


Figure 8 : Exemple d'ossature double réseau avec premier réseau vertical bois et second réseau horizontal métallique – coupe verticale

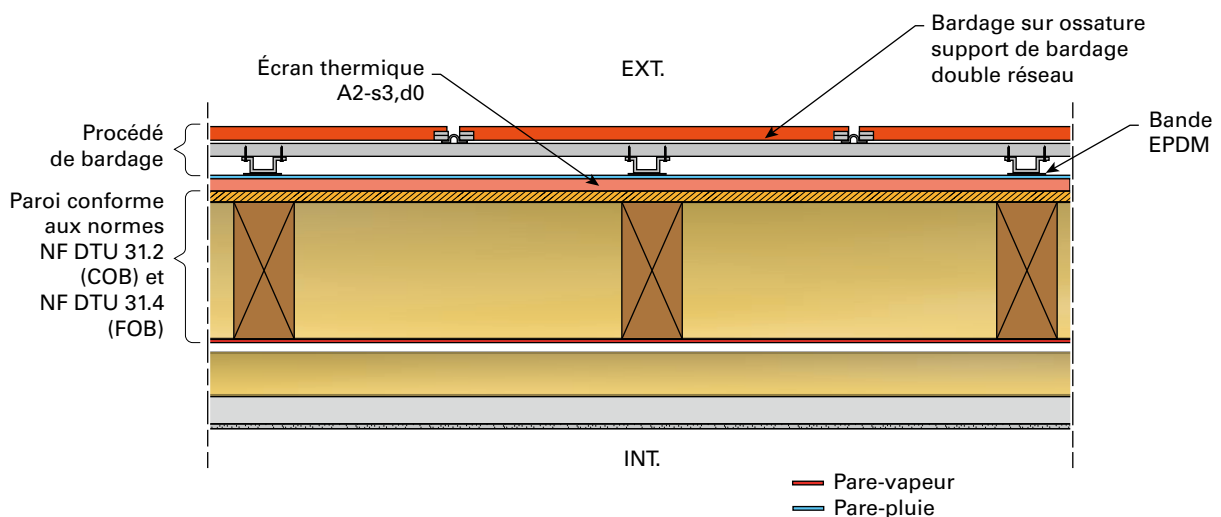


Figure 9 : Exemple d'ossature double réseau métallique – coupe horizontale

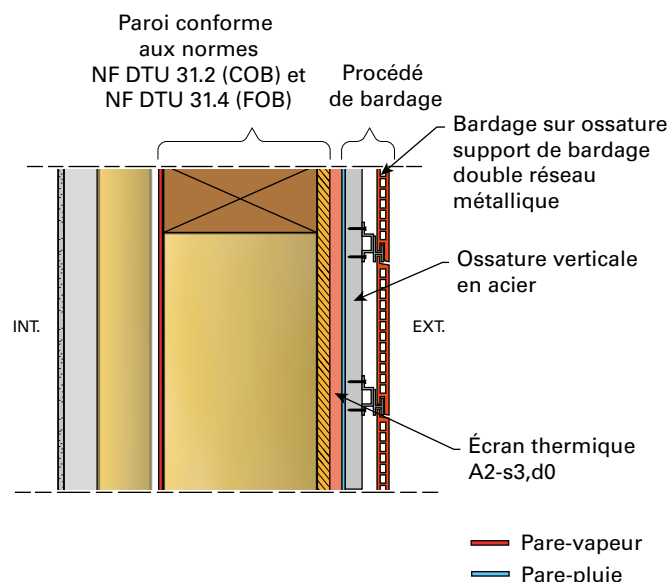


Figure 10 : Exemple d'ossature double réseau métallique – coupe verticale

Panneaux de FOB ou COB : ensemble d'éléments de la paroi à ossature bois étant directement fixé à la structure porteuse du bâtiment et intégrant leurs remplissages et les films associés. Ces panneaux seront supports du revêtement extérieur. Un panneau de FOB ou de COB correspond à l'ensemble monobloc livré et mis en œuvre sur chantier. (Exemple : hauteur d'un étage x longueur maximale transportable par camion soit environ 12 à 13 m).

Paroi à ossature bois : terme générique désignant dans la suite du guide une façade (FOB) ou un mur à ossature bois (COB) sans distinction.

Structure support / Structure primaire : Structure porteuse du bâtiment constituée de béton, charpente métallique ou bois et assurant la stabilité du bâtiment, dont la ruine d'un des éléments peut entraîner la ruine de l'ensemble de l'ouvrage.

2.2 Différences entre COB et FOB

Les Façades à Ossature Bois (FOB) n'assurent pas la stabilité ni des ouvrages, ni de la structure primaire. Elles ne permettent pas de contreventer les ouvrages, elles ne reprennent pas d'effort induits par l'ossature primaire (efforts et déplacement). Les FOB sont auto-stables sous leur propre poids et stables sous les efforts de vent.

Le panneau de stabilité permet de reprendre des efforts dans le plan de la façade lors des phases provisoires, notamment lors du levage, mais n'assurent pas le rôle de contreventement.

Les murs de Construction à Ossature Bois (COB) permettent d'assurer la stabilité des ouvrages en phase provisoire et en phase définitive vis-à-vis des sollicitations horizontales. Les murs peuvent reprendre les efforts dans leur plan et perpendiculaire à leur plan. Les parois de COB sont notamment dimensionnées pour reprendre les charges des planchers (charges d'exploitation) et de toiture (charges climatiques).

Les panneaux de contreventement permettent de reprendre les efforts propres à la paroi et de stabiliser le bâtiment.

Tableau 4 : Différences entre une COB et une FOB

	COB (NF DTU 31.2)	FOB (NF DTU 31.4)
Reprise des charges de poids propre de la paroi	✓	✓
Reprise des charges du/des panneaux supérieurs	✓	✗ ⁽¹⁾
Reprise des charges du/des planchers supérieurs	✓	✗
Reprise des efforts de vent global du bâtiment (contreventement)	✓	✗
Reprise des efforts du vent hors plan sur le panneau de façade	✓	✓
Mouvement différentiel entre planchers	✗	✓
Mouvement différentiel entre panneaux de façade	✗	✓
Usage	Structural (Participation à la stabilité globale du bâtiment)	Remplissage (Travail en indépendance de la structure support)
✓ : sollicitation prise en compte ✗ : sollicitation non prise en compte (1) : à l'exception des FOB filantes avec appuis en pied dans la limite de 3 niveaux superposés (voir §2.3 ci-dessous)		

2.3 Définition des typologies de FOB

La norme NF DTU 31.4 définit différentes familles de FOB dont le fonctionnement mécanique peut varier d'une typologie à l'autre. Le présent chapitre les rappelle de manière à pouvoir appréhender les dispositions spécifiques à prévoir par famille.

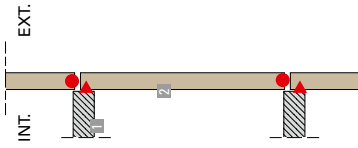
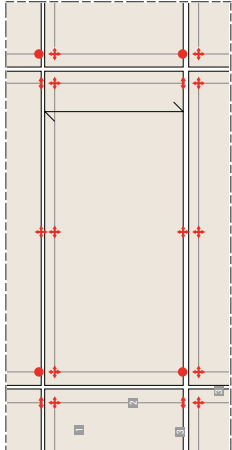
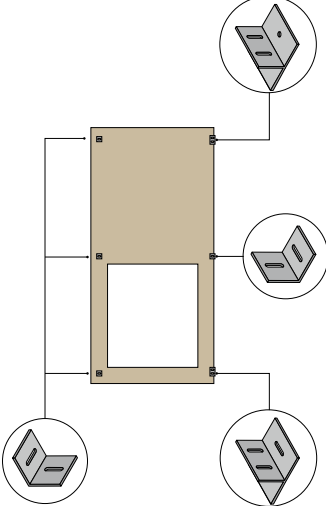
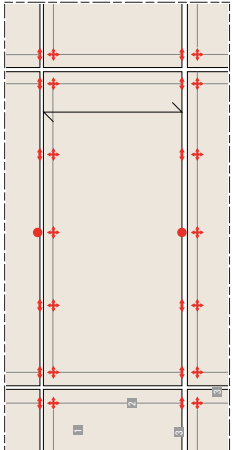
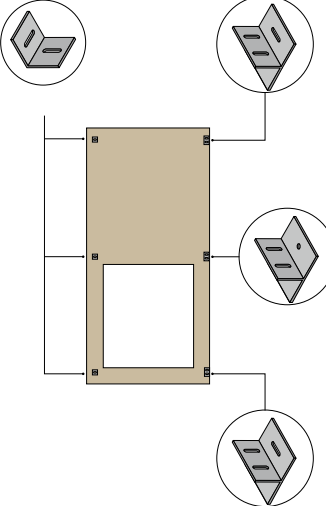
En l'occurrence, les FOB définies dans la norme NF DTU 31.4 se décomposent en 2 grandes familles, que sont :

- les façades filantes positionnées devant la structure primaire avec ou sans parties pleines ;
- les façades interrompues insérées partiellement ou complètement entre deux planchers consécutifs de la structure primaire.

Ces familles sont elles-mêmes divisées en sous-familles dont la synthèse et le fonctionnement mécanique sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Définition des typologies de FOB

Famille de FOB (Définition selon la norme NF DTU 31.4)	Aperçu de principe en coupe verticale	Fonctionnement mécanique et exemple d'aperçu de principe de schéma statique vertical dans le plan de la paroi	Exemple de point de vigilance à considérer pour la conception et la mise en œuvre	Exemple de répartition et de dispositions spécifiques pour les ancrages des FOB par famille
FAÇADE FILANTE avec appui unique en pied en bande horizontale Les façades à ossature bois sont positionnées devant la structure primaire avec ou sans parties pleines. Ces panneaux de façades sont superposés (sur 3 niveaux maximum) et les charges verticales (poids propre, etc.) sont supportées par un appui unique en pied de façade		FOB en bandes horizontales (fonctionnement <i>mécanique</i> sur <i>appui continu</i>)	Cette typologie de FOB peut conduire à l'apparition de déformations différentielles entre les planchers des étages et la façade appuyée en pied sur le niveau bas. Il faut ainsi entre autres veiller à ce que ces déformations soient compatibles avec les dispositions prises sur les ouvrages en interaction à la fois avec la structure et la façade (par exemple : les contre-cloisons au droit des baies, les ferrures d'ancrage des balcons fixés sur la structure et traversant la FOB, etc.)	
FAÇADE FILANTE avec appui unique en pied en bande verticale Les façades à ossature bois sont positionnées devant la structure primaire avec ou sans parties pleines. Ces panneaux de façades posés en bande verticale filent sur plusieurs niveaux (dans la limite de 3 niveaux maximum) et les charges verticales (poids propre, etc.) sont supportées par un appui unique en pied de façade		FOB en bandes verticales (fonctionnement <i>mécanique</i> sur <i>appui continu</i>)	Source : « Guide pédagogique de fonctionnement mécanique des FOB » du FCBA de juillet 2023	

Famille de FOB (Définition selon la norme NF DTU 31.4)	Aperçu de principe de coupe en coupe verticale	Fonctionnement mécanique et exemple d'aperçu de principe de schéma statique vertical dans le plan de la paroi	Exemple de point de vigilance à considérer pour la conception et la mise en œuvre	Exemple de répartition et de dispositions spécifiques pour les ancrages des FOB par famille
FAÇADE FILANTE dite avec appuis multiples Les façades à ossature bois sont positionnées devant la structure primaire avec ou sans parties pleines. Ces panneaux de façade sont ancrés indépendamment par niveau. Les façades ossatures bois sont reprises sur les éléments porteurs horizontaux et/ou verticaux des structures primaires par des dispositifs de liaison particuliers		FOB ISOSTATIQUE 		 Source : « Guide pédagogique de fonctionnement mécanique des FOB » du FCBA de juillet 2023
		FOB « HYPERSTATIQUE » 		 Source : « Guide pédagogique de fonctionnement mécanique des FOB » du FCBA de juillet 2023

Famille de FOB (Définition selon la norme NF DTU 31.4)	Aperçu de principe de coupe en coupe verticale	Fonctionnement mécanique et exemple d'aperçu de principe de schéma statique vertical dans le plan de la paroi	Exemple de point de vigilance à considérer pour la conception et la mise en œuvre	Exemple de répartition et de dispositions spécifiques pour les ancrages des FOB par famille
FAÇADE INTERROMPUE AVEC complément d'isolation extérieure continue <i>Les façades ossature bois sont insérées partiellement entre deux planchers consécutifs de la structure primaire. Seul le complément d'isolation extérieure est situé en avant des rives de plancher</i>			Il y a lieu de s'assurer que les critères de dimensionnement de la structure soient compatibles avec les critères de déformations auxquels la FOB doit répondre, notamment au regard des flèches nuisibles admises par le parement extérieur.	
FAÇADE INTERROMPUE SANS complément d'isolation extérieure continue <i>Les façades ossature bois sont insérées entièrement entre deux planchers consécutifs de la structure primaire</i>			Il y a lieu de s'assurer que les critères de dimensionnement de la structure soient compatibles avec les critères de déformations auxquels la FOB doit répondre, notamment au regard des flèches nuisibles admises par le parement extérieur. Le plancher, lorsqu'il est en béton, devra comporter un rupteur de pont thermique	

Source : « Guide pédagogique de fonctionnement mécanique des FOB » du FCBA de juillet 2023

Source : « Guide pédagogique de fonctionnement mécanique des FOB » du FCBA de juillet 2023

Famille de FOB (Définition selon la norme NF DTU 31.4)	Aperçu de principe en coupe verticale	Fonctionnement mécanique et exemple d'aperçu de principe de schéma statique vertical dans le plan de la paroi	Exemple de point de vigilance à considérer pour la conception et la mise en œuvre	Exemple de répartition et de dispositions spécifiques pour les ancrages des FOB par famille
N.B. : le nombre d'appuis représenté n'est pas exhaustif et devra être adapté aux configurations de chaque projet. Légende : ● Appui n'autorisant aucun déplacement (hors plan et dans le plan de la FOB). + } Appui autorisant les déplacements verticaux et horizontaux dans le plan de la FOB et n'autorisant pas les déplacements hors plan (pour reprise des efforts de vent). ▲ } Appui autorisant les déplacements horizontaux dans le plan de la FOB et n'autorisant pas les déplacements hors plan. ■ } Appui autorisant des déplacements dans le plan doivent être conçus de manière à pouvoir absorber les déformations différentielles entre la structure et la FOB. Nomenclature : 1. Panneau de Façade à Ossature Bois non porteuse 2. Structure support des Façades à Ossature Bois non porteuses 3. Jeu fonctionnel entre panneaux de FOB 4. Jeu fonctionnel entre le panneau de Façade à Ossature Bois non porteuse et la structure support des Façades à Ossature Bois non porteuses 5. Assemblage entre panneaux de FOB superposés 6. Complément d'isolation par l'extérieur sur la FOB 7. Complément d'isolation par l'extérieur sur la structure				

Justification de l'aptitude à l'emploi

Le présent chapitre aborde les différentes performances et justifications à apporter pour que l'aptitude à l'emploi du procédé de bardage et de sa paroi support puisse être évaluée et validée.

3.1 Résistance mécanique (y compris au vent) et stabilité

3.1.1 Structure support

La structure support est conçue et dimensionnée suivant son référentiel en vigueur (notamment le corpus des NF DTU, des Eurocodes, etc.) considérant les critères de dimensionnement spécifiques à la paroi retenue et au procédé de bardage tels que donnés au §4.1 (et §4.2.2.2 dans le cas d'une FOB).

3.1.2 Paroi support

3.1.2.1 COB conforme à la norme NF DTU 31.2

Les murs à ossatures bois sont conçus et dimensionnés conformément à la norme NF DTU 31.2 (COB).

NOTE 4

Comme indiqué en NOTE 3 au §1.1, les COB sont généralement limitées à 4 niveaux superposés (voir les explications de ladite note pour plus de détails).

3.1.2.2 Support FOB

Les façades à ossatures bois sont conçues et dimensionnées conformément à la norme NF DTU 31.4 (FOB) en considérant également les critères définis dans le §4.2.2.2.

NOTE 5

La résistance au vent du panneau de FOB est vérifiée par calcul selon l'Eurocode 5 et peut être attestée par un essai AEV façade conformément à la norme NF EN 13830 dont le protocole est rappelé au §B.1.2 de l'ANNEXE B si la FOB (partie courante et / ou gestion des points singuliers) s'écarte des prescriptions de la norme NF DTU 31.4.

Le dimensionnement des panneaux de FOB et de son système d'ancrage devra également prendre en considération :

- la typologie de FOB et le schéma statique associé (voir §2.3 et §4.2.2.1) ;
- les déformations de la structure support (ossature primaire) ;
- les déformations différentielles décrites au §4.2.2.2 ;
- les critères de déformation nuisible imposés par le procédé de bardage.

Le dimensionnement des jeux fonctionnels entre deux panneaux de FOB ou entre une FOB et la structure support devra être réalisé selon les indications du §4.2.2.1.

La note de calcul des façades sous sollicitations climatiques, poids propre, exploitation devra préciser a minima les points suivants :

- Indiquer le schéma statique de reprise du poids propre des FOB et préciser les composants permettant le transfert de charges et les mouvements prévisibles (sous sollicitations climatiques, de poids propre et d'exploitation). Ce schéma devra notamment faire apparaître les points fixes et les points permettant d'assurer les degrés de liberté nécessaires.
- Préciser la mise en œuvre des panneaux FOB et préciser comment sont repris les déplacements différentiels. Préciser les degrés de liberté intégrés aux éléments de fixation des éléments de façade en cohérence avec le schéma statique proposé.
- Justifier les ancrages des FOB dans la structure primaire (équerrés de fixation, chevilles, etc.). Fournir les ATE ou ETA des chevilles utilisées. Fournir une note de calcul des ancrages dans l'ossature support.
- Réaliser la synthèse des déformées et des déplacements de la FOB permettant de justifier la dimension des joints de fractionnement présents entre les FOB, le critère de déplacement entre deux ossatures consécutives devra être justifié.
- Justifier les compatibilités des déformations entre les panneaux de FOB, les revêtements extérieurs et la structure primaire (déformations différentielles), en précisant les dispositions planchers chargés/non chargés, en considérant les variations hygroscopiques prévisibles dans le temps, etc.
- Justifier la stabilité dimensionnelle, en fonction des variations prévisibles d'humidité des façades bois pendant la phase chantier. Vérifier les variations dimensionnelles des panneaux et leur tassement potentiel.

Le Guide « *Déformation des Façades à Ossature Bois* », rédigé par le FCBA et financé par le CODIFAB, présente une première approche des explications de principe du fonctionnement mécanique des façades à ossature bois vis-à-vis des déformations dues aux efforts de vent et de poids propre.

(lien : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/deformation-des-facades-a-ossature-bois>)

3.1.3 Dimensionnement de l'ouvrage de bardage

3.1.3.1 Ossature support du bardage

L'ossature support du bardage en simple ou multi-réseaux et les vis de fixations de l'ossature dans le support sont dimensionnés sous sollicitation de poids propre et de vent selon les règles en vigueur.

Le dimensionnement devra également considérer la typologie de paroi retenue, le bardage couvert par le projet et les particularités de ces éléments.

3.1.3.2 Bardage ventilé en bardeaux de terre cuite sous Avis Technique

La résistance admissible au vent au sens des règles NV65 modifiées du procédé bardage, est définie dans l'ATec du procédé. Une règle de transposition pour une prise en compte des vents selon l'Eurocode afin de vérifier le domaine d'emploi est possible selon le Cahier du CSTB n° 3763 « *Règles de transpositions des règles NV65 modifiées aux Eurocodes pour la prise en compte du vent pour les procédés de bardage rapporté, vêturé et vêtage sous Avis Technique* ».

3.1.3.3 Bardage métallique conforme aux recommandations professionnelles RAGE « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable » de juillet 2014

Les performances au vent du procédé de bardage sont déterminées par calcul selon quatre méthodes décrites au §6.1.3 des Recommandations Professionnelles RAGE « *Bardages en acier protégé et en acier inoxydable* » de juillet 2014.

3.1.3.4 Bardage en clins/cassettes métalliques conformes au Cahier du CSTB n° 3747_V2

Les performances au vent du procédé de bardage sont celles couvertes par le rapport de conformité au Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 délivré par le CSTB ou Ginger CEBTP.

L'approche choisie par le concepteur de l'ouvrage (états limites ou contraintes admissibles) devra être conservée lors de sa réalisation.

La charge au vent du site est à comparer avec les charges au vent admissibles au vent normal selon les règles NV65 modifiées ou sous vent caractéristique (W50) selon NF EN 1991-1-4/NA indiquée à la suite des justifications vent obtenues conformément au §4.1 du Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2.

3.2 Étanchéité

Dans ce chapitre sont données les dispositions permettant d'assurer la continuité des plans d'étanchéité à l'eau et à l'air de la paroi en fonction de la typologie de mise en œuvre des menuiseries, des interfaces avec les balcons, etc.

ATTENTION 4

Si les solutions techniques revendiquées par le demandeur de l'ATEX s'écartent des prescriptions de la norme NF DTU 31.4, chantier par chantier ou conception par conception, un essai AEV façade complémentaire sera à réaliser, conformément à la norme NF EN 13830.

3.2.1 Paroi support (FOB et COB)

3.2.1.1 Étanchéité à l'air

L'étanchéité ou perméabilité à l'air (infiltrométrie) est réalisée côté intérieur de la paroi dans le plan du système de la barrière à la diffusion de vapeur d'eau. Les points spécifiques à étudier sont, entre autres, en périphérie des baies ainsi qu'au niveau des raccordements des parois avec les planchers (joint horizontal) et entre les parois (joint vertical). L'étanchéité à l'air est vérifiée dès lors que les dispositions des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 et des recommandations professionnelles PACTE « *Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois* » sont respectées.

3.2.1.2 Étanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau est réalisée côté extérieur de la paroi et est assurée conjointement par le système de revêtement extérieur et par le système pare-pluie lorsqu'il est conforme à la norme NF DTU 31.2 ou à la norme NF DTU 31.4.

Dans ce cas, les continuités d'étanchéité du système pare-pluie doivent être étudiées en périphérie des baies, au niveau des points singuliers de la façade, au niveau des raccordements entre panneaux de façade et au niveau des autres points singuliers comme la partie basse de la façade ou la partie haute.

Par ailleurs, les continuités d'étanchéité à l'eau doivent être soignées pour ces points singuliers.

3.2.2 Bardage ventilé

3.2.2.1 Étanchéité à l'air

Le bardage ventilé ne participe pas à la perméabilité à l'air et à la vapeur d'eau des façades.

3.2.2.2 Étanchéité à l'eau

Le procédé de bardage ventilé à joint fermé mis en œuvre contribue à l'étanchéité à l'eau de la paroi.

NOTE 6

Dans le cas d'une mise en œuvre sur FOB, la compatibilité du bardage avec les déformations attendues de la FOB doivent être vérifiées d'un point de vue mécanique et de résistance à la pluie battante conformément au protocole d'essai défini au §B.2 de l'ANNEXE B.

3.3 Durabilité

3.3.1 Protection des bois

La durabilité des essences de bois utilisées doit être conforme :

- aux dispositions prévues dans les normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 pour les éléments de COB et FOB ;
- à l'Avis Technique pour les bardeaux de terre cuite, recommandations professionnelles RAGE pour les tôles d'acier nervurées ou ondulées, et au dossier technique ayant conduit au rapport de conformité dans le cas de bardages métalliques couverts par le Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 (clins et cassettes) dont relève le revêtement extérieur pour les ossatures support de bardage.

Les essences de bois pouvant être utilisées dans les constructions à ossature bois, sont définies dans l'article 8 du fascicule de documentation FD P20-651 en fonction de la classe d'emploi et de longévité de l'ouvrage.

NOTE 7

Dans le cas des bardages métalliques en tôles d'acier nervurées sur simple ou double réseau conformes aux Recommandations Professionnelles RAGE de juillet 2014 ou des clins et cassettes métalliques bénéficiant d'un rapport de conformité au Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 pour l'emploi sur COB, la ventilation au travers des « ondes » sur construction bois n'est pas possible et l'épaisseur requise pour la lame d'air est obtenue par l'épaisseur de l'ossature verticale.

3.3.2 Comportement hygrothermique

Les résultats des simulations effectuées sur la façade ventilée et dans les conditions définies au §C.3 de l'ANNEXE C du présent guide (issues de l'étude des transferts hygrothermiques) répondent aux critères pour éviter tous risques de condensation et de développement fongique des différents cas de figure.

Dès lors que le bardage est ventilé selon les dispositions de l'Avis Technique dont il fait l'objet et que la conception hygrothermique de la paroi support est conforme aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 ; la salubrité de la paroi est assurée, avec la disposition complémentaire ci-dessous :

- en cas de complément d'isolation par l'extérieur, celui-ci est réalisé en laine minérale ;
- la gestion de l'humidité en phase chantier a été traitée (voir ANNEXE D) et le PAQ associé est respecté.

ATTENTION 5

Si les solutions techniques revendiquées par le demandeur de l'ATEx s'écartent des prescriptions des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, chantier par chantier ou conception par conception, des modélisations devront être réalisées selon les modalités du Guide « *Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couples température / humidité dans les parois de bâtiment* » (accessible via le lien : <https://www.proreno.fr/documents/determination-des-hypotheses-pour-les-simulations-de-transferts-couples-temperature-humidite-dans-les-parois-de-batiment>).

ATTENTION 6

Même si en partie courante la salubrité des parois est assurée en cas de conformité aux prescriptions des normes NF DTU 31.2 ou NF DTU 31.4, une analyse du carnet de détail d'un point de vue hygrothermique devra être réalisée, afin de vérifier l'aggravation éventuelle du risque hygrothermique ou la perturbation ou non de l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau de la façade et de la salubrité vis-à-vis de la diffusion de la vapeur d'eau. Le cas échéant, si un risque particulier était identifié, une étude complémentaire (modélisation WUFI) pour réaliser des modélisations au niveau de certains points singuliers à risque devra être effectuée.

3.3.3 Durabilité des aciers vis-à-vis de la corrosion

La protection anti-corrosion des aciers devra être conforme à la norme NF P 24-351.

3.4 Sécurité en cas d'incendie

3.4.1 Classement en réaction au feu des produits/des systèmes

Le classement en réaction au feu des produits ou des procédés est défini dans les évaluations spécifiques à chaque produit ou procédé (lorsque le produit bénéficie d'un Avis technique, par exemple dans le cas des terres cuites, ou d'un rapport de conformité dans le cas des systèmes relevant du Cahier du CSTB n° 3747_V2).

Par exemple : un essai de réaction au feu et un essai de comportement au feu du bardage en bardeaux terre cuite sur ossatures bois, ont été réalisés afin de vérifier l'absence de dégradation du classement de réaction au feu A2-s1,d0 du bardage ventilé. Les résultats et les éventuelles dispositions constructives sont intégrés dans l'Appréciation de laboratoire ainsi que dans le guide (voir ANNEXE E).

3.4.2 Appréciation de laboratoire (ANNEXE E)

Une Appréciation de laboratoire (APL) générique est réalisée dans le cadre du présent guide en tenant compte de l'ensemble des dispositions définies ci-avant.

Une Appréciation de laboratoire (APL) générique vis-à-vis du risque de propagation du feu par les façades soumises aux exigences de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié est proposée en annexe au présent guide (ANNEXE E).

ATTENTION 7

L'appréciation de laboratoire fournie en ANNEXE E aborde le risque de chute d'objets. Cependant les risques associés à l'environnement extérieur immédiat de la façade, qu'il soit bâti ou naturel, dans la limite de la zone d'influence caractéristique d'un incendie, spécifiques à chaque projet, n'y sont pas abordés. L'appréciation de ce risque doit être complétée par une réflexion à l'échelle de l'ouvrage à construire et validée par une Appréciation de Laboratoire spécifique au projet.

ATTENTION 8

L'appréciation de laboratoire ne couvre pas les bardages en tôles d'acier ondulées ou nervurées conformes aux recommandations professionnelles RAGE, ni les clins et cassettes métalliques conformes au Cahier du CSTB 3747_V2. Le demandeur de l'ATEx devra ainsi faire évaluer le risque de propagation du feu par les façades via une Appréciation de Laboratoire spécifique.

Il est possible, pour la conception, de s'appuyer sur les solutions constructives définies dans l'Appréciation de Laboratoire « *Bois construction et propagation du feu par les façades* » version 4 du 26/07/2023, sans toutefois que cela ne dispense la réalisation d'une Appréciation de Laboratoire spécifique.

Il faudra être vigilant d'une part à ce que l'ensemble des dispositions techniques décrites dans cette Appréciation de Laboratoire spécifique soient bien reprises dans le dossier d'ATEx et, d'autre part, qu'elles ne remettent pas en question l'aptitude à l'emploi du bardage.

3.5 Résistance aux chocs

La résistance aux chocs d'une façade comporte deux aspects distincts : la résistance aux chocs de sécurité et la résistance aux chocs de conservation des performances. Les définitions de ces exigences fonctionnelles sont indiquées dans la norme NF P 08-302.

3.5.1 Résistance aux chocs de sécurité

Il s'agit de la sécurité des personnes vis-à-vis de chutes dans le vide. Cette exigence est remplie si :

- sous l'action de chocs exceptionnels dont le risque est raisonnablement prévisible, l'ouvrage de façade peut être dégradé, mais sa dégradation éventuelle ne doit pas mettre en cause :
 - ni la sécurité des personnes se trouvant à l'intérieur ou à l'extérieur, par la chute d'éléments ou de débris contondants ou coupants ; après ce choc, il n'est pas exigé que la sécurité des personnes soit encore assurée de la même manière ;
 - ni la stabilité de la construction.
- En étage, la personne qui occasionne le choc ne doit pas pouvoir traverser la paroi.

Cette exigence a donc principalement un impact sur la conception de l'élément à ossature bois et de la contre-cloison.

Le niveau de l'action due à ces chocs dépend de classes d'exposition définies dans la norme NF P 08-302. La résistance d'une façade à cette action est vérifiée expérimentalement conformément au protocole décrit dans la norme NF P 08-301.

Des préconisations spécifiques pour assurer la sécurité des personnes seront décrites et les essais seront précisées dans le cas où la composition de la paroi serait différente des solutions validées dans l'annexe A de la norme NF DTU 31.2 et dans l'annexe A de la norme NF DTU 31.4.

Un essai de résistance aux chocs intérieurs de sécurité peut également être réalisé dans le cas où le parement intérieur est en contact direct avec les montants de la FOB (cas des retours de parement intérieurs en tableau par exemple) ou lorsque la menuiserie doit répondre à une exigence de résistance aux chocs de sécurité (afin de vérifier que pour l'exigence M50 / 900 J, il n'y a pas de chute d'élément de bardage sur l'extérieur).

3.5.2 Résistance aux chocs de conservation des performances

La norme P08-302 définit l'exigence de tenue aux chocs de l'ouvrage selon l'aire d'activité requise.

3.5.2.1 Bardage en bardeaux de terre cuite

L'Avis Technique du procédé de bardage rapporté donne le classement de réaction aux chocs de conservation des performances selon la norme P08-302 selon les configurations de mise en œuvre.

3.5.2.2 Bardage métallique conforme aux recommandations professionnelles RAGE « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable » juillet 2014

Le classement du bardage est Q4.

3.5.2.3 Bardage en clins/cassettes métalliques conformes Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2

L'évaluation de la résistance aux chocs extérieurs de conservation des performances de ces procédés est définie dans le dossier technique, établi par le tenant du procédé, selon le §5.4 du Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2.

3.6 Qualification des intervenants

3.6.1 Qualification des concepteurs

Les acteurs de la conception, les intervenants de maîtrise d'œuvre (architecte, bureau d'étude chargé de la conception de la façade), ou toute société intervenant dans la conception de la façade devront, pour qu'ils puissent réaliser de façon éclairée leurs éléments de mission, maîtriser les connaissances essentielles à la conception et à la réalisation de projets employant un procédé de bardage rapporté sur une Façade à Ossature Bois non porteuse (FOB) conforme à la norme NF DTU 31.4.

Il est possible pour cela de suivre une formation dont le programme traite spécifiquement des connaissances susnommées. Celle-ci peut par ailleurs être associée à une attestation de suivi de formation remise sous condition d'une validation par examen inclus dans le programme de formation. La personne qui sera formée sera désignée au sein du personnel permanent et réellement en activité sur les projets. La réalisation de tout élément de mission de Maîtrise d'Œuvre fera appel à l'intervention et la supervision de ce référent formé de la société. Un ou plusieurs autres référents pourraient également être formés pour répondre à tous les projets.

Concernant la formation citée ci-dessus, le présent guide n'ayant pas vocation à établir une liste exhaustive de celles-ci, il est conseillé aux concepteurs de se rapprocher des titulaires d'Avis techniques ou fabricants de systèmes de bardage. Ces derniers seront en mesure de les orienter vers des organismes de formation compétents (ceux-ci doivent notamment avoir une expertise sur les parois à ossature bois).

3.6.2 Qualification de l'entreprise en charge de la pose du bardage

En amont de son intervention sur chantier, l'entreprise en charge de la pose du bardage devra maîtriser les connaissances essentielles à la mise en œuvre d'un bardage sur COB et FOB. Elle sera également accompagnée par le tenant de système du procédé de bardage dans le cadre habituel de l'assistance qu'il lui porte.

Pour ce faire, l'Entreprise en charge de la pose du bardage pourra par exemple suivre à minima une formation à la mise en œuvre d'un bardage sur COB et FOB auprès de l'industriel titulaire du système.

Cette formation sera suivie avant l'intervention de l'entreprise sur le chantier. Par ailleurs, la personne qui sera formée sera désignée au sein du personnel permanent et réellement en activité sur les chantiers. Toute mise en œuvre de ce procédé pourra faire appel à l'intervention et à la supervision de ce référent formé de l'Entreprise. Un ou plusieurs autres référents pourraient également être formés pour répondre à tous les chantiers.

Conception

4.1 Conception de la structure porteuse au regard des parois et du bardage rapporté

Les structures supports des façades sont celles couvertes par les normes NF DTU 31.4 (FOB) et NF DTU 31.2 (COB). Il peut par exemple s'agir de structure béton, de structure poteaux/poutre bois, etc. Elles sont conformes aux exigences des référentiels dont elles relèvent complétées par celles des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 ainsi que celles définies dans le présent guide.

En l'occurrence, le procédé de bardage rapporté peut imposer des limitations de déformations supplémentaires à la paroi support (COB ou FOB) et indirectement aux déformations de ces structures selon la configuration de paroi concernée.

4.2 Conception de la paroi support

NOTE 8

Le bardage peut contraindre le calepinage des parois supports et plus particulièrement leur ossature.

Dans le cas d'un bardage supporté uniquement par des ossatures verticales (simple réseau), il est nécessaire que les ossatures verticales soient fixées dans les montants de la paroi support. Dans le cas où l'ouvrage de bardage avec support simple réseau nécessite un entraxe différent, le recours à une ossature simple réseau sur complément d'isolation par l'extérieur ou à une ossature support de bardage multi-réseau permet une désindexation des entraxes entre les ossatures support du bardage et l'ossature de la paroi à ossature bois simplifiant ainsi les interfaces entre les deux.

4.2.1 COB conforme à la norme NF DTU 31.2

Les solutions constructives des murs à ossature bois conformes à la norme NF DTU 31.2 (COB) ont été établies en considérant que les déplacements restent limités aux seuls mouvements globaux du bâtiment. Il n'y a pas de déformations différentielles à considérer entre les panneaux de façade et les planchers ou poutres supports puisqu'ils sont liaisonnés. En tant que parois structurales, ces façades assurent une fonction de contreventement par diaphragme et de descente de charge.

NOTE 9

Comme indiqué en NOTE 3 au §1.1, les COB dépassent rarement les quatre niveaux superposés (voir les explications de ladite note pour plus de détails).

4.2.2 FOB conforme à la norme NF DTU 31.4

4.2.2.1 Typologie de FOB et schéma statique associé

Le schéma statique sert à définir comment les différents éléments constitutifs de la FOB sont assemblés entre eux. En indiquant les points de liaison ou de fixation, leurs mouvements possibles, les efforts transitant dans ces points peuvent alors être déterminés. Sans cela, le dimensionnement des panneaux de FOB n'est pas possible.

Dans le cas des FOB filantes dites à appuis multiples avec un fonctionnement isostatique (voir définition au §2.3) dans leur plan (vis-à-vis de la reprise des efforts du poids propre de ces éléments), les panneaux de façade sont plus indépendants des mouvements de leur support que dans une configuration de FOB filantes dites à appuis multiples avec un fonctionnement hyperstatique (voir définition au §2.3).

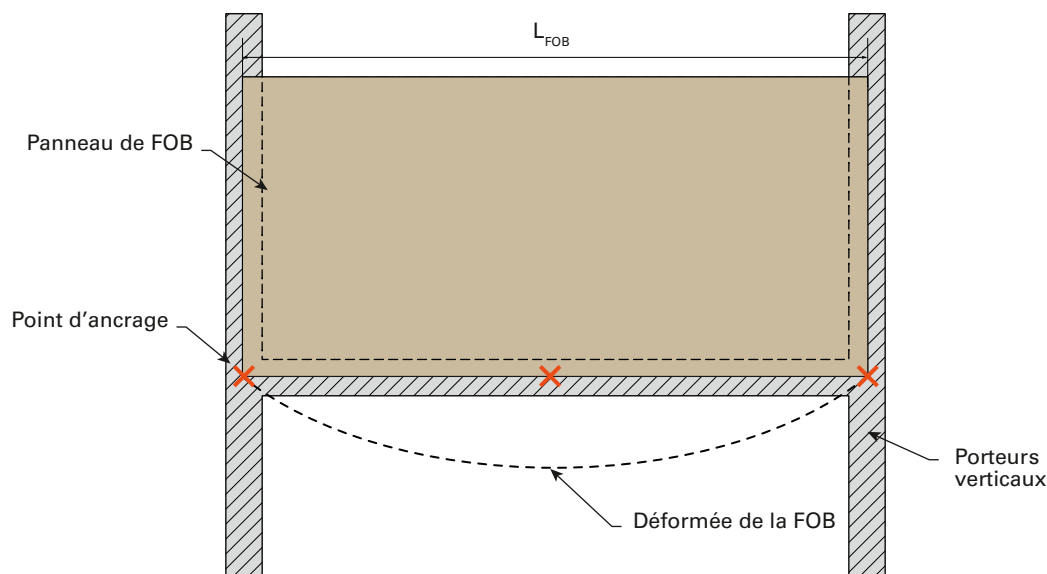


Figure 11 : Aperçu de la déformée théorique d'une FOB dite sur appuis multiples avec un fonctionnement isostatique

Effectivement, dans le cas de FOB filante à appuis multiples avec un fonctionnement hyperstatique il y a des interactions entre le panneau et la poutre / plancher support au prorata des rigidités, à savoir :

- si le panneau est « souple » (participation du panneau de stabilité faible, cas de façades avec un fort taux d'ouverture par exemple), il va « suivre » le mouvement du plancher / de la poutre support ;
- si le panneau est « rigide », il pourrait retenir le plancher / poutre support en fonctionnant en poutre voile.

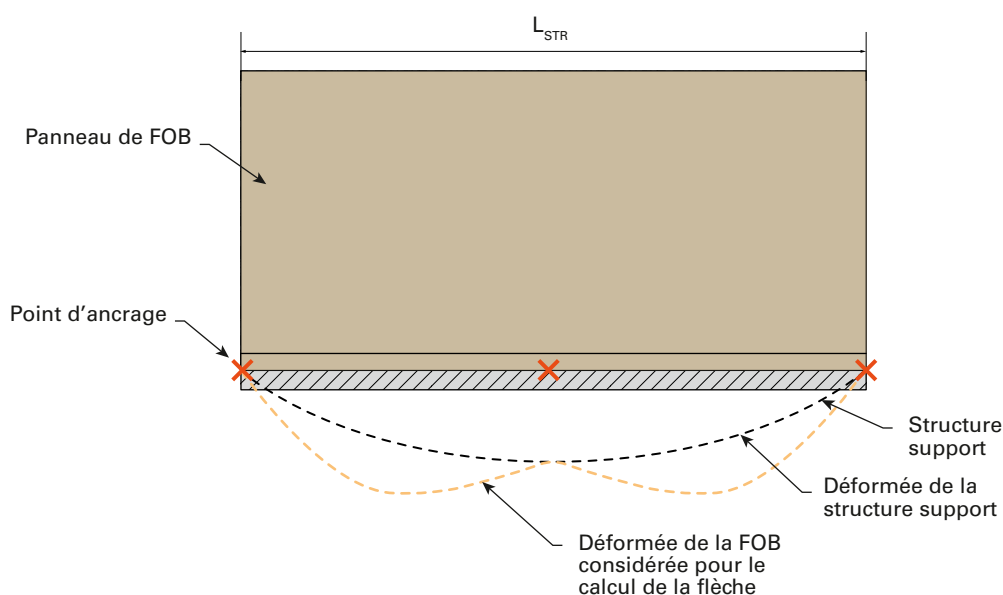


Figure 12 : Aperçu de la déformée théorique d'une FOB dite sur appuis multiples avec un fonctionnement hyperstatique

Les FOB filantes avec appui unique en pied ou FOB interrompues sont considérées sur un appui continu dans la mesure où les panneaux de façade sont posés sur les poutres de rive ou dalle. Ceci permet :

- de faciliter le passage des efforts de poids propre ;
- d'améliorer la robustesse de l'étanchéité des menuiseries et des balcons ;
- d'éviter de solliciter les assemblages de l'ossature des panneaux avec des efforts de traction de longue durée puisque l'intégralité des efforts verticaux dus essentiellement au poids propre sont repris en partie basse du panneau.

ATTENTION 9

Une configuration de FOB filante à appuis multiples avec un fonctionnement hyperstatique, ou FOB filante avec appui unique en pied ou FOB interrompue, nécessite un dimensionnement qui doit être réalisé conjointement entre le lot structure et le lot façade en considérant les capacités de reprise de mouvement différentiel du revêtement extérieur.

ATTENTION 10

En aucun cas les panneaux de Façade à Ossature Bois ne doivent être sollicités par les déformations de la structure primaire (déplacement ou flèche vertical(e) et/ ou horizontal(e)). Dans certains cas, il peut être nécessaire d'imposer des déplacements réduits sur l'ossature primaire.

4.2.2.2 Prise en compte des déformations différentielles

La conformité des solutions de façades à ossature bois à la norme NF DTU 31.4 (FOB) ne peut être établie que si ces façades ne contribuent pas à la stabilité de la structure du bâtiment et ne subissent pas les déformations induites par celle-ci ; il convient de prendre en compte les déformations différentielles entre les panneaux de façade avec les planchers ou poutres support.

Il convient donc d'intégrer dès la conception ces mouvements différentiels par :

- le dimensionnement des jeux fonctionnels entre FOB (au maximum de quelques cm), afin :
 - d'éviter le contact vertical entre deux panneaux superposés, entraînant la mise en compression des éléments la façade ;
 - d'éviter la mise en compression d'un panneau de FOB par mise en contact vertical de la structure située au-dessus (cas des FOB interrompues) ;
 - d'éviter le contact horizontal entre deux panneaux juxtaposés, entraînant une modification dans le transfert des charges aux niveaux des appuis ;
 - de s'assurer de la continuité de service des étanchéités entre les panneaux, mais également entre les revêtements de bardages.
- Le dimensionnement des jeux du bardage au droit de ceux des FOB afin :
 - d'éviter le contact vertical ou horizontal entre les revêtements de bardage ;
 - de s'assurer de la continuité de service des étanchéités entre les panneaux, mais également entre les revêtements de bardages.
- Le dimensionnement de la FOB au regard des déformations limites admissibles par les éléments qui y sont rattachés, afin :
 - d'éviter de dégrader les éléments eux-mêmes (casse, fissuration, chute, etc.) ;
 - d'éviter, pour les bardages, de dégrader l'étanchéité à l'eau du revêtement au regard de la capacité de l'ouvrage de bardage à absorber les mouvements induits par la déformation différentielle entre deux montants consécutifs.

■ Dimensionnement des jeux fonctionnels de la FOB

Afin de rester dans un usage non structural, les panneaux de façade doivent, dans la conception des jeux fonctionnels, prendre en compte les mouvements prévisibles du plancher ou de la poutre support.

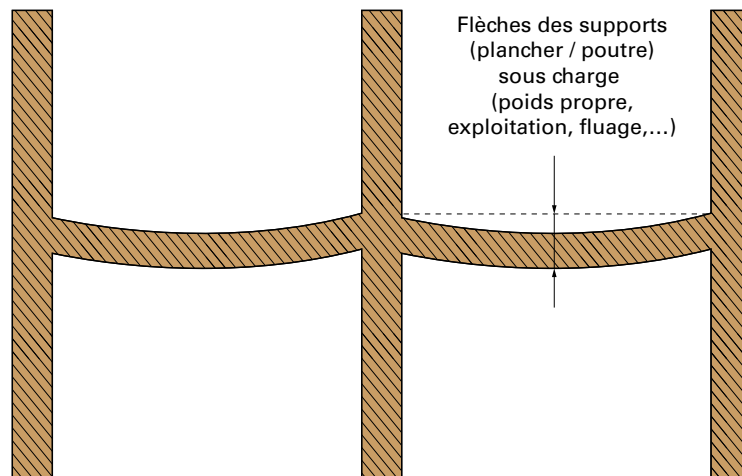


Figure 13 : Exemple de flèche de la structure support

ATTENTION 11

En aucun cas, les joints horizontaux entre panneaux de FOB, voire verticaux si les déformations transversales sont importantes, ne doivent provoquer une mise en compression d'un panneau de FOB adjacent.

Pour mémoire les déformations des structures supports peuvent être générées par :

- une déformation du support sous poids propre (instantanée, différée, etc.) ;
- une déformation du support sous vent normal à la paroi ;
- une mise en parallélogramme sous vent transversal ;
- une variation dimensionnelle due à la température ;
- une variation dimensionnelle due à l'hygrométrie ;
- etc.

Plus que la valeur intrinsèque de ces déformations, il convient de prendre en compte le différentiel de ces mouvements pour dimensionner correctement les jeux périphériques des panneaux.

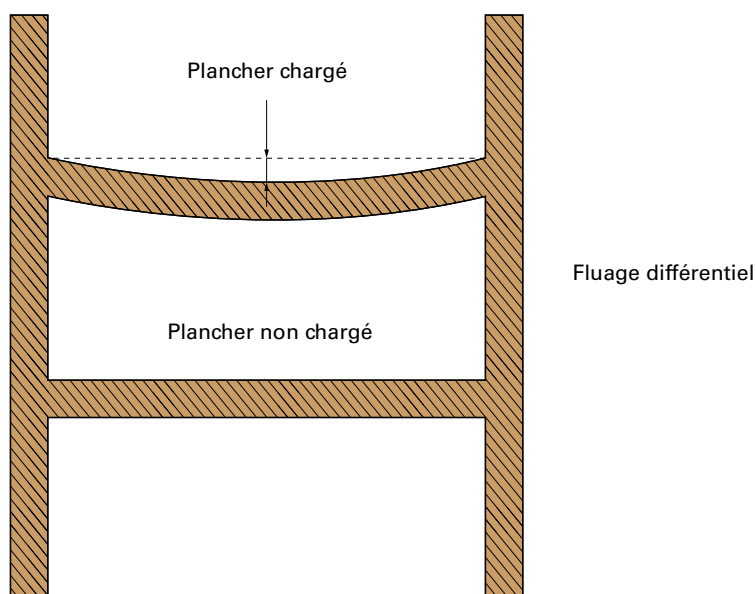


Figure 14 : Différentiel de flèche entre 2 planchers

L'ensemble de ces déformations conduiront à définir la déformation différentielle entre deux panneaux de FOB dans le cas des FOB filantes, entre le panneau de FOB et la structure support dans le cas des FOB interrompues.

Les jeux fonctionnels doivent aussi prendre en compte :

- le jeu nécessaire à la mise en œuvre ;
- les tolérances de mise en œuvre de la structure support ;
- les tolérances de fabrication des panneaux de FOB ;
- les variations dimensionnelles liées aux phénomènes de retrait-gonflement du bois sous variation hygrosopique.

Les figures ci-dessous donnent une synthèse des éléments de dimensionnement issus des critères définis précédemment en fonction de la borne haute ou basse d'un jeu fonctionnel horizontal de FOB.

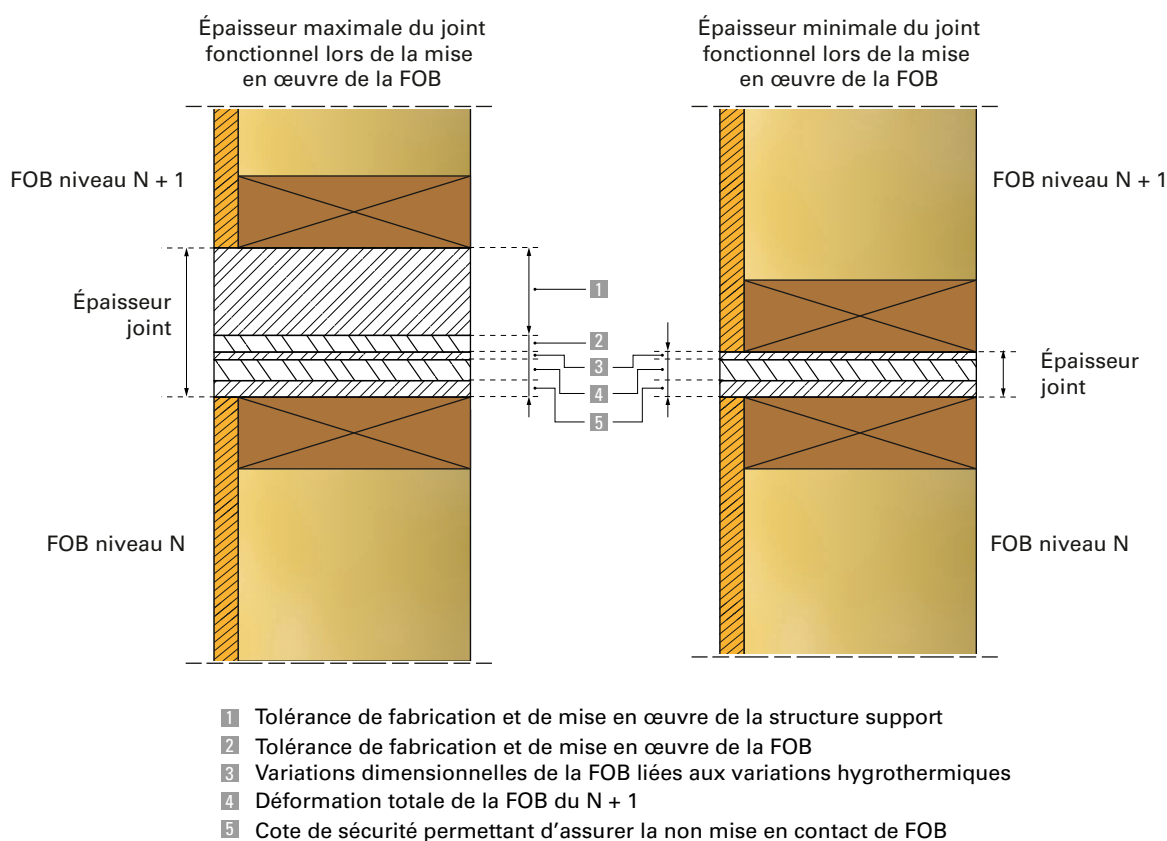


Figure 15 : Représentation des éléments à prendre en compte pour les jeux fonctionnels horizontaux et différence entre le jeu maximal et minimal – FOB Filante

N.B. : les dimensions à prendre en compte sont représentées de façon exagérée pour simplifier la lecture de la figure. Le pare-pluie éventuel et le pare-vapeur ne sont pas représentés sur cette figure.

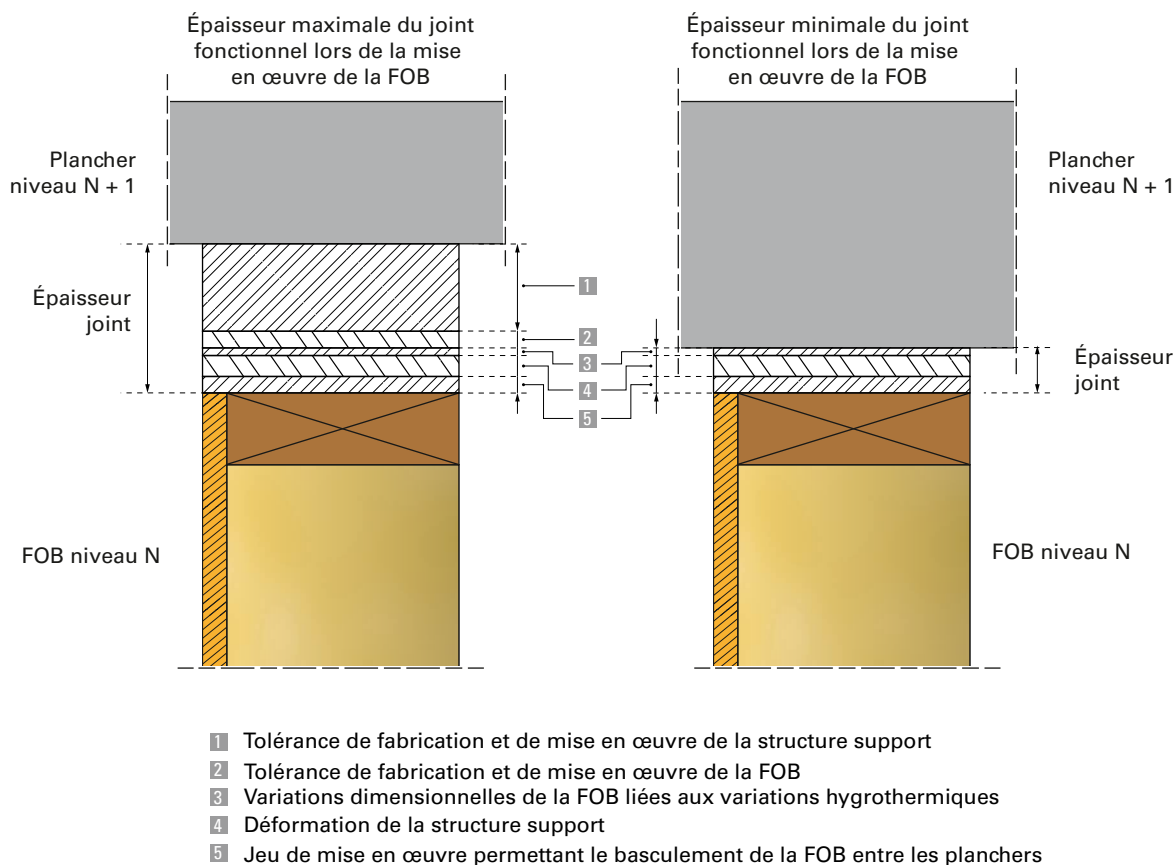


Figure 16 : Représentation des éléments à prendre en compte pour les jeux fonctionnels horizontaux et différence entre le jeu maximal et minimal – FOB interrompue

N.B. : les dimensions à prendre en compte sont représentées de façon exagérée pour simplifier la lecture de la figure. Le pare-pluie éventuel et le pare-vapeur ne sont pas représentés sur cette figure.

■ Critères de déformation

Les procédés de bardage ventilé existants validés uniquement sur béton ou COB nécessitent une attention particulière pour la mise en œuvre sur FOB au regard des mouvements du support ; ceci nécessite donc l'établissement de dispositions complémentaires.

Le critère de déformation différentielle entre deux montants consécutifs de la FOB doit notamment tenir compte du critère de sensibilité du bardage.

En l'absence d'évaluation expérimentale, ce critère de déformation différentielle entre deux montants est considéré égal au critère de déformation en tête des pattes équerres sur un support en béton/maçonnerie que l'on retrouve dans les Avis Technique des procédés de bardage.

Cela correspond ainsi à :

- 1 mm maximum dans le cadre d'un procédé de bardage en bardeaux de terre cuite ;
- 3 mm maximum dans le cadre d'un procédé de bardage métallique visé par le présent guide (tôles d'acier nervurées ou ondulées, cassette métallique, clin métallique).

Les figures ci-dessous donnent **un exemple** des critères de déformations différentielles à respecter dans le cas d'une FOB filante à appuis multiples avec un fonctionnement vertical dans son plan hyperstatique dans le cas d'un bardage en bardeaux de terre cuite.

δ_1 – Déformation du gros œuvre.

δ_2 – Déformation Linteau (selon le §10.2.3.1 de la norme NF DTU 31.4 la flèche (W_{fin}) n'excédant pas $1/500^e$ de la portée, sans toutefois dépasser 10 mm).

δ_3 – Déformation entre 2 montants consécutifs de FOB (en l'absence de justification expérimentale, cette valeur est limitée à 1 mm pour les bardeaux de terre cuite).

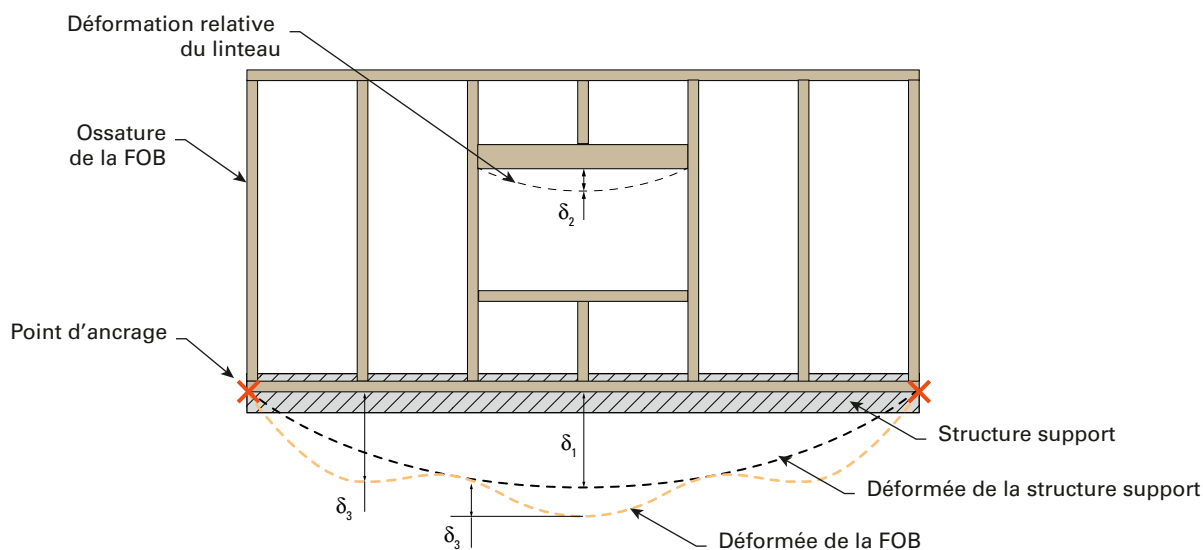


Figure 17 : Exemple d'aperçu des critères de déformations dans le plan appliqués à une FOB Filante à appuis multiples (Hyperstatique) pour un bardage en bardeaux de terre cuite

δ_4 – Déformation hors plan de la FOB (en l'absence de spécification dans l'Avis Technique du bardage, et en l'absence de justification spécifique, la valeur sera limitée à $h/500$ avec h la hauteur entre étages).

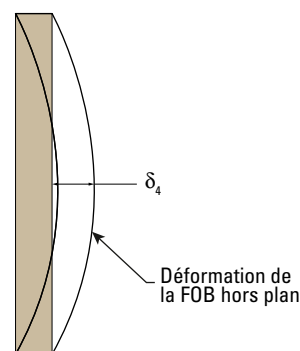


Figure 18 : Exemple d'aperçu du critère de déformation hors plan appliqué à une FOB pour un bardage en bardeaux de terre cuite

δ_5 – Jeu vertical entre les bardeaux.

δ_6 – Jeu horizontal entre les bardeaux.

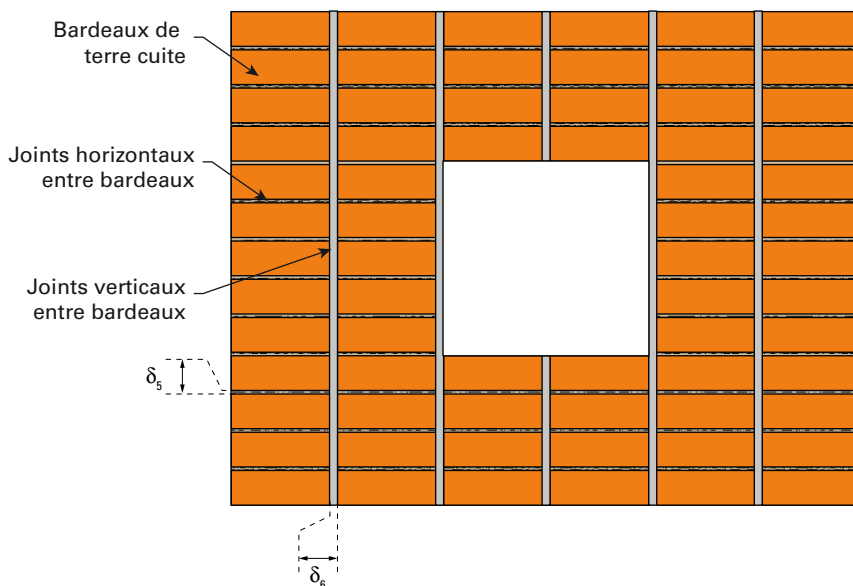


Figure 19 : Exemple d'aperçu des jeux entre bardeaux de terre cuite à vérifier post déformation de la FOB

4.3 Conception de l'intégration des menuiseries extérieures, fermetures et encadrement de baie dans les parois

Cette intégration implique :

- de nombreuses dispositions à prendre pour atteindre les performances exigées ;
- des interactions sensibles entre, notamment, la paroi support, la menuiserie extérieure, les fermetures ou occultations, et l'encadrement de baie (acier monobloc soudé ou acier assemblé). Ces interactions peuvent par ailleurs conditionner l'allotissement d'un projet.

Il est ainsi indispensable que cette thématique soit traitée dès la conception.

La conception et la mise en œuvre des encadrements de baies est réalisée conformément aux exigences des Recommandations Professionnelles « *Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois* » dont les dispositions sont complétées par celles données dans le présent guide, notamment dans le §6.3.6.

Concernant les fermetures, en l'absence de référentiel technique couvrant les supports bois pour ces ouvrages à date de rédaction du guide, il est possible pour la conception et la mise en œuvre de s'appuyer sur les exigences relatives au choix et à la mise en œuvre des fermetures figurant dans le Guide CODIFAB « *Fermetures extérieures sur parois ossature bois* ». Rédigé par le FCBA et financé par le CODIFAB, ce guide indique par ailleurs la compatibilité probable des solutions techniques présentées avec les exigences Ee1 ou Ee2. Ce guide est disponible via le lien suivant : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/fermetures-exterieures-sur-parois-ossature-bois>

Elles sont complétées par les dispositions données dans le §5.5.3 et les exemples du §6.3.6 du présent guide.

ATTENTION 12

- La conception des encadrements de baie doit notamment prendre en compte :
- le phénomène de dilatation de l'encadrement de baie ;
 - la présence ou non d'un garde-corps, avec en l'occurrence des dispositions spécifiques pour sa fixation de façon à ne pas dégrader l'étanchéité de l'encadrement de baie et à assurer la transmission des efforts du garde-corps (de choc de sécurité notamment) à la paroi à ossature bois
 - la déformation à la marche de la bavette de capotage de la pièce d'appui, ce qui conduit généralement que cette bavette soit supportée.

4.4 Conception du bardage

4.4.1 Dispositions de conception spécifiques aux parois à ossatures bois

4.4.1.1 Généralités

L'ossature primaire support du bardage peut être composée d'ossatures en bois ou d'ossatures métalliques disposées verticalement.

Elles sont fixées mécaniquement directement à la structure porteuse au droit des montants de COB / FOB à l'aide de tirefond (simple réseau).

L'ossature primaire verticale peut être complétée par une ossature secondaire horizontale en bois ou métallique (double réseau).

ATTENTION 13

L'utilisation de pattes équerres sur parois à ossature bois (constructions à ossature bois et façades à ossature bois) est à proscrire, conformément aux recommandations des normes NF DTU 31.2 (mai 2019) et NF DTU 31.4 (mai 2020). La fixation des ossatures verticales est réalisée directement sur la paroi au droit des montants de COB/FOB à l'aide de tirefond. Outre les déformations supplémentaires liées aux pattes équerres sous poids propre liées à la faible réaction d'appui du support bois, l'utilisation de pattes équerre présente un risque de cisaillement du pare-pluie, pouvant altérer l'étanchéité de la paroi.

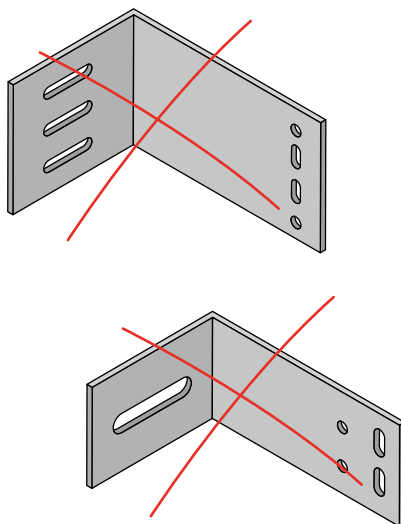


Figure 20 : Aperçu de pattes équerres (interdit sur support bois)

ATTENTION 14

De même, l'utilisation d'ossatures horizontales directement fixées contre la paroi est à exclure (utilisé notamment pour la pose verticale de revêtements de bardages rapportés). Celle-ci présentant un risque de stagnation d'eau contre le pare-pluie pouvant altérer la durabilité de la paroi et des ossatures elles-mêmes, le recours à un double réseau d'ossatures est nécessaire (un 1^{er} réseau d'ossatures verticales fixé à la paroi contre le montant d'ossatures puis un 2nd réseau d'ossatures horizontales fixé sur le 1^{er} réseau d'ossatures verticales).

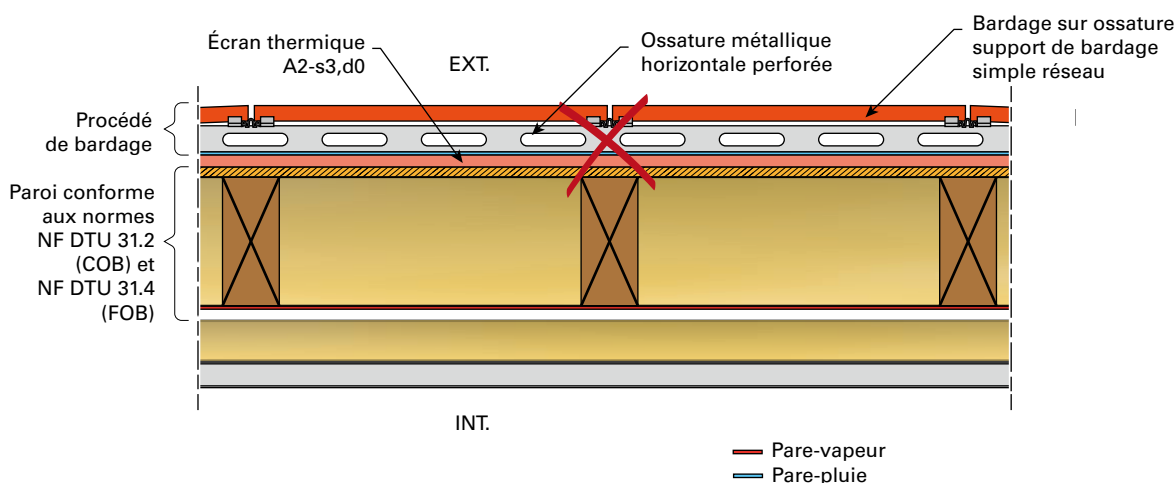


Figure 21 : À ne pas faire : mise en œuvre d'une ossature horizontale directement sur la paroi support

ATTENTION 15

Le pare-pluie est maintenu par une ossature verticale (primaire ou secondaire) fixée au droit des montants de la paroi.
Dans le cas d'une ossature métallique (type oméga/Zed, tube), le pare-pluie sera protégé par une couche sacrificielle (bande EPDM).

4.4.1.2 Dimensionnement des vis d'ancrage de l'ossature support du bardage dans la paroi et dimensionnement de l'ossature support du bardage

Il convient premièrement de dimensionner :

- les vis en résistance sous sollicitations combinées de poids et de vent ;
- l'ossature support du bardage en déformation sous vent et poids selon les critères définis par le référentiel du bardage.

Il est également nécessaire de vérifier que les déformations différentielles verticales entre deux ossatures verticales supports du bardage consécutives restent limitées.

La sensibilité du système de bardage vis-à-vis de ces déformations différentielles peut être prise par équivalence à la flèche maximale admissible des pattes supports du système de bardage sur béton. Les Avis Technique des bardages en bardeaux de terre cuite mentionnent une flèche limitée à 1 mm, les référentiels techniques des revêtements métalliques mentionnent une flèche limite à 3 mm.

Les vérifications à mener dépendent également de la configuration de l'ossature :

- a. Dans le cas d'une ossature simple réseau appliquée directement sur la paroi support : dimensionner sous charge de poids les vis de fixation de l'ossature support du bardage dans les montants de la paroi bois support de manière à respecter les limites de flèches précitées.
- b. Dans le cas d'une ossature simple réseau fixée sur la contre-ossature d'un complément d'isolation par l'extérieur : dimensionner sous charges gravitaires les vis de fixation de l'ossature support du bardage dans la contre-ossature et la contre-ossature elle-même pour que le cumul des déformations respecte les limites de flèches précitées.
- c. Dans le cas d'une ossature multi-réseau : dimensionner le réseau et ses fixations de façon à ce que la déformation différentielle entre deux ossatures verticales supports du bardage respectent les limites de flèches précitées.

4.4.2 Dispositions de conception du bardage spécifiques au support FOB

4.4.2.1 Prise en compte des déformations des FOB

Les paramètres de conception inhérents au bardage sont :

- Entraxe maxi des supports du bardage (d).
- Décalage de la première ossature de départ (de).
- Sensibilité aux tassements du système de bardage, prise par équivalence à la flèche maximale admissible des pattes supports du système de bardage sur béton.

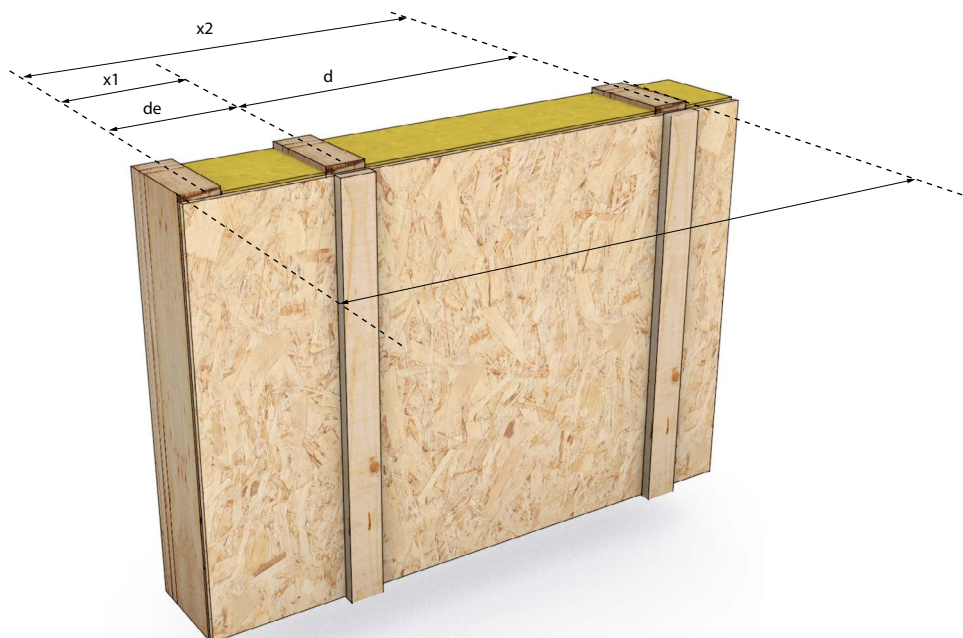


Figure 22 : Schéma explicatif des dimensions

NOTE 10

En effet lorsqu'un système de bardage sur support béton est « sensible » au tassement, il est mentionné une limitation de la déformation des pattes supports de l'ossature de 1 mm ; par défaut elle est considérée à 3 mm.

Dans le cadre de bardage sur FOB (voire COB au niveau des chevêtres), on assimile ce critère de limite de déformation des pattes supports à la capacité du système à tolérer un tassement différentiel entre deux ossatures consécutives ; cette approche permet d'avoir un critère objectif sur une donnée déjà disponible dans le référentiel d'aptitude à l'usage du procédé de bardage rapporté.

Les bardages en bardeaux de terre cuite mentionnent une flèche limitée à 1 mm ou 3 mm pour les revêtements métalliques.

Le calepinage du bardage doit intégrer la conception des jeux fonctionnels du bardage, notamment dû aux jeux de fonctionnement des FOB, tout en conservant une continuité de l'étanchéité au niveau du bardage.

4.4.2.2 Jeux fonctionnels du bardage

La conception des façades doit notamment considérer que les jeux fonctionnels des FOB se répercutent dans le plan du bardage, car celui-ci ne peut pas ponter ces joints tout en étant fixé de part et d'autre (voir Figure 23 et Figure 24 ci-après).

La conception du bardage doit intégrer des jeux fonctionnels du bardage.

Ce dimensionnement devra prendre en compte la part des plages de fonctionnement des joints des FOB imputables au joint du bardage (c'est-à-dire la part des déformations sous charges nuisibles pour le bardage).

Il convient ainsi que les cotes de recouvrement minimales soit respectées une fois les plages de fonctionnement épuisées.

Il convient également de prendre en considération les différentes tolérances de pose des ouvrages (y compris hors plan) pour que la mise en œuvre puisse être réalisable.

ATTENTION 16

Le bardage ne peut pas ponter les jeux fonctionnels de la FOB tout en étant fixé de part et d'autre (voir figures ci-dessous).

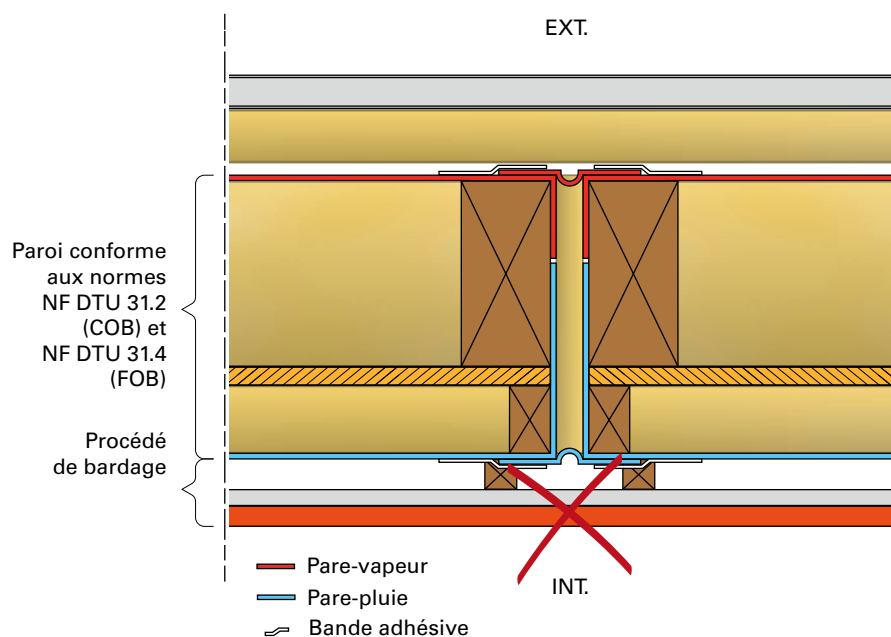


Figure 23 : À ne pas faire : pontage du jeu fonctionnel vertical entre FOB par le bardage

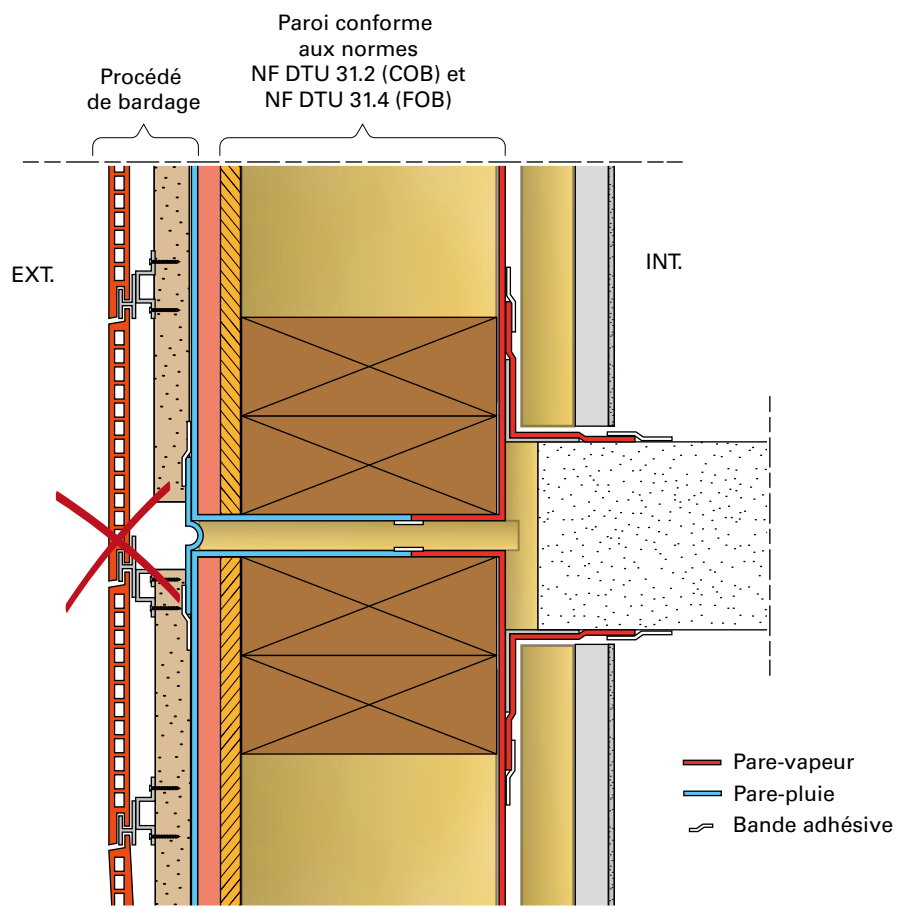


Figure 24 : À ne pas faire : pontage du jeu fonctionnel horizontal entre FOB par le bardage

Matériaux

Dans cette partie, des caractéristiques minimales des matériaux composant la paroi complète seront définies, ainsi que d'éventuelles prescriptions complémentaires aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

5.1 Bois de structure

L'ossature bois des COB et des FOB est réalisée avec des bois dits « de structure », respectivement conformes aux normes NF DTU 31.2 partie 1.2 et NF DTU 31.4 partie 1.2.

Les bois de structure qui peuvent être utilisés sont :

- Les bois massifs structuraux ;
- Les bois massifs reconstitués (BMR) ou bois lamellés collés (BLC) ;
- Les bois massifs aboutés (BMA).

5.2 Isolant de la paroi support (COB ou FOB)

5.2.1 Isolant en laine minérale entre les montants de la paroi

Les matériaux isolants à base de laine minérale sont conformes aux normes NF DTU 31.2 (COB) et NF DTU 31.4 (FOB).

De façon à respecter les hypothèses considérées dans l'étude hygrothermique réalisée dans le cadre du présent guide, et par conséquent bénéficier de ses conclusions, la résistance thermique totale de l'isolation de la paroi (comprenant l'isolation entre montants et les éventuels compléments d'isolation extérieure et intérieure) doit être inférieure ou égale à $8,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Si cette condition n'est pas respectée, une étude hygrothermique spécifique selon les dispositions du guide « *Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couples température / humidité dans les parois de bâtiment* »¹ doit être réalisée pour évaluer les risques liés à l'humidité dans la paroi.

5.2.2 Isolant à base de fibres de bois présent entre les montants de la paroi

Au moment de la rédaction du présent guide, les normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 ne visent pas l'isolant à base de fibres de bois.

L'isolant en fibres de bois est conforme à la norme NF EN 13171 + A1 et doit faire l'objet d'une évaluation spécifique de type ATE_x ou ATec/DTA du Groupe Spécialisé n° 20 visant leur emploi en isolation entre montants pour COB ou FOB.

¹ Accessible via le lien : <https://www.proreno.fr/documents/determination-des-hypotheses-pour-les-simulations-de-transferts-couples-temperature-humidite-dans-les-parois-de-batiment>

NOTE 11

Les isolants biosourcés à base de fibres de bois sont mis en œuvre uniquement entre montants d'ossature bois (FOB et COB). La mise en œuvre en complément d'isolant extérieur n'est pas envisagée par le présent guide.

Pour l'application du présent document, les spécifications de l'évaluation de l'isolant sont renforcées par les dispositions ci-dessous.

Tableau 6 : Caractéristiques spécifiques des isolants en fibres de bois

Caractéristiques essentielles NF EN 13171	Unité	Valeur
Résistance thermique déclarée, λ_D	m ² .K/W	≥ 0,20
Conductivité thermique déclarée, R_D	W/mK	≤ 0,070
Épaisseur maximale	mm	240
Épaisseur – Classe de tolérance d'épaisseur déterminée selon la norme NF EN 823 (méthode B1, 50 Pa)	–	T2
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau, MU	–	≤ 5
Résistivité au passage de l'air A _{Fr} déterminée selon la norme NF EN ISO 9053-1	–	A _{Fr} ≥ 5
Autres caractéristiques	Caractéristique	
Résistance aux moisissures (28 ± 2) °C et (85 ± 4) % HR pendant 4 semaines (condition 3) selon la norme NF EN 17886	Non sensible	
Semi-rigidité selon l'annexe A de la norme NF DTU 31.2 – P1-2 ou de la norme NF DTU 31.4 – P1-2	1 cm ≤ déviation sous poids propre ≤ 12 cm	
Stabilité dimensionnelle selon la norme NF EN 1604 (48 h, 40 °C, 70 % HR) • Variation relative de longueur • Variation relative de largeur • Variation relative d'épaisseur	± 0,5 % ± 1,5 % ± 3 %	

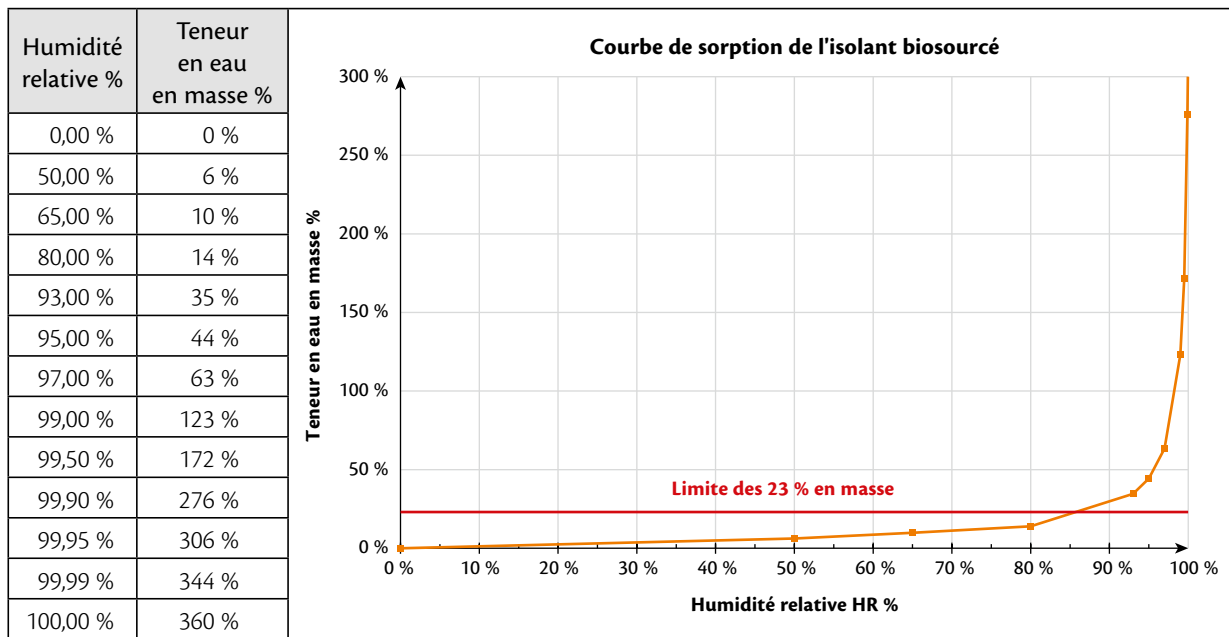
La certification ACERMI ou équivalent permet de garantir le respect des caractéristiques requises pour les isolants.

Les revêtements et surfacages des isolants même jointoyés ne peuvent pas être considérés comme un système pare-vapeur au sens des normes NF DTU 31.2 ou NF DTU 31.4.

Du fait de sa position dans la paroi et aux vues des caractéristiques des autres composants (panneau stabilité, écran thermique, membrane, etc.), l'isolant biosourcé doit répondre à deux critères importants pour éviter les risques liés à l'humidité que sont la condensation et le développement fongique :

- La résistance thermique totale de l'isolation, comprenant le remplissage entre montants en isolant biosourcé, le complément d'isolation extérieure en laine minérale ainsi qu'un éventuel complément d'isolation intérieure, doit être inférieure ou égale à 8,2 m².K/W afin d'éviter le risque de condensation à l'interface entre le complément d'isolation extérieure et l'écran thermique.
- Sa courbe de sorption doit être inférieure ou égale à la courbe, plus particulièrement pour les taux d'humidité relative inférieurs à 85 %.

Tableau 7 : Courbe de sorption de l'isolant biosourcé type



Si ces deux critères ne sont pas respectés, une étude hygrothermique spécifique doit être réalisée selon les dispositions du guide « Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couples température / humidité dans les parois de bâtiment » (accessible via le lien : <https://www.proreno.fr/documents/determination-des-hypotheses-pour-les-simulations-de-transferts-couples-temperature-humidite-dans-les-parois-de-batiment>) pour évaluer les risques liés à l'humidité dans la paroi.

5.2.3 Complément d'isolation éventuel

5.2.3.1 Complément d'isolation intérieure

Le complément d'isolation par l'intérieur est généralement, pour des raisons de performances acoustiques, réalisé avec une contre-cloison désolidarisée de la paroi à ossature bois. Cette contre-cloison est conforme à la norme NF DTU 25.41.

L'isolation de la contre-cloison peut être :

- Un isolant en panneau ou rouleau à base de laine minérale conforme à la norme NF DTU 25.41 ;
Pour ces isolants, la surisolation intérieure devra respecter la règle dite des « 1/3-2/3 », c'est-à-dire que la résistance thermique de la surisolation intérieure doit être inférieure au tiers de la résistance thermique totale de la paroi.
- Un isolant thermique en panneau ou rouleau de produit à base de fibres végétales ou animales faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA du Groupe Spécialisé n° 20 visant favorablement une mise en œuvre en contre-cloison désolidarisée conforme à la norme NF DTU 25.41 devant des parois conformes aux normes NF DTU 31.2 (COB) et/ou NF DTU 31.4 (FOB).
Pour ces isolants, la surisolation intérieure devra respecter la règle dite des « 1/4-3/4 », c'est-à-dire que la résistance thermique de la surisolation intérieure doit être inférieure au quart de la résistance thermique totale de la paroi.

5.2.3.2 Complément d'isolation extérieure

Le complément d'isolation extérieure n'est pas obligatoire.

Le complément d'isolation extérieure est conforme aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, il est ainsi en laine de roche supportée par une contre-ossature bois horizontale. Son épaisseur est au maximum de 100 mm conformément aux dispositions des normes NF DTU 31-2 (§9.3.1.4) et DTU 31-4 (§10.3.1.4).

Dans le cas où le complément d'isolation assure la fonction d'écran thermique (au regard de l'incendie), celui-ci devra être conforme à l'APL fournie en ANNEXE E, à savoir constitué d'une laine de roche d'épaisseur nominale comprise entre 60 mm et 100 mm de masse volumique supérieure ou égale à 70 kg/m³, mise en œuvre en contre-ossature bois massif ou bois massif abouté (BMA) de section variant de 36 × 60 mm (épaisseur × largeur) minimum à 45 × 100 mm maximum, d'entraxe 600 mm en pose horizontale, conformément aux prescriptions des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

5.3 Membranes de paroi

Ce paragraphe spécifie les caractéristiques minimales des membranes souples assurant l'étanchéité à l'eau et l'étanchéité vis-à-vis des transferts de vapeur d'eau dans les parois, ainsi que leurs accessoires (adhésifs) pour une mise en œuvre sur les parois visées par ce guide, ainsi que les préconisations complémentaires aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

5.3.1 Membrane souple pare-pluie

Les membranes souples de parois pare-pluie permettent de garantir l'étanchéité à l'eau des parois en phase chantier et contribuent à la protection à l'eau liquide de l'ossature bois en phase d'exploitation. Le but principal du présent guide étant de permettre la réalisation :

- d'une construction à ossature bois (COB) revêtue d'un bardage à lame d'air ventilée ;
- d'une façade à ossature bois (FOB) revêtue d'un bardage à lame d'air ventilée.

Les spécifications définies dans les normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4 sont renforcées par l'utilisation de membranes souples pare-pluie devant avoir une résistance aux UV de 1000 hUV (3 mois maximum) ou 5000h UV (6 mois maximum) en fonction de la durée d'exposition en phase chantier.

ATTENTION 17

Une attention particulière doit être portée sur le choix du pare-pluie en fonction du planning de l'opération et de la durée prévisionnelle entre la pose des panneaux d'ossature bois et la pose du revêtement extérieur. Aux vues des hauteurs de bâtiments envisagées dans ce guide, l'utilisation d'une membrane pare-pluie 5000 hUV est généralement requise.

ATTENTION 18

Si la durée d'exposition est proche ou supérieure à la durée acceptable par le pare-pluie il sera nécessaire de prévoir un pare-pluie sacrificiel dès le début du chantier, afin de s'assurer de l'absence de dégradation du pare-pluie définitif.

NOTE 12

Il existe des procédés de membranes de protection à l'eau de parois à ossature bois bénéficiant d'Avis Techniques délivrés par le Groupe Spécialisé 2.2. Ces procédés présentent des caractéristiques (stabilité dimensionnelle selon la norme EN 1107-2 inférieure à l'exigence de 1,5 % du tableau 5 de la norme NF DTU 31.2 ou de la norme NF DTU 31.4, pliability à froid) permettant d'étendre le domaine d'emploi acceptable de bardage rapporté mis en œuvre à joint ouvert dans la limite de 18 m maxi, en respectant une largeur de joint ouvert inférieur à 8 mm et que la surface des joints reste inférieure à 1,5 % de la surface de l'élément de bardage. Pour satisfaire des niveaux d'exigences d'étanchéité à l'eau de niveau 2 (Ee2) selon le Tableau 3 : Exigences en termes d'étanchéité à la pluie en fonction de la hauteur des bâtiments et des pressions de vent 3 du §1.1 au-delà de 28 m de hauteur, et pour des questions de maintenance et d'accessibilité à la façade, l'utilisation de ces procédés de membranes est requise.

Conformément aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, la certification QB 38 vaut la preuve du respect des niveaux de performances requis pour la mise en œuvre dans le domaine d'emploi visé par les normes susnommées.

Les classements suivants, issus de la certification QB 38, permettent de répondre aux performances visées pour le domaine d'application du présent guide :

- E650.Jo.C2 : pour une durée d'exposition aux intempéries de moins de 3 mois.
- E650.Jo.C3 : pour une durée d'exposition aux intempéries de moins de 6 mois.

NOTE 13

À défaut de bénéficier de cette certification, une réception par lot doit être réalisée selon l'Annexe C de la norme NF DTU 31.2 Partie 1-2 pour une COB et l'Annexe C de la norme NF DTU 31.4 partie 1.2 pour une FOB.

Les membranes sous de paroi avec bandes adhésives intégrées ou rapportées peuvent être utilisées sous réserve qu'elles répondent aux spécifications prévues dans ce paragraphe.

5.3.2 Membrane souple pare-vapeur

Les membranes souples pare-vapeur permettent de réduire les transferts de vapeur d'eau à travers les parois en phase définitive ainsi qu'en phase chantier. Ces membranes doivent être conformes aux normes NF DTU 31.2 et/ou NF DTU 31.4.

NOTE 14

Pour les systèmes constructifs à ossature bois, le système pare-vapeur permet également d'assurer l'étanchéité à l'air du bâtiment. Les membranes pare-vapeur servant au raccordement des éléments de parois préfabriqués doivent posséder a minima les mêmes propriétés que les membranes pare-vapeur définies ci-dessus. Ces membranes peuvent être revêtues de surfaces autocollantes (simple ou double face).

NOTE 15

L'intégration de membranes hygro-régulantes pourrait également être envisagée. Ces membranes doivent faire l'objet d'une évaluation spécifique de type Avis Technique visant une composition de paroi bien définie dans le dossier technique. Des études expérimentales et numériques de transfert hygrothermiques de cette paroi seraient alors nécessaires.

5.3.3 Bandes adhésives

Ces bandes peuvent être des bandes adhésives ou des bandes de raccordement autocollantes destinées à raccorder les membranes entre elles ou à être collées sur un élément de la construction. Ces bandes permettent d'assurer la continuité de l'étanchéité au niveau des points singuliers des constructions à ossature bois ou des façades à ossature bois. Les bandes adhésives sont conformes aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4. En complément des exigences de ces référentiels, les adhésifs devront faire partie du kit membranes pare-pluie ou pare-vapeur / adhésifs du fournisseur et la compatibilité devra être vérifiée conformément au protocole d'essai défini dans les normes NF DTU 31.2 P1-2 et NF DTU 31.4 P1-2.

La certification CTB « Composants et Systèmes » permet de garantir le respect des caractéristiques nécessaires pour la mise en œuvre dans le domaine d'emploi visé :

- Compatibilité du ruban adhésif avec les exigences des systèmes pare-vapeur.
- Compatibilité du ruban adhésif avec les exigences des systèmes pare-pluie.
- Durée d'exposition maximale en phase chantier dans le cas des systèmes pare-pluie.

NOTE 16

À défaut de bénéficier de cette certification, une réception par lot doit être réalisée selon l'Annexe C de la norme NF DTU 31.2 Partie 1-2 pour une COB et l'Annexe C de la norme NF DTU 31.4 partie 1.2 pour une FOB.

5.3.4 Autres dispositifs et accessoires participant à l'étanchéité à l'eau et constituant une barrière à la vapeur d'eau

Les accessoires sont conformes aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4. Cependant des spécifications complémentaires pour l'utilisation du présent guide sont définies dans les paragraphes ci-après.

■ Fond de joint

Le fond de joint permet de réaliser un joint mastic entre deux éléments. Le matériau qui constitue le fond de joint doit être compressible et doit pouvoir résister à la pression du mastic lors de sa mise en œuvre.

Les caractéristiques des matériaux utilisés pour le fond de joint doivent être :

- résistant à l'humidité (imputrescibles) ;
- compatible avec les différents matériaux en contact (mastic, primaire, support, etc.) ;
- résistant à une température de 70 °C en conservant l'intégralité de leurs caractéristiques.

Le matériau pour le fond de joint peut être :

- une mousse de polyéthylène expansée à cellules fermées ;
- une mousse imprégnée de résine conforme à la norme NF P 85-570 (mousse de classe 1 et 2).

■ Mastics

Les mastics sont conformes à la norme NF EN ISO 11 600 pour les mastics à extruder et aux normes NF P30-303 ou NF P30-305 ou NF P85-550 pour les mastics en cordon préformé. Les mastics doivent être de classe F25E, F12,5E ou F12,5P afin de compenser les déformations des éléments composant la paroi à ossature bois.

NOTE 17

Le label SNJF permet de garantir les caractéristiques requises pour cet emploi.

Des essais de convenance doivent être réalisés si le mastic est mis en œuvre sur des supports autres que le mortier, l'aluminium et le verre (essai de convenance réalisé conformément à la norme NF DTU 44.1 P1-2). Les mastics doivent être également compatibles avec les membranes souples pare-pluie et les membranes souples pare-vapeur ; les protocoles d'essais sont définis dans les normes NF DTU 31.2 P1-2 et NF DTU 31.4 P1-2.

■ Mousses imprégnées pré-comprimées

Les mousses imprégnées pré-comprimées doivent être conformes à la norme NF P85-570. Les mousses mises en œuvre doivent être de classe 1 conformément à la norme NF P85-570.

■ Manchons et œillets

Les manchons ou les œillets sont utilisés pour créer des perforations de paroi tout en garantissant la continuité de l'étanchéité à l'eau et la continuité de la barrière à la vapeur d'eau.

Ces éléments sont en plastique souple ou en élastomère. Lorsqu'ils sont mis côté extérieur de la paroi, le matériau doit avoir une souplesse à basse température équivalente ou supérieure à celle de la membrane souple pare-pluie ($T \leq -5$ °C selon la norme NF EN 13859-2).

La mise en œuvre de ces dispositifs doit être faite par serrage sur la paroi afin de rétablir l'étanchéité à l'eau côté extérieur et à l'air côté intérieur. Le serrage admis pour le rétablissement de l'étanchéité est obtenu soit par dispositions géométriques, soit par le diamètre du manchon ou de l'œillet qui doit être inférieur d'au moins 10 % par rapport à la dimension de l'élément traversé.

■ Angles plastiques préformés

Les angles plastiques préformés sont utilisés afin de rétablir la continuité de l'étanchéité dans les angles des baies en évitant le pliage des membranes pare-pluie. Ces angles sont réalisés en thermoplastique souple ou en élastomère avec un matériau conforme à la norme NF EN 13956.

NOTE 18

Les caractéristiques doivent être supérieures ou égales à celles de la membrane pare-pluie mise en œuvre.

Le recouvrement sur la face avant du panneau à ossature bois (du pare-pluie) doit être de 30 mm minimum et la hauteur de l'angle ainsi que sa profondeur sur le retour de baie doit être de 100 mm minimum.

5.4 Panneaux

Ce paragraphe spécifie les caractéristiques minimales des panneaux en fonction des prescriptions des NF DTU, de l'Appréciation de laboratoire et des documents spécifiques aux chantiers des JOP. Ces panneaux peuvent jouer un rôle de voile de contreventement de mur à ossature bois (COB), de panneau de stabilité (FOB), ou de protection thermique vis-à-vis du feu d'éléments combustibles.

ATTENTION 19

La fonction pare-pluie assurée par ces panneaux n'est pas visée dans ce guide et devra faire l'objet d'un ATec qui définira le domaine d'emploi accepté.

5.4.1 Panneau de stabilité et/ou de contreventement

Les panneaux de contreventement des COB assurent un rôle de voile de contreventement dans la stabilité du bâtiment. Ces panneaux sont conformes à la norme NF DTU 31.2 Partie 1-2.

Les panneaux de stabilité des FOB n'assurent pas le rôle de contreventement du bâtiment mais de stabilité du panneau de façade seul. Ces panneaux sont conformes à la norme NF DTU 31.4 Partie 1-2.

Ces panneaux sont du type :

- panneaux de contreplaqué ;
- panneaux Lamibois ;
- panneaux de lamelles minces, longues et orientés (OSB) ;
- panneaux de particules.

Il existe des procédés de panneaux assurant la fonction de voile de stabilité ou de contreventement (voire de pare-pluie et/ou écran thermique – cf. Avis Technique des panneaux) qui ne sont pas à base de bois. Pour être employés, ceux-ci doivent faire l'objet d'une évaluation technique de type ATEEx de cas A ou ATec/DTA visant cet emploi.

NOTE 19

Lorsque les panneaux rigides assurent les fonctions d'écran thermique, ils doivent avoir un classement au feu minimal A2, s3-d0.

ATTENTION 20

Les panneaux de contreventement ou de stabilité, en fonction de la conception globale de la paroi, peuvent être mis en œuvre côté intérieur et/ou côté extérieur de la paroi.

Le panneau côté extérieur sert, éventuellement, d'écran thermique.

L'épaisseur des panneaux ne doit pas dépasser 18 mm.

5.4.2 Écran thermique

Des écrans thermiques intérieur et/ou extérieur en panneaux peuvent être nécessaires pour protéger les éléments combustibles de l'ossature bois en cas d'incendie.

ATTENTION 21

Pour les bâtiments de la 4^e famille, un écran thermique en plaque rigide classé A2-s3, d0 est nécessaire, les écrans thermiques en laine de roche mis en œuvre entre des contre-ossatures en bois sont déconseillés du fait :

- du risque de chute des éléments à la suite de la combustion des ossatures de bois constituant la contre-ossature et sur laquelle viennent se fixer les éléments du bardage ;
- du risque de réactivation du feu sous l'effet d'un feu couvant dans l'isolation en laine de roche, la hauteur du bâtiment pouvant rendre la détection et l'intervention en façade difficiles.

ATTENTION 22

En COB, les panneaux assurant la fonction d'écran thermique, ne peuvent pas aussi assurer la fonction contreventante. Contrairement à la COB, pour les FOB, un seul panneau peut assurer les fonctions de stabilité et d'écran thermique, sous réserve que celles-ci soient visées dans le cadre d'une ATE_x ou d'un Avis Technique et couvertes par une Appréciation de Laboratoire.

Les préconisations spécifiques à ces écrans (et leurs éventuels accessoires) sont définies par l'Appréciation de laboratoire spécifique à ce guide (voir ANNEXE E du présent guide) et /ou par l'Appréciation de laboratoire « *Bois construction et propagation du feu par les façades* » Version 4.

ATTENTION 23

Les solutions avec un isolant en fibres de bois dans la COB ou FOB sont associées à des dispositions spécifiques de l'Appréciation de laboratoire générique établie dans le cadre du présent guide (voir ANNEXE E).

NOTE 20

L'écran thermique peut également être réalisé avec un isolant en laine de roche associé à une ossature bois (voir §5.2.3.2 et l'ANNEXE E).

5.5 Menuiseries

Les menuiseries mises en œuvre dans les COB ou FOB doivent répondre aux exigences de la norme NF DTU 36.5 et doivent faire l'objet d'une évaluation spécifique auprès du Groupe Spécialisé 6 du type ATec ou DTA et/ou certification.

La norme NF DTU 36.5 considère que les menuiseries sont mises en œuvre sur un support étanche. Ce guide précisera les dispositions complémentaires pour déroger à la limitation en hauteur du domaine d'emploi des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

Une vérification de la continuité de l'étanchéité au niveau de l'intégration de la menuiserie dans la façade bois sera demandée par typologie de configuration :

- La menuiserie doit justifier de son étanchéité intrinsèque (jonction dormant sur ouvrant, drainage, etc.) au sens de la norme NF EN 14351 (Fenêtres et portes) avec les pressions indiquées dans la norme NF DTU 36.5 P3.
- Les dispositions constructives d'intégration de la menuiserie dans la façade seront à justifier au sens de la NF EN 13830 (Façades rideaux) suivant la typologie de façade (protocole défini au §B.1 de l'ANNEXE B du présent guide), pour tout domaine d'emploi hors du cadre de l'Avis Technique et/ou ATE_x relatif au procédé de bardage ventilé.

5.5.1 Fenêtres et portes-fenêtres

Les menuiseries doivent disposer au préalable d'une évaluation afin de s'assurer que les performances annoncées au sens de la norme NF EN 14351-1 prennent en compte les exigences de robustesse précisées dans la norme NF DTU 36.5.

Du fait du mode préférentiel de mise en œuvre des menuiseries en applique sur feuillure reconstituée, il est recommandé d'employer des cadres dormants présentant une surface lisse permettant une bonne mise en œuvre des calfeutrements réalisés en joints silicone sur fond de joints ou de mousses imprégnées.

NOTE 21

Dans tous les cas, les surfaces lisses devront être dégraissées avant la mise en œuvre du produit de calfeutrement.

5.5.2 Fermetures et stores extérieurs

Les fermetures et stores extérieurs pour baies équipées de fenêtres sont conformes à la norme NF DTU 34.4 :

- volet roulant ;
- volet battant ;
- volet coulissant ;
- store vénitien extérieur ou brise soleil orientable (BSO).

Les fermetures et stores extérieurs intégrés, sont conformes à la norme NF DTU 36.5 :

- blocs-baies avec coffre de volet roulant (CVR) ;
- blocs-baies avec coffre de brise soleil orientable (BSO).

NOTE 22

Dans le cas d'une mise en œuvre de menuiseries extérieures comportant des coffres (de volets roulants ou des brise soleil orientables ou de stores vénitiens extérieurs), il conviendra de fournir un rapport d'essai A*E*V* du bloc baie complet comprenant la menuiserie extérieure ainsi que le volet roulant et les coulisses.

NOTE 23

À la date de rédaction du présent guide, la norme NF DTU 34.4 ne vise pas la mise en œuvre des fermetures sur parois à ossature bois. La mise en œuvre des fermetures peut être réalisée conformément au guide CODIFAB « *Fermetures extérieures sur parois ossature bois* ».

5.5.3 Encadrements de baies assurant la fonction étanchéité

Seuls les encadrements de baies en métal sont visés dans le cadre de ce document.

Les encadrements de baies peuvent être soudés (encadrements préfabriqués monoblocs) ou assemblés sur le chantier et doivent respecter les dispositions des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

Les encadrements de baies doivent être en acier avec une épaisseur minimale de 10/10^e.

Les géométries et dispositions prises sur l'encadrement de baie sont conformes aux référentiels précités complétées par les dispositions données dans les exemples du §6.3.6 du présent guide.

Les encadrements de baies devront faire l'objet d'un plan d'assurance qualité à la fabrication pour assurer le respect des exigences propres au projet avec des points de contrôle intégrant notamment des contrôles adaptés sur :

- les dimensions des encadrements de baies rapportés comprenant la vérification du respect des cotes minimales, l'aptitude à recevoir les calfeutrements, les pentes minimales et tolérances à respecter ;
- les écarts de rectitude qui devront être inférieurs à 2 mm par mètre ;
- les soudures (qualité, continuité, etc.) ;
- les préparations et protections contre la corrosion.

5.5.4 Accessoires d'étanchéité associés à la mise en œuvre des menuiseries

Les produits de calfeutrement à employer sont ceux précisés dans les recommandations professionnelles RAGE « *Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois* ».

■ Fond de joint

Élément qui limite la profondeur et définit le profil arrière du produit de calfeutrement.

Il permet :

- de déterminer le volume du mastic constituant le calfeutrement du joint ;
- d'assurer un travail du mastic sur deux faces sensiblement parallèles ;
- d'exercer une pression sur le mastic (lissage) pour assurer un contact optimum du mastic avec les deux faces à étancher.

Une fois le mastic sec ou réticulé, le fond de joint n'a plus de fonction.

■ Mastics

Mastics élastomères de classe F12,5 E ou F25 E ou mastics plastiques de classe F12,5 P selon la norme NF EN ISO 11600.

Ces produits assurant l'étanchéité par adhérence, il convient, avant leur mise en application, de s'assurer de l'adhésivité/cohésion du produit employé avec la matière du dormant et le support en place par des essais de convenance conformément à la norme NF DTU 44.1.

■ Mousses imprégnées

Mousses imprégnées pré-comprimées ou non, répondant aux spécifications de la classe 1 de la norme NF P 85-570 ; l'imprégnation par bitume et par cire est exclue.

Ces produits assurant l'étanchéité par mise en compression entre deux faces parallèles, il convient, avant leur mise en application, de s'assurer que les jeux fonctionnels entre le dormant et le support étanche demeurent conformes au cahier des charges du produit.

■ Membranes d'étanchéité

Les membranes d'étanchéité souples à coller ou autocollantes à froid doivent respecter les prescriptions des Règles Professionnelles pour le traitement de l'étanchéité des joints de façades et de menuiseries par l'utilisation de systèmes d'étanchéité de membranes édités par le SFJE.

Ces produits assurant l'étanchéité par adhérence, il convient, avant leur mise en application, de s'assurer de l'adhésivité du produit employé avec la matière du dormant et le support en place par des essais de convenance spécifiques aux supports.

5.6 Revêtement extérieur

Les joints verticaux seront fermés soit par conception, soit par l'utilisation d'accessoires visés par le référentiel du bardage couvrant la pose sur COB.

Dans le cas d'un complément d'isolation extérieure, l'ossature du bardage est fixée sur l'ossature du complément d'isolation.

5.6.1 Ossatures supports de bardage

Ossature en aluminium, acier ou bois solidarisée au support par vissage.

5.6.1.1 Ossature métallique

Dans le cas de procédé visant une ossature métallique, cette dernière doit être conforme aux prescriptions suivantes :

- L'ossature métallique d'épaisseur 25/10° est conforme aux prescriptions techniques définies dans le Cahier du CSTB n° 3194_V3. Elle sera constituée d'un profilé symétrique (oméga ou tube). Elle doit être conforme au référentiel du procédé de bardage visant la pose sur COB.
- L'ossature devra faire l'objet, pour chaque chantier, d'une note de calcul établie par l'entreprise de pose. L'ossature est considérée en atmosphère extérieure protégée et ventilée. Elle est de conception bridée. Les profilés ont une longueur maximum de 3 m.

ATTENTION 24

Dans le cas d'un réseau d'ossatures métalliques, il convient de prendre les dispositions nécessaires afin de s'assurer de l'absence de risque de dégradation du pare-pluie (mise en œuvre d'une bande EPDM, d'un pare-pluie sacrificiel, de profilés ayant des bords pliés et non coupés, etc.) et de s'assurer de la continuité d'étanchéité à l'interface entre le profilé métallique de pare-pluie (risque de pénétration d'eau au droit des fixations). La largeur de contact entre le profilé et le support devra être d'au moins 40 mm (largeur équivalente à celles des ossatures bois) pour permettre un maintien mécanique suffisant de la membrane pare-pluie.

NOTE 24

La mise en œuvre des BSO, volets roulants, ou autres occultations peuvent entraîner des dispositions présentant des porte-à-faux importants vis-à-vis des ossatures de bardage nécessitant des adaptations et/ou des justifications particulières, notamment vis-à-vis des efforts de vents.

5.6.1.2 Ossature bois

L'ossature doit être conforme au référentiel du procédé de bardage visant la pose sur COB, renforcé par les exigences suivantes :

- Ayant une résistance mécanique correspondant au moins à la classe C18 selon la norme NF EN 338, de durabilité naturelle ou conférée compatible avec une utilisation en classe d'emploi 2 avec bande de protection ou 3b selon le FD P 20-65.
- Au moment de leur mise en œuvre, les ossatures en bois devront avoir une humidité cible maximale de 18 %, avec un écart entre deux éléments au maximum de 4 %. Le taux d'humidité des éléments doit être déterminé selon la méthode décrite par la norme NF EN 13183-2 (avec un humidimètre à pointe).

ATTENTION 25

Pour les bâtiments de 4^e famille (au sens de la réglementation sécurité incendie), les ossatures de support des éléments de bardage sont uniquement constituées de profilés métalliques.

La mise en œuvre d'ossatures métalliques sur les membranes pare-pluies nécessite des précautions spécifiques (pas de conception librement dilatable, membrane martyre, etc.) pour éviter l'endommagement prématuré de la membrane pare-pluie.

La longueur des ossatures est limitée à 3 m maximum.

Si des parties d'ouvrage présentent des hauteurs d'étage supérieures à 3 m, alors la mise en œuvre du bardage se fera en respectant ces longueurs maximales d'ossature et le traitement du fractionnement de l'ossature sera à détailler.

5.6.2 Revêtement de bardage rapporté

5.6.2.1 Bardeaux de terre cuite sous Avis Technique

Le présent document s'applique à des systèmes de bardage rapporté de bardeaux de terre cuite. Ces procédés devront bénéficier d'un Avis Technique visant la pose sur support COB conforme à la norme NF DTU 31.2 et d'un certificat QB 15 intégrant les spécificités du chantier (coloris, finitions, etc.) afin de justifier d'une durabilité suffisante (gel) et d'une constance de résistance mécanique (choc, vent, etc.).

Le format de bardeau de terre cuite (hauteur, longueur, etc.) doit être visé dans l'Avis Technique du procédé et répondre aux exigences de résistance aux chocs et au vent du chantier.

5.6.2.2 Bardage métallique conforme aux recommandations professionnelles RAGE « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable » de juillet 2014

Les bardages rapportés en tôles d'acier nervurées ou ondulées visés par les Recommandations Professionnelles RAGE « *Bardages en acier protégé et en acier inoxydable* » juillet 2014.

5.6.2.3 Clins/cassettes métalliques conformes au Cahier du CSTB 3747_V2

Il s'agit de parements dits « traditionnels » constitués de clins ou de cassettes métalliques (acier, acier inoxydable, alliage d'aluminium, zinc et cuivre et alliages de cuivre), devant disposer d'un rapport de conformité au Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 délivré par le CSTB ou par Ginger CEBTP. Il est à noter que les procédés bénéficiant dudit rapport de conformité ne relèvent pas strictement de la technique courante mais bénéficient *a priori* d'un certain niveau de reconnaissance technique qu'il appartient aux acteurs de faire valoir.

Les clins (ou lames) ou cassettes métalliques avec raidisseurs collés (métalliques, isolants ou autres) participant à la tenue mécanique ne sont pas considérés traditionnels et peuvent être validés sous réserve d'apporter des justifications complémentaires non détaillées dans ce guide.

Les clins ou cassettes métalliques mis en œuvre en bardage double peau faisant intervenir des isolants spécifiques ou faisant intervenir des fixations entretoises ne relèvent pas du présent document et leur évaluation doit être intégrée dans la procédure d'Appréciation Technique d'Expérimentation.

Mise en œuvre

6.1 Paroi support

6.1.1 Conditions de fabrication

Les dispositions précisées au chapitre 9 « Conception et fabrication des parois verticales » de la norme NF DTU 31.2 P1-1 et au chapitre 10 « Conception et fabrication des éléments de façades ossatures bois » de la norme NF DTU 31.4 P1-1 s'appliquent.

L'ensemble des étapes de fabrication en usine doit faire l'objet de suivi et de contrôles qui doivent être détaillés dans le Plan d'Assurance Qualité (PAQ) de production.

En fonction des risques identifiés tout au long de la fabrication des éléments de mur, les contrôles internes constitués d'autocontrôles et des différents contrôles « hiérarchiques » doivent être mis en place.

Le détail, la fréquence de réalisation, les supports utilisés ainsi que les responsables de ces autocontrôles devront être précisés sous forme de tableau de synthèse dans le PAQ.

Les points étapes sont, entre autres :

- contrôles à réception des composants ;
- contrôles de l'humidité des bois ;
- contrôles dimensionnels des coupes et assemblages ;
- contrôles de la densité des fixations ;
- contrôles et vérification des ferrures d'ancrages et de levage ;
- contrôles de mise en œuvre des pare-pluie et pare-vapeur ;
- contrôles de mise en œuvre des ossatures supports de bardage (si montés en atelier) ou indication des axes des montants de la paroi à ossatures bois pour fixation sur chantier des ossatures supports de bardage.

La gestion des non-conformités devra être précisée.

Pour rappel, les tolérances dimensionnelles de fabrication des éléments d'ossature sont précisées dans les normes NF DTU 31.4 (FOB) et NF DTU 31.2 (COB), et sont rappelées ci-dessous :

- hauteur : ± 3 mm sur la cote nominale ;
- longueur : ± 1 mm/m sur la cote nominale avec une limite à ± 5 mm ;
- épaisseur : ± 2 mm sur la cote nominale ;
- rectitude des bords : ≤ 1 mm/m ;
- faux équerrage : ≤ 1 mm/m avec une limite à 8 mm.
- pour les tolérances de planéité, lorsque l'on pose une règle de 2 m sur un endroit quelconque d'un élément de mur à ossature bois, cet élément doit présenter une déformation inférieure ou égale à 5 mm.

Ces tolérances devront être prises en compte dans l'analyse des jeux disponibles en œuvre et pourront être resserrées, si nécessaire.

6.1.2 Conditions de mise en œuvre

Comme évoqué dans les introductions des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, il peut être nécessaire de prévoir un ouvrage complémentaire entre parties d'ouvrages conformes aux prescriptions de leurs NF DTU respectifs pour atteindre les performances attendues de l'ouvrage global. Ces dernières peuvent être mécaniques, thermiques, acoustiques, environnementales, incendie, étanchéité, etc.

6.1.2.1 Ouvrage complémentaire d'interface localisé (OCIL)

Ces ouvrages, dits ouvrages complémentaires d'interface localisé (OCIL), concernent des dispositions locales ou localisées. Ils s'intègrent dans la conception initiale de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage et n'entrent pas dans une approche de réparation de l'ouvrage. OCIL complète les recommandations des NF DTU relatifs aux ouvrages supports et aux ouvrages supportés.

Au moment de la parution du présent document, une norme expérimentale (PR XP P 18-202) précisant les règles à respecter ainsi que les exigences minimales applicables par défaut pour réaliser les OCIL est en cours de rédaction.

Dans l'attente de la parution de cette norme, lorsqu'il est nécessaire de prévoir un ouvrage complémentaire entre parties d'ouvrage, il convient de définir les conditions de mise en œuvre en précisant la prise en compte des différentes tolérances (fabrication, support, etc.) et la réception du support se devra d'être notifiée par autocontrôle. Le détail, la fréquence de réalisation, les supports utilisés, ainsi que les responsables de ces autocontrôles devront être précisés sous forme de tableau de synthèse dans le PAQ.

Les points étapes sont entre autres :

- contrôles des ferrures en attente ;
- contrôles des jeux entre panneaux ;
- contrôles de la verticalité du panneau ;
- contrôles des désaffleurements des panneaux ;
- contrôles de la mise en œuvre des compléments de pare-pluie et pare-vapeur ;
- contrôles des points singuliers.

6.1.2.2 Gestion de l'humidité en phase chantier

Le plan d'assurance qualité de la gestion de l'humidité en phase chantier devra intégrer les procédures qualité issues du guide du CODIFAB² qui centralise les bonnes pratiques spécifiques à cette technique (voir ANNEXE D du présent guide).

6.2 Revêtement extérieur en partie courante

6.2.1 Mise en œuvre de l'ossature support du bardage

La mise en œuvre de l'ossature support de bardage sera conforme aux dispositions ci-dessous :

- Ossature bois :
 - La co-planéité des ossatures devra être vérifiée entre ossatures adjacentes avec un écart admissible maximal de 2 mm.
 - L'entraxe des ossatures est au maximum de 645 mm.

² Lien vers le guide : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/construction-bois-et-gestion-de-lhumidite-en-phase-chantier-2426>

- Ossature métallique :
 - La co-planéité des montants doit être vérifiée entre montants adjacents avec un écart admissible maximal de 2 mm.
 - L'entraxe des montants est au maximum de 645 mm.

ATTENTION 26

Voir ATTENTION 13 : L'utilisation de pattes équerres sur parois à ossature bois est à proscrire.

ATTENTION 27

Voir ATTENTION 14 : L'utilisation d'ossatures horizontales directement fixées contre la paroi est à exclure.

ATTENTION 28

Le choix et le calepinage de l'ossature support du bardage seront à réaliser en prenant en compte :

- la sensibilité aux tassements du bardage vis-à-vis des mouvements prévisibles du support que constitue les planchers ou poutres, définie au §4.2 ;
- le calepinage de l'ossature bois de la paroi (position des montants par exemple).

6.2.2 Mise en œuvre du bardage

6.2.2.1 Bardage ventilé en bardeaux de terre cuite sous Avis Technique

Les bardeaux de terre cuite sont mis en œuvre conformément à l'Avis Technique du procédé de bardage rapporté visant la pose sur COB.

Dans le cas d'une mise en œuvre sur FOB, des dispositions particulières sont à prendre au droit des points singuliers pour les parois et périmètre couverts par le présent guide, celles décrites dans l'Avis Technique du procédé sont complétées par celles données dans le §6.3 du présent guide.

6.2.2.2 Bardage métallique conforme aux recommandations professionnelles RAGE « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable » de juillet 2014

Les bardages rapportés en tôles d'acier nervurées ou ondulées sont mis en œuvre conformément aux dispositions pour la pose sur COB données dans les Recommandations Professionnelles RAGE « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable » de juillet 2014.

Dans le cas d'une mise en œuvre sur FOB, des dispositions particulières sont à prendre au droit des points singuliers pour les parois et périmètre couverts par le présent guide, celles décrites dans les Recommandations Professionnelles RAGE sont ainsi complétées par celles données dans le §6.3 du présent guide.

6.2.2.3 Clins / cassettes métalliques conformes au Cahier du CSTB 3747_V2

La mise en œuvre en partie courante de ces bardages rapportés est réalisée conformément au Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2.

Des dispositions particulières sont à prendre au droit des points singuliers pour les parois et périmètre couverts par le présent guide, celles décrites dans le Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 sont ainsi complétées par celles données dans le §6.3 du présent guide.

6.3 Points singuliers (paroi et revêtement extérieur)

Le traitement des points singuliers du cœur de paroi est réalisé conformément aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

Les schémas rapportés dans ce paragraphe sont donnés à titre d'exemples ; d'autres solutions sont envisageables en respectant les préconisations des normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4.

Les dispositions spécifiques à prendre sur la paroi support et le revêtement extérieur seront décrites et précisées dans ce chapitre via principalement des schémas-types à chaque point singulier de l'ouvrage.

ATTENTION 29

Dans ce paragraphe :

- Lorsque les contre-cloisons sont représentées, elles sont données en guise d'information, elles devront être conformes au référentiel technico-règlementaire dont elles relèvent.
- La composition représentée pour les parois supports est générique et non limitative. Les compositions devront être conformes aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, et aux dispositions spécifiques du présent guide.

6.3.1 Généralités spécifiques aux supports FOB

■ Dispositions applicables au support FOB

Les dispositions spécifiques aux différentes typologies de FOB et au traitement des points singuliers sont décrites dans la norme NF DTU 31.4. En complément de ce qui est indiqué dans cette norme, il y a aura lieu de veiller à ce que :

- le rétablissement de l'étanchéité à l'eau au droit des jeux fonctionnels horizontaux et verticaux soit réalisé selon le dimensionnement effectué afin que le traitement de ces jonctions soit compatible avec les déformations différentielles prévisibles (voir §4.2.2.2) et que la fonction d'étanchéité à l'eau soit maintenue pendant toute la vie de l'ouvrage ;
- le calepinage des FOB et de son ossature permette la bonne mise en œuvre de l'ossature du bardage selon les dispositions qui lui sont spécifiques.

■ Dispositions spécifiques applicables au bardage pour un emploi sur support FOB

Le bardage ne peut pas ponter des jeux fonctionnels de FOB de part et d'autre, il doit nécessairement être recoupé et traité :

- pour les jonctions horizontales en nez de dalle, le bardage est recoupé horizontalement à tous les niveaux via la présence d'une bavette de recoupement de la lame d'air assurant généralement aussi la fonction de déflecteur de flamme (voir §6.3.3) ;
- pour les jeux fonctionnels verticaux (dans le plan ou dans les angles), le bardage est recoupé au droit du jeu fonctionnel de la FOB et la jonction entre les deux parties de bardage est traitée avec un joint fonctionnel spécifique au droit du bardage (voir §6.3.4, §6.3.5.2).

Il conviendra de réaliser ces joints soit faite en respectant les cotations issues du dimensionnement de ce joint.

6.3.2 Départ en partie basse

- Rappel des dispositions spécifiques au support selon les normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4

Tous les éléments structuraux en bois des ossatures bois doivent se situer à une distance minimale de 200 mm du sol fini extérieur (voir Figure 25).

De ce fait, la lisse basse des constructions à ossature bois doit se situer à au moins 200 mm du sol fini extérieur. Une barrière d'étanchéité à l'eau vis-à-vis des remontées capillaires associée à un dispositif d'étanchéité à l'air doit être mise en œuvre entre la lisse basse et l'ouvrage de soubassement.

La membrane souple pare-pluie doit recouvrir la lisse basse. La liaison entre le soubassement et la lisse basse est protégée par la retombée du revêtement extérieur qui est au minimum de 30 mm.

L'étanchéité à la vapeur d'eau doit être assurée par le rétablissement de la continuité de la membrane pare-vapeur et par collage au mastic sur la dalle ou le plancher.

Il est possible de considérer que le niveau du sol extérieur est le fond d'un caniveau dont la profondeur minimale est de 200 mm (voir Figure 27). Ce caniveau doit avoir une grille métallique galvanisée et doit avoir une largeur minimale de 200 mm. Il doit aussi être raccordé au réseau d'évacuation des eaux pluviales.

- Rappel des dispositions spécifiques au bardage

La garde au sol entre le bardage et le sol fini devra être conforme au référentiel technique du bardage.

Le bardage ou son éventuel profilé de pied de paroi doit recouvrir la liaison entre le soubassement et la lisse basse d'au moins 30 mm (voir Figure 25 et Figure 27).

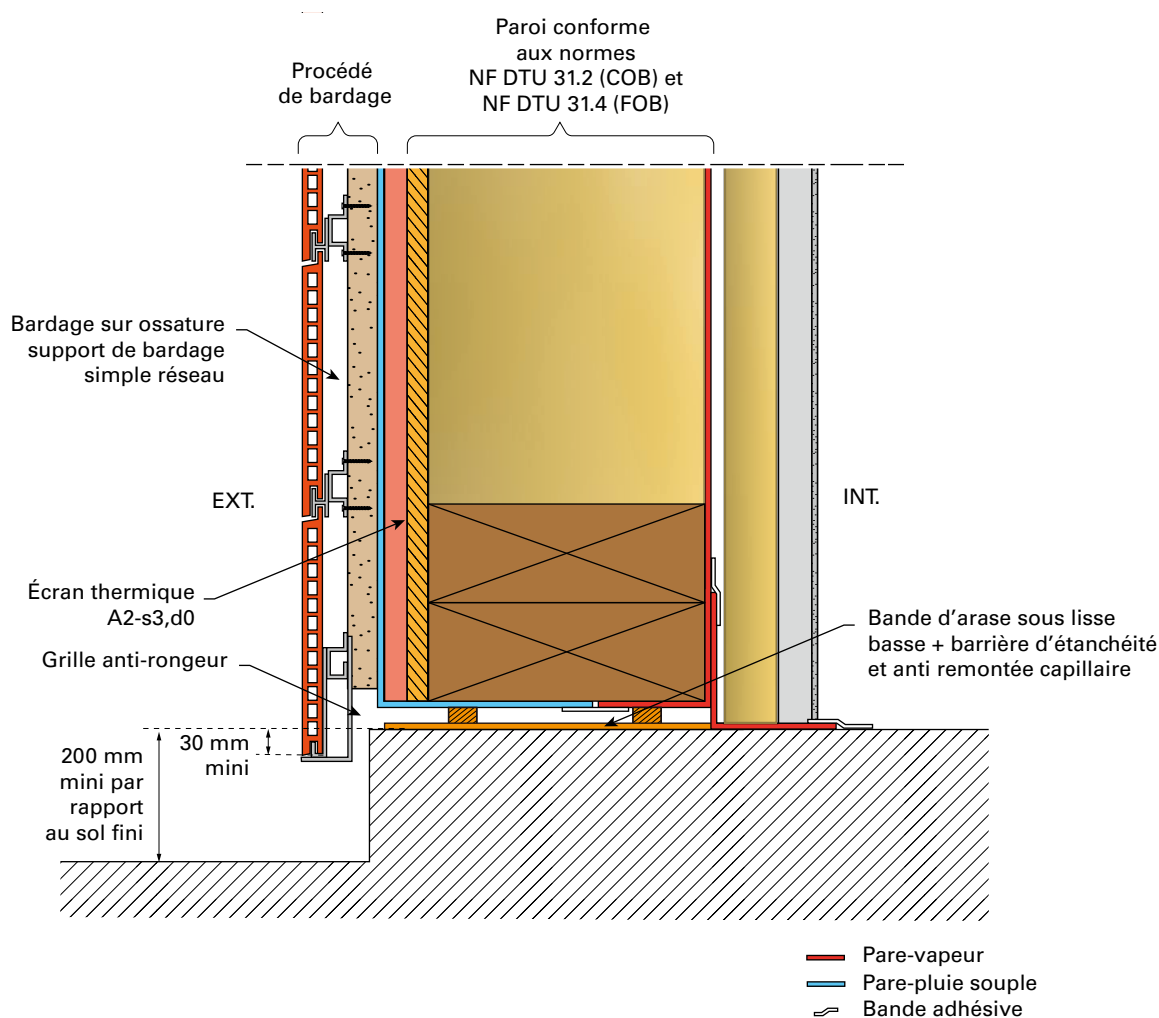


Figure 25 : Exemple de traitement en pied de façade avec bardage en bardeaux de terre cuite

ATTENTION 30

La mise en œuvre de l'écran extérieur présentant un porte-à-faux est à proscrire. Celui présente un risque de casse lors du transport et de la mise en œuvre, constituant par conséquent un risque de déchirer le pare-pluie.

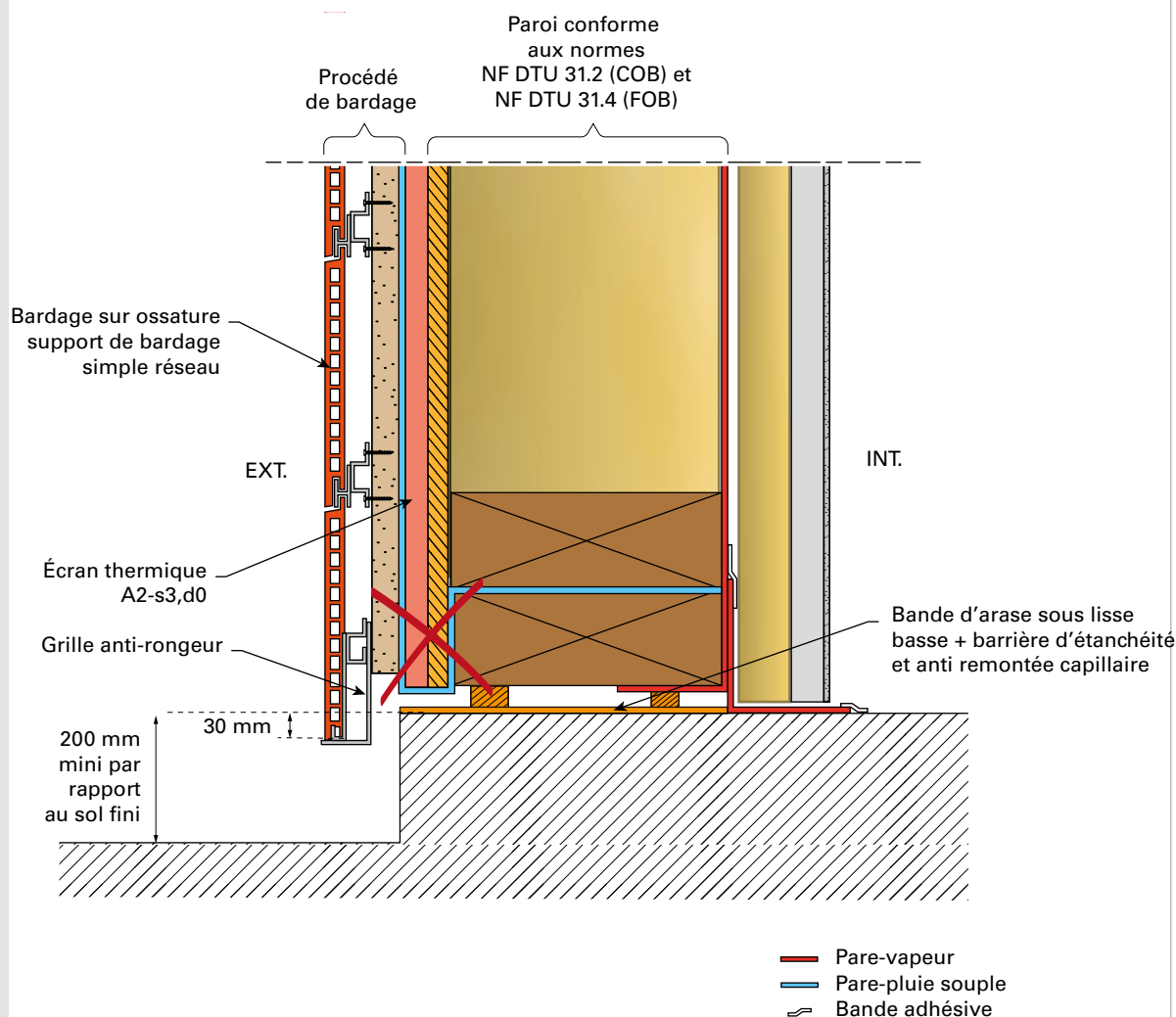


Figure 26 : À ne pas faire : porte-à-faux du panneau

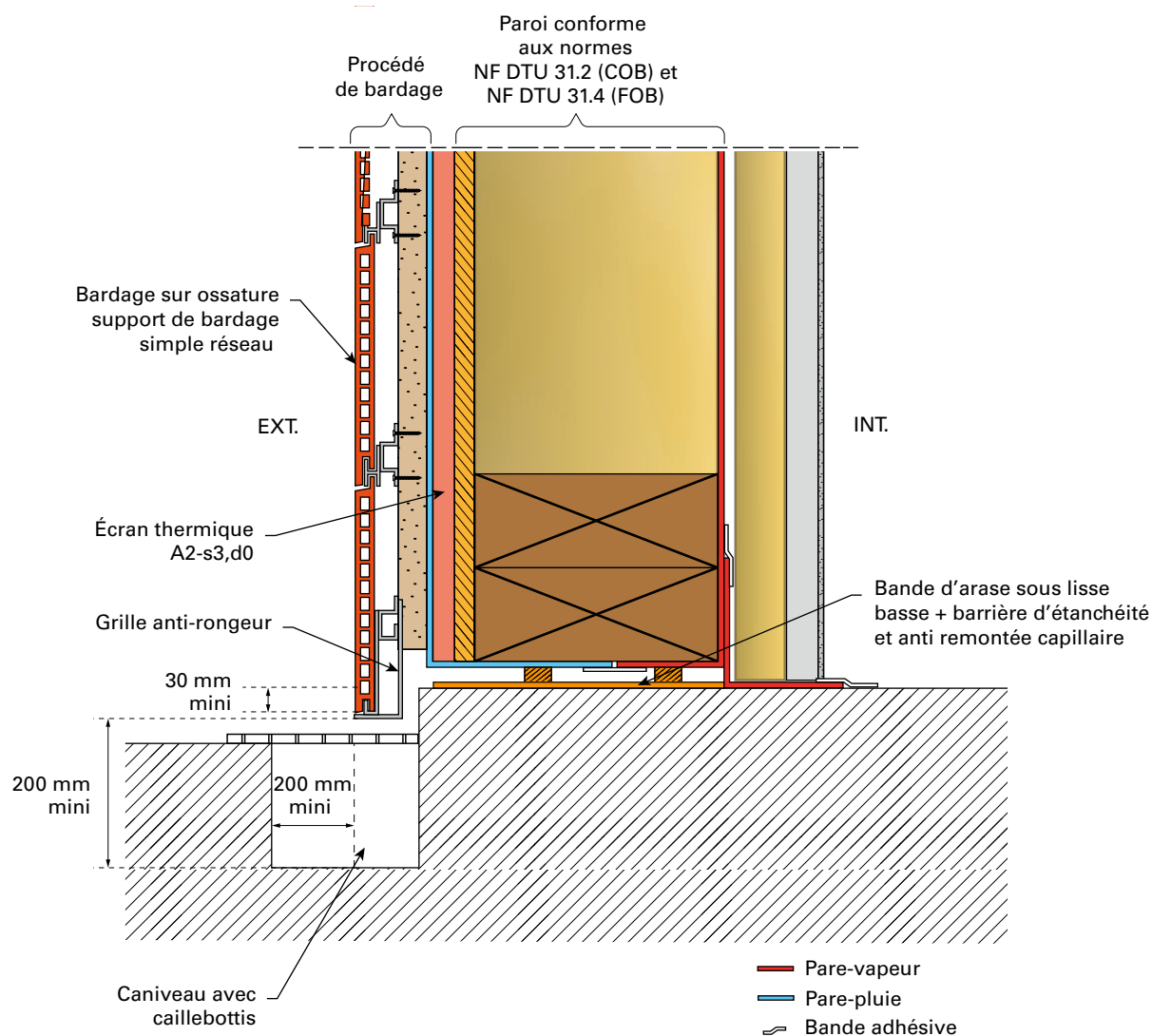


Figure 27 : Exemple de traitement en pied de façade avec bardage en bardeaux de terre cuite et caniveau

6.3.3 Raccordement au droit des planchers

6.3.3.1 Sur support COB

Les solutions de traitement de ces jonctions sont décrites dans la norme NF DTU 31.2 et dans les référentiels des bardages.

6.3.3.2 En FOB

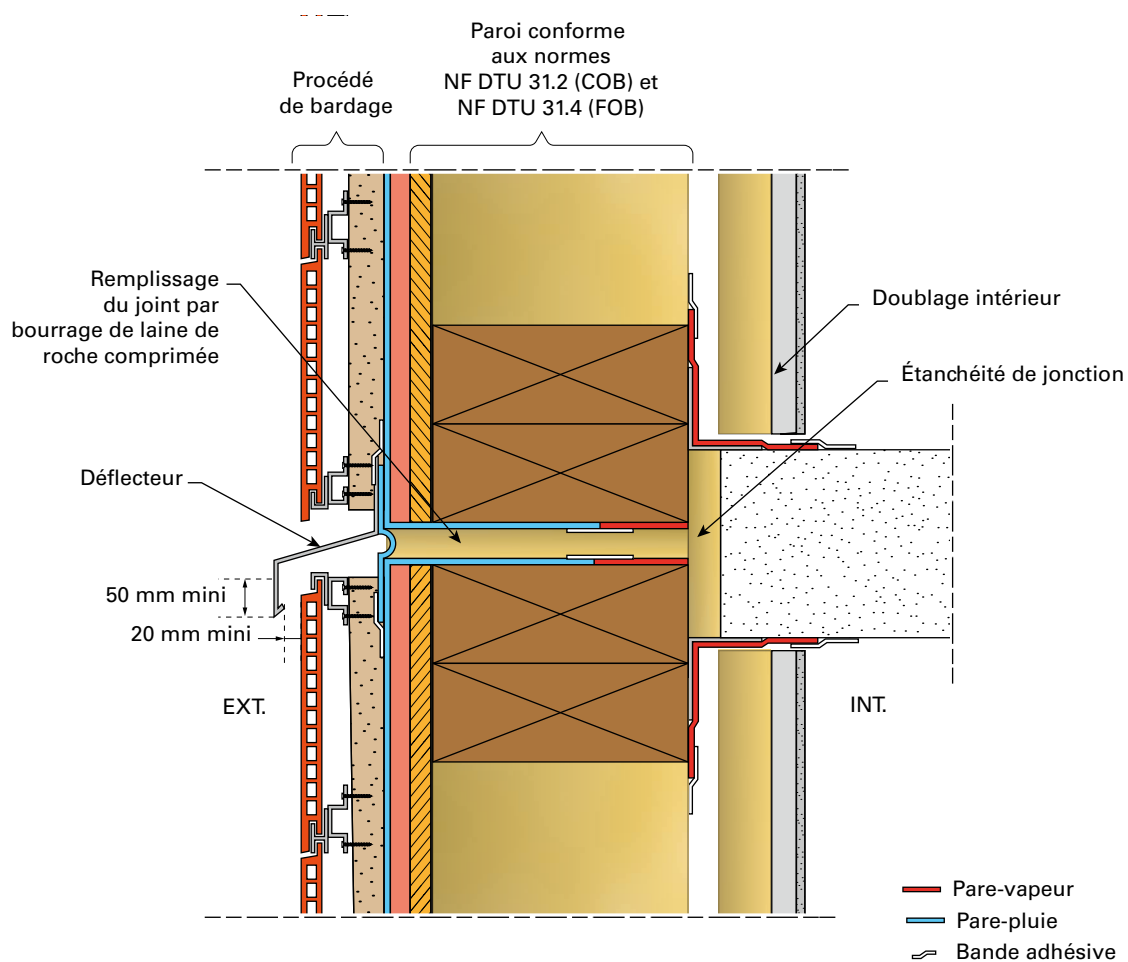


Figure 28 : Exemple d'un jeu fonctionnel horizontal entre 2 panneaux de FOB superposés avec bardage en bardeaux de terre cuite (FOB filantes dites à appuis multiples)

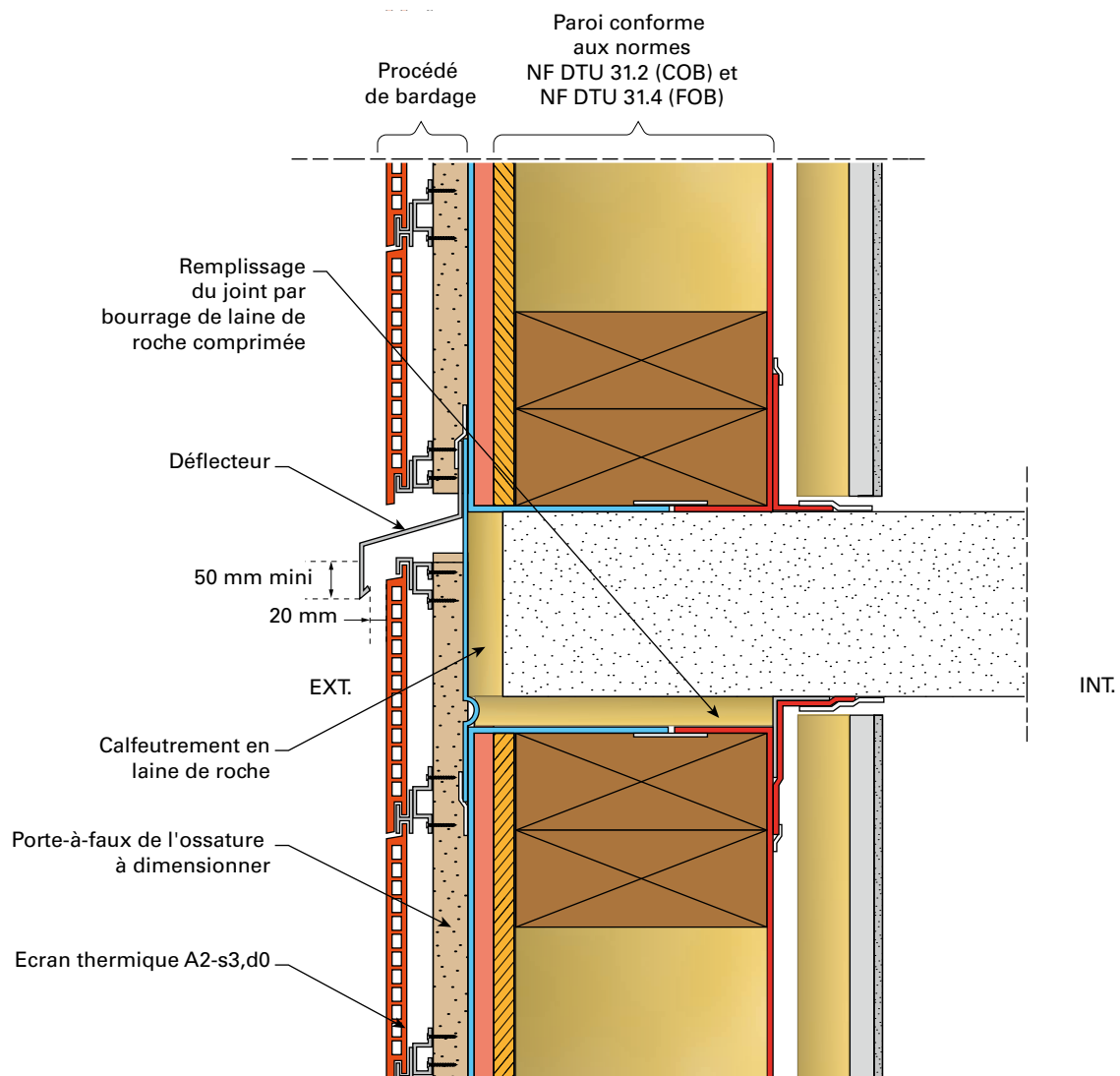


Figure 29 : Exemple d'un jeu fonctionnel horizontal entre 2 panneaux de FOB superposés avec bardage en bardeaux de terre cuite (FOB interrompue dites à appuis multiples)

6.3.4 Jeux fonctionnels verticaux (FOB)

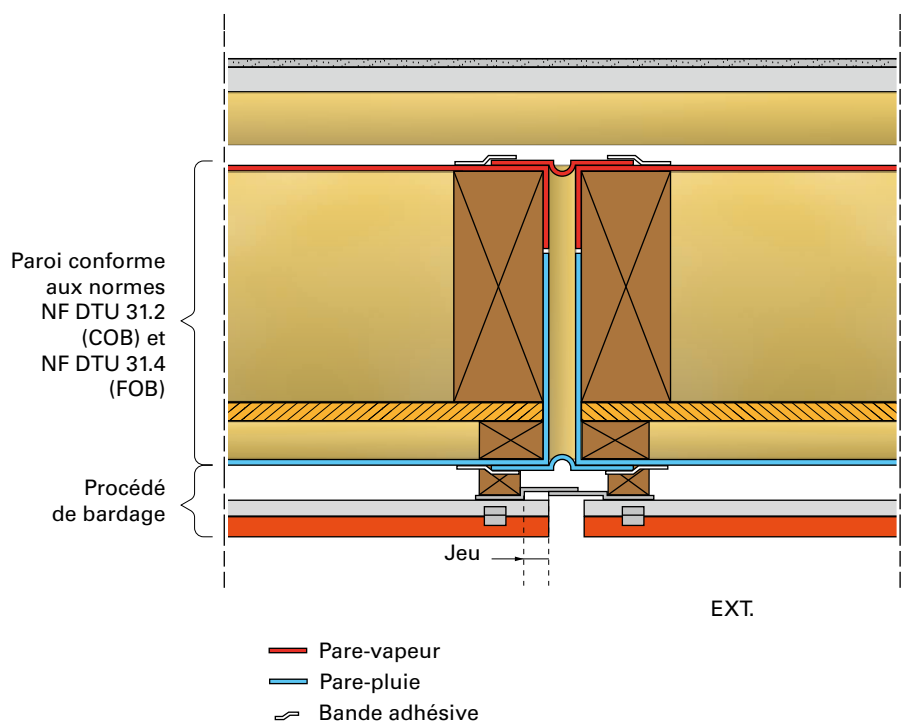


Figure 30 : Exemple d'un jeu fonctionnel vertical entre 2 panneaux de FOB avec bardage en bardeaux de terre cuite (FOB filantes, FOB interrompues uniquement par les poutres et dalles)

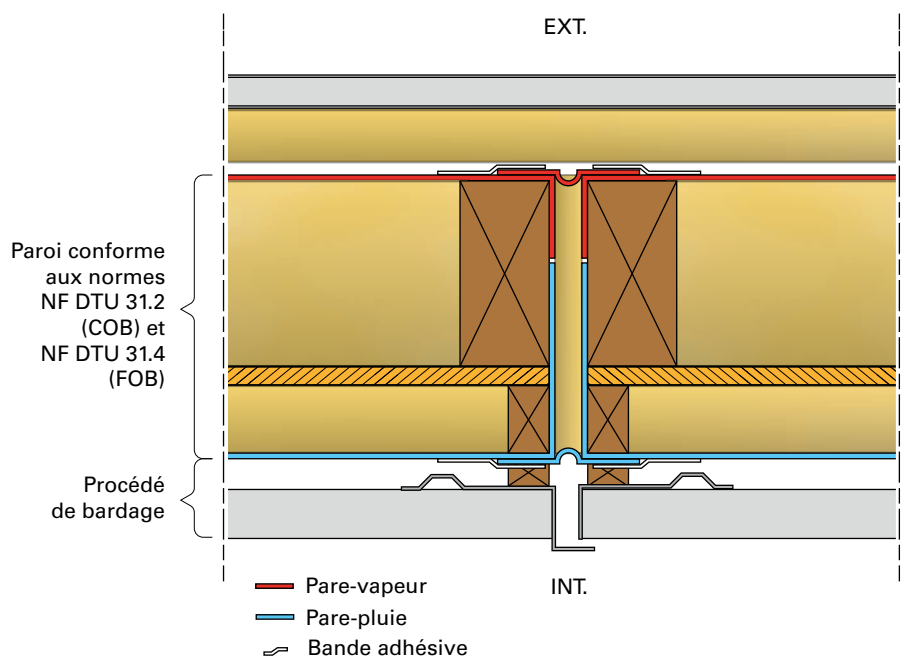


Figure 31 : Exemple d'un jeu fonctionnel vertical entre 2 panneaux de FOB avec bardage en clins ou lames ou cassettes métalliques ou en tôles d'acier nervurées ou ondulées

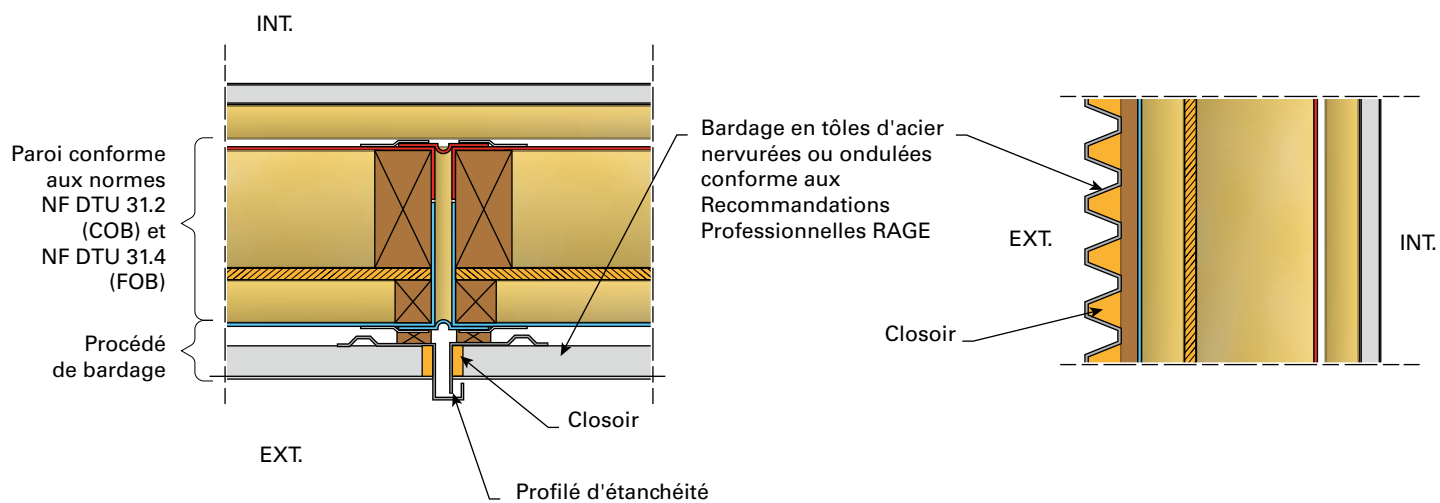


Figure 32 : Exemple d'un jeu fonctionnel vertical entre 2 panneaux de FOB avec bardage en tôles d'acier nervurées ou ondulées

6.3.5 Angles de paroi

6.3.5.1 Angles de paroi pour les supports COB

■ Angle rentrant (COB)

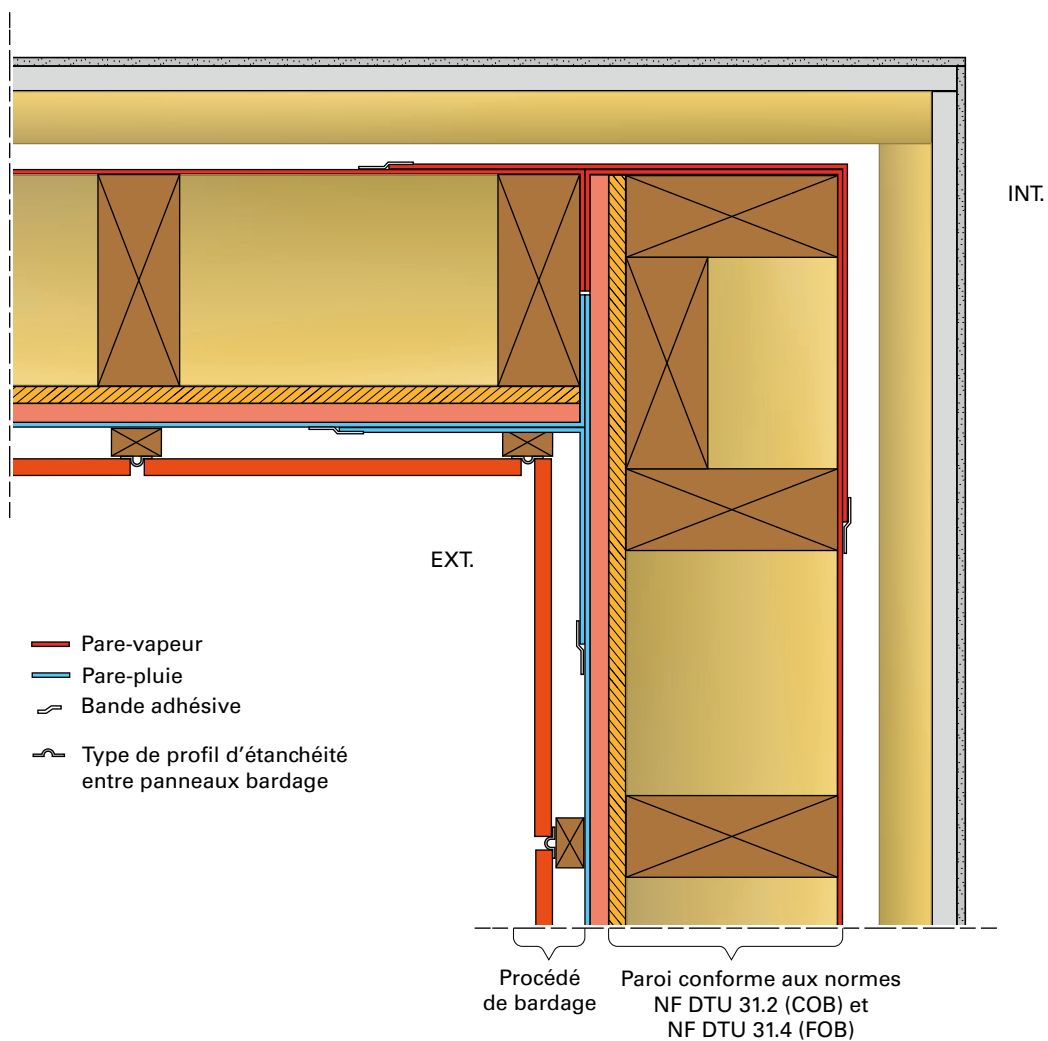


Figure 33 : Exemple de raccordement en angle rentrant pour les murs à ossature bois (COB) sans complément d'isolation avec bardage en bardeaux de terre (Pour mémoire : Entre les panneaux de COB, il n'y a pas de mouvement possible.)

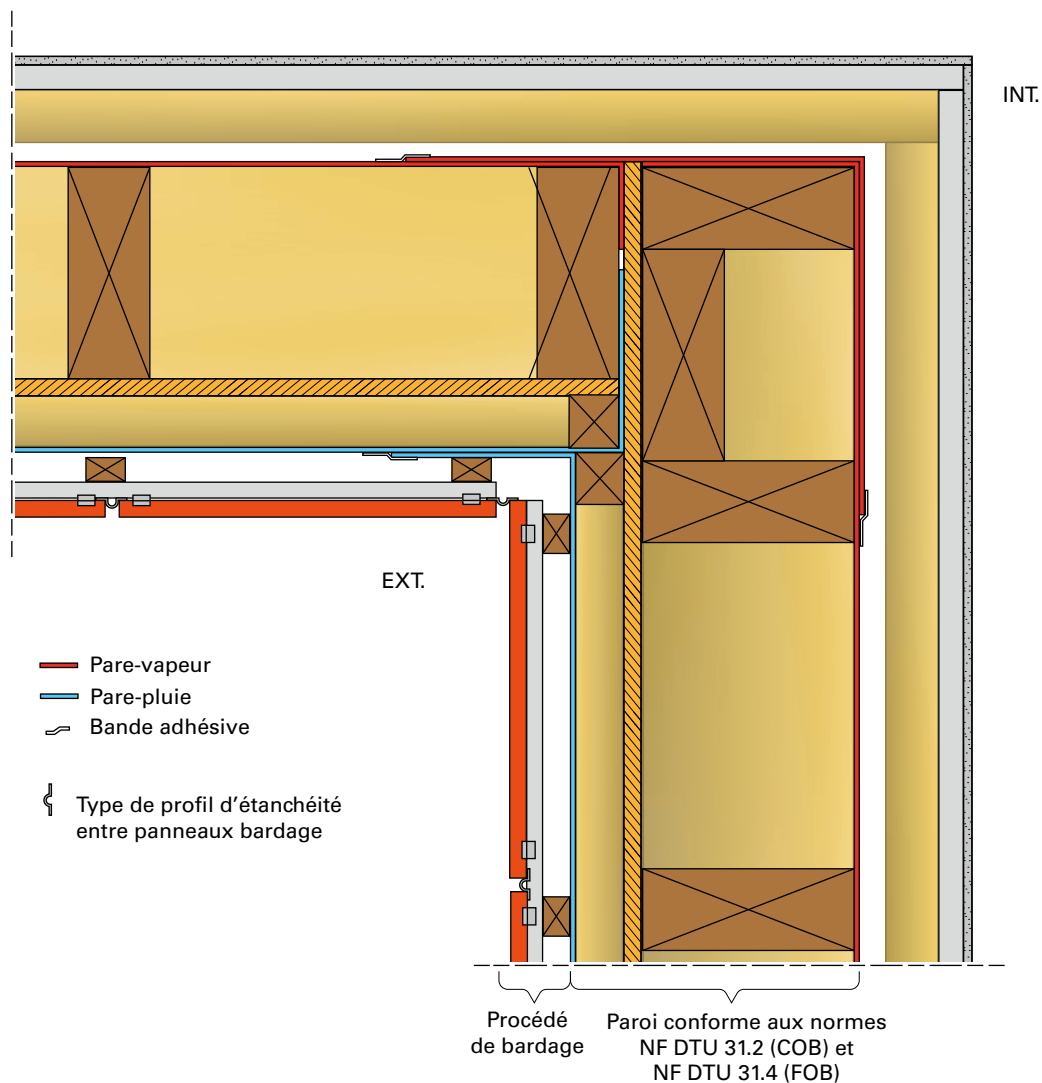


Figure 34 : Exemple de raccordement en angle rentrant avec complément d'isolation par l'extérieur et bardage en bardeaux de terre pour les murs à ossature bois (COB) (Pour mémoire : Entre les panneaux de COB, il n'y a pas de mouvement possible.)

■ Angle sortant (COB)

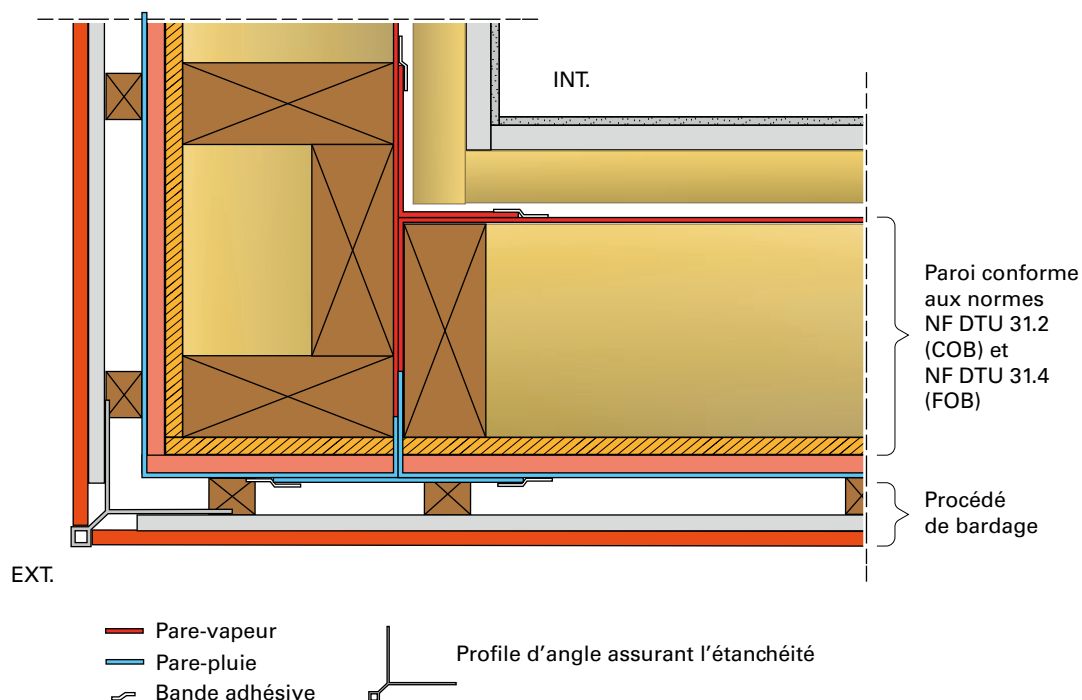


Figure 35 : Exemple de raccordement en angle sortant pour les murs à ossature bois (COB) sans complément d'isolation avec bardage en bardeaux de terre
(Pour mémoire : Entre les panneaux de COB, il n'y a pas de mouvement possible.)

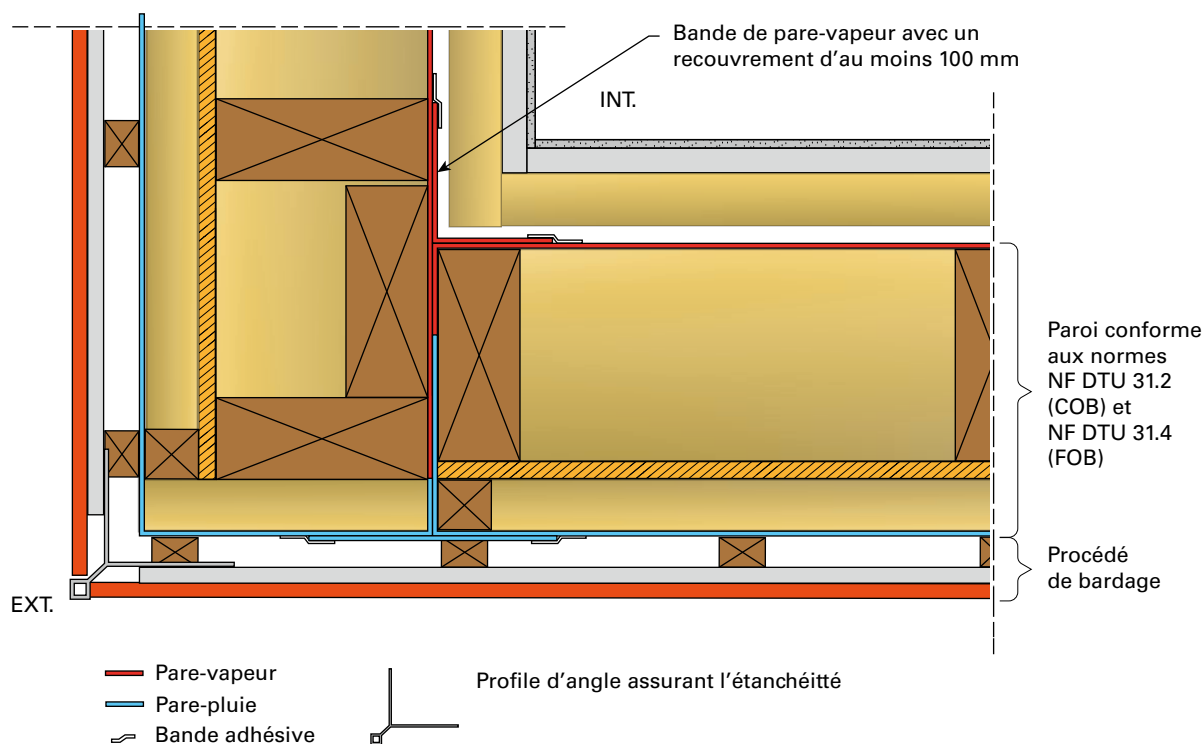


Figure 36 : Exemple de raccordement en angle sortant avec complément d'isolation par l'extérieur et bardage en bardeaux de terre pour les murs à ossature bois (COB)
(Pour mémoire : Entre les panneaux de COB, il n'y a pas de mouvement possible.)

ATTENTION 31

Dans les angles sortants, en cas de double réseau, il convient de s'assurer de la mise en œuvre d'un profil de compartimentage vertical de la lame d'air (généralement le profil d'angle et le profil recoupant la lame d'air sont deux profils indépendants).

6.3.5.2 Angles de paroi pour les supports FOB

■ Angle rentrant (FOB)

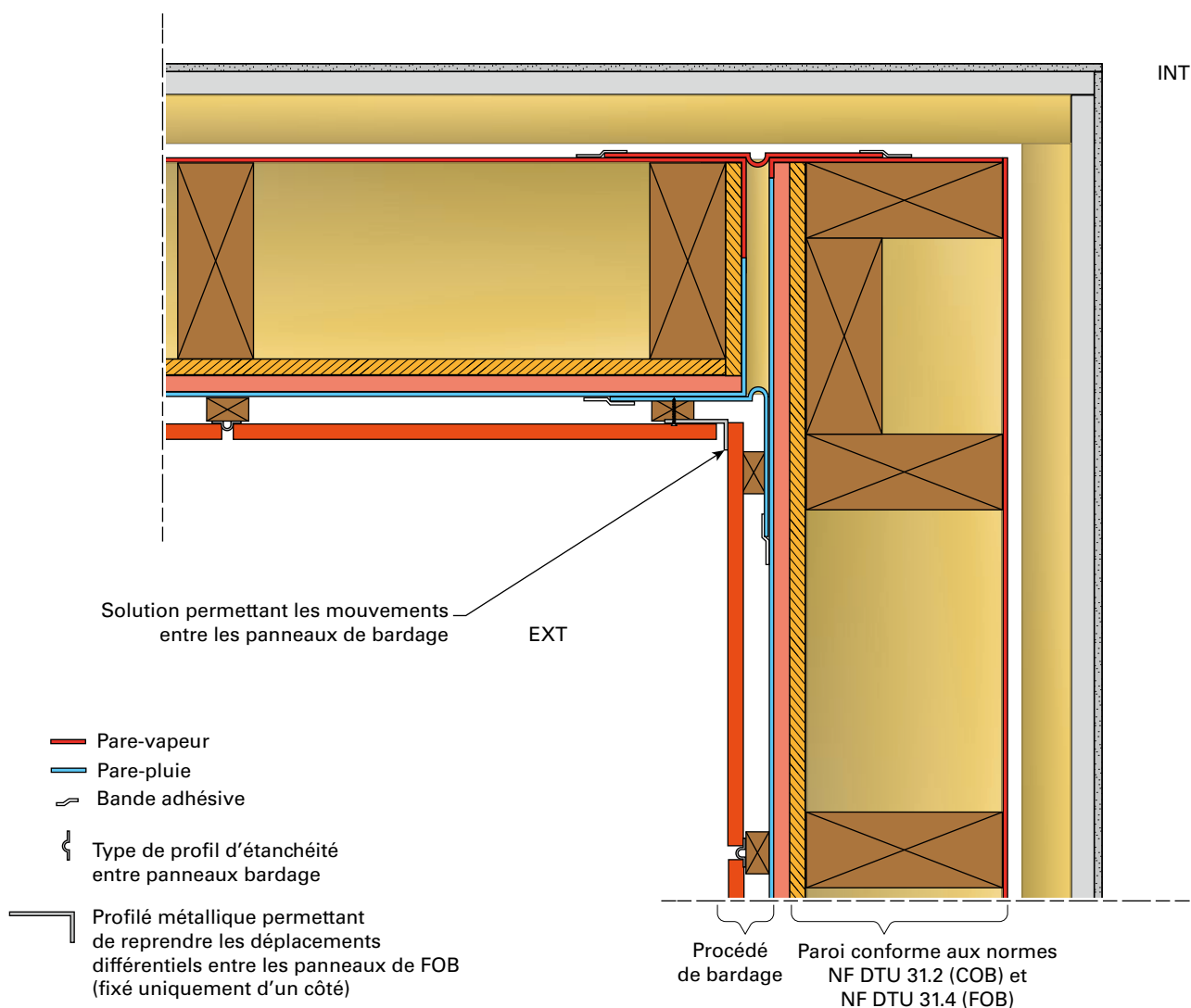


Figure 37 : Exemple de raccordement en angle rentrant pour des façades à ossature bois (FOB) sans complément d'isolation avec bardage en bardeaux de terre

■ Angle sortant (FOB)

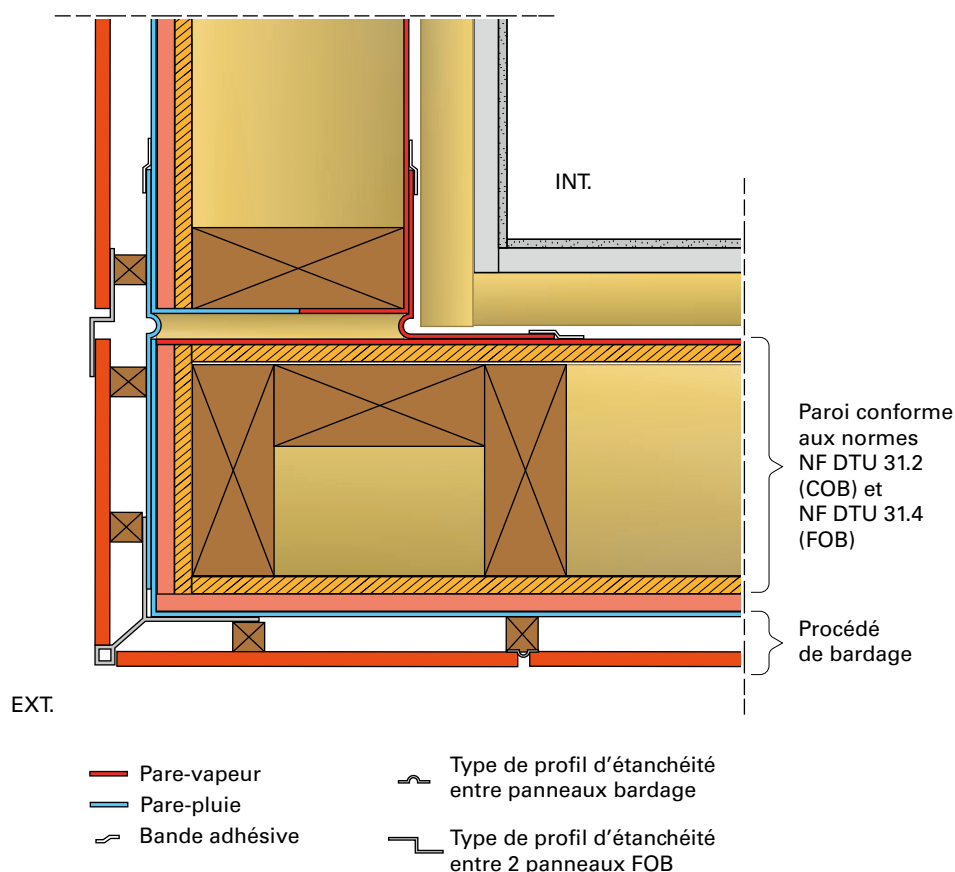


Figure 38 : Exemple de raccordement en angle sortant pour des façades à ossature bois (FOB) sans complément d'isolation avec bardage en bardeaux de terre

6.3.6 Traitement des encadrements de baies et intégration des menuiseries

Comme indiqué précédemment, la conception et la mise en œuvre des encadrements de baies est réalisée conformément aux exigences des Recommandations Professionnelles « *Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois* », dont les dispositions sont complétées par celles données dans le présent guide, notamment :

- traitement spécifique des encadrements de baies par pièces d'acier rapportées avec recouvrement ou encadrement de baie soudé monobloc étanche ;
- calfeutrement à l'eau des menuiseries : en applique intérieure sur une feuillure reconstituée par l'encadrement de baie ;
- position de la menuiserie dans la paroi : en tunnel du nu extérieur au nu intérieur ou en applique intérieure.

Des exemples de solutions sont représentés dans ce chapitre mais d'autres solutions sont possibles. La réalisation des encadrements de baies doit comprendre :

- la continuité du film pare-pluie en périphérie de l'encadrement de baie ;
- la continuité de l'étanchéité à l'air et à la barrière à la vapeur d'eau en périphérie des baies ;
- l'encadrement de baie rapporté.

ATTENTION 32

Une mise en œuvre de fermetures (type volet roulant ou store vénitien extérieur, ou brise soleil orientable) peut entraîner des configurations avec des porte-à-faux importants sur l'ossature de bardage qu'il convient d'anticiper.

ATTENTION 33

Les encadrements de baies doivent respecter des tolérances de fabrication et de pose. Il est recommandé de contrôler, avant le démarrage des travaux de pose du bardage, que celles-ci sont bien respectées (voir tolérances données au §6.1 du présent chapitre.

6.3.6.1 Encadrements de baies

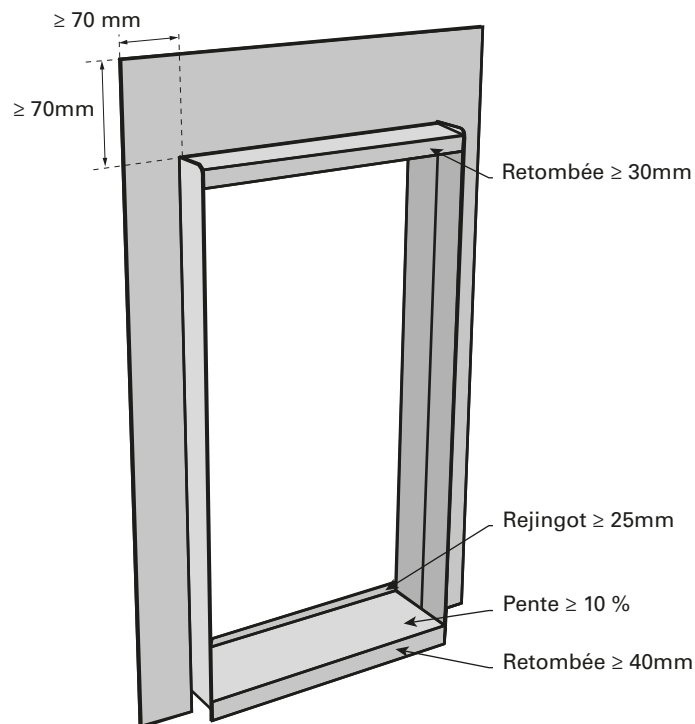


Figure 39 : Aperçu 3D d'un encadrement de baie acier monobloc

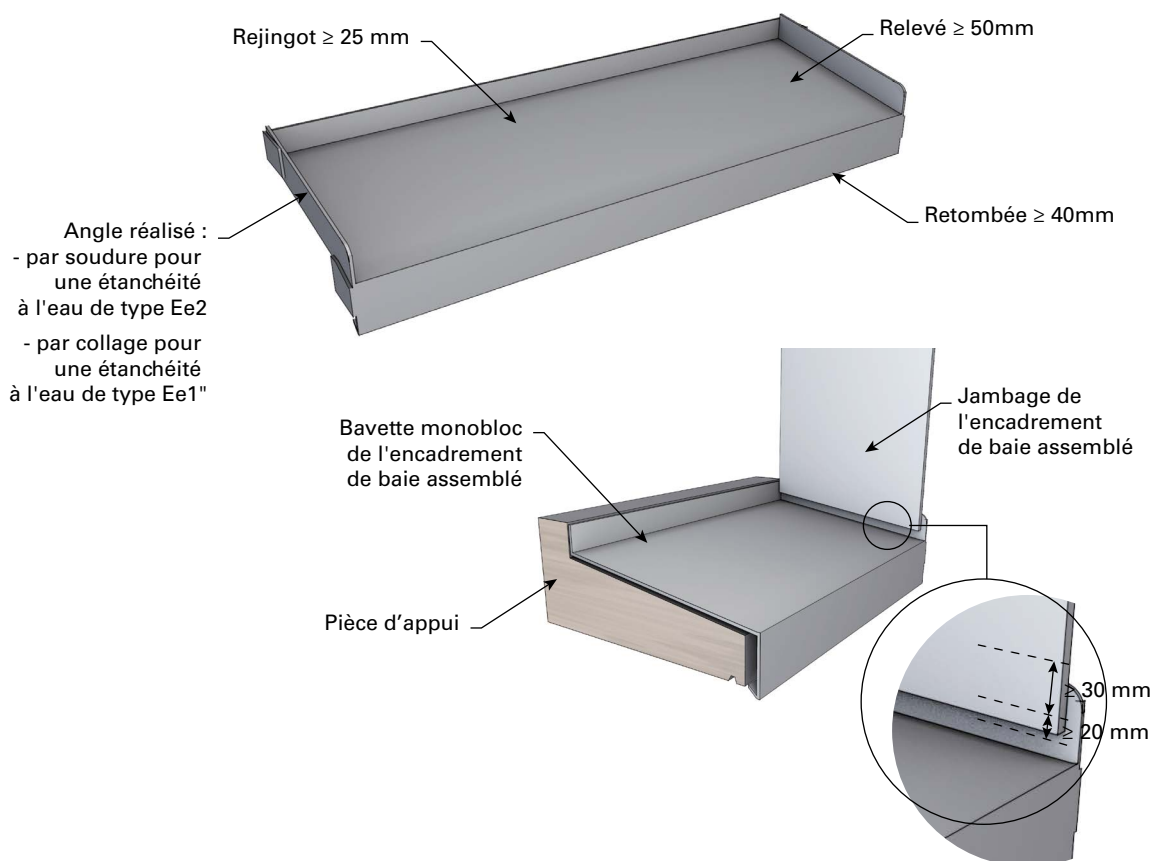


Figure 40 : Aperçu 3D d'un encadrement de baie acier assemblé

6.3.6.2 Menuiserie extérieure avec coffre de volet roulant (FOB & COB)

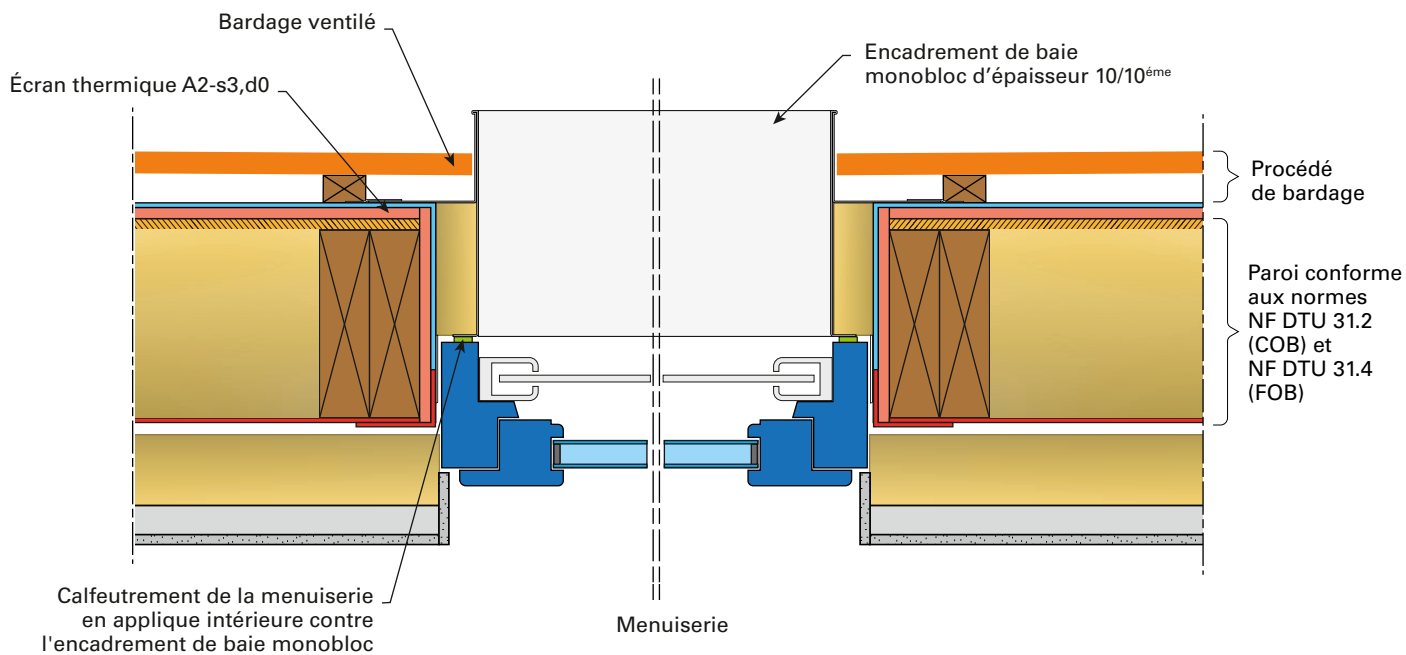


Figure 41 : Exemple de mise en œuvre d'un bloc baie (menuiserie avec coffre de volet roulant) posé en tunnel dans la paroi et calfeutré en applique intérieure contre l'encadrement de baie – coupe horizontale

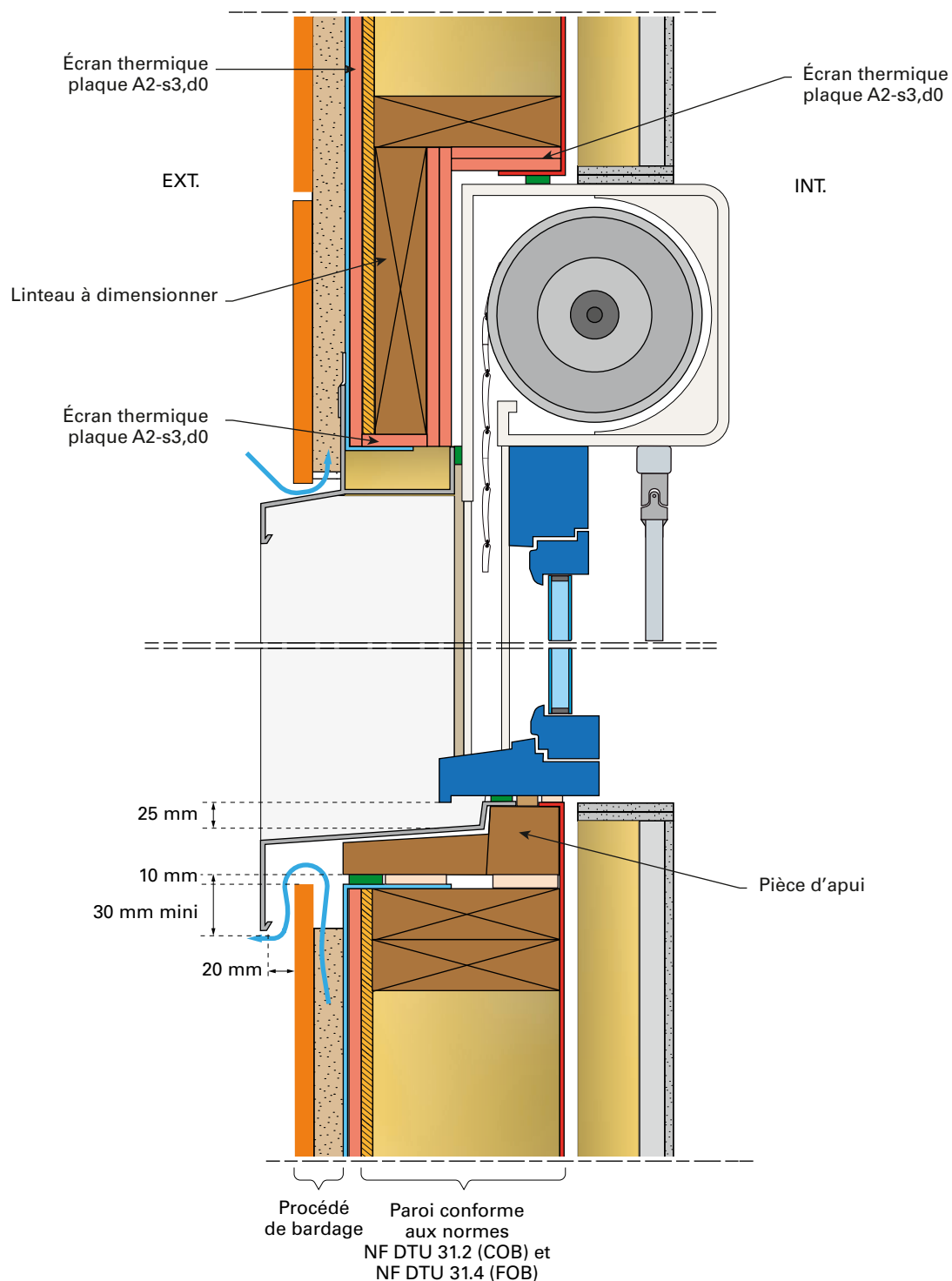


Figure 42 : Exemple de mise en œuvre d'un bloc baie (menuiserie avec coffre de volet roulant) posé en tunnel dans la paroi et calfeutré en applique intérieure contre l'encadrement de baie – coupe verticale

6.3.6.3 Menuiserie extérieure avec brise soleil orientable (FOB & COB)

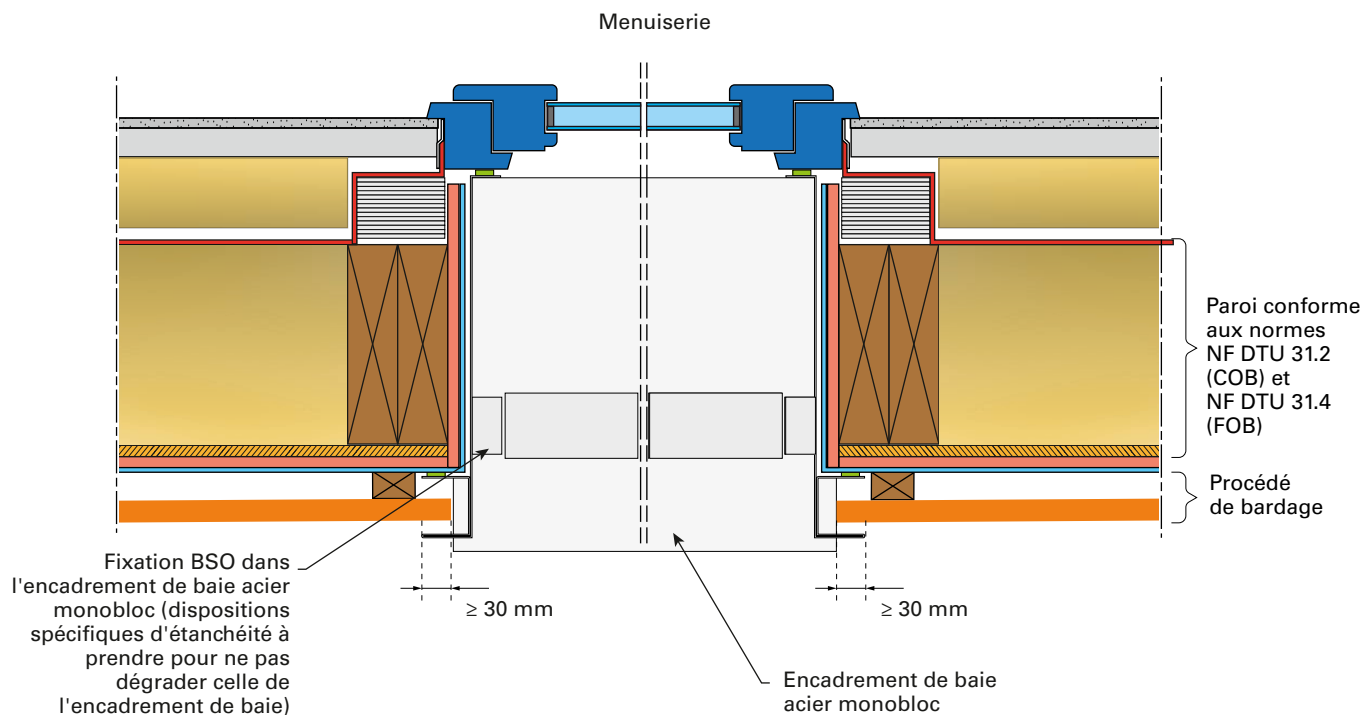


Figure 43 : Exemple de mise en œuvre de menuiserie avec BSO posée en tunnel dans la paroi et calfeutrée en applique intérieure contre l'encadrement de baie – coupe horizontale

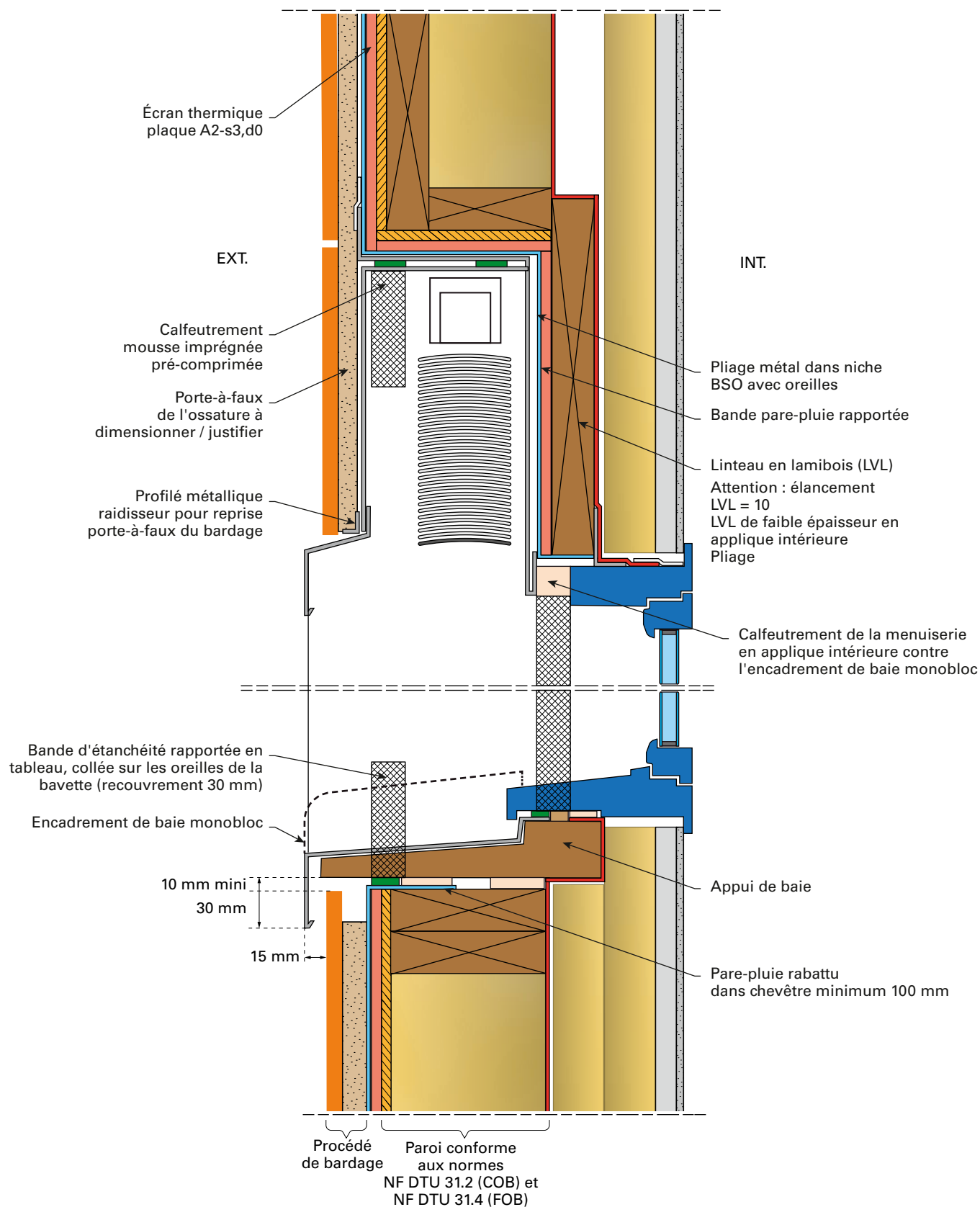


Figure 44 : Exemple de mise en œuvre de menuiserie avec BSO posée en tunnel dans la paroi et calfeutrée en applique intérieure contre l'encadrement de baie – coupe verticale

6.3.7 Acrotère, haut de façade

Les couvertines doivent être éclissées au droit de leur jonction afin de rétablir l'étanchéité à l'eau.

■ Exemple de traitement de l'acrotère pour COB

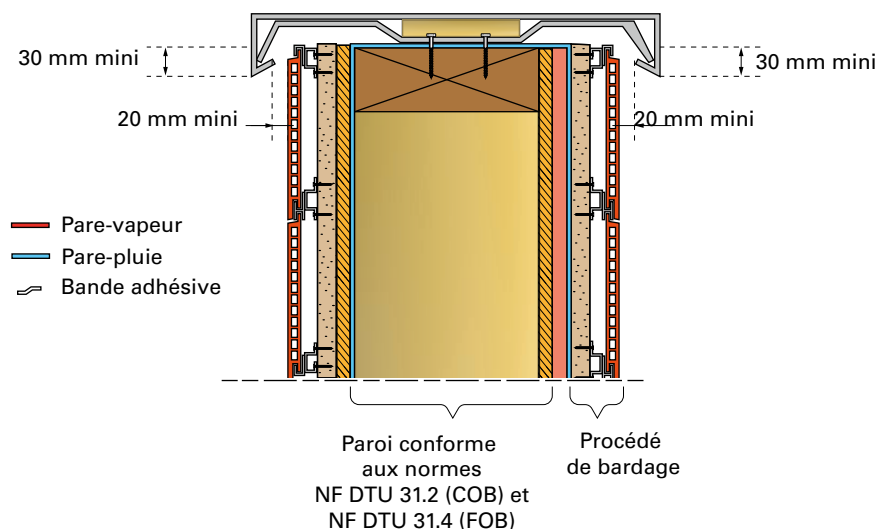


Figure 45 : Exemple de traitement de l'acrotère pour COB

■ Exemple de traitement de l'acrotère pour FOB

Le raccord d'étanchéité entre le complexe de toiture isolée et l'acrotère doit être réalisé par la mise en œuvre d'un relevé d'étanchéité sur costière métallique permettant des mouvements différentiels entre la FOB. L'étanchéité en haut de ce relevé doit être conforme au DTU de la série 43 et une protection en tête doit être présente afin d'évacuer les eaux sur l'étanchéité. Il conviendra également que le jeu présent entre la costière et la bande porte solin soit compatible avec les mouvements prévisibles de la FOB.

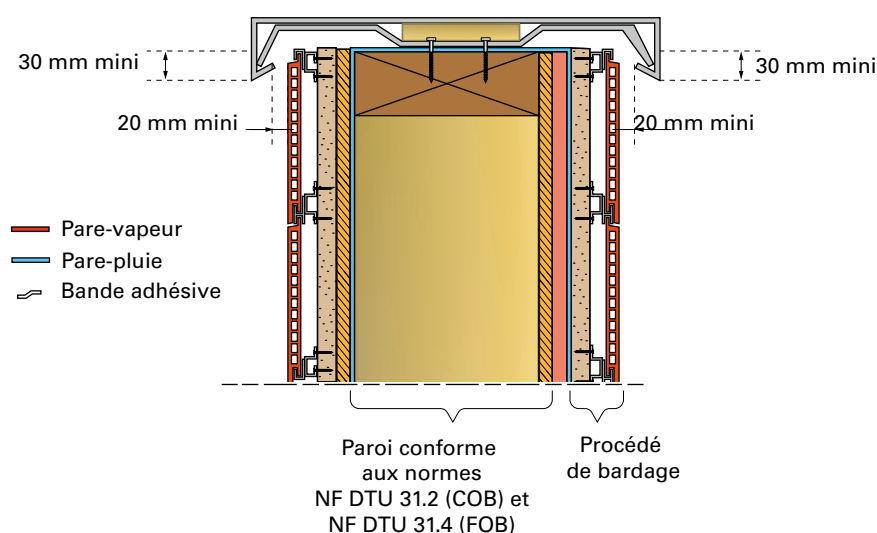


Figure 46 : Exemple de traitement de l'acrotère pour FOB

6.3.8 Mise en œuvre de traversées de parois

Les perforations de parois devront être réalisées conformément aux normes NF DTU 31.2 et NF DTU 31.4, c'est-à-dire :

- avec des fourreaux situés aux emplacements des futurs éléments traversant la paroi (côté pare-pluie et côté pare-vapeur) ;
- si les membranes pare-pluie et/ou pare-vapeur sont mise en œuvre sur un support discontinu, la mise en œuvre des fourreaux doit être supportée par un panneau rigide à base de bois. Ce panneau support doit être fixé dans les montants de la paroi et avoir une sur-longueur de 100 mm autour du fourreau (voir Figure 47) ;
- le fourreau doit avoir une pente vers l'extérieur d'au moins 3 %.

NOTE 25

Le rétablissement de l'étanchéité entre le fourreau et les membranes pare-pluie et pare-vapeur est réalisé avec des manchons en EPDM.
Les traitements réalisés par adhésifs juxtaposés ne permettent pas d'atteindre le niveau d'étanchéité suffisant et ne seront ainsi pas admis.

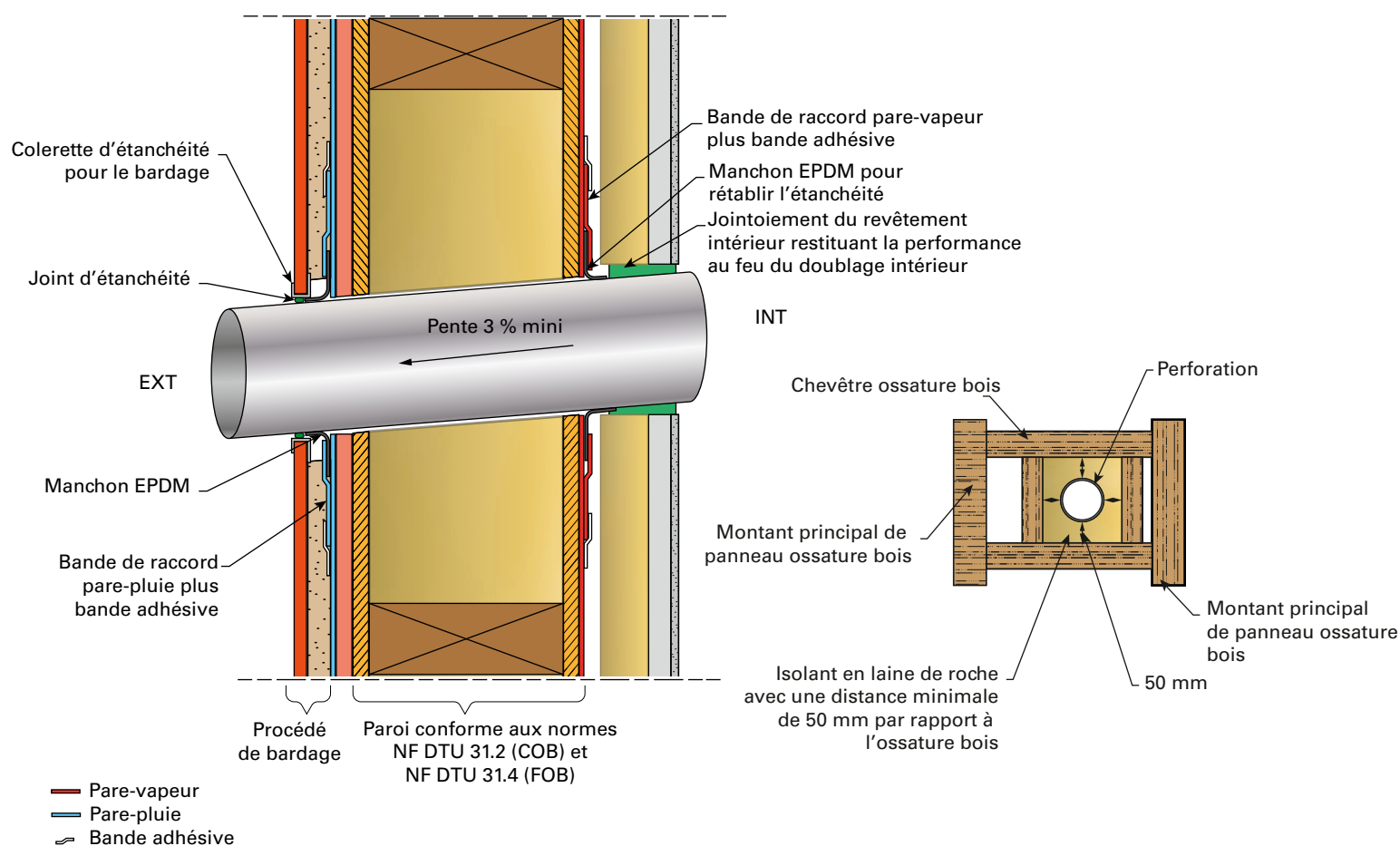


Figure 47 : Exemple de traitement des traversées de paroi

6.3.9 Jonction avec procédé d'enduit sur isolant (ETICS)

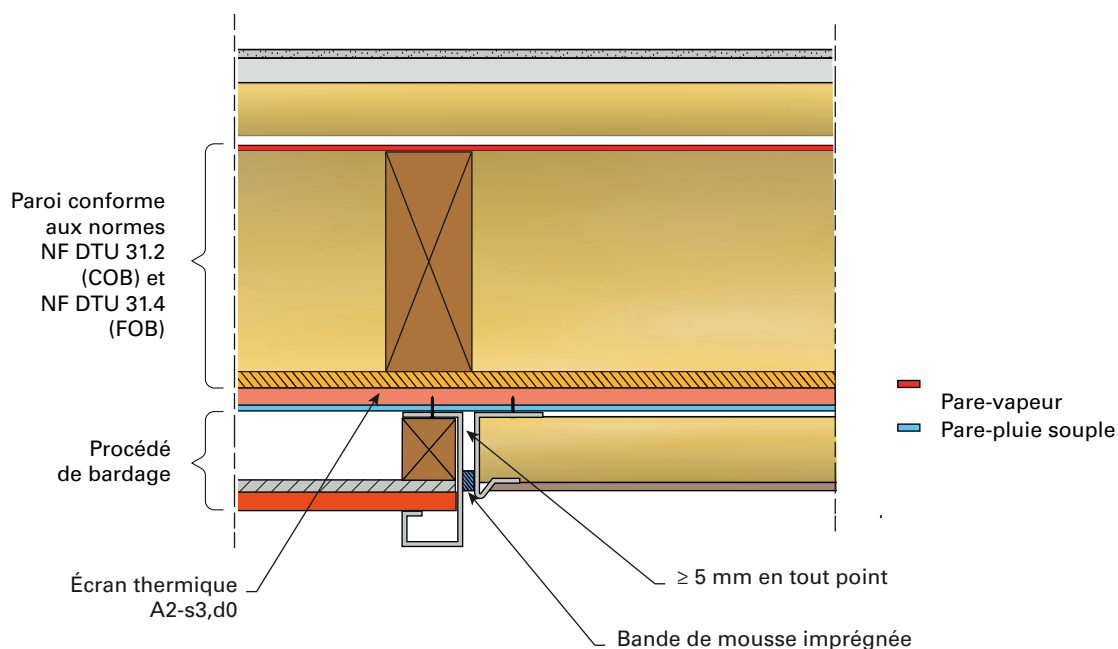


Figure 48 : Exemple compatible avec un niveau d'étanchéité Ee1 – Traitement de la jonction avec des profils d'arrêts/ finition pour le bardage et l'ETICS, et réalisation d'un calfeutrement en mastic sur fond de joint entre les 2 profils

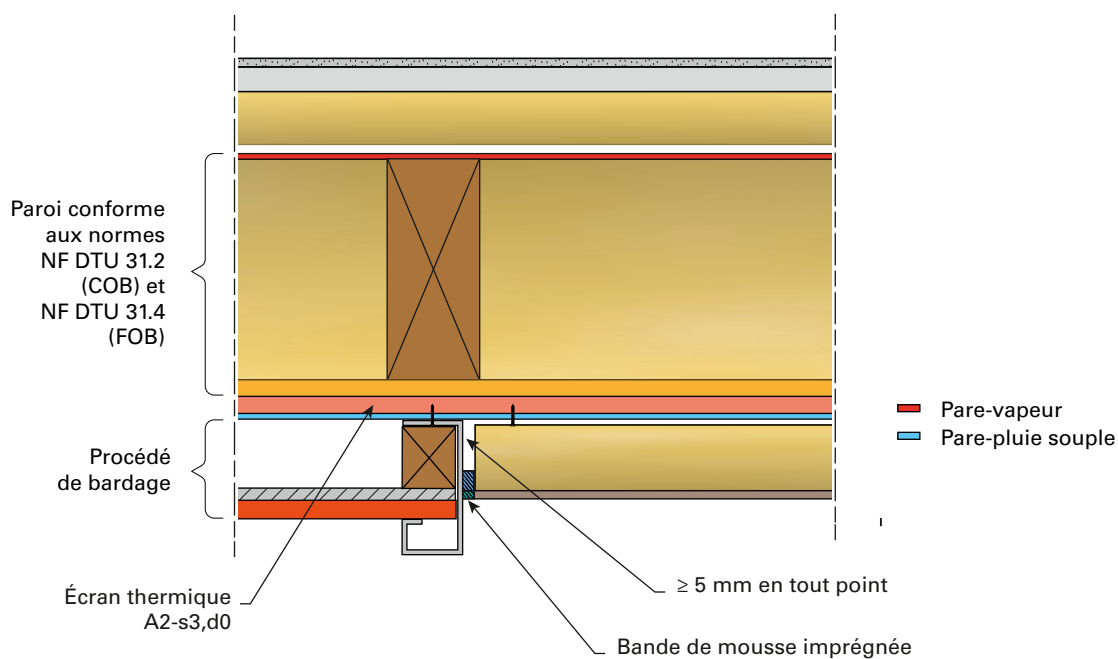


Figure 49 : Exemple compatible avec un niveau d'étanchéité Ee1 – Traitement de la jonction avec des profils d'arrêts/ finition pour le bardage, et réalisation d'un calfeutrement en mastic sur fond de joint entre les deux revêtements

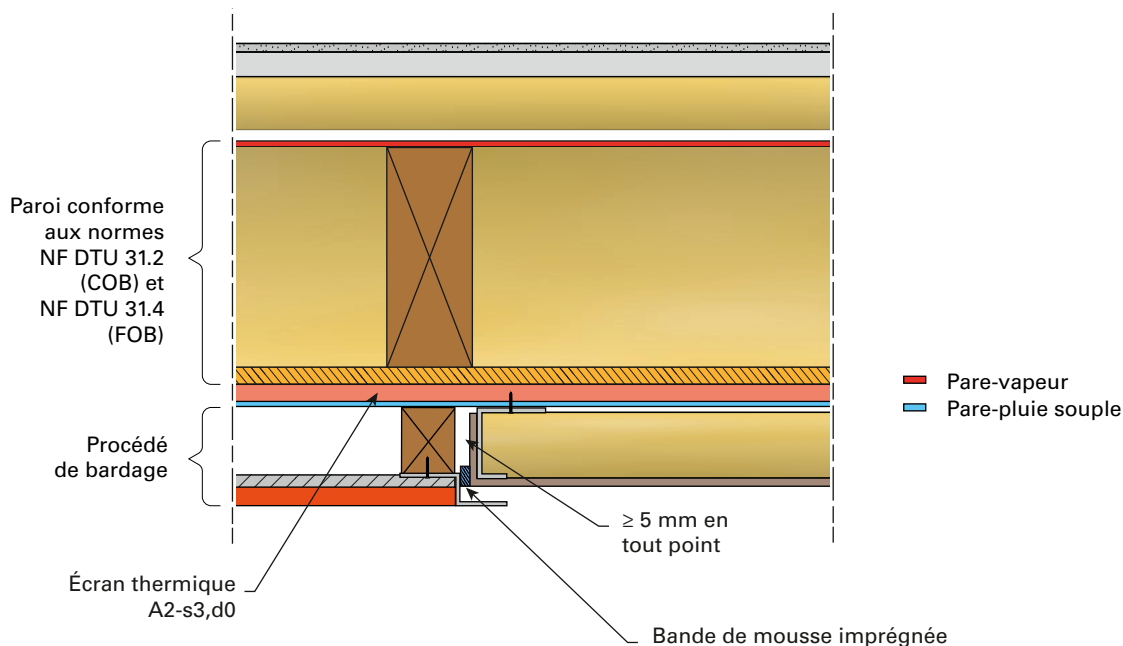


Figure 50 : Exemple compatible avec un niveau d'étanchéité Ee2 –
 Traitement de la jonction avec des profils d'arrêts/finition pour le bardage et l'ETICS, réalisation d'un calfeutrement en mastic sur fond de joint entre les 2 profils, protection du calfeutrement avec un profilé d'étanchéité

ATTENTION 34

Pour atteindre un niveau Ee2, le calfeutrement doit être protégé par un profilé.

6.3.10 Intégration des balcons et coursives

Les balcons et coursives constituent une zone sensible des bâtiments à façades en bois. L'eau de pluie arrivant sur ces surfaces doit être gérée afin que l'ossature bois ne puisse, en aucun cas être affectée. Il est à noter que les accès aux bâtiments ne doivent pas comporter de ressaut (exigences accessibilité), ce qui constitue une difficulté supplémentaire.

NOTE 26

Le guide « Balcons en bois sur façades et structures bois » rédigé par le FCBA et financé par le CODIFAB présente la conception des balcons sur support bois. Il est disponible sur ce lien. <https://www.codifab.fr/actions-collectives/balcons-en-bois-sur-facades-et-structures-bois-2720>

Avant d'aborder les différentes possibilités de traitement de ces eaux de pluie, il convient de rappeler qu'il existe différentes configurations ou conceptions de balcons. Les traitements proposés ne seront pas forcément compatibles avec l'ensemble de ces conceptions. Les principales configurations de balcons sont illustrées par les schémas suivants.

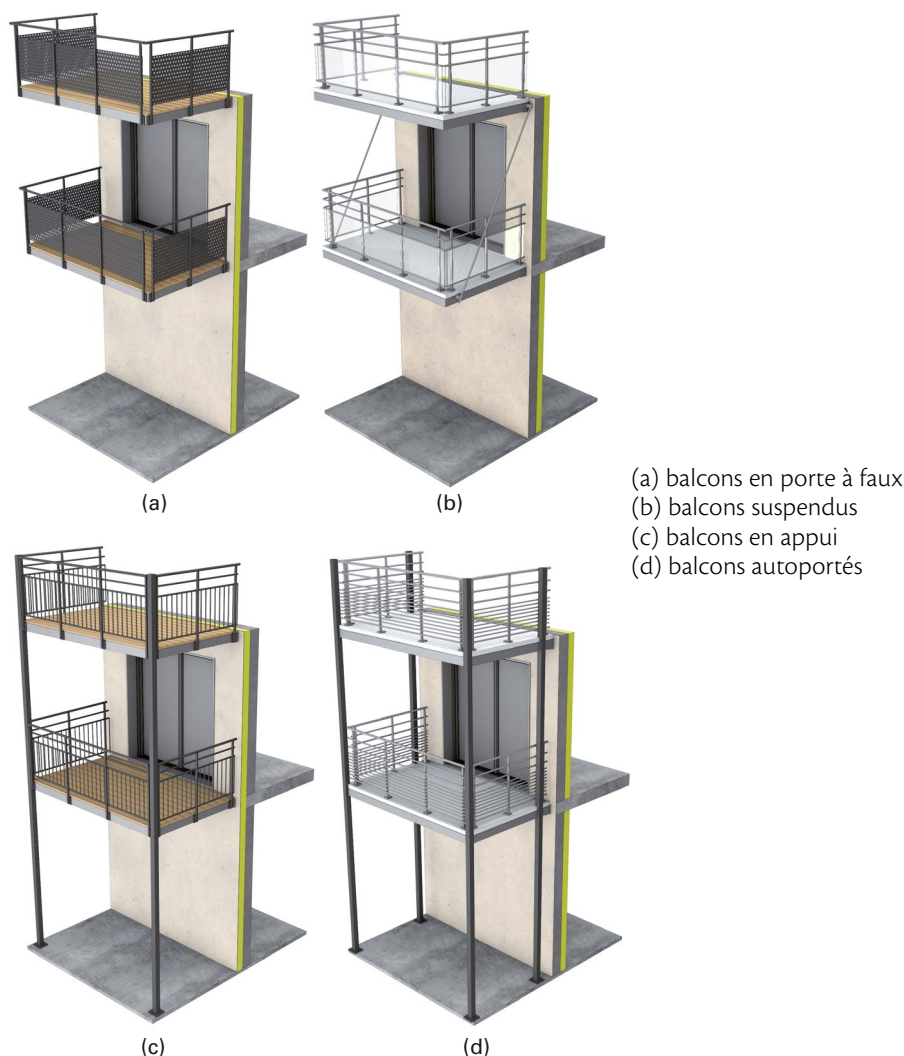


Figure 51 : Typologies de balcons

Ces configurations de balcons sont également valables pour les coursives.

À noter que la structure des balcons, coursives et terrasses peut être soit directement circulaire (avec éventuellement un revêtement collé associé), soit recouverte d'un revêtement sur plots. Ces deux modes de finition ont également un impact sur le traitement des eaux de pluie.

En complément des dispositions constructives pour les accroches de balcon en situation normale, des dispositions spécifiques pour justifier de la stabilité au feu des balcons vis-à-vis de la sécurité incendie sont définies dans l'Appréciation de laboratoire (L'APL générique proposée en ANNEXE E pour ce guide traite des balcons incombustibles et donne les méthodes de calculs vis-à-vis de l'incendie).

Avant d'exposer des exemples de traitement, il convient de présenter les principes retenus.

NOTE 27

Sauf appréciation de laboratoire spécifique, les balcons et coursives rapportées sur ou au travers des supports bois ne constituent pas des circulations protégées au sens de la Règlementation Sécurité Incendie.

6.3.10.1 Principes

Les dispositions prises doivent prévenir les pénétrations d'eau dans l'ossature bois. À ce postulat général, il faut ajouter trois principes plus particuliers :

- Une évacuation d'eau pluviale (EP) est certes visitable, mais elle n'est pas forcément visitée et entretenue ; les locaux accédant aux EP peuvent être inoccupés, l'entretien peut être négligé par les exploitants ou les occupants. Par conséquent, une EP, même avec une section d'évacuation doublée

par rapport aux règles prescrites, ne peut être considérée comme un dispositif fiable d'évacuation des eaux, même si celle-ci reste indispensable.

- Dans le cas où des EP bouchées conduiraient, avec l'accumulation d'eau, à humidifier le support bois, des trop-pleins (TP) d'alerte sont obligatoires. La section d'écoulement des TP d'alerte est au moins égale à celle de la descente concernée. Elle peut être répartie en plusieurs trop-pleins. Les TP d'alerte sont positionnés dans des éléments verticaux et marquent une pente vers l'extérieur. Si les TP dans les éléments verticaux ne peuvent avoir la section suffisante, des TP d'alerte verticaux peuvent compléter la section manquante. La section d'écoulement minimale d'un TP d'alerte est de 50 cm².
- Une pente de 1 % minimum éloignant les eaux de la façade n'est pas suffisante pour empêcher les eaux de s'accumuler en pied de façade. Le vent, agissant concomitamment avec la pluie, pousse, malgré la légère pente, les eaux vers la façade.

ATTENTION 35

Dans le cas où des EP descendent en façade, elles ne peuvent en aucun cas être mise en œuvre derrière le bardage, elles doivent être éloignée de la façade bois et visitables. Il convient également de faire attention à l'interaction entre l'EP et le déflecteur qui ne doit pas être traversé par cette dernière.

Lorsque le balcon ou la coursive sont étanchés, il convient de s'assurer de la présence d'un relevé d'étanchéité contre la paroi de l'ossature bois par la mise en place d'une costière métallique. Cette dernière devra comporter un relevé d'une hauteur minimale de 0,10 m (se conformer aux dispositions du DTU de la série 43). Un larmier protégera la tête de la costière.

De plus, selon la configuration présente et la sensibilité du bardage au rejaillissement, il conviendra de s'assurer d'une garde à l'eau sur un sol dur de 5 cm de l'ossature métallique et de 15 cm en cas d'ossature bois. Ces cotes devront également être respectées dans le plan horizontal, le jeu entre le revêtement du balcon et le bardage étant fermé par le biais d'un caillebotis métallique par exemple. Le départ de bardage ayant un départ au même niveau selon sa sensibilité. Cette valeur peut être prise en fond de caniveaux si ce dernier comporte un caillebotis.

Dans le cas où le pied de bardage est abrité (présence d'une protection en tête (rapport de 2,5 entre profondeur du balcon et la hauteur du pas d'étage à assurer), ces dispositions ne sont pas nécessaires (absence de dispositions vis-à-vis des rejaillissements).

ATTENTION 36

Dans le carnet de détails de mise en œuvre des balcons, il faudra veiller à prévenir le risque de rejaillissement de l'eau sur le bardage et son ossature (voir principes énoncés ci-dessus).

6.3.10.2 Exemples de traitements

Les exemples proposés par la suite ne constituent pas un catalogue exhaustif. D'autres solutions respectant les principes énoncés précédemment peuvent également être envisagées.

- Le surbot béton

La solution consiste à prévoir un relevé en béton, un surbot, de 20 cm afin de protéger la partie basse de l'ossature bois. En plus de complexifier la réalisation du gros œuvre, cette solution n'est envisageable que pour des ossatures bois interrompues au niveau des balcons ; l'ossature bois ne pouvant être filante sur la façade dans cette configuration. Le surbot crée également un pont thermique qui devra être isolé par ailleurs.

- Le cheneau filant

Cette solution de récupération des eaux le long de la façade nécessite un chéneau ayant une profondeur suffisante pour pouvoir intégrer les trop-pleins qui sont indispensables, en complément des évacuations d'eaux pluviales.

Ces chéneaux doivent être profonds car il est nécessaire d'intégrer des trop-pleins de section suffisante sous le niveau le plus bas de déversement vers l'ossature bois. Ce niveau bas étant généralement situé au niveau des seuils de porte.

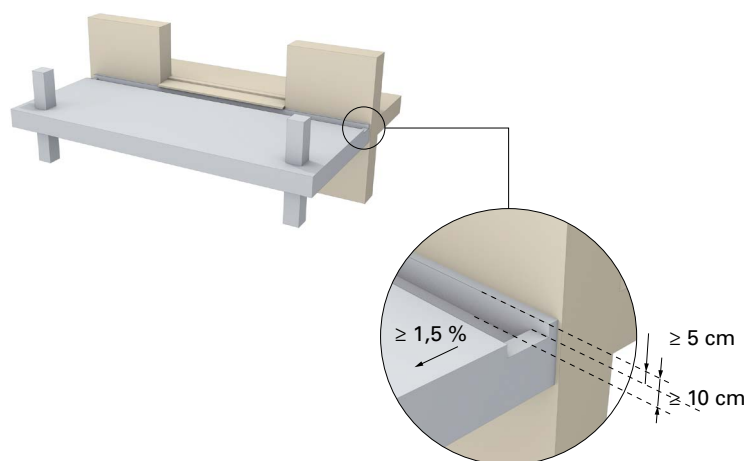


Figure 52 : Chéneau filant

Par conséquent, cette solution n'est généralement pas adaptée aux balcons en porte-à-faux du fait de l'affaiblissement important du balcon à proximité de l'encastrement. Elle reste toutefois envisageable pour les autres typologies de balcons.

■ Balcon non directement circulaire

Cette solution est envisageable pour les quatre typologies de balcons visées. La structure du balcon n'est pas directement circulaire ; des dalles sur plots ou un platelage sont alors nécessaires. Des évacuations d'eaux pluviales et des trop-pleins sont également nécessaires.

Les figures suivantes illustrent cette solution dans le cas de balcons désolidarisés. Ces exemples peuvent également être adaptés à des balcons liés au reste de la structure et où l'ossature bois serait interrompue au niveau du balcon.

La hauteur de la costière métallique support du relevé d'étanchéité doit être d'une hauteur minimale de 10 cm.

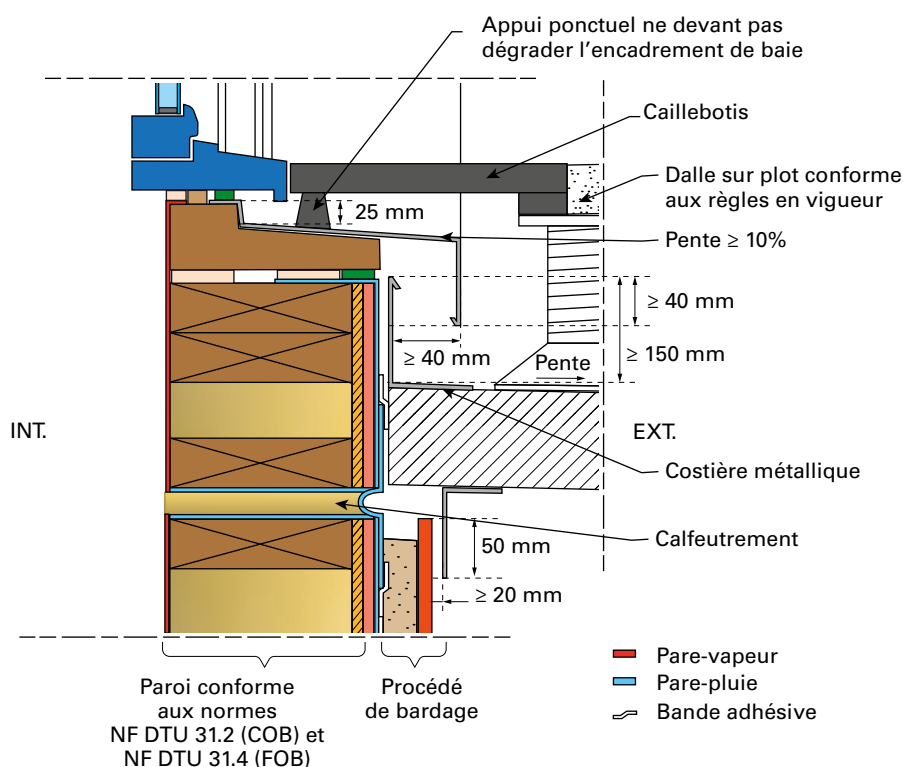


Figure 53 : Exemple de traitement d'un balcon (suspendu, ou en appui ou désolidarisé) non directement circulaire (au niveau d'un seuil de porte)

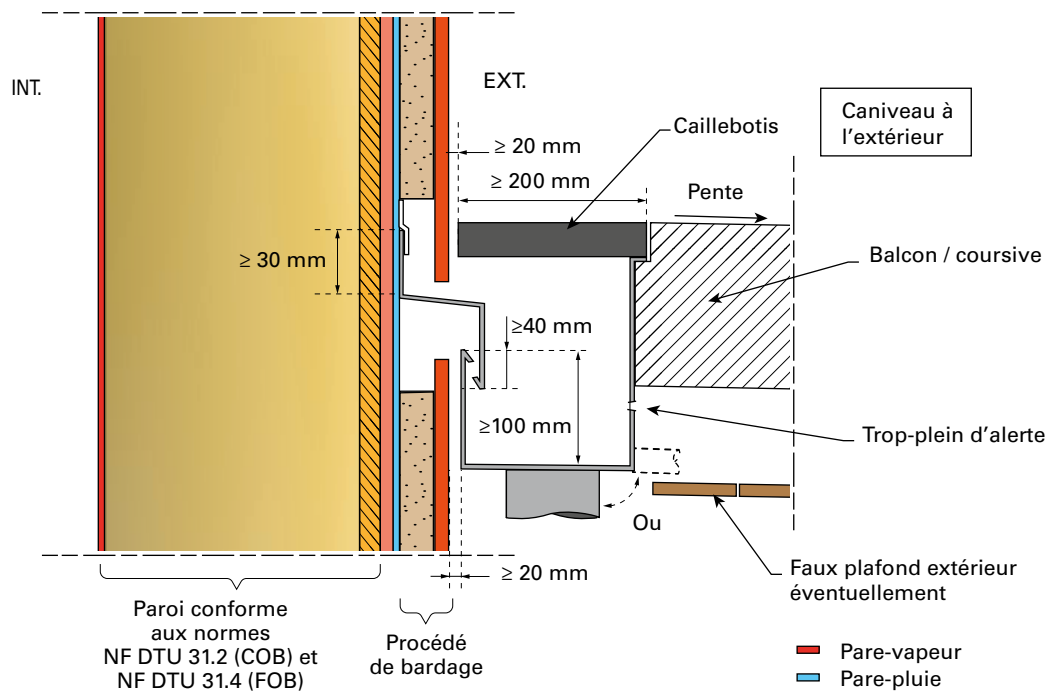


Figure 56 : Exemple de traitement d'un balcon (suspendu ou en appui ou désolidarisé) directement circulaire penté vers l'extérieur (au niveau d'une paroi opaque)

Réglementation, normes et autres documents de référence

A.1 Textes législatifs et réglementaires

A.1.1 La RE 2020

■ Textes principaux

Code de la construction et de l'habitation (Partie Législative et Réglementaire) : Chapitre 1 Règles générales – Section 4 Performance énergétique et environnementale et caractéristiques énergétiques et environnementales – Articles L111-9 à L111-10-5, R111-20 à R111-22-3.

■ Décrets et Arrêtés « Exigences et Méthodes de la RE 2020 »

- Arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R. 172-6 du code de la construction et de l'habitation.
- Décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine.
- Décret n° 2022-305 du 1^{er} mars 2022 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments de bureaux et d'enseignement primaire ou secondaire en France métropolitaine.
- Décret n° 2022-1516 du 3 décembre 2022 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions temporaires.
- Arrêté du 6 avril 2022 modifiant les arrêtés pris en application des articles R. 122-22 à R. 122-25 et R. 172-1 à R. 172-9 du code de la construction et de l'habitation.
- Arrêté du 22 décembre 2022 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions temporaires ou de petite surface.
- Arrêté du 14 août 2024 modifiant l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R. 172-6 du code de la construction et de l'habitation.
- Arrêté du 17 novembre 2020 relatif aux caractéristiques techniques et modalités de réalisation des travaux et prestations dont les dépenses sont éligibles à la prime de transition énergétique.

■ Décrets et Arrêtés « Attestations et Étude de faisabilité énergétique »

- Arrêté du 9 décembre 2021 relatif aux attestations de prise en compte des exigences de performance énergétique et environnementale et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux diverses solutions d'approvisionnement en énergie pour les constructions de bâtiments en France métropolitaine et modifiant l'arrêté du 11 octobre 2011 relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs ou les parties nouvelles de bâtiments.
- Arrêté du 9 décembre 2021 relatif à la réalisation d'une étude de faisabilité relative aux diverses solutions d'approvisionnement en énergie pour les constructions de bâtiments en France métropolitaine.

- Décret n° 2023-1175 du 12 décembre 2023 relatif aux documents attestant du respect des règles concernant l'acoustique, l'accessibilité et la performance énergétique et environnementale.
- Décret n° 2021-1548 du 30 novembre 2021 relatif aux attestations de prise en compte des exigences de performance énergétique et environnementale et à la réalisation d'une étude de faisabilité relative aux diverses solutions d'approvisionnement en énergie pour les constructions de bâtiments en France métropolitaine.

■ Arrêtés « Données environnementales »

- Arrêté du 14 décembre 2021 relatif à la déclaration environnementale des produits destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment et à la déclaration environnementale des produits utilisée pour le calcul de la performance environnementale des bâtiments.
- Arrêté du 14 décembre 2021 relatif à la vérification par tierce partie indépendante des déclarations environnementales des produits destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment et des déclarations environnementales des produits utilisées pour le calcul de la performance environnementale des bâtiments.
- Arrêté du 20 octobre 2022 modifiant l'arrêté du 14 décembre 2021 relatif à la déclaration environnementale des produits destinés à un usage dans les ouvrages de bâtiment et à la déclaration environnementale des produits utilisée pour le calcul de la performance environnementale des bâtiments
- Décret n° 2021-1674 du 16 décembre 2021 relatif à la déclaration environnementale de produits de construction et de décoration ainsi que des équipements électriques, électroniques et de génie climatique.

A.1.2 La réglementation acoustique

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation et circulaire d'application du 28 janvier 2000.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les hôtels, les établissements d'enseignement et de santé et circulaire d'application du 25 avril 2003.

A.1.3 La sécurité incendie

- Arrêté du 31 janvier 1986 modifié (par Arrêtés du 18 août 1986, du 19 décembre 1988, du 19 juin 2015, du 7 août 2019, du 13 novembre 2019, du 7 décembre 2020, du 13 août 2021) relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 25 juin 1980 modifié (par les Arrêtés du 22 décembre 1981, du 4 juin 1982, du 21 juin 1982, du 6 janvier 1983, du 21 avril 1983, du 7 juillet 1983, du 24 janvier 1984, du 12 décembre 1984, du 23 janvier 1985, du 10 mars 1986, du 23 octobre 1986, du 10 juillet et du 18 novembre 1987, du 7 mars et du 30 juillet 1988, du 23 mai 1989, du 11 septembre 1989, du 22 juin 1990, du 31 mai 1991) portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public
- Appréciation de Laboratoire « Bois construction et propagation du feu par les façades », en application de l'instruction technique 249 version 4, CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, FCBA Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement, juillet 2023.

A.2 Normes DTU

■ NF DTU 31.2 – Travaux de bâtiment – Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois

- Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCT) (Indice de classement : P21-204-1-1), mai 2019.
- Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) (Indice de classement : P21-204-1-2), mai 2019.

- Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS) (Indice de classement : P21-204-2), mai 2019.
- **NF DTU 31.4 – Travaux de bâtiment – Façades à ossature bois**
 - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (CCTP), avril 2020.
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM), avril 2020.
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (CCS), avril 2020.
- **NF DTU 20.1 : Travaux de bâtiment – Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs**
 - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (Indice de classement : P10-202-1-1), juillet 2020.
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (Indice de classement : P10-202-1-2), juillet 2020.
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (Indice de classement : P10-202-2), juillet 2020.
 - Partie 3 : Dispositions constructives minimales (Indice de classement : P10-202-3), juillet 2020.
- **NF DTU 34.4 : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fermetures et stores**
 - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (Indice de classement : P25-204-1-1), septembre 2013
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (Indice de classement : P25-204-1-2)
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (Indice de classement : P25-204-2), septembre 2013
 - Partie 3 : Mémento de choix pour les maîtres d'œuvre (Indice de classement : P25-204-3), juillet 2015
- **NF DTU 36.5 – Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures**
 - Partie 1-1 : Cahiers des clauses techniques types (Indice de classement : P20-202-1-1), avril 2010.
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) (Indice de classement : P20-202-1-2), avril 2010.
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (Indice de classement : P20-202-2), avril 2010.
 - Partie 3 : mémento de choix en fonction de l'exposition (Indice de classement : P20-202-3), octobre 2020.
- **NF DTU 44.1 – Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics**
 - Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (Indice de classement : P85-210-1-1), août 2012.
 - Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (Indice de classement : P85-210-1-2), août 2012.
 - Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types (Indice de classement : P85-210-2), août 2012.

A.3 Recommandations professionnelles RAGE-PACTE

- Recommandations Professionnelles RAGE : Bardages en acier protégé et en acier inoxydable – Neuf / Rénovation, juillet 2014, disponible sous le lien suivant <https://www.proreno.fr/documents/bardages-en-acier-protège-et-en-acier-inoxydable>
- Recommandations Professionnelles PACTE : Réalisation des encadrements de baies et intégration des menuiseries extérieures dans les parois à ossature bois – Neuf / Rénovation, novembre 2020, disponible sous le lien suivant : <https://www.proreno.fr/documents/realisation-des-encadrements-de-baies-et-integration-des-menuiseries-exterieures-dans-les-parois-a-ossature-bois>

A.4 Eurocodes

- NF EN 1990 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures (Indice de classement P06-100-1), mars 2003
- NF EN 1990/NA : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures – Annexe nationale à la NF EN 1990 (Indice de classement P06-100-1/NA), décembre 2011
- NF EN 1990/A1 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures - Amendement A1 (Indice de classement P06-100-1), juillet 2006
- NF EN 1990/A1/NA : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures – Annexe nationale à la norme NF EN 1990/A1 (Indice de classement P06-100-1/A1/NA), décembre 2007
- NF EN 1991-1-1 : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments, (Indice de classement : P06-111-1), mars 2003
- NF P06-111-2 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-1 (Indice de classement : P06-111-2), juin 2004
- NF EN 1991-1-3 : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-3 : Actions générales – Charges de neige + Amendement A1 (octobre 2015), (Indice de classement : P06-113-1), avril 2004
- NF EN 1991-1-3/NA : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3 + Amendement A1 (juillet 2011) + Amendement A2 (juillet 2022), (Indice de classement : P06-113-1/NA), mai 2007
- NF EN 1991-1-4 : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent + Amendement A1 (octobre 2010), (Indice de classement : P06-114-1), novembre 2005
- NF EN 1991-1-4/NA : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent – Annexe nationale à la norme NF EN 1991-1-4 + Amendement A1 (juillet 2011) + Amendement A2 (septembre 2012) + Amendement A3 (avril 2019), (Indice de classement : P06-114-1/NA) mars 2008
- NF EN 1992-1-1 : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (février 2015), (Indice de classement : P18-711-1), octobre 2005
- NF EN 1992-1-1/NA : Eurocode 2 – Partie 1.1 – Règles générales et règles pour les bâtiments – Annexe nationale à la norme NF EN 1992-1-1 + Amendement A1 (novembre 2022), (Indice de classement : P18-711-1/NA), mars 2016
- NF EN 1992-1-2 : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu + Amendement A1 (mai 2019), (Indice de classement : P18-712-1), octobre 2005
- NF EN 1992-1-2/NA : Eurocode 2 – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu – Annexe nationale à la norme NF EN 1992-1-2, (Indice de classement : P18-712-1/NA), octobre 2007
- NF EN 1993-1-1 : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (juillet 2014), (Indice de classement : P22-311-1), octobre 2005
- NF EN 1993-1-1/NA : Eurocode 3 – Partie 1.1 – Règles générales et règles pour les bâtiments – Annexe nationale à la norme NF EN 1993-1-1, (Indice de classement : P22-311-1/NA), août 2013
- NF EN 1993-1-2 : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu, (Indice de classement : P22-312-1), novembre 2005
- NF EN 1993-1-2/NA : Eurocode 3 – Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu – Annexe nationale à la norme NF EN 1993-1-2, (Indice de classement : P22-312-1/NA), octobre 2007
- NF EN 1994-1-1 : Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments, (Indice de classement : P22-411-1), juin 2005
- NF EN 1994-1-1/NA : Eurocode 4 – Partie 1.1 – Règles générales et règles pour les bâtiments – Annexe nationale à la norme NF EN 1994-1-1, (Indice de classement : P22-411-1/NA), avril 2007

- NF EN 1994-1-2 : Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 1-2 : Règles générales – Calcul du comportement au feu + Amendement A1 (juin 2014), (Indice de classement : P22-412-1), février 2006
- NF EN 1994-1-2/NA : Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu - Annexe nationale à la NF EN 1994-1-2 + Amendement A1 (septembre 2021), (Indice de classement : P22-412-1/NA), octobre 2007
- NF EN 1995-1-1 : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (octobre 2008) ; Amendement A2 (juillet 2014), (Indice de classement : P21-711-1), novembre 2005
- NF EN 1995-1-1/NA : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités – Règles communes et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-1, (Indice de classement : P21-711-1/NA), mai 2010
- NF EN 1995-1-2 : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Généralités – Calcul des structures au feu, (Indice de classement : P21-712-1), septembre 2005
- NF EN 1995-1-2/NA : Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Généralités – Calcul des structures au feu - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-2, (Indice de classement : P21-712-1/NA), novembre 2022
- NF EN 1998-1 : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (mai 2013), (Indice de classement : P06-030-1), septembre 2005
- NF EN 1998-1/NA : Eurocode 8 – Partie 1 : règles Générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments – Annexe nationale à la norme NF EN 1998-1, (Indice de classement : P06-030-1/NA) décembre 2013
- NF EN 1998-3 : Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 3 : Évaluation et renforcement des bâtiments, (Indice de classement : P06-033-1), décembre 2005
- NF EN 1998-3/NA : Eurocode 8 – Partie 3 : Évaluations et renforcements des bâtiments – Annexe nationale à la norme NF EN 1998-3, (Indice de classement : P06-033-1/NA), janvier 2008
- NV 65 : Règles NV 65 – Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes, (Indice de classement : P06-002), février 2009

A.5 Normes

A.5.1 Normes produits

- NF EN 13162 + A1 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification, mai 2015.
- NF EN 13171 : 2012 + A1 : 2015 : Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en fibres de bois (WF) – Spécification, mars 2015.
- NF EN 13859-2 : Feuilles souples d'étanchéité – Définitions et caractéristiques des écrans souples – Partie 2 : écrans souples pour murs extérieurs, juillet 2014.
- NF EN 13894-2 : Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton – Méthodes d'essais – Détermination de la fatigue sous charge dynamique – Partie 2 : après durcissement, avril 2003.
- NF P 85-570 : Produits pour joints – Mousses imprégnées – Définitions, spécifications – Produits pour joints – Mousses imprégnées – Spécifications et méthodes d'essai, septembre 2020.
- NF EN ISO 11600 /A1 : Construction immobilière – Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics, novembre 2011.
- NF P 30-303 : Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture en fibres-ciment – Spécifications. Essais, décembre 1998.
- NF P 30-305 : Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture métallique – Spécifications – Essais, décembre 1995.

- NF P 85-550 : Produits pour joints – Garnitures d'étanchéité et produits annexes pour miroiterie-vitrerie. Mastics en bandes préformées – Spécifications, décembre 1998.
- NF EN 13956 : Feuilles souples d'étanchéité – Feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères – Définitions et caractéristiques, avril 2013.
- NF EN 13986 + A1 : Panneaux à base de bois destinés à la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage, mai 2015.
- NF EN 338 : Bois de structure – Classes de résistance, juillet 2016.
- Pr XP P18 202 : Travaux de bâtiment – Exigences sur les tolérances des ouvrages complémentaires d'interface localisés (OCIL) – Partie 3 : Exigences relatives aux OCIL entre baies et menuiseries extérieures.
- NF P 08-302 : Murs extérieurs des bâtiments – Résistance aux chocs – Méthodes d'essais et critères, octobre 1990.
- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux à base de bois – Classes d'emploi : définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois, mai 2013.
- NF P 24 351/A2 : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface, mars 2012.
- NF EN 14351-1 + A2 : Fenêtres et portes – Norme produit, caractéristiques de performance – Partie 1 : fenêtres et blocs portes extérieures pour piétons, novembre 2016.
- NF EN 13830 : Façades rideaux – Norme de produit, juillet 2015.
- NF EN 14592 + A1 : (avril 2022) : Structures en bois – Éléments de fixation de type tige – Exigences (Indice de classement : P21-402).
- Fascicule FD P 20-651 : Durabilité des éléments et ouvrages en bois, juin 2011.

A.5.2 Normes d'essais

- NF EN ISO 29767 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme par immersion partielle 2019
- NF EN 823 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'épaisseur, septembre 2013.
- NF EN ISO 9053-1 – Acoustique – Détermination de la résistance statique à l'écoulement de l'air – Partie 1 : méthode statique, décembre 2018.
- NF EN ISO 1928 : Combustibles minéraux solides – Détermination du pouvoir calorifique supérieur par la méthode de la bombe calorimétrique et calcul du pouvoir calorifique, octobre 2020.
- NF EN ISO 12572 : Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment – Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau – Méthode de la coupelle, octobre 2016.
- NF EN 1107-2 : Feuilles souples d'étanchéité – Détermination de la stabilité dimensionnelle – Partie 2 : feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères, mai 2001.
- NF EN 12311-1 : Feuilles souples d'étanchéité – Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses – Détermination des propriétés en traction, décembre 1999.
- NF EN 12311-2 : Feuilles souples d'étanchéité – Détermination des propriétés en traction – Partie 2 : feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères, août 2013.
- NF EN 12310-1 : Feuilles souples d'étanchéité – Partie 1 : feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses – Détermination de la résistance à la déchirure (au clou), décembre 1999.
- NF EN 1931 : Feuilles souples d'étanchéité – Feuilles d'étanchéité de toiture bitumineuses, plastiques et élastomères – Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau, octobre 2000.
- NF EN 12317-2 : Feuilles souples d'étanchéité – Détermination de la résistance au cisaillement des joints – Partie 2 : feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères, octobre 2010.
- NF EN 12316-2 : Feuilles souples d'étanchéité – Détermination de la résistance au pelage des joints – Partie 2 : feuilles d'étanchéité de toiture plastiques et élastomères, novembre 2013.

- NF EN ISO 9047 : Construction immobilière – Produits pour joints – Détermination des propriétés d'adhésivité/cohésion des mastics à température variable, septembre 2010.
- NF EN 13183-2 : Teneur en humidité d'une pièce de bois scié – Partie 2 : estimation par méthode électrique par résistance, juin 2002.
- NF P 08-301 : Ouvrages verticaux des constructions – Essais de résistance aux chocs – Corps de chocs – Principe et modalités générales des essais de choc, avril 1991.
- NF P 85-700 : Jointing products – Identification tests – Apparent density, novembre 2003.
- NF P 85-701 : Produits pour joints – Essais d'identification – Analyse thermogravimétrique, juin 2022.
- NF EN ISO 8339 : Construction immobilière – Mastics – Détermination des propriétés de traction (Allongement jusqu'à rupture), novembre 2005.
- NF P 85-528 : Produits pour joints – Détermination des propriétés d'adhésivité/cohésion sous traction jusqu'à rupture après traitement thermique, août 2003.
- NF EN ISO 10591 : Construction immobilière – Produits pour joints – Détermination des propriétés d'adhésivité/cohésion des mastics après immersion dans l'eau, novembre 2021.
- NF EN 12153 : Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai, juin 2022.
- NF EN 12155 : Façades rideaux – Détermination de l'étanchéité à l'eau – Essai de laboratoire sous pression statique, octobre 2000.
- NF EN 12179 : Façades rideaux – Résistance à la pression du vent – Méthode d'essai, octobre 2000.
- NF EN 12152 : Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Exigences de performance et classification, juillet 2023.
- NF EN 1602 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de la masse volumique apparente, septembre 2013.
- NF EN 12086 : Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau, mai 2013.
- NF EN 12571 : Matériaux et articles en contact avec les denrées alimentaires – Conteneurs pour le transport de bacs contenant des denrées alimentaires préparées – Prescriptions thermiques et d'hygiène et méthodes d'essai, mai 1999.
- NF EN ISO 15148 : Performance hygrothermique des matériaux et produits pour le bâtiment – Détermination du coefficient d'absorption d'eau par immersion partielle, octobre 2003.

A.6 Cahiers de Prescriptions Techniques

- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3194_V3 : Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature métallique et de l'éventuelle isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application, mars 2018.
- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3316_V3 : Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un rapport de conformité, avril 2009.
- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3763 : Règles de transposition des règles NV 65 modifiées aux Eurocodes pour la prise en compte du vent pour les procédés de bardage rapporté, vêtiture et vêtage sous Avis Technique, juillet 2015.
- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3713_V3 : Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : isolants à base de fibres végétales ou animales, février 2021.
- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3517 : Modalités des essais de résistance à la charge due au vent sur les systèmes de bardages rapportés, vêtitures et vêtages – Note d'information 8 – Révision n° 1, février 2005.
- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3747_V2 : Guide d'évaluation des ouvrages de bardage incorporant des parements traditionnels en clins ou lames et cassettes métalliques, mars 2024.
- Cahier de Prescriptions Techniques n° 3749 : Détermination de la sollicitation du vent selon l'Eurocode 1 : application au cas des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant, juillet 2014

- *Guide de recommandations techniques HUMIBATex – Prise en compte des risques hygrothermiques en réhabilitation du bâti existant*, octobre 2017.
- Étude CODIFAB : « Résistance aux chocs des parois à ossature bois » disponible sous le lien suivant : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/resistance-aux-chocs-des-parois-ossature-bois-446>
- Étude CODIFAB : « Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier » disponible sous le lien suivant : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/construction-bois-et-gestion-de-lhumidite-en-phase-chantier-2426>
- Étude CODIFAB : « Guide pédagogique de fonctionnement mécanique des Façades à Ossature Bois » disponible sous le lien suivant : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/deformation-des-facades-a-ossature-bois>
- Étude CODIFAB : « Compatibilité des déformations entre FOB et revêtements extérieurs » disponible sous le lien suivant : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/compatibilite-des-deformations-entre-fob-et-revetements-exterieurs>
- Étude CODIFAB : « Balcons en bois sur façades et structures bois » disponible sous le lien suivant : <https://www.codifab.fr/actions-collectives/balcons-en-bois-sur-facades-et-structures-bois-2720>
- Guide « Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couples température / humidité dans les parois de bâtiment », disponible sous le lien suivant : <https://www.proreno.fr/documents/determination-des-hypotheses-pour-les-simulations-de-transferts-couples-temperature-humidite-dans-les-parois-de-batiment>
- Bâtiments bois de moyenne et grande hauteur > 28 m – Préconisations pour la sécurité en cas d'incendie pour les immeubles bois prévus dans le cadre des prochains JOP de Paris en 2024, ADIVBOIS, version 2.4 du 10 mars 2020.
- Bâtiments en bois multi-niveaux – Bâtiments d'habitation de 8 à 28 m – Préconisations pour la sécurité en cas d'incendie pour les immeubles bois prévus dans le cadre des prochains JOP de Paris en 2024, ADIVBOIS, version 2.4 du 10 mars 2020.

Essais à réaliser

Dans cette annexe, la méthodologie d'essais ainsi que l'exploitation des résultats seront définies, expliquées et précisées si nécessaire.

B.1 Essai AEV façade

B.1.1 Maquette d'essai

La maquette d'essais est réalisée suivant les prescriptions des normes NF EN 12153, NF EN 12155, NF EN 12179.

La maquette d'essais doit a minima comporter une menuiserie extérieure (avec ou sans ouvrants), un joint vertical, un joint horizontal et les traversées de parois (passage de fourreau et/ou fixation des balcons). L'ouverture des joints sur la maquette devra être réalisée en tenant compte de l'ouverture maximale déterminée lors du dimensionnement des éléments de façade à ossature bois. Ces joints doivent être dimensionnés en prenant en compte les déplacements prévisibles des ouvrages (fluage, flèche des supports, etc.) et les tolérances de fabrication et de mise en œuvre (tolérance de pose des organes de fixation, etc.). Le croisement entre le joint vertical et le joint horizontal doit se faire en partie basse de la maquette qui doit faire une hauteur d'étage ou 3 m par défaut.

Les caractéristiques de perméabilité à l'air, d'étanchéité à l'eau et de résistance au vent de cet ou de ces ouvrants peuvent être quantifiées, mais pas classifiées au sens des normes d'essais des fenêtres.

NOTE B.1

Pour la classification des ouvrants, il sera nécessaire de fournir un rapport d'essai selon les normes NF EN 14351-1 ou un label de certification permettant de s'assurer de la constance de qualité de la fabrication des menuiseries. Il sera nécessaire que les dimensions des ouvrants soient couvertes dans le certificat ou dans le rapport d'essai. Dans le cas contraire, un essai sera nécessaire pour donner le classement de la fenêtre.

B.1.2 Protocole d'essai

Le protocole d'essai sera identique à celui détaillé en annexe D de la norme NF DTU 31.4.

Le protocole d'essai est constitué des éléments suivants :

- Perméabilité à l'air – classification suivant la norme NF EN 12153.
- Étanchéité à l'eau – classification suivant la norme NF EN 12155.
- Résistance au vent, aptitude de service – classification suivant la norme NF EN 12179.
- Contrôle de la perméabilité à l'air – classification suivant la norme NF EN 12153 pour classification de résistance au vent.
- Contrôle de l'étanchéité à l'eau – classification suivant la norme NF EN 12155 pour classification de résistance au vent.
- Résistance au vent sous charge accrue de charge de sécurité – classification suivant la norme NF EN 12179.

B.2 Essai de vérification de la compatibilité des déformations entre FOB et bardages rapportés

B.2.1 Cadre

Du fait de leurs fonctions, les façades à ossature bois (FOB) sont soumises à plusieurs sollicitations directes ou indirectes occasionnées par les actions extérieures (vent, pluie, fluage, etc.).

La compatibilité entre leurs déformations et les déformations de leur revêtement est donc essentielle pour ne pas affaiblir la capacité de ce revêtement extérieur à protéger la FOB des incidences de la pluie battante.

Des essais de vieillissement mécanique et de résistance à la pluie battante sont réalisés afin de répondre à la problématique.

NOTE B.2

Ce protocole a été conçu par le laboratoire Essais & Simulations de l'Institut Technologique FCBA grâce à des financements CODIFAB.

B.2.2 Limites d'application

Le protocole est créé pour les FOB filantes avec appui multiples selon la norme NF DTU 31.4.

Certains choix dans les critères des essais à fixer (déplacements imposés pour les essais mécaniques et niveau de pression pour l'essai de résistance à la pluie battante) dépendent du système constructif étudié et du domaine d'emploi considéré ou des attentes spécifiques du demandeur. Une analyse en amont est nécessaire afin de déterminer les paramètres d'essais.

L'épaisseur du voile de stabilité utilisé dans ce protocole est par défaut de 15 mm. Le pilotage des essais étant réalisé en déplacement, une épaisseur du voile de stabilité importante permet de transmettre un effort plus important et une transmission de la déformation maximale (conservative) imposée au revêtement. Le voile de stabilité peut être pris à une épaisseur inférieure sur demande.

NOTE B.3

Dans le cas d'une épaisseur de voile de stabilité prise à 15 mm, les résultats de ce protocole sont valables pour des épaisseurs de voile de stabilité inférieures.

Enfin, en fonction du revêtement testé (rigidité, dimensions, élanement, etc.), il est nécessaire de caractériser la capacité du revêtement à reprendre les déformations. Ceci peut être fait par un ou des essais mécaniques complémentaires.

B.2.3 Échantillonnage

Une maquette par type (avec baie et croix de jonction) est nécessaire pour la réalisation des séquences d'essais, dans le cadre de ce protocole.

B.2.4 Définition du protocole

■ Conditions de stockage

Pendant, après fabrication et avant essais, les maquettes doivent être stockées en intérieur sans conditionnement thermo-hygrométrique particulier (température > 18 °C).

■ Moyens d'essai

■ Essais mécaniques

L'appareillage d'essai doit être capable d'enregistrer la force de manière continue avec une précision de 3 % de la force appliquée. Les déplacements doivent être mesurés avec des capteurs de classe 1.

■ Résistance à la pluie battante

L'appareillage d'essai à la pluie battante doit comprendre les éléments suivants :

- une chambre d'ouverture réglable dans laquelle le corps d'essai peut être fixé ;
- une source de pression d'air différentielle contrôlée appliquée de part et d'autre du corps d'épreuve, réglée à ± 5 % près ;
- un dispositif capable d'appliquer des variations rapides et contrôlées de la pression différentielle entre des limites définies ;
- un système d'arrosage créant un film d'eau continu sur toute la surface du corps d'épreuve ; le débit d'eau pulvérisé se décompose en deux parties :
 - l'eau de ruissellement, 1,2 L/(m.min), uniformément répartie sur le sommet du corps d'épreuve ;
 - la pluie battante, 1,5 L/(m.min), uniformément répartie sur la surface extérieure du corps d'épreuve ;
- des dispositifs permettant de mesurer la quantité d'eau fournie à ± 10 % près ;
- un dispositif permettant de mesurer la pression d'air différentielle entre les deux faces du corps d'épreuve à ± 5 % près ;
- une alimentation en eau suffisamment propre pour garantir à toutes les buses une pulvérisation correcte ;
- une balance ou tout autre dispositif de pesée capable de déterminer la masse du corps d'épreuve à $\pm 0,1$ % près ;
- un dispositif permettant de récolter séparément, les eaux de ruissellement en face intérieure du revêtement et sur le pare-pluie côté ossature.

■ Maquettes

Les maquettes sont de deux types suivant les essais réalisés.

La Figure B-1 présente un schéma de principe de l'ossature support FOB avec baie. Des plans indicatifs sont disponibles ci-dessous.

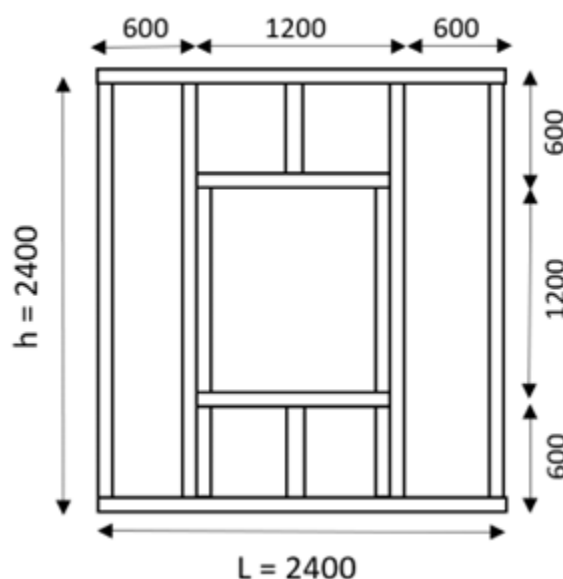


Figure B.1 Ossature support FOB avec baie – schéma de principe

Au centre de l'ossature support est disposé un encadrement de baie de dimensions $1200 \pm 50 \times 1200 \pm 50$ mm² (le vide entre montants de FOB doit être conforme à la norme NF DTU 31.4).

La Figure B-2 présente un schéma de principe de l'ossature support FOB croix de jonction. Les 4 modules étant libres, ils sont fixés sur une contre-ossature. Des plans indicatifs sont disponibles ci-dessous.

Chaque module est de dimensions $600 \times 800 \pm 50 \text{ mm}^2$ (le vide entre montants de FOB doit être conforme à la norme NF DTU 31.4).

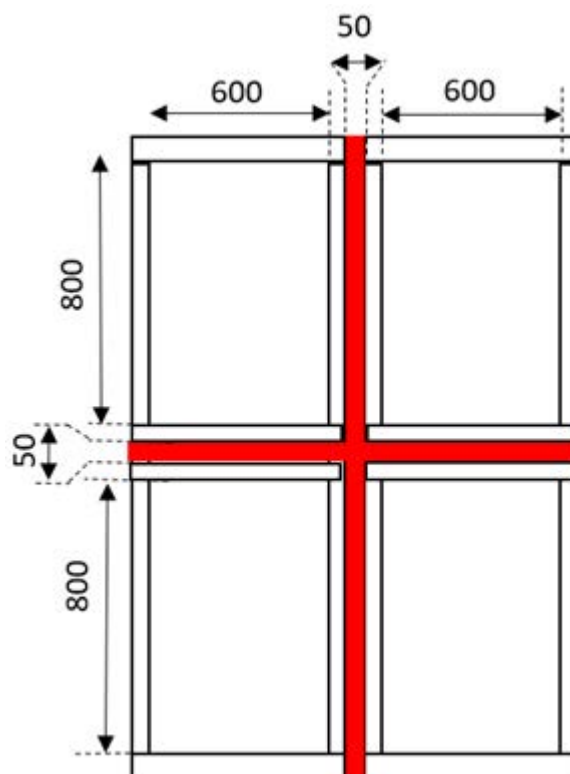


Figure B.2 : Ossature support FOB croix de jonction – schéma de principe

Le revêtement extérieur à tester doit être posé par le demandeur sur ces supports.

■ Essais sur maquette avec baie

Le protocole sur cette maquette décrit la succession de trois essais :

- essai de mise en parallélogramme ;
- essai de flexion 4 points ;
- essai de résistance à la pluie battante.

Essai de mise en parallélogramme

■ Principe

La méthode d'essai, qui a pour base la norme NF EN 594, permet de mesurer la compatibilité du revêtement avec les déformations par une mise en parallélogramme (chargement en tête dans le plan).

■ Mode opératoire

Le système de fixation se compose de deux équerres sur les montants extérieurs permettant de reprendre les mouvements de soulèvements et de butées reprenant les efforts de glissement (schéma et photos disponibles au §B.2.5).

La sollicitation est appliquée en tête de mur par l'intermédiaire d'une ferrure fixée sur le vérin d'une part et sur l'ossature bois (traverse) d'autre part.

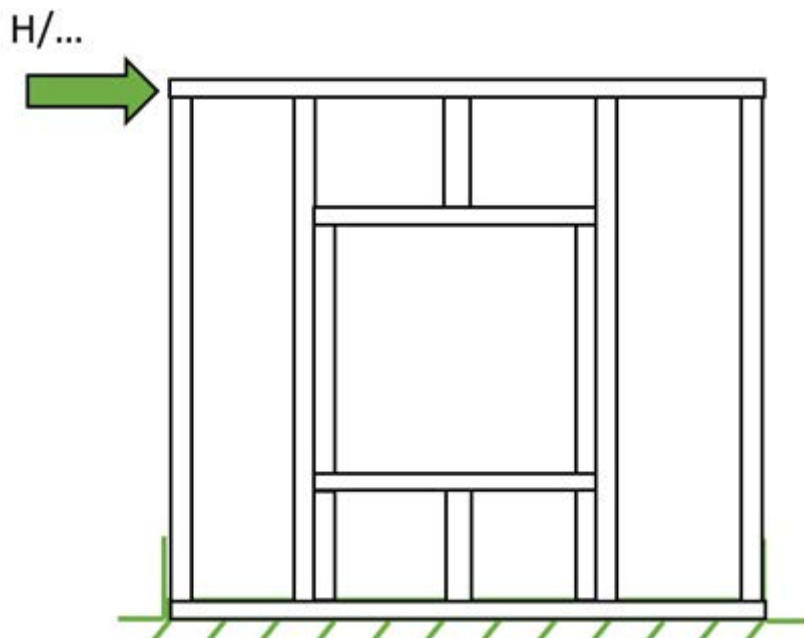


Figure B.3 : Essai de mise en parallélogramme – FOB – schéma de principe

Le pilotage est réalisé en déplacement jusqu'à une valeur de :

- $H/250$ pour les structures béton ou métal selon les normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1993-1-1 sur lesquelles les FOB seront mises en œuvre ;
- $H/500$ pour les structures bois selon la norme NF EN 1995-1-1 sur lesquelles les FOB seront mises en œuvre.

Pour des FOB avec appuis multiples, la valeur de $H/250$ est retenue par défaut afin de pouvoir monter la FOB sur tout type de support (béton, métal ou bois).

Cette valeur peut être modifiée en accord avec le demandeur.

Le protocole de chargement est défini en Figure B-4. On amène l'éprouvette jusqu'à une déformation maximale de $H/250$ sur 1 cycle (traction-compression du vérin).

Le nombre de cycle découle de l'Annexe B3 de la norme NF EN 1991-1-4 (période de retour de 50 ans).

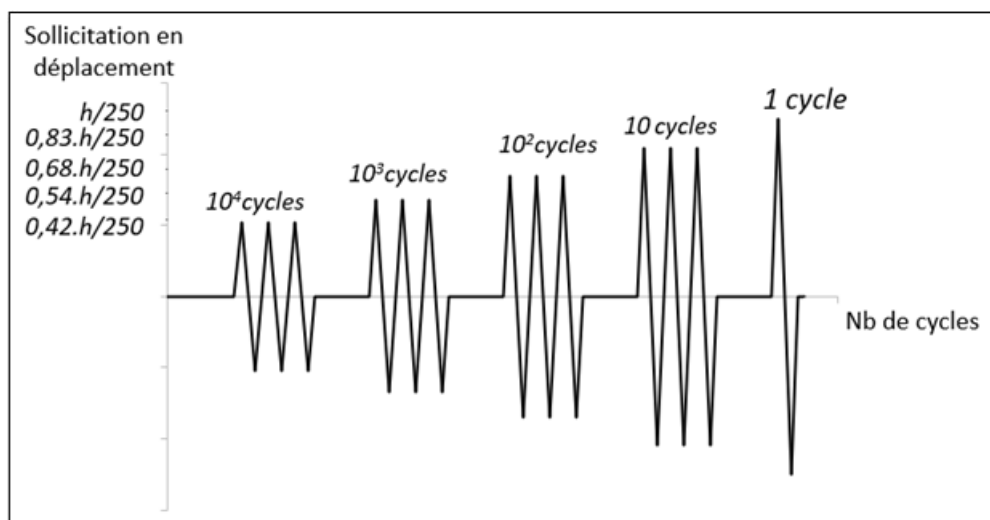


Figure B.4 : Nombre de cycles et déplacements associés

La fréquence des cycles est de 1 Hz pour : 1, 10, 100, 1000 et 10 000 cycles.

Des capteurs de déplacement peuvent être positionnés sur l'éprouvette sur des cas le justifiant.

Le temps, la force, le déplacement du vérin ainsi que les déplacements des capteurs de déplacement (le cas échéant) doivent être enregistrés.

- Expression des résultats :

Pour chaque séquence de cycle :

- La force maximale $F_{\max}$ obtenue en traction et la force maximale $F_{\max}$ obtenue en compression sont relevées.
- Un constat visuel est réalisé.

Les résultats doivent comprendre l'absence ou la présence de désordres mécaniques, esthétiques et/ou d'étanchéités probables (ruptures du revêtement, déformations excessives, déboîtements, etc.).

La courbe Force / Temps de l'essai doit être tracée.

- Critères d'acceptabilité :

- Si aucun désordre n'est constaté au critère d'arrêt choisi, le protocole se poursuit avec l'essai de flexion 4 points.
- Si un désordre est constaté, le dernier niveau sans désordre devient le nouveau critère dimensionnant à noter sous la forme de h/xxx ou xxx mm pour une hauteur donnée. Un nouvel essai doit être réalisé pour valider ce critère et poursuivre le protocole d'essai.

La démarche décisionnelle est présentée dans l'organigramme au §B.2.6.

Essai de flexion 4 points

- Principe

La méthode d'essai, basée sur la norme NF EN 408+A1, permet de soumettre le revêtement de la FOB aux déformations instantanées, différentielles et de fluage par un chargement descendant en partie supérieure dans le plan.

- Mode opératoire

Un essai de flexion 4 points est réalisé sur l'éprouvette selon la Figure B-5 pour simuler le fluage.

Le déplacement est appliqué au droit des montants par l'intermédiaire d'une plaque de répartition qui couvre l'ossature bois et le voile de stabilité.

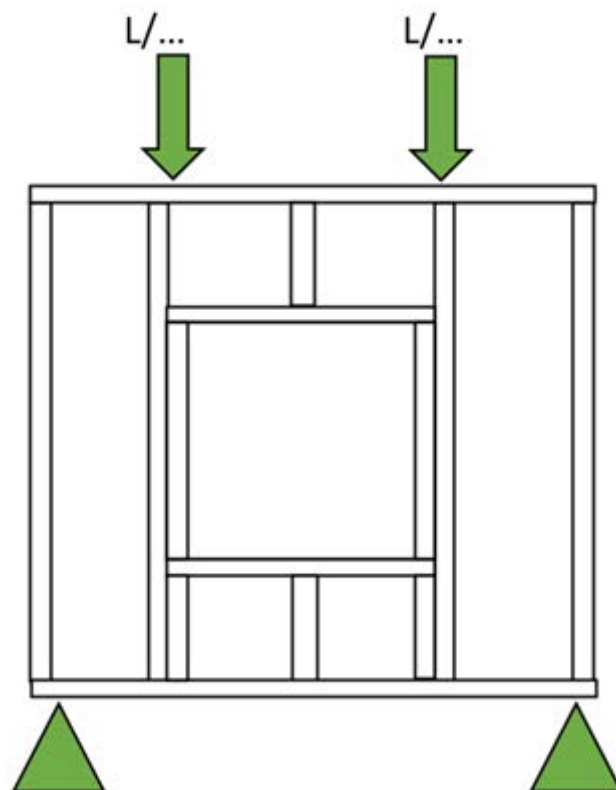


Figure B.5 : Essai de flexion 4 points – FOB – schéma de principe

L'essai est statique par palier selon la courbe de la Figure B-6. Chaque montée de palier se fait sur 60 s, le maintien de palier est de 300 s minimum (temps nécessaire d'analyse de désordre).

Le dernier palier à $L/\dots$ est maintenu pendant 2,5 heures.

Le pilotage est réalisé en déplacement jusqu'à une valeur à définir par le demandeur.

La valeur usuellement retenue est de $L/500$ pour les FOB.

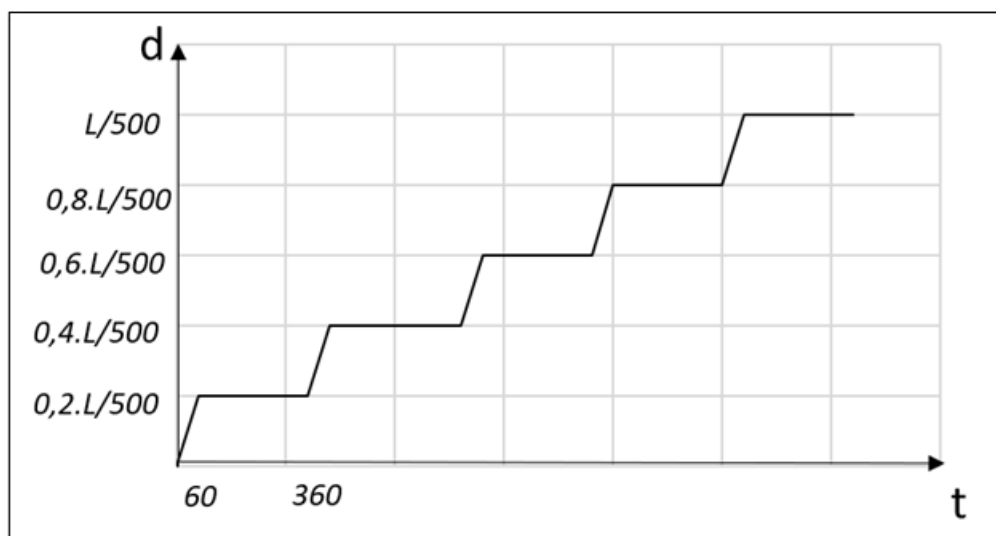


Figure B.6 : Paliers et niveaux de déplacements

Des capteurs de déplacement peuvent être positionnés sur l'éprouvette sur des cas le justifiant et sur demande.

Le temps, la force, le déplacement du vérin ainsi que les déplacements des capteurs de déplacement (le cas échéant) doivent être enregistrés.

■ Expression des résultats :

- Pour chaque palier :
 - la force maximale $F_{\max}$ est relevée ;
 - un constat visuel est réalisé.
- Pour le dernier palier :
 - la force maximale $F_{\max}$ est relevée en début de palier et à la fin du maintien du palier ;
 - un constat visuel est réalisé.

L'absence ou la présence de désordres mécaniques, esthétiques et/ou d'étanchéités probables (ruptures du revêtement, déformations excessives, déboîtements) doit être consignée.

La courbe Force / Temps de l'essai doit être tracée.

■ Critères d'acceptabilité :

Si aucun désordre n'est constaté au critère d'arrêt choisi, le protocole se poursuit avec l'essai de résistance à la pluie battante.

Si un désordre est constaté, le dernier niveau sans désordre devient le nouveau critère dimensionnant à noter sous la forme de h/xxx ou xxx mm pour une hauteur donnée. Un nouvel essai doit être réalisé pour valider ce critère et poursuivre le protocole d'essai.

La démarche décisionnelle est présentée dans l'organigramme au §B.2.6.

Essai de résistance à la pluie battante

■ Principe

La méthode d'essai permet de vérifier la conservation de l'étanchéité du revêtement extérieur à la suite des sollicitations mécaniques réalisées aux §B.2.4.4.1 et §B.2.4.4.2.

■ Mode opératoire

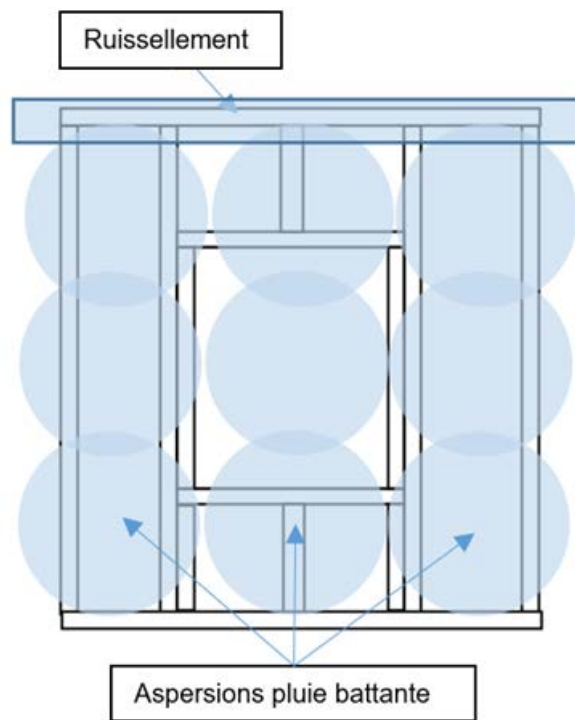


Figure B.7 : Essai de résistance à la pluie battante – maquette menuiserie FOB – schéma de principe

Par défaut, les cycles de pression sont définis dans la méthode A de la norme NF EN 12865 jusqu'à 600 Pa ce qui correspond à la limite haute de la norme NF DTU 31.4 (25 % de la pression dynamique de pointe à une hauteur de 28 m en zone IV et avec une rugosité de 0).

Cependant, les niveaux de pression testés sont choisis en cohérence avec le système constructif, le domaine d'emploi revendiqué et le souhait du demandeur.

Écart de pression Pa	Procédure A	
	Intervalle de temps min	Temps total en fin de palier min
0	20	20
0 à 150	10	30
0 à 300	10	40
0 à 450	10	50
0 à 600	10	60

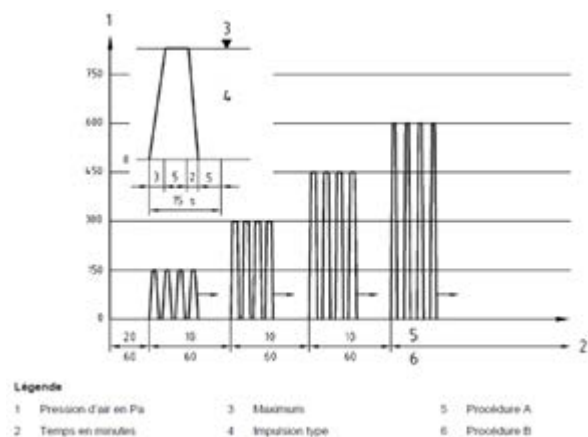


Figure B.8 : Procédure A selon la norme NF EN 12865 et cycles d'aspersion

À la fin des cycles d'aspersion, un égouttage de 10 minutes de la maquette d'essai est effectué.

■ Expression des résultats

Pour chaque maquette d'essai, les résultats expérimentaux sont exprimés de la façon suivante :

- m_0 masse avant essai en kg
- m_1 masse après essai et un égouttage de 10 minutes, en kg
- W_A masse d'eau absorbée par unité de surface en kg/m^2
- P Pression de l'environnement ambiant en hPa
- T Température ambiante en $^{\circ}\text{C}$
- H Humidité relative en HR %

Tout au long de l'essai, des observations visuelles de la maquette d'essai sont réalisées.

En fin d'essai et après égouttage, un démontage du revêtement extérieur au niveau des points singuliers (voir Figure B-9) est effectué afin d'apprécier la présence ou non de zones d'humidification en contre-parement, sur le pare-pluie et sur le voile de stabilité.

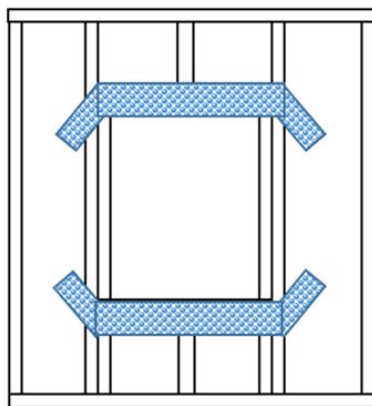


Figure B.9 : Schéma de principe des points singuliers et zones d'attention particulière

De plus, l'eau récoltée dans le dispositif mis en place, est pesée : d'une part pour l'eau écoulee en contre-parement du revêtement et d'autre part, pour l'eau écoulee le long du pare-pluie.

■ Essais sur croix de jonction

Le protocole sur cette maquette décrit la succession de deux essais :

- essai de cisaillement ;
- essai de résistance à la pluie battante.

Essai de cisaillement

- Principe

La méthode d'essai permet de solliciter la croix de jonction en cisaillement.

- Mode opératoire

Les vis du module haut-gauche qui relie le module à la contre-ossature sont enlevées avant l'essai.

Ainsi, 1 seul des 3 modules est mobile, les 3 autres modules restant fixés à la contre-ossature qui assure le maintien en position.

La sollicitation est appliquée sur la partie supérieure par l'intermédiaire d'une platine fixée sur l'ossature principale.

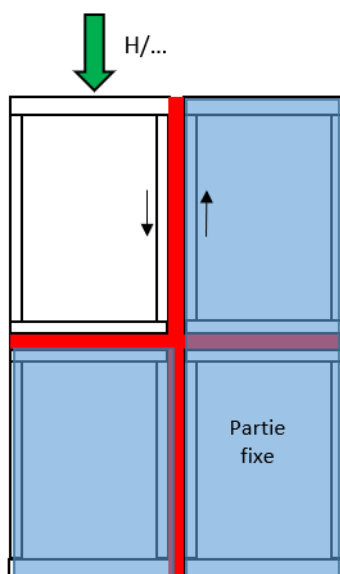


Figure B.10 : Essai de cisaillement sur croix de jonction – schéma de principe

Le pilotage est réalisé en déplacement jusqu'à une valeur à définir. Les valeurs usuellement retenues sont :

- $H/250$ pour les structures béton ou métal selon les normes NF EN 1992-1-1 et NF EN 1993-1-1 ;
- $H/500$ pour les structures bois selon la norme NF EN 1995-1-1.

H étant la hauteur d'un étage.

Une fois l'essai terminé, le module mobile est à nouveau fixé à la contre-ossature pour permettre la réalisation de l'essai suivant.

Le protocole de chargement est défini en Figure B-11. On amène donc l'éprouvette jusqu'à déformation maximale $H/250$ sur 1 cycle (traction-compression du vérin).

Le nombre de cycle correspond à la norme NF EN 1991-1-4 Annexe B3 associée à une période de retour de 50 ans.

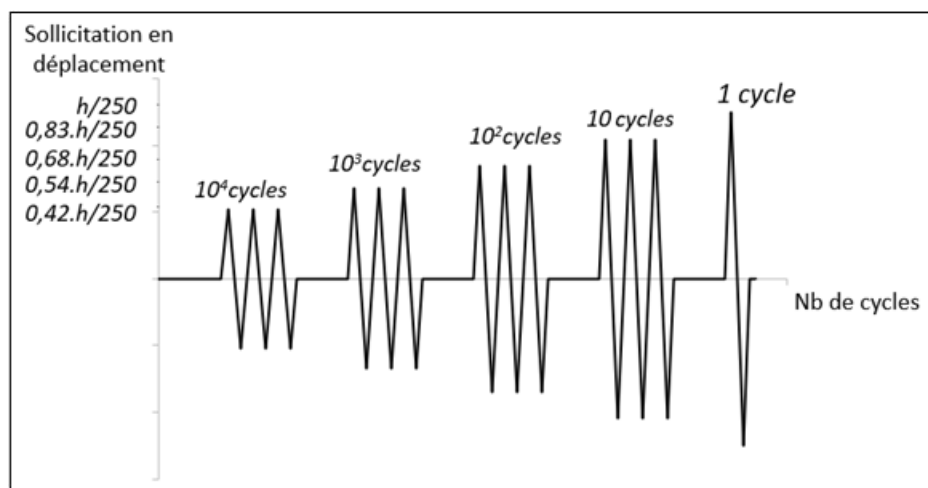


Figure B.11 : Nombre de cycles et déplacements associés

La fréquence des cycles est de 1 Hz pour : 1, 10, 100, 1000 et 10 000 cycles.

Des capteurs de déplacement peuvent être positionnés sur l'éprouvette sur des cas le justifiant et sur demande.

Le temps, la force, le déplacement vérin ainsi que les déplacements des capteurs de déplacement (le cas échéant) doivent être enregistrés.

- Expression des résultats :

Pour chaque séquence de cycle un constat visuel est réalisé.

Les résultats doivent comprendre l'absence ou la présence de désordres mécaniques, esthétiques et ou d'étanchéités probables (ruptures du revêtement, déformations excessives, déboîtements...).

- Critères d'acceptabilité :

Si aucun désordre n'est constaté au critère d'arrêt choisi, le protocole se poursuit avec l'essai de flexion 4 points.

Si un désordre est constaté, le dernier niveau sans désordre devient le nouveau critère dimensionnant à noter sous la forme de h/xxx ou xxx mm pour une hauteur donnée. Un nouvel essai doit être réalisé pour valider ce critère et poursuivre le protocole d'essai.

La démarche décisionnelle est présentée dans l'organigramme au §B.2.6.

Essai de résistance à la pluie battante

- Principe

La méthode d'essai permet de vérifier la conservation de l'étanchéité du revêtement à la suite des sollicitations mécaniques réalisées.

■ Mode opératoire

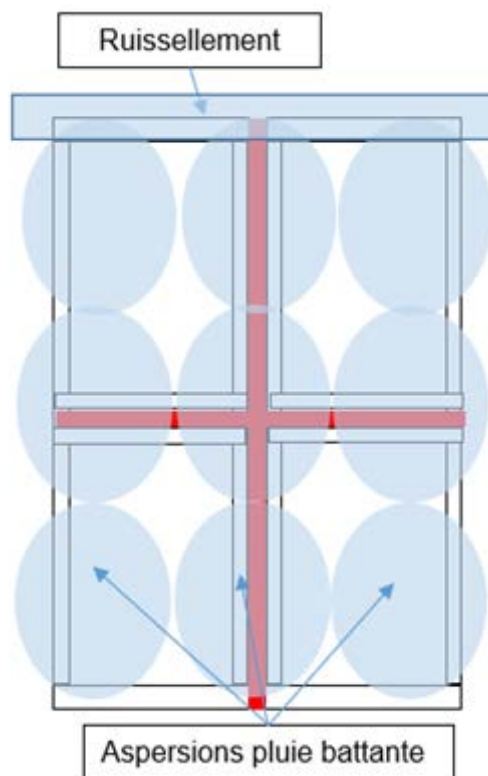


Figure B.12 : Essai de résistance à la pluie battante – maquette croix de jonction FOB – schéma de principe

Par défaut, les cycles de pression sont définis dans la méthode A de la norme NF EN 12865 jusqu'à 600 Pa ce qui correspond à la limite haute de la norme NF DTU 31.4 (25 % de la pression dynamique de pointe à une hauteur de 28 m en zone IV et avec une rugosité de 0).

Cependant, les niveaux de pression testés sont choisis en cohérence avec le système constructif, le domaine d'emploi revendiqué et le souhait du demandeur.

Écart de pression Pa	Procédure A	
	Intervalle de temps min	Temps total en fin de palier min
0	20	20
0 à 150	10	30
0 à 300	10	40
0 à 450	10	50
0 à 600	10	60

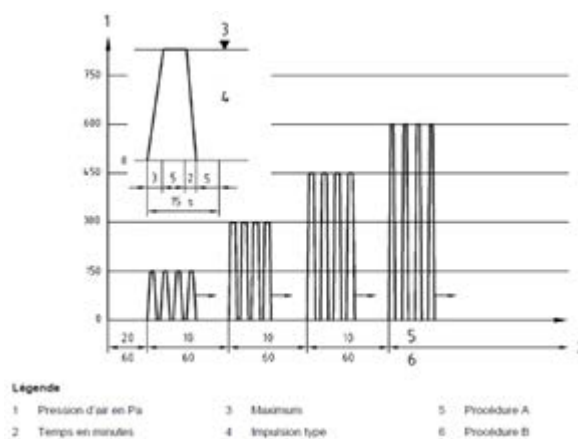


Figure B.13 : Procédure A selon la norme NF EN 12865 et cycles d'aspersion

À la fin des cycles d'aspersion, un égouttage de 10 minutes de la maquette d'essai est effectué.

■ Expression des résultats :

Pour chaque maquette d'essai, les résultats expérimentaux sont exprimés de la façon suivante :

- m_0 masse avant essai en kg
- m_1 masse après essai et un égouttage de 10 minutes, en kg
- W_A masse d'eau absorbée par unité de surface en kg/m^2
- P Pression de l'environnement ambiant en hPa
- T Température ambiante en $^{\circ}\text{C}$
- H Humidité relative en HR %

Tout au long de l'essai, des observations visuelles de la maquette d'essai sont réalisées.

En fin d'essai et après égouttage, un démontage du revêtement extérieur au niveau des points singuliers (voir Figure B-14) est effectué afin d'apprécier la présence ou non de zones d'humidification en contre parement, sur le pare-pluie et sur le voile de stabilité.

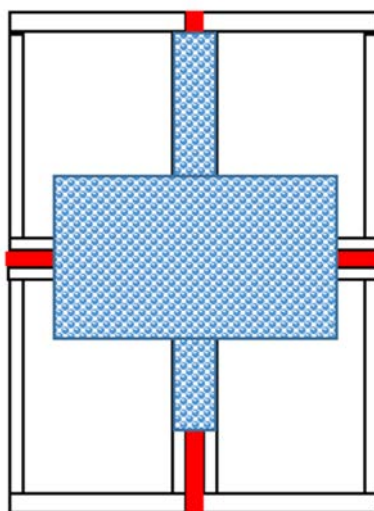


Figure B.14 : Schéma de principe des points singuliers et zones d'attention particulière

B.2.5 Plans indicatifs des ossatures supports de revêtement

■ Ossature support avec menuiserie

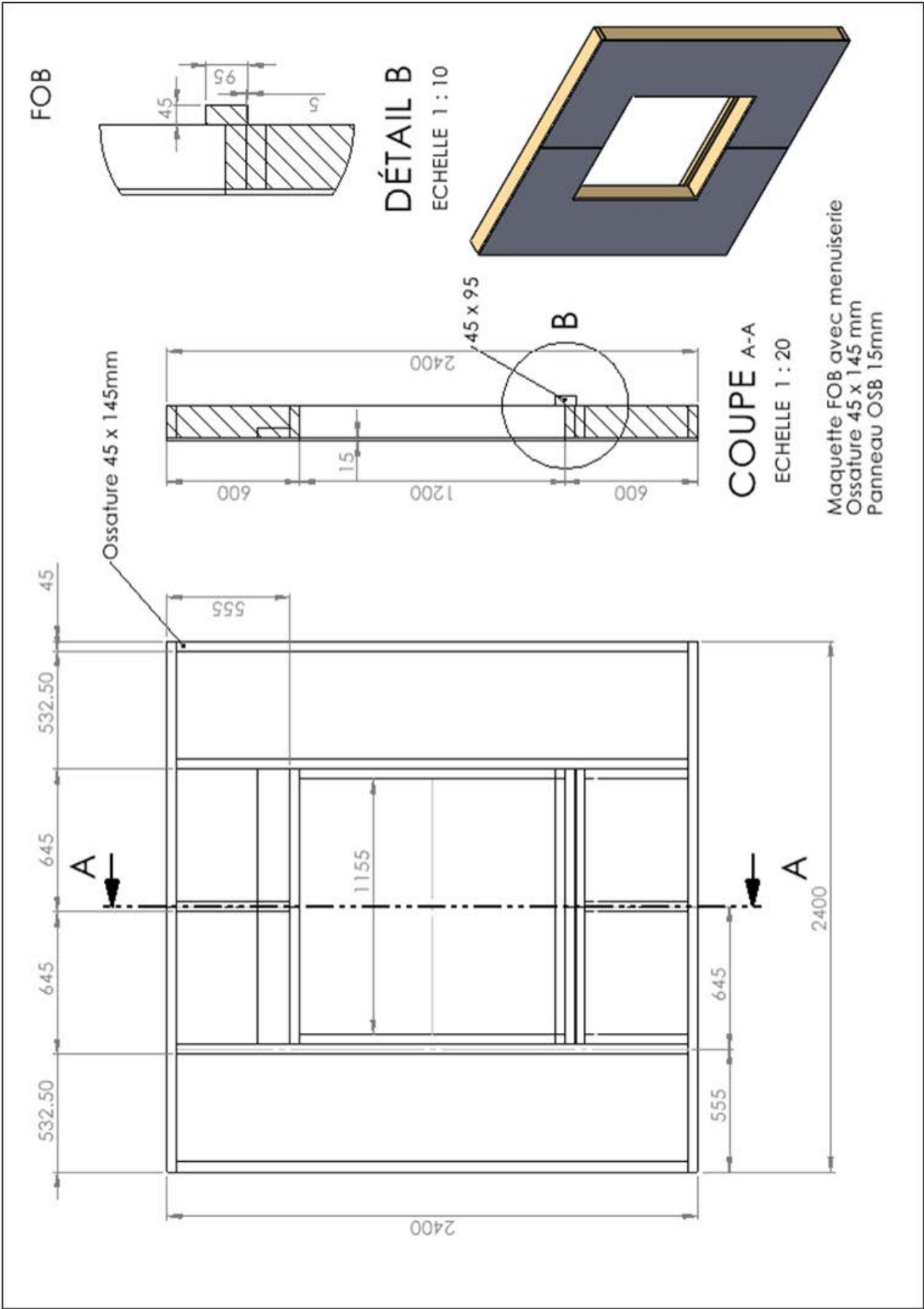




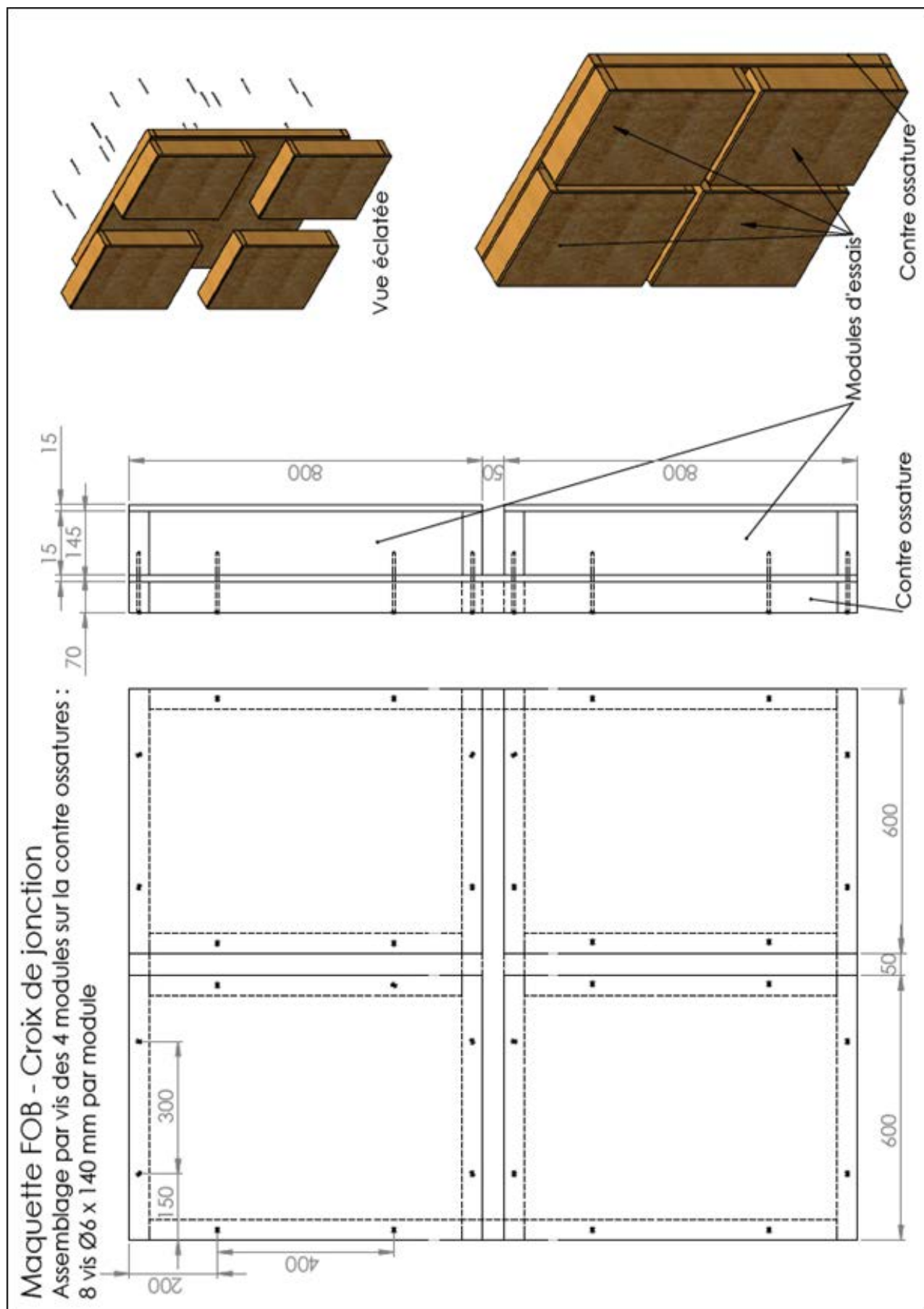
Figure B.15 : Butée réglable anti-glissement (exemple)



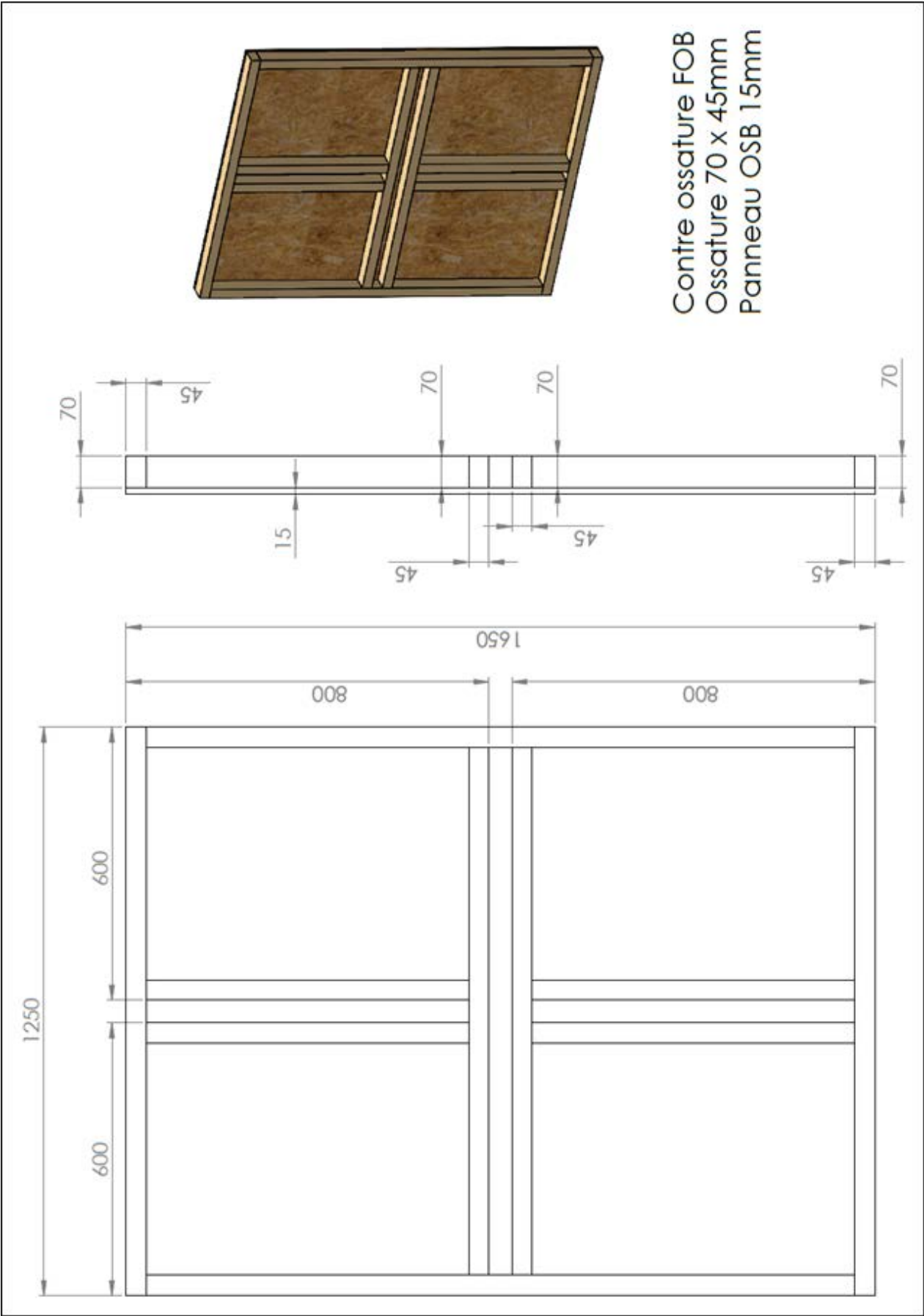
Figure B.16 : Équerre anti-soulèvement (exemple)

■ Ossature support croix de jonction

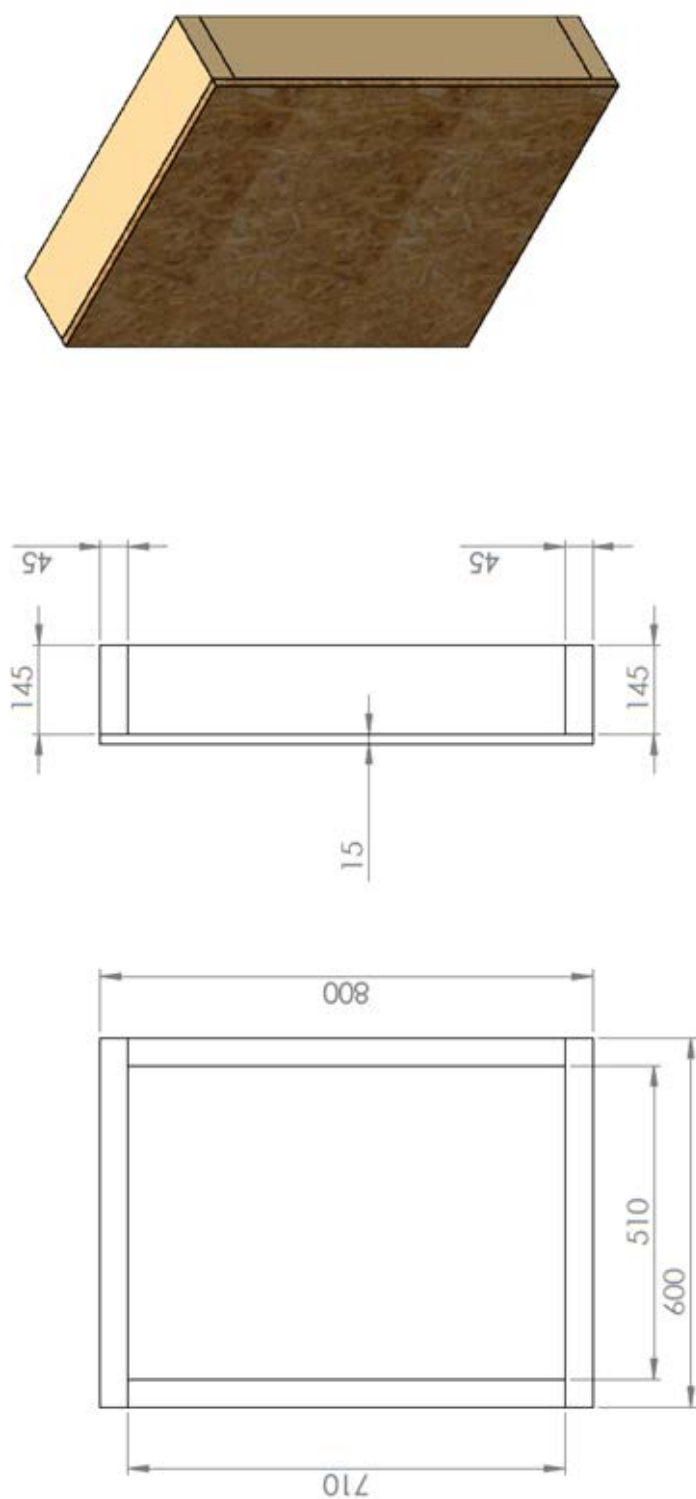
Plan de l'ossature support assemblée :



Plan de sous ensemble – contre ossature :

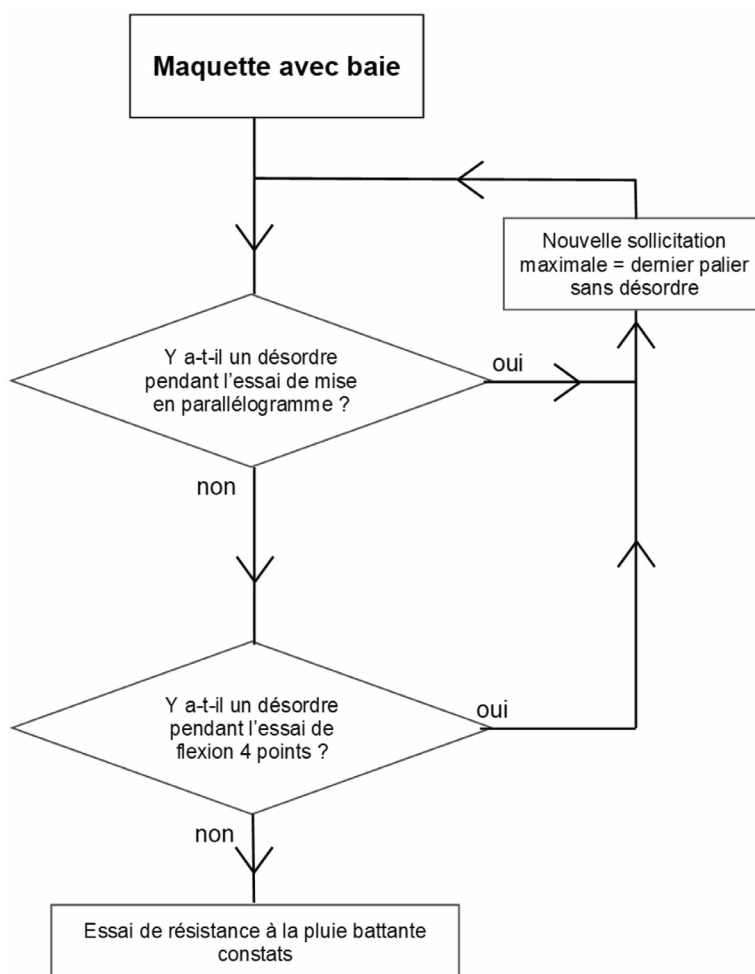


Plan de sous ensemble – module unitaire :

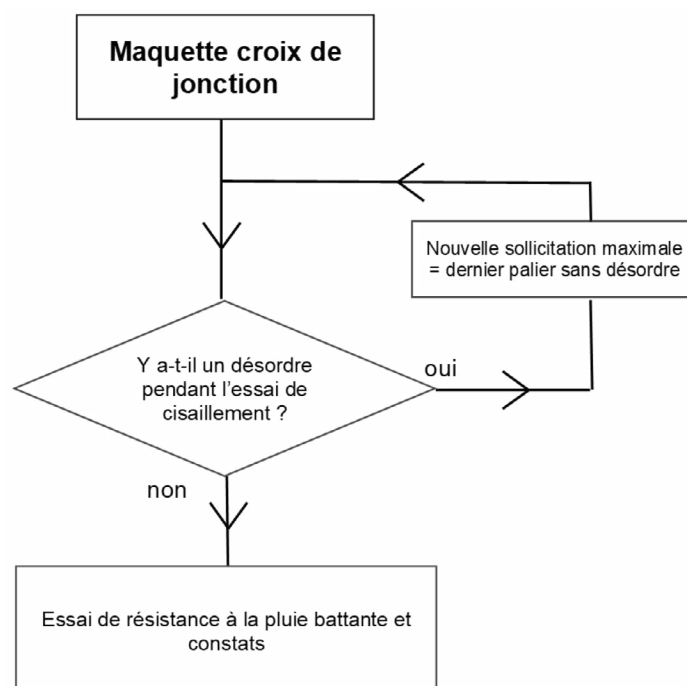


Module unitaire FOB pour maquette en croix
Ossature 45 x 145mm
Panneau OSB 15mm

B.2.6 Organigramme de déroulement des essais – maquette avec baie



B.2.7 Organigramme de déroulement des essais – maquette croix de jonction



B.2.8 Présentation des résultats – Rapport d’essai

Le rapport d’essai doit contenir les informations suivantes :

- Maquette d’essai
 - La description détaillée de la maquette d’essai comprenant les dimensions, les fixations, les ouvertures, les matériaux utilisés, plans, etc. ;
 - la description détaillée du revêtement extérieur utilisé ;
 - toute autre information pouvant influencer les résultats d’essais.
- Méthodes d’essai
 - Une référence aux méthodes d’essai utilisées ;
 - l’atmosphère de conditionnement de la maquette d’essai ;
 - les paramètres d’essais définis pour chaque essai réalisé ;
 - la description du dispositif de chargement, des dispositifs d’essais et des instruments de mesure utilisés le cas échéant ;
 - les détails de tout système d’ancrage utilisé durant les essais ;
 - toute autre information pouvant influencer les résultats d’essais.
- Résultats d’essai
 - Les valeurs F_{max} , les constats visuels, les masses, les conditions atmosphériques ($T^{\circ}C$, H %, P) et les volumes d’eau demandés en fonction de l’essai réalisé ;
 - toute autre information pouvant influencer les résultats d’essais.

Calculs à réaliser

Les hypothèses de calculs spécifiques à ces projets seront précisées dans cette annexe.

C.1 Dimensionnement de la paroi

Les parois à ossature bois, COB et FOB, sont dimensionnées conformément à la norme NF EN 1995 (Eurocode 5).

C.2 Détermination de la trame du bardage

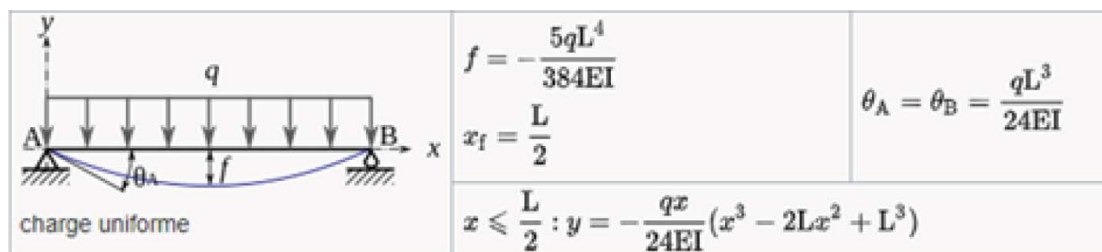
La détermination de la trame des ossatures support du bardage dépend :

- de la sensibilité à la déformation différentielle du bardage entre deux ossatures consécutives (1 ou 3 mm) ;
- de l'entraxe des montants de COB/FOB ;
- du porte-à-faux admissible du système de bardage (distance entre la fixation du bardage et son bord libre) ;
- de la portée de la poutre de rive ou dalle ;
- du schéma statique de la poutre de rive ou dalle (bi-articulée, encastrée, continue, console, etc.) qui permet de connaître la forme de sa déformée en rive ;
- de la déformée maximale de la poutre de rive ou dalle sous charge nuisible (postérieure à la pose du bardage).

En l'absence d'évaluation expérimentale, il est possible de considérer qu'un bardage ventilé peut accepter une déformation de 1 mm entre deux ossatures consécutives. Le protocole d'essai est précisé au §B.2 de l'ANNEXE B.

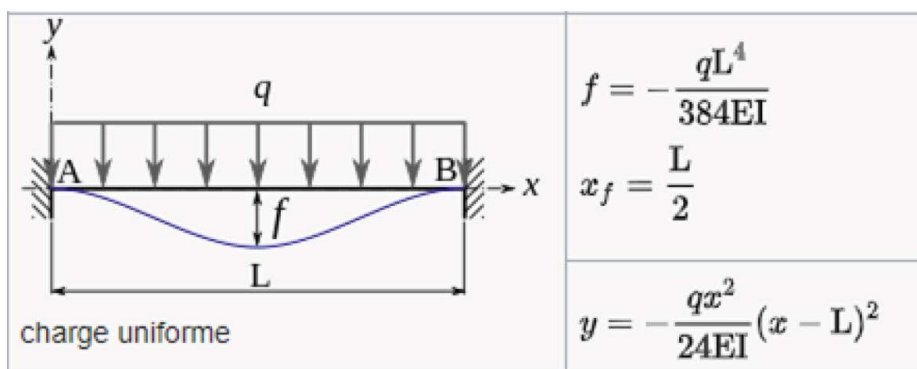
En fonction du schéma statique du panneau support de bardage (cadre du panneau ou plancher / poutre en hyperstatique), on sait que sa déformation est de la forme :

■ Schéma statique de la poutre de rive ou dalle bi-articulée



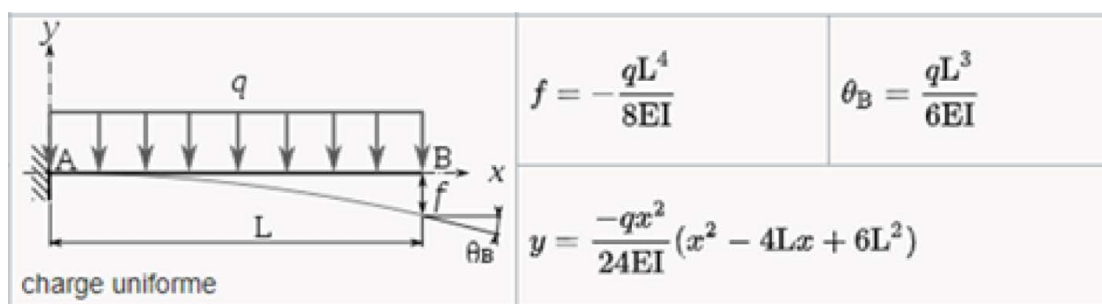
La rotation maximale du support (engendrant le tassement différentiel entre deux montants) est située aux niveaux des appuis.

■ Schéma statique de la poutre de rive ou dalle bi-encastree



La rotation maximale du support est située aux quarts de la portée de la poutre.

■ Schéma statique de la poutre de rive ou dalle encastree (avec un bord libre)



La rotation maximale du support est située à l'extrémité libre de la console.

■ Exemple d'application pour un schéma statique d'une poutre de rive ou dalle bi-articulée

Données de calcul :

- Portée de la poutre 5 000 mm ;
- Dimensionner à $L/500$ sous flèche nuisible (post pose bardage) → Flèche = 10 mm ;
- Entraxe montant FOB / Bardage de 645 mm.

Le calcul de la déformation différentielle entre les deux montants consécutifs donne une valeur maximale de 4 mm, celle-ci n'est pas recevable vis-à-vis de la sensibilité d'un bardage (1 ou 3 mm).

En décalant le premier montant de 200 mm et en passant l'espacement des premiers montants à 500 mm, le décalage passe à 3 mm, ce qui est acceptable pour un bardage présentant une sensibilité de 3 mm.

Pour pouvoir valider un bardage présentant une sensibilité à 1 mm, il conviendrait de retenir un critère de flèche de $L/1000$ sous flèche nuisible pour le support, un décalage de 200 mm du 1^{er} montant et un entraxe de 330 mm entre montant.

C.3 Hypothèses pour les calculs des transferts hygrothermiques

Dans cette annexe, les hypothèses permettant l'étude des transferts hygrothermiques dans les parois sont définies et précisées. Les dispositions spécifiques des matériaux sont aussi précisées comme les valeurs de perméance, les valeurs thermiques, les épaisseurs, etc.

Ces hypothèses sont la base des calculs des transferts hygrothermiques qui auront été menés par le CSTB sur les typologies de parois visées ci-avant dans le guide.

Les hypothèses et critères sont issus du guide « Détermination des hypothèses pour les simulations de transferts couples température / humidité dans les parois de bâtiment ».

C.3.1 Hypothèses générales

- Les films pare-pluie ou pare-vapeur sont considérés comme continus, sans percement et sans trous.
- La lame d'air du bardage est considérée comme très fortement ventilée. La température ainsi que l'humidité relative sont alors identiques à celles de l'ambiance d'origine du flux de ventilation.
- Les transferts d'air à travers les défauts d'étanchéité résiduels en cas de bonne mise en œuvre sont pris en compte via une source d'humidité appliquée dans les cinq premiers mm de l'isolant en contact avec l'écran de sous toiture HPV. Cette source est calibrée grâce au modèle d'infiltration d'air développé par le Fraunhofer IBP, avec une valeur forfaitaire de $Q_{50} = 2,5 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$, une hauteur de colonne d'air de 5 m. Pour plus de détail sur ce modèle se reporter à la littérature (WTA Guideline 6-2, *Simulation of heat and moisture transfer*, 2014).

C.3.2 Matériaux

Le tableau des caractéristiques des différents composants de la paroi prises en compte dans les simulations est présenté ci-dessous:

Tableau C.1 : Caractéristiques des constituants des parois

	Ep mm	P [m^3/m^3]	rho [kg/m^3]	lambda [$\text{W}/(\text{m.K})$]	Cp [$\text{J}/(\text{kg.K})$]	μ [-] ou sd [m]
Plaque de plâtre	13	0,70	650	0,18	870	$\mu = 8,3$
Lame d'air non ventilée	45	0,999	1,3	0,28	1 000	$\mu = 0,32$
Ossature en bois		0,72	600	0,13	1 600	$\mu = 130$
Panneau OSB intérieur	12	0,64	553	0,12	1 400	$\mu = 134$
Pare-vapeur	1	$2 \cdot 10^{-4}$	100	2,3	2 300	sd = 18 m (18 000)
Fibres de bois faible densité	200	0,98	50	0,038	2 000	$\mu = 1,3$
Fibres de bois forte densité	200	0,98	100	0,038	2 000	$\mu = 1,3$
Montant en bois		0,72	600	0,13	1 600	$\mu = 130$
Laine minérale	60	0,98	20	0,035	1 200	$\mu = 1,1$
Panneau OSB extérieur	18	0,72	630	0,13	1 600	$\mu = 650$
Écran pare-pluie	1	$2 \cdot 10^{-4}$	130	2,3	2 300	Sd = 0,18 m (180)
Enduit « étanche »	18	0,3	2 000	1,2	850	Sd = 0,9 m $\mu = 50$
Enduit perméable absorbant (chaux)	18	0,33	1 600	0,7	850	Sd = 0,2 m $\mu = 12$
Enduit perméable non absorbant (bâtard)	18	0,24	1 900	0,8	850	Sd = 0,35 m $\mu = 19$

C.3.3 Conditions aux limites

Tableau C.2 : Conditions aux limites

Climats extérieurs	Climat de plaine continentale (climat froid et humide représenté par Nancy) Climat océanique (climat tempéré et humide représenté par Brest) Climat méditerranéen (climat chaud et sec en été représenté par Nice) Climat de Paris et région parisienne (climat correspondant à la construction pour les JO 2024 représenté par Trappes)
Ambiances intérieures	Locaux à moyenne hygrométrie $W/n = 5 \text{ g/m}^3$ Deux variantes avec rafraîchissement à 23 °C étudiées pour Paris et Nice
Orientation de la paroi	Face au nord, ouest ou sud, suivant le climat extérieur et le rafraîchissement intérieur
Prise en compte de la pluie battante	Non
Taux de renouvellement d'air dans la lame d'air	20 vol/h
1/hi	0,13 m²K/W
1/he	0,074 m²K/W
Émissivité surface extérieure	0,9
Absorptivité surface extérieure	0,6
Bilan explicite (du rayonnement infrarouge)	oui
Émissivité terrestre grandes longueurs d'onde	0,8
Réflexivité	0,7

C.3.4 Résultats de l'étude hygrothermique

L'ensemble de l'étude menée dans le cadre du présent guide est détaillée dans le rapport d'étude CSTB DEB/ HTO-2020-143-KZ-CP-NP (voir ANNEXE G).

Gestion de l'humidité en phase chantier

Du fait de la nécessité d'une meilleure étanchéité aux infiltrations parasites d'air, la gestion de l'humidité en phase chantier dans les bâtiments thermiquement performants, a été identifiée comme capitale dans de nombreux retours d'expériences.

Pour un principe constructif majoritairement bois, le caractère intrinsèquement hygroscopique du matériau doit être pris en compte, d'autant qu'il s'accompagne proportionnellement de variations dimensionnelles, parfois appelées retraits-gonflements, essentiellement dans les sens radiaux et tangentiels aux fibres.

Il conviendra donc, pour les présents projets, de bien anticiper la gestion des variations hygrométriques de tous les ouvrages qui en sont composés, entre leur état d'origine en sortie d'usine, leur état transitoire en phase chantier et enfin leur état stabilisé en service.

Les paramètres influents sur ces variations hygrométriques sont de différentes natures.

D'une part sous la forme de vapeur d'eau, du fait d'une ambiance présentant une hygrométrie élevée, due par exemple à l'évaporation de l'eau incluse dans les matériaux de construction de la filière humide, souvent d'ailleurs conjuguée à une très faible ventilation/aération des locaux et donc à un fort confinement, et d'autre part à la survenance d'eau liquide due à des intempéries ; ces deux origines pouvant d'ailleurs s'additionner.

La gestion de cette thématique capitale peut influencer sur l'ordonnancement habituel des tâches et la constitution d'un plan qualité est donc recommandée. Durant la phase chantier, des dispositions spécifiques peuvent être nécessaires (présence de déshumidificateurs par exemple).

Toutes ces attentions sont d'ailleurs aussi valables pour la plupart des autres ouvrages et matériaux présents en phase chantier, notamment les isolants et les isolants biosourcés.

Le document sous le lien ci-après, traite de façon détaillée le sujet et propose des procédures qualité ayant réuni un certain niveau de consensus entre les acteurs.

<https://www.codifab.fr/actions-collectives/construction-bois-et-gestion-de-lhumidite-en-phase-chantier-2426>

Un protocole de suivi de l'humidité dans les ouvrages en phase chantier a été mis en place dans le cadre de la réalisation du Village des Athlètes.

D.1 Objectif d'un suivi

L'objectif de ce suivi est d'alerter sur les risques de développement fongique au sein des parois à ossature bois pendant la phase provisoire de chantier, et en particulier sur les isolants à base de fibres végétales et les plaques de plâtre fibrée cellulose. Elle propose également des actions à mener afin de limiter le risque de développement de moisissures pouvant compromettre la salubrité des locaux.

D.2 Problématique

Il convient de rappeler que la problématique ne concerne pas le risque de développement de champignons lignivores pouvant dégrader les éléments bois et à base de bois (pourriture cubique par exemple). En effet, les développements fongiques de ce type nécessitent une exposition répétée et longue à l'eau qui maintiendrait un taux d'humidité très élevé de bois non durable (durabilité naturelle ou conférée) pendant plusieurs mois et années.

La problématique des moisissures est différente. La présence naturelle de spores de moisissures en suspension dans l'air conduit inévitablement à considérer leur présence au sein des parois. Leur développement est alors conditionné au couple température/humidité de l'air ambiant. De plus, le taux d'humidité et le type de matériaux auront une influence sur la rapidité et l'étendu du développement des moisissures et leur type.

La dégradation des matériaux reste limitée par les moisissures et ne remet pas en cause la solidité de l'ouvrage. En revanche, il dégrade la qualité de l'air par la propagation des spores volatiles au travers des matériaux par porosité (y compris les pare-vapeur), pouvant alors constituer des agents pathogènes pour la santé humaine lorsqu'ils sont en trop grand nombre dans les locaux intérieurs.

D.2.1 Contexte

Les isolants à base de fibres végétales entrent dans le domaine d'application de la norme harmonisée NF EN 13171. Les propriétés évaluées dans la rubrique « durabilité » s'attachent uniquement au maintien des performances dans le temps. Le risque de développement de moisissures n'est pas traité.

Le GS 20 de la CCFAT a rédigé le Cahier du CSTB n° 3713 (mars 2018) pour l'évaluation technique des isolants à base de fibres végétales ou animales. Le sujet du risque de développement des moisissures y est abordé. Le comportement sur le plan du développement des moisissures doit être systématiquement caractérisé selon la méthode décrite dans ses annexes A3 et A4 en fonction des conditions attendues. Celles-ci sont représentées par deux scénarii dits « HR 85 » et « HR 95 » correspondant à des conditions optimales de développement des principales souches de moisissures :

- HR85 : incubation forcée à 28 ± 2 °C et 85 ± 4 % HR pendant 28 jours.
- HR95 : incubation forcée à 28 ± 2 °C et 95 ± 4 % HR pendant 28 jours.

NOTE D.1

Pour les moisissures courantes, la plage de température courante de développement se situe entre 15 et 40 °C, avec un optimum entre 20 et 35 °C, et une humidité relative de 75 à 95 % HR avec un optimum à 80 % HR et plus. Dans ces conditions, la germination intervient en quelques jours à quelques semaines (3 jours à 2 semaines) puis le développement fongique en quelques semaines (4 à 15 semaines selon les conditions réelles et l'espèce). De plus, le développement des moisissures est « cumulatif », c'est-à-dire que le retour à des conditions défavorables stoppe le développement mais ne détruit pas les moisissures. Le développement reprend dès le retour à des conditions favorables.

Dans le cas des parois préfabriquées, l'ensemble des films sont présents, à savoir le pare-pluie côté extérieur et le pare-vapeur côté intérieur. En exploitation normale, c'est-à-dire lorsque les conditions ambiantes extérieures et intérieures conduisent globalement à un flux de vapeur de l'intérieur vers l'extérieur, le pare-vapeur permet de limiter la quantité de vapeur entrant dans la paroi afin de faciliter son évacuation et le séchage des composants constituant la paroi.

Durant la phase chantier, les conditions ambiantes extérieures et intérieures peuvent conduire à des inversions du flux de vapeur. Le pare-vapeur bloque alors la vapeur dans la paroi. De plus, les opérations de chantier, notamment la mise en œuvre d'éléments en filière humide majorent les apports en humidité. En fonction de l'évolution des conditions ambiantes, cette situation peut conduire à une accumulation de vapeur d'eau dans la paroi et générer des phénomènes de condensation importante dans la paroi, en particulier au droit du pare-vapeur. Si ces conditions durent plus de 4 semaines, le risque de développement de moisissures est avéré. Dans ce cas, un PAQ spécifique pour traiter ce sujet est nécessaire.

NOTE D.2

L'emploi d'isolants à base de laine minérale n'exclut pas le risque de développement de moisissures. Cependant, le risque est plus faible et les conditions nécessaires sont des humidités au-delà de 95 % HR et les temps nécessaires sont beaucoup plus longs.

D.3 Protocole proposé

La prévention du risque de développement de moisissures est basée sur un triptyque « Suivi de l'évolution des conditions / Déclenchement de seuils d'alerte / Actions correctives ».

D.3.1 Suivi de l'évolution des conditions

■ Objectif

L'objectif de ce suivi est :

- de suivre les conditions ambiantes au sein de la paroi (mesures de la température et de l'humidité) ;
- d'évaluer la « trajectoire » de l'évolution prévisible de ces conditions.

■ Moyens

Le risque de développement de moisissures étant lié aux conditions ambiantes (température et activité de l'eau ou humidité relative de l'air) au sein de la paroi, il est proposé de réaliser une mesure de la température et de l'humidité de l'air et non des bois. La position du capteur sera du côté pare-vapeur (zone la plus défavorable).

■ Échantillonnage

Afin d'avoir un nombre de points de mesure suffisants, il est proposé d'équiper chaque façade d'au moins 2 points de mesure tous les 3 niveaux.

■ Fréquence

Il est proposé une fréquence d'une mesure toutes les 4 heures minimum (6 mesures par 24 heures).

■ Exploitation

Les mesures seront exploitées afin d'évaluer la tendance à 7 jours.

D.3.2 Seuils d'alerte

Il est proposé de considérer 3 niveaux d'alerte conditionnant le déclenchement des actions à mener. Ces niveaux d'alerte sont déterminés sur la base :

- de l'évolution des mesures des conditions et leur projection ;
- du niveau de risque de développement de moisissures.

Il est proposé les seuils suivants :

- Niveau 1 : Tendance à la hausse avec risque de dépasser 75 % HR.
- Niveau 2 : Tendance à la hausse avec risque de dépasser 85 % HR.
- Niveau 3 :
 - Matériau « HR 85 » : humidité supérieure à 85 % HR pendant plus de 4 semaines.
 - Matériau « HR 95 » ou laine minérale : humidité supérieure à 95 % HR pendant plus de 4 semaines.

Les objectifs de ces seuils sont :

- Niveau 1 : réagir rapidement pour « casser » la dynamique d'humidification par des moyens simples.
- Niveau 2 : enclencher des moyens plus « lourds » si les moyens simples sont insuffisants.
- Niveau 3 : Maintenir les moyens « lourds » et envisager, le cas échéant, l'inspection des parois concernées.

D.3.3 Actions à mener

Dans le cas de l'atteinte d'un niveau d'alerte, il est proposé les actions graduelles suivantes :

- Niveau 1 : Limiter l'inversion des flux de vapeur en équilibrant les ambiances extérieures et intérieures par le maintien ouvert des portes et fenêtres afin de faciliter la libre circulation de l'air, l'équilibre hygrothermique et l'évacuation de l'humidité intérieure.

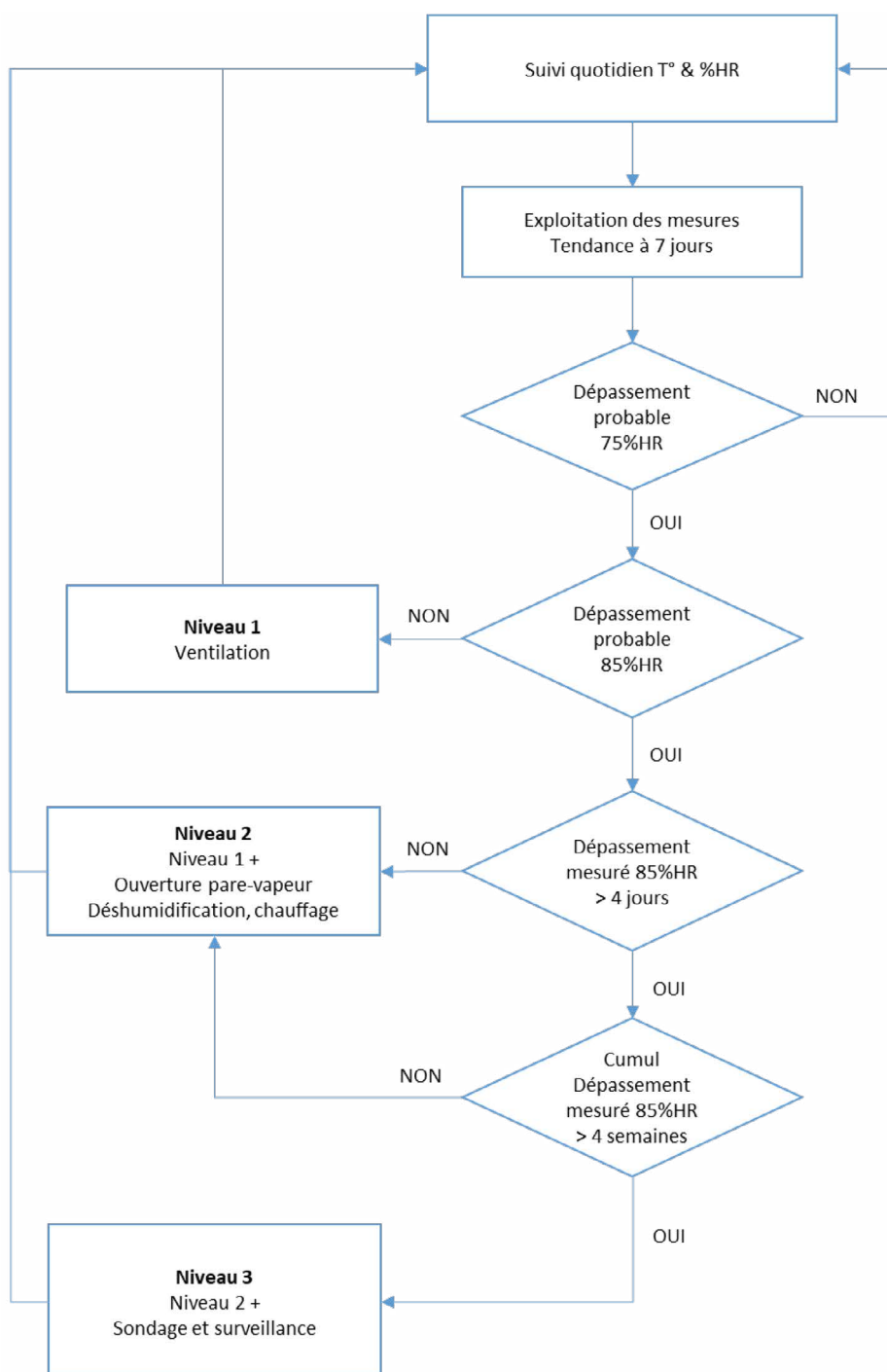
- Niveau 2 :
 - Création d'ouvertures dans les pare-vapeur afin de libérer les flux de vapeur et assécher les parois. De simples « coups de cutter » sont suffisants.
 - Le cas échéant, mise en service de déshumidificateurs et, si possible, chauffage pour amener une température intérieure supérieure à la température extérieure.

NOTE D.3

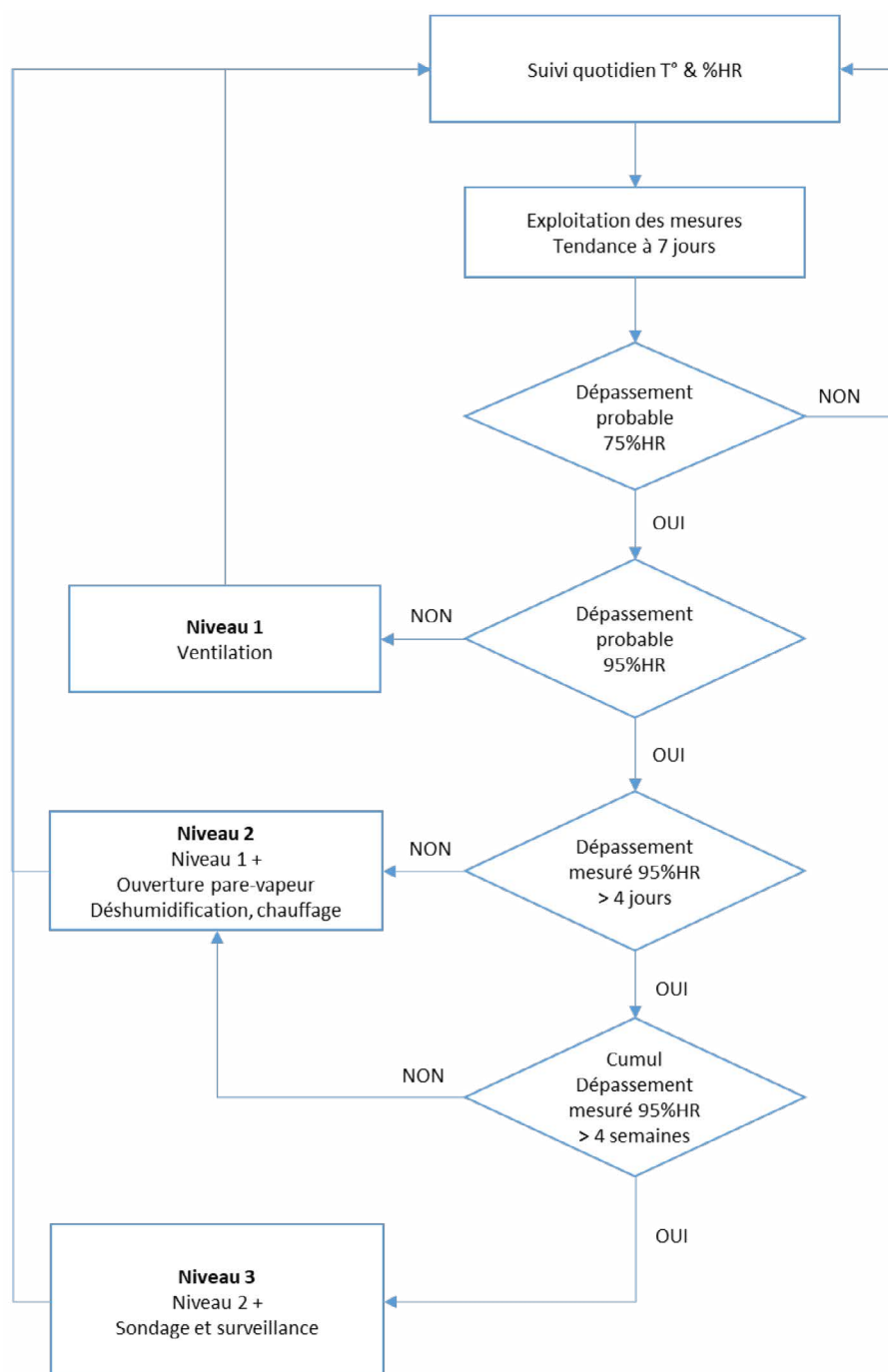
Le temps de germination (« démarrage » du développement) nécessitant au moins 3 jours, si l'humidité redescend sous les 80 % HR en moins de 4 jours, ces jours ne sont pas comptabilisés dans le « cumul » du niveau 3.

- Niveau 3 : En complément des mesures du niveau 2, la surveillance par sondage de l'apparition de moisissures.

D.4 Logigramme ISOLANT « HR 85 »



D.5 Logigramme pour laine minérale



Appréciation de laboratoire (n° AL 20-294) bardage terre cuite sur COB ou FOB

E.1 Introduction

E.1.1 Objet de l'appréciation

L'éclosion d'un incendie dans l'un des niveaux du bâtiment engendre des risques de propagation du feu au(x) niveau(x) supérieur(s) ou latéralement, par les façades.

La présente appréciation de laboratoire s'applique aux bâtiments d'habitation dans la limite des prescriptions de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par les arrêtés du 18 août 1986, du 19 décembre 1988, du 19 juin 2015, du 7 août 2019, du 13 novembre 2019, du 7 décembre 2020, du 13 août 2021. Elle a pour objet :

- de valider des dispositions relatives aux façades et à leur jonction avec les planchers en regard des exigences applicables ;
- de valider des dispositions pour éviter la propagation latérale d'un incendie, ainsi que sa propagation dans la façade ;
- d'apporter des précisions sur les conditions d'application des exigences réglementaires.

Elle a été rédigée en complément des autres dispositions présentées dans le guide de conception des bardages rapportées ventilées en terre cuite mis en œuvre sur des constructions à ossature en bois (COB) ou des façades à ossature en bois (FOB).

Enfin, il est toujours possible d'optimiser ou bien de justifier des solutions de façade bois non décrites dans le présent document. Ces solutions pourront faire l'objet d'une Appréciation de laboratoire sur le risque de propagation du feu par la façade dans les conditions fixées par l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 7 août 2019 et l'arrêté du 13 novembre 2019.

E.1.2 Les destinataires de l'appréciation de laboratoire

Les préconisations de la présente appréciation s'inscrivent dans celles plus larges de l'Appréciation de Laboratoire « Bois Construction – Propagation du feu par les façades » (CODIFAB). Des dispositions constructives particulières y sont toutefois présentées, propres à la mise en œuvre d'un bardage rapporté ventilé en bardeaux de terre cuite sur COB/FOB. Ces préconisations peuvent être appliquées à d'autres projets de construction de bâtiments dont les murs de façade intègrent du bois.

E.2 Textes réglementaires applicables

- Arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 7 août 2019 et l'arrêté du 13 novembre 2019.
- Instruction Technique 249 version 2010.

E.3 Documents de référence

- *Guide d'aide à la conception de bardages en terre cuite sur construction ou façade à ossature bois en vue d'une application sur le Village des Athlètes pour les JOP de Paris 2024* (présent document)
- NF DTU 31.2 (mai 2019) : Maisons et bâtiments à ossature en bois.
- NF DTU 31.4 (avril 2020) : Façades à ossature bois.
- Appréciation de Laboratoire « *Bois Construction et Propagation du feu par les façades* », version 4, CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, FCBA Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement, de juillet 2023.
- *Bâtiments bois de moyenne et grande hauteur > 28 m – Préconisations pour la sécurité en cas d'incendie pour les immeubles bois prévus dans le cadre des prochains JOP de Paris en 2024*, ADIVBOIS, version 2.4 du 10 mars 2020.
- *Bâtiments en bois multi-niveaux – Bâtiments d'habitation de 8 à 28 m – Préconisations pour la sécurité en cas d'incendie pour les immeubles bois prévus dans le cadre des prochains JOP de Paris en 2024*, ADIVBOIS, version 2.4 du 10 mars 2020.

E.4 Domaine d'application de l'appréciation

E.4.1 Procédé visé

L'ensemble des dispositions constructives proposées dans le document s'applique aux façades planes et verticales, porteuses et non porteuses, constituées d'une ossature bois conformes aux prescriptions de la norme NF DTU 31.2 (COB) ou de la norme NF DTU 31.4 (FOB).

Les façades visées sont celles constituées d'un bardage ventilé rapporté à base d'éléments en terre cuite (de type bardeaux) mis en œuvre sur des ossatures métalliques ou en bois. Les éléments du bardage sont disposés horizontalement, et posés avec recouvrement à l'aide de pattes agrafes non apparentes sur une ossature fixée dans les montants de la COB/FOB. Les joints verticaux sont fermés soit par conception, soit par l'utilisation d'accessoires et visés dans l'ATec du procédé.

Les systèmes de bardage visés bénéficient d'un avis technique visant la pose sur support COB conforme à la norme NF DTU 31.2 et dont le domaine d'emploi autorise la pose à 18 m de hauteur.

E.4.2 Destination des ouvrages visés

Cette appréciation vise les bâtiments d'habitation de 3^e et 4^e famille, dont les façades intègrent du bois. Elle répond aux exigences de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 7 août 2019.

Sont visés :

- pour les COB : les bâtiments dont le plancher bas du dernier étage est inférieur ou égal à 28 m ;
- pour les FOB : les bâtiments dont le plancher bas du dernier étage est inférieur ou égal à 50 m.

E.5 Description des supports et des procédés visés

E.5.1 Constitution des parois supports

Les ossatures porteuses des bâtiments pourront être en structure poteaux/poutres béton, ou en charpente bois.

Les solutions constructives des COB sont conformes à la norme NF DTU 31.2. Les solutions constructives des FOB sont conformes à la norme NF DTU 31.4.

La constitution de la paroi support visée par la présente appréciation se décompose comme ci-dessous, de l'intérieur vers l'extérieur :

- doublage intérieur de type contre-cloison avec parement en plaques de plaque de plâtre monté sur ossature, et lame d'air de 45 à 60 mm d'épaisseur remplie ou non d'un isolant en laine minérale (éventuellement en fibres de bois) ;
- membrane pare-vapeur ;
- panneau de stabilité ou de contreventement ;
- ossature en bois avec isolation de remplissage, d'épaisseur maximale 200 mm ;
- en option : surisolation extérieure en laine minérale ;
- en option : panneau de stabilité ou de contreventement ;
- écran thermique extérieur en plaques rigides A2-s3, d0 (pouvant jouer le rôle de panneau de stabilité), ou en laine de roche selon les cas ;
- membrane pare-pluie ;
- bardage ventilé rapporté sur ossature en bois ou métallique.

E.5.2 Isolation de remplissage de l'ossature en bois (montants et traverses en bois)

L'isolant de remplissage de la FOB/COB peut être :

- un isolant minéral classé au moins A2-s3, d0 de type laine de verre ou laine de roche. Il est conforme à la norme NF EN 13162 et se présente sous la forme de panneaux, de panneaux roulés rigides ou semi-rigides avec ou sans surfaçage ;
- ou un isolant biosourcé à base de fibres de bois conforme à la norme NF EN 13171. Il se présente sous la forme de panneau semi-rigide et répond aux préconisations du présent guide.

Selon leur destination, les produits isolants satisfont aux exigences des normes NF DTU 31.2 (COB), NF DTU 31.4 (FOB), ou bénéficient d'une évaluation technique pour l'emploi visé de type ATEc de cas a, ATec.

E.5.3 Ossature du bardage

Les ossatures visées sont celles en aluminium, acier galvanisé ou bois, solidarisiées au gros-œuvre par tirefonnage. Elles sont fixées sur les montants de la COB. Lorsque le calepinage des éléments du bardage ne coïncide pas avec l'entraxe des montants, une ossature secondaire peut être mise en œuvre (ossatures verticales et ossatures horizontales).

L'ossature est fractionnée à chaque étage, avec une longueur de profilés limitée à 3 m.

L'ossature métallique doit être conforme aux prescriptions du Cahier de Prescriptions Techniques n° 3194_V2. Elle a une épaisseur minimale de 2,5 mm et peut être en acier galvanisé ou en alliage d'aluminium. Elle doit être visée dans l'ATec du procédé.

La conception et la mise en œuvre d'une ossature en bois doivent être conformes aux prescriptions du Cahier du CSTB 3316_V3. Les ossatures en bois ont une résistance mécanique correspondant au moins à la classe C18 selon la norme NF EN 338. Les montants ont un entraxe de 645 mm maximum, implantés au droit des montants de la FOB/COB.

E.5.4 Bardages rapportés

Sont visés les systèmes de bardage rapporté à base d'éléments en terre cuite bénéficiant d'un Avis Technique visant la pose sur support COB conforme à la norme NF DTU 31-2 et dont le domaine d'emploi autorise la pose à 18 m de hauteur, disposés horizontalement et posés avec recouvrement à l'aide de pattes-agraves non apparentes sur une ossature fixée dans les montants de la COB/FOB.

Les joints verticaux sont fermés soit par conception, soit par l'utilisation d'accessoires et visés dans l'ATec du procédé.

E.5.5 Membrane pare-pluie

Si la conception de la façade prévoit la mise en œuvre d'un film pare-pluie, il devra être conforme aux prescriptions des normes NF DTU 31-2 et 31-4 et de niveau de performance en réaction au feu de classe E *a minima*, le pare-pluie apportant toutefois peu de contribution au développement du feu étant donné sa masse combustible mobilisable très faible.

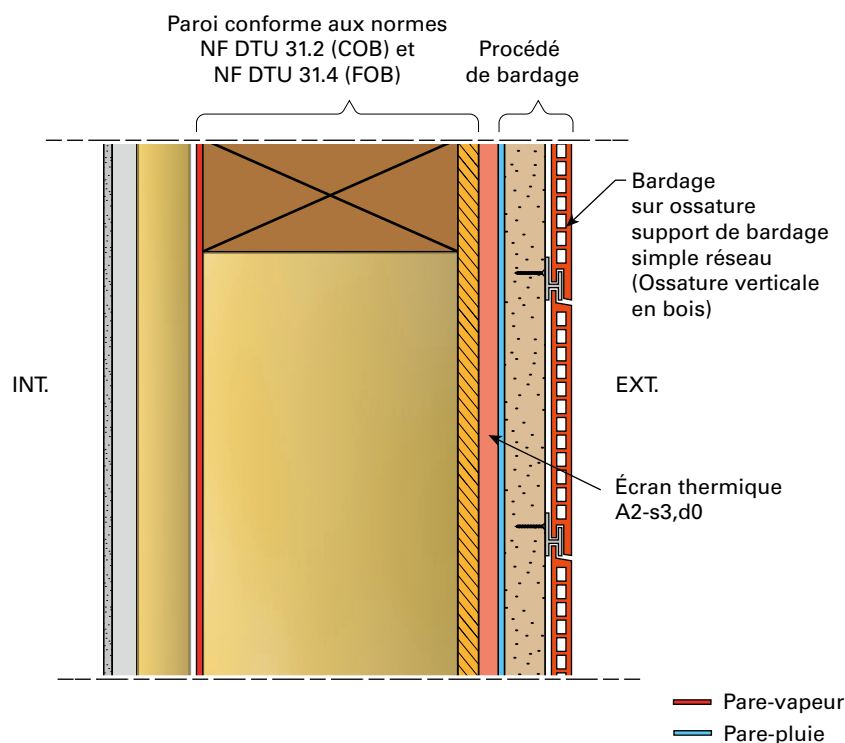


Figure E.1 : Représentation de l'ossature simple réseau – coupe verticale

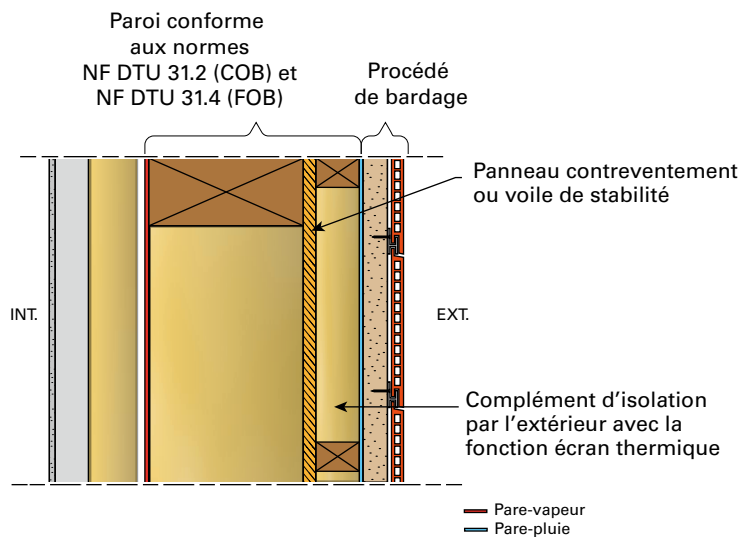


Figure E.2 : Représentation de l'ossature simple réseau avec complément d'isolation par l'extérieur – coupe verticale

E.6 Dispositions constructives acceptées

E.6.1 Doublage intérieur avec parement en plaques de plâtre

Les résultats d'essais sur lesquels se base la présente appréciation de laboratoire n'ont concerné que des foyers d'incendie se développant dans un local dont l'ensemble des parois est incombustible.

Les notes publiées par ADIVBOIS donnent des recommandations quant à la protection des parois combustibles des bâtiments intégrant du bois.

NOTE E.1

Les solutions pour le parement intérieur en plaques de plâtre tiennent compte des exigences de résistance au feu liées à l'ouvrage.

E.6.2 Étanchéité en nez-de-dalle

Voir les dispositions du guide « *Bois Construction, Propagation du feu par les façades* », § 1.6.

E.6.3 Écran thermique en façade

L'écran thermique peut être constitué d'un des systèmes ci-dessous lorsqu'il a fait l'objet d'une évaluation démontrant la compatibilité avec l'usage visé pour cette destination :

- d'une plaque de plâtre hydrofuge de type H1 BA18 conforme à la norme NF EN 520 + A1 si la durée de stabilité au feu de la structure exigée par le règlement de sécurité incendie est supérieure à 60 minutes et d'une plaque de plâtre hydrofuge de type H1 BA13 si cette durée est inférieure ou égale à 60 minutes ;
ou
- d'une plaque de plâtre renforcée de fibres de cellulose d'épaisseur nominale minimale 12,5 mm *a minima* A2-s3, d0, conforme à la norme EN 15283-2, quelle que soit la durée de stabilité au feu de la structure exigée par le règlement de sécurité incendie ;
ou
- de laine de roche d'épaisseur nominale comprise entre 60 mm et 100 mm, de masse volumique déclarée supérieure ou égale à 70 kg/m³, mise en œuvre entre des contre-ossatures bois massif ou Bois Massif Abouté (BMA) de section variant de 36 × 60 (épaisseur × largeur) mm minimum à 45 × 100 mm maximum, d'entraxe 600 mm en pose horizontale conformément aux prescriptions de la norme NF DTU 31.2 ou de la norme NF DTU 31.4 ;
ou
- de tout autre type de système de plaque rigide dont la performance de réaction au feu est *a minima* de classe A2-s3, d0 et justifiant d'un procès-verbal (PV) de classement de résistance au feu EI30 ou un rapport de classement (annexé à l'attestation de conformité du marquage CE).

Le pontage des joints de fractionnement ou de dilatation de la FOB/COB par les plaques rigides A2-s3, d0 de l'écran thermique (solutions a), b) ou d)) est proscrit.

- En 3^e famille
 - Cas 1 : Sans isolation extérieure, ou avec isolation extérieure en laine minérale de roche ne répondant pas aux spécifications d'un écran thermique au sens de la présente appréciation (solution c)), un écran thermique en plaque rigide classée A2-s3, d0 est requis (solutions a), b), ou d)).
 - Cas 2 : Avec isolation extérieure en laine de roche répondant à l'ensemble des spécifications d'un écran thermique au sens de la présente appréciation (voir c)), il n'est pas nécessaire de prévoir la mise en œuvre d'un écran en plaque rigide A2-s3, d0 (solutions a), b), ou d)).
 - Cas 3 : L'isolant de remplissage de l'ossature bois est un isolant biosourcé à base de fibres de bois : un écran thermique en plaque rigide classée A2-s3, d0 est requis (solutions a), b), ou d)).

■ En 4^e famille

Un écran thermique en plaque rigide classée A2-s3, d0 est requis (solutions a), b), ou d)).

NOTE E.2

- En 4^e famille, les écrans thermiques en laine de roche mis en œuvre entre des contre-ossatures en bois (solution c) sont déconseillés du fait :
- du risque de chute des éléments à la suite de la combustion des ossatures en bois constituant la contre-ossature et sur laquelle viennent se fixer les éléments du bardage ;
- du risque de réactivation du feu sous l'effet d'un feu couvant dans l'isolation en laine de roche, la hauteur du bâtiment pouvant rendre la détection et l'intervention en façade difficiles.

	Isolant de remplissage	Isolation extérieure	Écrans thermiques possibles
3^e famille	Laine minérale	Sans, ou en laine minérale	a), b) ou d)
		Selon c)	Optionnel : a), b) ou d)
	Isolant fibres de bois	Sans, ou en laine minérale	a), b) ou d)
		Selon c)	a), b) ou d)

NOTE E.3

En 3^e famille, les ossatures de supportage des éléments du bardage peuvent être indifféremment en bois ou en métal (acier ou aluminium).

	Isolant de remplissage	Isolation extérieure	Écrans thermiques possibles
4^e famille	Laine minérale	Sans, ou en laine minérale	a), b) ou d)
		Selon c)	
	Isolant fibres de bois	Sans, ou en laine minérale	
		Selon c)	

NOTE E.4

En 4^e famille, les ossatures de supportage des éléments du bardage sont constituées de profilés métalliques.

NOTE E.5

L'écran thermique en plaque rigide peut jouer le rôle de panneau de stabilité sous réserve que cet emploi ait fait l'objet d'une évaluation de type ATEX ou Avis Technique et couvert par une Appréciation de Laboratoire couvrant cet emploi.

E.6.4 Menuiseries et traitement d'embrasures

Les baies peuvent être équipées de menuiserie de type PVC, aluminium, ou mixte bois/aluminium. Les menuiseries sont mises en œuvre dans des encadrements de baie rapportés en acier uniquement, soudés ou assemblés.

Les menuiseries sont installées en tunnel à l'intérieur de l'encadrement de baie rapporté, dans toutes les positions du nu intérieur au nu extérieur de la paroi support. L'encadrement de baie rapporté recouvre alors la paroi support sur toute son épaisseur.

L'encadrement de baie rapporté peut également être positionné en applique extérieure du gros-œuvre.

Les tôles de l'encadrement de baie rapporté ont une épaisseur minimale de 10/10^e. Chaque élément de l'encadrement de baie rapporté assemblé est fixé aux montants et traverses de l'ossature en bois par l'intermédiaire de deux vis métalliques adaptées au support et réparties sur la largeur de l'encadrement de baie rapporté. Les fixations sont disposées aux extrémités ainsi qu'en partie centrale. L'entraxe entre chaque ligne de vis est limité à 500 mm.

Le traitement des tableaux et linteaux entre l'encadrement de baie rapporté et le gros-œuvre, hormis les pièces d'appuis (qui sont en bois massif ou à base de bois de classe D-s2, d0 *a minima*), doit être réalisé :

- Pour les encadrements de baie rapportés disposés en tunnel :
 - soit par un matériau de classe B-s3, d0, d'épaisseur nominale minimale 25 mm ;
 - soit par un matériau de classe A2-s3, d0, d'épaisseur nominale minimale 12,5 mm ;
 - soit par un écran en laine de roche d'épaisseur nominale minimale 30 mm et de masse volumique $\geq 120 \text{ kg/m}^3$.

La tôle métallique de l'encadrement de baie rapporté d'épaisseur 10/10^e mm assure l'habillage en acier des matériaux de remplissage ci-dessus.

- Pour les encadrements de baie rapportés disposés en applique extérieure :
 - par un retour horizontal du parement du doublage intérieur.

En linteau, le profil d'habillage de l'encadrement de baie rapporté doit présenter une saillie d'au moins 20 mm par rapport au nu extérieur de l'enduit.

Les éventuelles cavités résiduelles entre l'encadrement de baie rapporté et le gros-œuvre sont remplies de laine de roche comprimée de masse volumique nominale 40 kg/m³.

Un point de vigilance est à porter sur le respect de la continuité de l'écran thermique entre l'intérieur et l'extérieur.

La distance verticale entre le profil d'habillage et l'arase inférieure de l'élément de bardage situé au-dessus est limitée à 10 mm.

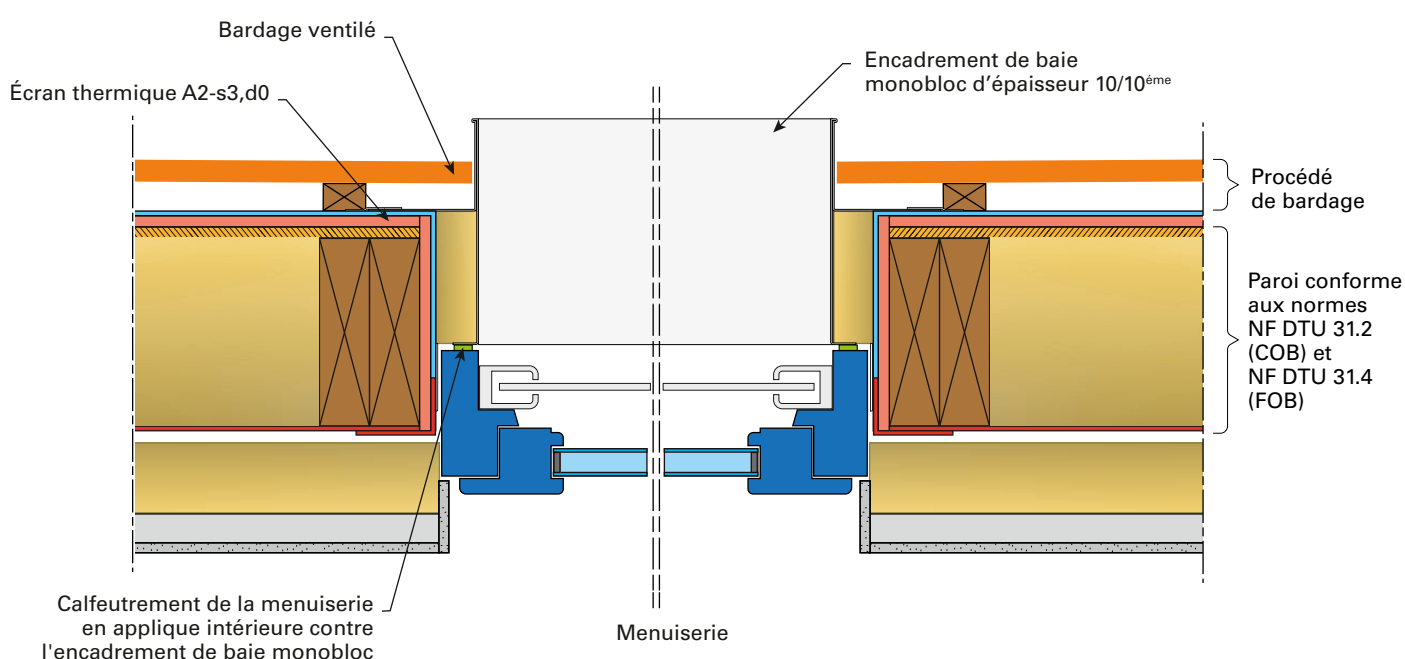


Figure E.3 Exemple de mise en œuvre d'un bloc baie (menuiserie avec coffre de volet roulant) posé en tunnel dans la paroi et calfeutré en applique intérieure contre l'encadrement de baie – coupe horizontale

E.6.5 Déflecteur de flamme

Un déflecteur doit être mis en œuvre en recouvrement du bardage ventilé à chaque niveau de la façade.

Il est constitué d'une tôle en acier d'épaisseur minimum de 1,5 mm (15/10^e) fixée au pas de 500 mm minimum. Le débord du déflecteur par rapport au nu du bardage est supérieur à 20 mm.

Le déflecteur est situé au droit du plancher de chaque niveau.

La continuité du déflecteur doit être assurée soit par un recouvrement direct de la tôle acier, soit par éclissage, et sur une longueur minimale de 50 cm.

En alternative aux déflecteurs en acier, pour les bâtiments en 3^e famille, une solution équivalente consiste à réaliser un déflecteur en bois massif d'élancement de la section transversale maximum 6, ou à base de bois d'élancement de la section transversale maximum 10 (bois massifs reconstitués, bois lamellé collé, panneau massif croisé (CLT), panneaux dérivés du bois de type Lamibois ou Contreplaqué).

Ce déflecteur en bois massif ou à base de bois présente une saillie par rapport au nu extérieur du bardage équivalente aux prescriptions des déflecteurs acier. Ce déflecteur doit présenter une épaisseur minimale de 45 mm, une performance en réaction au feu *a minima* de classe D-s2, d0 si l'écran thermique est rigide et de classe B-s3, d0 si l'écran est réalisé en laine de roche, avec un capotage métallique ventilé d'épaisseur minimum 1 mm (10/10^e) assurant l'écoulement de l'eau selon les règles de l'art.

La continuité du déflecteur en bois est assurée par une jonction à mi-bois, ou dans le cas d'un joint vertical, les déflecteurs étant mis en contact, une pièce en bois rapportée par le dessus sur 100 mm mini de part et d'autre du joint. Le déflecteur en bois massif doit être protégé contre des fuites d'eau qui pourraient apparaître au niveau des raccords longitudinaux des bavettes métalliques de protection (par exemple, par un retour du pare-pluie supporté par une planche délardée).

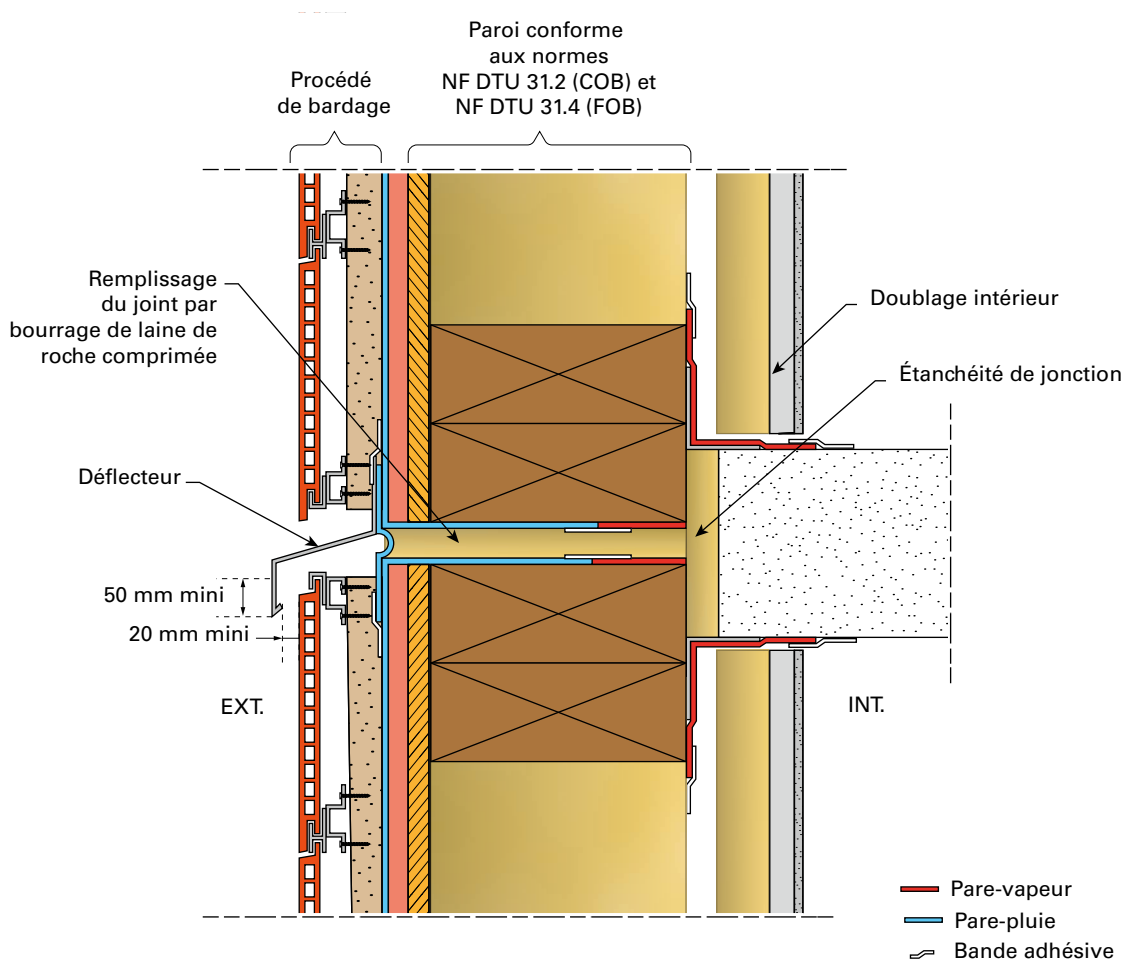


Figure E.4 : Exemple d'un jeu fonctionnel horizontal entre 2 panneaux de FOB superposés avec bardage en bardeaux de terre cuite (FOB filantes dites à appuis multiples)

E.6.6 Dispositif d'obturation de lame d'air

Non requis dans le cadre des dispositions visées par la présente appréciation de laboratoire.

E.6.7 Indice C+D

Les façades doivent répondre aux exigences minimales de C+D imposées par la réglementation en vigueur pour chaque type de bâtiment concerné.

E.6.8 Calcul de la MCM

Dès lors qu'un écran thermique est mis en œuvre parmi ceux prescrits ci-dessus, la masse combustible mobilisable à considérer dans les calculs du C+D correspondra exclusivement aux parties d'ouvrages disposées à l'extérieur de cet écran et incluant ce dernier. Les couches combustibles protégées du feu extérieur par l'écran thermique ne sont pas comptées dans le calcul de la masse combustible mobilisable.

NOTE E.6

Dans le cas où l'écran thermique est réalisé en laine de roche (solution c), les ossatures horizontales en bois et la laine de roche, exposés aux flammes, sont à prendre en compte dans le calcul de la MCM.

E.7 Traitements des points singuliers et des interfaces

E.7.1 Jonctions des façades avec les planchers

Les organes de fixation doivent être protégés de l'agression thermique. Les vides de la jonction sont remplis par de la laine de roche maintenue mécaniquement. La laine de roche en nez-de-dalle doit être comprimée à 75 % de son épaisseur nominale.

Des solutions pour le traitement de la liaison avec des planchers bois sont présentées dans le Guide « Bois Construction – Propagation du feu par les façades », CSTB, FCBA (mars 2019).

E.7.2 Jonctions verticales avec un ETICS en laine de roche

Le bardage est recoupé sur toute sa hauteur et recoupé verticalement par une tôle en acier galvanisé fixée au gros-œuvre par des vis métalliques adaptées au support tous les 650 mm environ.

Côté ETICS, un profil d'arrêt visé par le DTA du système est mis en œuvre à la jonction entre les systèmes de façade.

L'écran thermique extérieur en plaques rigides A2-s3, d0 est prolongé au-delà de la jonction verticale sur une distance minimale d'1 m.

E.7.3 Traitement des joints de fractionnement ou de dilatation du gros-œuvre

La mise en œuvre des systèmes de bardage visés sur FOB nécessite un fractionnement à chaque joint de panneau, aussi bien horizontal que vertical.

Le pontage d'un joint de fractionnement ou de dilatation par l'écran thermique en façade est proscrit. La continuité de l'écran thermique en façade au droit des joints peut être restituée par un bourrage en laine de roche de masse volumique déclarée supérieure ou égale à 40 kg/m³ mise en œuvre dans l'épaisseur du mur de façade incluant l'écran thermique. Cette laine doit être compressée à 75 % de son épaisseur nominale au minimum (ex : épaisseur nominale de 20 mm et compressée pour obtenir une épaisseur efficace de 15 mm au maximum en tout point de la jonction).

Lorsqu'un joint d'étanchéité est inséré dans la jonction entre deux panneaux, l'écran thermique en façade est prolongé de chaque côté de la jonction dans l'épaisseur de l'ossature en bois. Un bourrage en laine de roche de masse volumique déclarée supérieure ou égale à 40 kg/m³ est également mis en œuvre dans l'épaisseur du mur de façade derrière le joint d'étanchéité (côté intérieur).

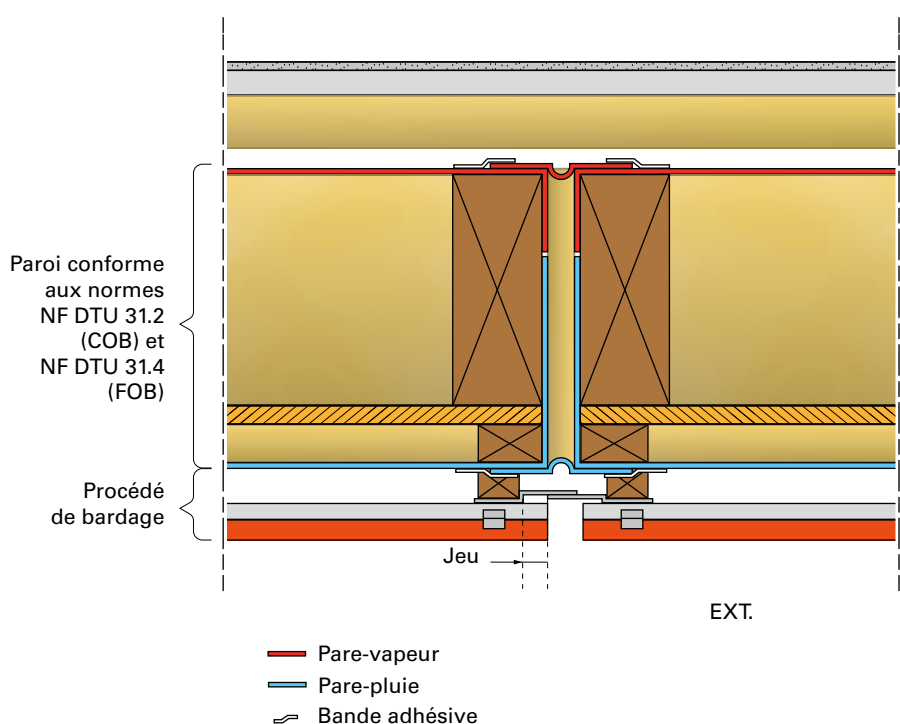


Figure E.5 : Exemple d'un jeu fonctionnel vertical entre 2 panneaux de FOB avec bardage en bardeaux de terre cuite (FOB filantes, FOB interrompues uniquement par les poutres et dalles)

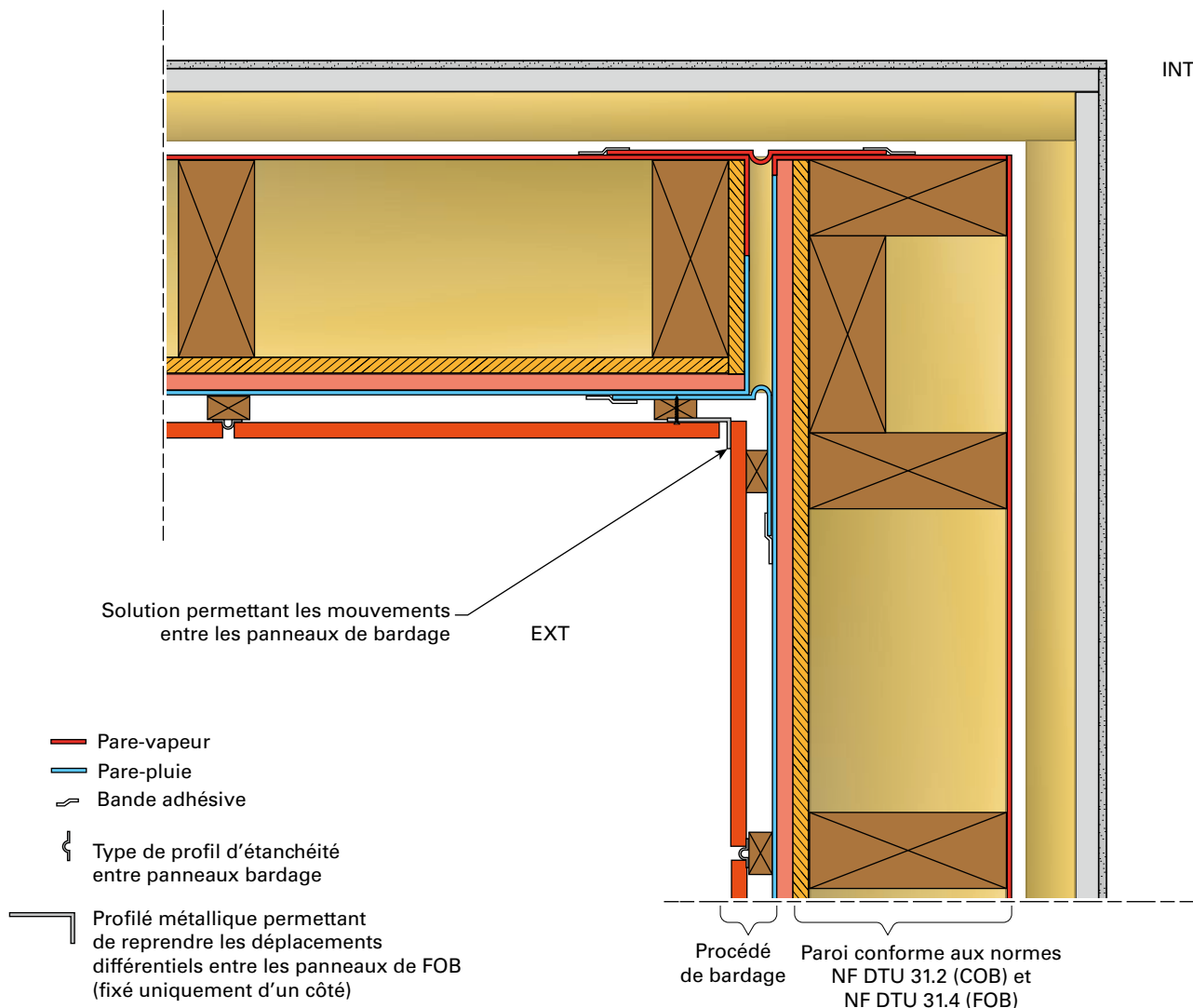


Figure E.6 : Exemple de raccordement en angle rentrant pour des façades à ossature bois (FOB) sans complément d'isolation avec bardage en bardeaux de terre

E.7.4 Balcons pris en compte dans l'indice D

L'évaluation de l'indice D respecte les préconisations de l'Instruction Technique N° 249 relative aux façades.

Les balcons acceptés sont réalisés en éléments béton ou métal. Les types de balcons pris en compte sont :

- les balcons en béton avec ou sans rupteur de pont thermique,
- les balcons métalliques.

Les balcons doivent justifier d'un degré pare-flamme 1 heure ou RE 60. L'accroche des balcons sur la façade doit également justifier d'une tenue mécanique R60 en situation de feu de façade. Selon la typologie d'accroche des balcons :

- en porte-à-faux (rupteurs de pont thermique) : le procédé de rupteurs de pont thermique bénéficie d'un avis technique visant la pose sur COB. Les justifications de la performance au feu de l'accroche y sont précisées ;
- suspendu : la résistance mécanique des fixations et des tirants métalliques sur la COB/FOB font l'objet d'une vérification en situation d'incendie. La tenue au feu peut être justifiée à partir des actions thermiques aux structures extérieures déterminées selon la méthode de la norme NF EN 1991-1-2 et de son annexe nationale ;

- en appui/à structure indépendante (autoportant) : les éléments porteurs verticaux des balcons sont stables au feu une demi-heure ou de classement R30. Cette résistance au feu peut également être justifiée à partir des actions thermiques aux structures extérieures déterminées selon la méthode de la norme NF EN 1991-1-2 et de son annexe nationale.

Les isolants éventuels, placés en sous face, doivent être classés au moins A2-s3, d0.

NOTE E.7

Il est rappelé que, conformément à l'article 5 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié, les éléments porteurs verticaux des balcons à structure indépendante sont *a minima* stables au feu ½ heure ou de classement R30. Cette résistance au feu peut également être justifiée à partir des actions thermiques aux structures extérieures déterminées selon la méthode de la norme NF EN 1991-1-2 et de son annexe nationale.

NOTE E.8

La présence de balcons en façade, participant ou non à l'indice D, sont des éléments à prendre en compte dans l'appréciation du risque de chutes d'objets au sens de l'article 11 de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié.

E.7.5 Traversées de parois

Les orifices d'entrée d'air sont mis en œuvre dans un chevêtre en bois incorporé à l'ossature. L'espace entre la traversée et le chevêtre est rempli de laine de roche de masse volumique supérieure à 70 kg/m³ sur toute l'épaisseur de la paroi support. La plus petite dimension de l'isolant en laine de roche est supérieure à 50 mm.

Les orifices d'entrée d'air de ventilation dont la section ne dépasse pas 200 cm² ne sont pas pris en compte pour l'application de la règle du C+D. Le traitement des autres traversées de paroi sur le comportement au feu des façades peut être justifié par un avis de chantier en résistance au feu.

La performance au feu de la contre-cloison de doublage doit être restituée par un dispositif adapté au support et au conduit.

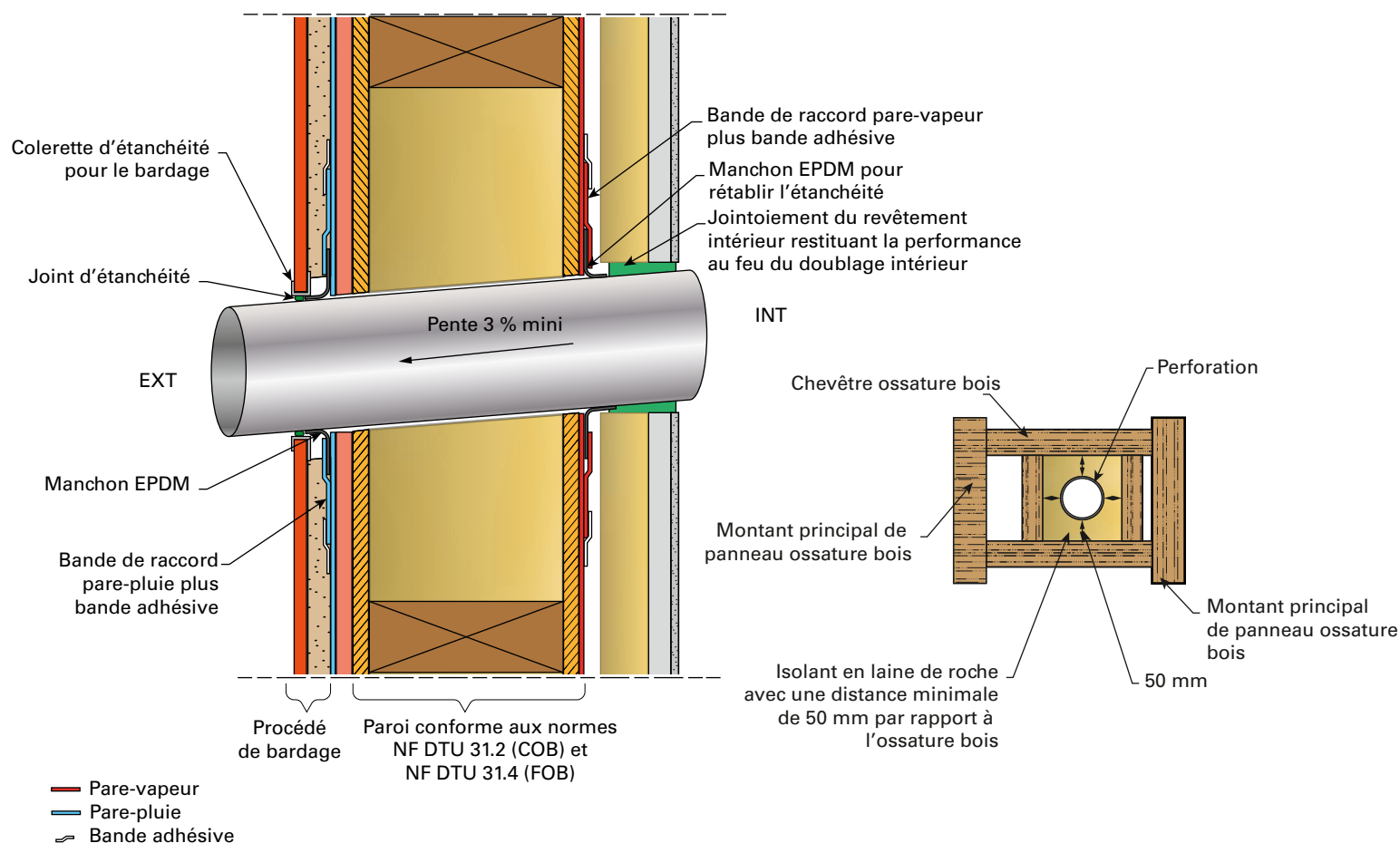


Figure E.7 : Exemple de traitement des traversées de paroi

E.8 Façades sans baies

Pour les façades ne comportant pas d'ouvertures, il est mis en œuvre à chaque niveau l'une des solutions ci-dessous :

- des déflecteurs en acier de longueur de débord d'au moins 20 mm par rapport au nu extérieur du bardage, d'épaisseur 15/10^e fixé au pas de 500 mm maximum ;
- tout autre type de déflecteur d'au moins 20 mm par rapport au nu extérieur du bardage et qui assure pleinement ses fonctions pendant la durée de résistance requise de la structure.

E.9 Justifications

- Dispositions constructives reprises du carnet de solution de l'appréciation de laboratoire Guide Bois Construction – Propagation du feu par les façades pour les bardages Euroclasses A2-s3, d0.
- Résultats expérimentaux issus d'essais de réaction au feu et d'un essai de comportement au feu à échelle intermédiaire.

E.10 Exigences de l'arrêté du 7 août 2019

E.10.1 Propagation latérale

Dans le cadre des dispositions prévues par la présente appréciation, le risque de propagation latérale du feu est estimé maîtrisé. Le risque existe pour les systèmes de bardage incorporant des éléments combustibles exposés aux flammes (ossature de supportage des éléments de bardage en bois, ou écran thermique en laine de roche mise en œuvre entre des ossatures en bois).

Pour ces systèmes, il est recommandé de prévoir une tôle de recoupement en acier d'épaisseur 15/10^e au niveau des arrêts latéraux de la façade, ou tout autre dispositif d'isolation contre les gaz chauds pouvant se propager sur le périmètre du bâtiment.

E.10.2 Chutes d'objet

Un essai de comportement au feu à échelle intermédiaire, utilisant un bûcher de bois dégageant une puissance de 1,8 MW avant son effondrement au bout de 20 minutes, a permis de donner quelques éléments sur le comportement au feu d'un système de bardage compatible avec les préconisations de la présente appréciation de laboratoire. Les bardeaux de terre cuite étaient montés sur une double ossature en bois.

Au cours de cet essai, il n'a pas été observé de chute d'éléments du bardage, même après l'apparition de fissures verticales traversantes dans les éléments au bout de 15 minutes d'essai. Après 30 minutes, le bardage a été arrosé à la lance à incendie sans qu'il n'ait été observé non plus de chutes d'éléments.

Il a également été observé la combustion de l'ossature en bois sur laquelle étaient fixées les bardeaux en terre cuite. La combustion des éléments en bois a persisté après l'effondrement du bûcher et jusqu'à l'arrosage de la maquette d'essai. Le risque de chute d'éléments ne peut donc pas être écarté, après une durée liée à la combustion des éléments en bois et leur capacité à jouer leur rôle d'accroche du parement. Le renforcement de l'ancrage des vis de fixation des bardages sur des montants en bois contribue à réduire le risque de chute.

Le risque de chute est transposable aux éléments de bardage montés sur des ossatures en aluminium, notamment pour ceux localisés au droit du C+D de la façade.

L'appréciation du risque de chutes d'objets dans la zone d'influence caractéristique d'un incendie, exigée par l'arrêté du 7 août 2019 modifié relatif à la chute d'objet, doit être évaluée par une réflexion à l'échelle de l'ouvrage à construire.

E.11 Conclusions

La résistance à la propagation du feu par les façades intégrant du bois et équipés de systèmes de bardages rapportés ventilés en éléments de terre cuite a été évaluée dans la présente appréciation de laboratoire, dans les conditions de mise en œuvre suivante :

- paroi support conforme à la norme NF DTU 31.2 ou NF DTU 31.4 ;
- bardages rapportés en éléments de terre cuite sous Avis Technique, posés horizontalement à joints fermés ;
- ossatures en bois, ou métallique (acier galvanisé, aluminium) ;
- recoupement de la lame d'air à chaque étage par un déflecteur en acier ou en bois disposé au droit des planchers ;
- mise en œuvre d'un écran thermique en façade, réalisé en plaques rigides A2-s3, d0 ou en laine de roche ;
- traitement des embrasures assurant la continuité de l'écran thermique en façade avec la protection intérieure ;
- un indice C+D conforme aux prescriptions de la réglementation applicable soit respecté.

L'ensemble des dispositions constructives a été précisé dans le contenu du présent document.

Dans le strict respect des dispositions de la présente appréciation de laboratoire, il est estimé que la façade constituée des systèmes de bardage décrits au § E.5.4 est conforme à la réglementation applicable vis-à-vis de la propagation du feu par les façades pour les bâtiments d'habitation des 3^e et 4^e famille conformément à l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 7 août 2019 et l'arrêté du 13 novembre 2019.

Enfin, il est rappelé qu'il est toujours possible d'optimiser ou bien de justifier des solutions de façade bois non décrites dans le présent document. Ces solutions pourront faire l'objet d'une Appréciation de laboratoire sur le risque de propagation du feu par la façade dans les conditions fixées par l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 7 août 2019 et l'arrêté du 13 novembre 2019.

E.12 Conditions de validité des conclusions

Les conclusions figurant dans la présente appréciation de laboratoire ne s'appliquent qu'aux produits définis et mis en œuvre dans les conditions identiques à celles décrites dans le présent document.

Les conclusions de cette appréciation de laboratoire ne portent que sur le comportement vis-à-vis du risque de propagation du feu par les façades des systèmes de bardage rapportés objets du présent document. Elles ne préjugent, en aucun cas, des autres performances liées à son incorporation à un ouvrage, notamment de son dimensionnement à froid.

E.13 Durée de validité

La validité de la présente appréciation et sa durée sont limitées par toute modification des données techniques ou réglementaires prises en compte dans son établissement, par exemple :

- toute modification dans les produits et matériaux indiqués ou leur mise en œuvre ;
- toute modification de l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 13 novembre 2019 ou tout changement dans les méthodes d'essai et de classement concernées qui changeraient les données nécessaires à l'évaluation des systèmes de façade objets de cette étude.

ATTENTION E.1

La présente appréciation est établie sur la supposition du dimensionnement normal de l'ouvrage vis-à-vis des actions mécaniques auxquelles il doit résister à froid. Ce dimensionnement n'a pas été vérifié par le Laboratoire.

Cette appréciation de laboratoire a été établie pour répondre aux exigences de résistance à la propagation du feu en façade requises par la réglementation en vigueur à la date de sa rédaction ; il ne préjuge pas des autres aspects de sécurité.

Par ailleurs, l'appréciation du risque de chutes d'objets dans la zone d'influence caractéristique d'un incendie, exigée par l'arrêté du 7 août 2019 modifié relatif à la chute d'objet, doit être complétée par une réflexion à l'échelle de l'ouvrage à construire.

Justifications particulières nécessaires à la constitution du dossier d'ATEX COB ou FOB avec bardage ventilé

■ Généralités

- Fournir une note descriptive du procédé regroupant l'ensemble des informations avec les noms commerciaux pour les matériaux et les fixations. Fournir les fiches techniques de l'ensemble des matériaux.
- Fournir les plans d'ensemble, les plans de calepinage des façades et les plans de détails des points singuliers (pied de façade, acrotère, angles rentrant et sortant, intégration de menuiserie, accroche de balcon, traversée de façade, etc.). Ces plans doivent présenter la synthèse de l'ensemble des corps d'états, l'ensemble des éléments doit être représenté (structure, isolation, étanchéité et leur continuité, ossature secondaire et revêtements).

NOTE F.1

Pontage des jonctions de FOB exclu.

- Fournir la Notice de sécurité du maître d'œuvre et les attendus du Permis de Construire.
- Préciser les dispositions applicables en sécurité incendie vis-à-vis de la propagation du feu en façade (données par l'Appréciation de laboratoire).
- Justifier la durabilité des matériaux (pare-pluie, ossatures, fixations, éléments d'ancrage, parements, etc.) vis-à-vis de l'atmosphère extérieure selon la norme NF P24 351 et détailler la nature des constituants métallique.

NOTE F.2

L'atmosphère extérieure du site selon la norme NF P24 351 est à préciser.

■ Hypothèses et notes de calculs – ossature bois

- Indiquer les hypothèses de calculs considérées pour les justifications des FOB, parements, éléments d'ossature et fixations.
- Détailler les charges appliquées selon l'exposition des ouvrages (zone considérée, sous face, rive, en indiquant clairement les référentiels utilisés (NV65 ou EC).
- Fournir la note de calcul des façades sous sollicitations climatiques, poids propre, exploitation. La note de calcul devra préciser à minima les points suivants :
 - Indiquer le schéma statique de reprise du poids propre des FOB et préciser les composants permettant le transfert de charges et les mouvements prévisibles (sous sollicitations climatiques, de poids propre et d'exploitation). Ce schéma devra notamment faire apparaître les points fixes et les points permettant d'assurer les degrés de libertés nécessaires.
 - Préciser la mise en œuvre des panneaux FOB et préciser comment sont repris les déplacements différentiels. Préciser les degrés de liberté intégrés aux éléments de fixation des éléments de façade en cohérence avec le schéma statique proposé.

- Justifier les ancrages des FOB dans l'ossature porteuse (équerrés de fixation, chevilles, etc.). Fournir les ATE ou ETA des chevilles utilisées. Fournir une note de calcul des ancrages dans l'ossature support.
- Indiquer la synthèse des déformées et des déplacements de la FOB permettant de justifier la dimension des joints de fractionnement présent entre les FOB, le critère de déplacement entre deux ossatures consécutives devra être justifié voir § 4.2.2.2 du présent guide.
- Justifier les compatibilités des déformations entre les panneaux de FOB, les revêtements extérieurs et l'ossature support (déformation différentielle, voir § 4.2.2.2 du présent guide), en précisant les dispositions planchers chargés/non chargés, en considérant les variations hygroscopiques prévisibles dans le temps, etc.
- Justifier du respect des déformations différentielles entre 2 ossatures verticales supports du bardage telles que décrites au § 4.4.1.2.
- Justifier la stabilité dimensionnelle des façades bois. Vérifier les variations dimensionnelles des panneaux et leur tassement potentiel.
- Décrire la mise en œuvre des éventuels balcons et justifier leur tenue mécanique. Fournir les schémas/figures correspondants.
- Préciser la zone de sismicité et la catégorie d'importance du bâtiment.
- Justifier la tenue mécanique des bavettes de recoupement de lame d'air.
- Gestion de l'étanchéité de la paroi
 - Pare-pluie
 - Fournir les fiches techniques avec les caractéristiques du pare-pluie et de ses accessoires et justifier de la conformité au § 5.3.1 du présent guide. Préciser si le pare-pluie fait l'objet d'une certification. Dans ce cas, fournir le certificat.
 - Préciser le mode de fixation du pare-pluie en conformité avec le DTU (maintenu par ossatures verticales continues mises en œuvre par le charpentier).
 - Justifier le Sd du pare-pluie et de ses accessoires.
 - Fournir les rapports d'essai de compatibilité, d'adhésion et de résistance des adhésifs mis en œuvre conformément à l'annexe D de la norme NF DTU 31.4 P1-2.
 - Préciser les dispositions de réparation du pare-pluie.
 - Préciser les dispositions de réception avant la mise en œuvre du bardage.
- Points singuliers
 - Préciser comment sont mis en œuvre les panneaux de FOB au niveau des angles de l'ouvrage (fonctionnement statique).
 - Décrire les continuités d'étanchéité à l'eau et à l'air au niveau des points singuliers de l'ouvrage acceptant les déformations différentielles prévisibles (jonction de bloc, périphérie des menuiseries, angles de bâtiment, ferrures de balcons, etc.).
 - Vérifier la compatibilité des mouvements de l'ossature avec la référence du joint comprimé au niveau des jonctions de panneaux de FOB afin que celui-ci soit maintenu comprimé dans la vis de l'ouvrage (si l'étanchéité entre panneaux est réalisée par joint pré-comprimé). Cette vérification est à réaliser en lien avec la synthèse des déplacements prévisionnel.
 - Justifier le respect des tolérances dimensionnelles des joints mousses imprégnées des cadres des menuiseries.
 - Préciser comment est reconstitué le plan d'étanchéité au niveau des éventuelles traversées.
- Pare-vapeur
 - Fournir les fiches techniques avec les caractéristiques du pare-vapeur et de ses accessoires et justifier de la conformité au § 5.3.2 du présent guide.
 - Préciser le mode de fixation du pare-vapeur en conformité avec le DTU.
 - Préciser les dispositions de réparation, en cas de détérioration du pare-vapeur.
 - Fournir les rapports d'essai de compatibilité, d'adhésion et de résistance des adhésifs mis en œuvre conformément à l'annexe D de la norme NF DTU 31.4 P1-2.
 - Justifier de la compatibilité de l'adhésif sur les différents matériaux et la valeur de son coefficient Sd.
 - Préciser les dispositions de réception avant la mise en œuvre de la contre-cloison.

- Isolant
 - Préciser la nature de l'isolant et fournir la fiche technique de celui-ci.
 - Fournir le certificat ACERMI de l'isolant utilisé et l'avis technique si non conforme aux prescriptions NF DTU.
 - Détailler son mode de mise en œuvre.
- Doublage intérieur
 - Décrire le doublage intérieur.
 - Justifier les dispositions prises pour reprendre les déplacements de la FOB, permettant d'assurer la désolidarisation des ossatures de doublage vis-à-vis de l'ossature de la FOB.
- Ossatures de bardage
 - Pour chaque procédé de bardage, préciser la nature (acier ? aluminium ? bois ?) Préciser les géométries, les sections utilisées ainsi que les entraxes.
 - Détailler la mise en œuvre de l'ossature.
 - Justifier des fixations de l'ossature de bardage à la paroi de FOB (en tenant compte du poids propre et des charges de vent considérés. Préciser les entraxes maximums entre tirefond. Fournir les caractéristiques (fiches techniques) des fixations des ossatures au support FOB.
 - Fournir la note de dimensionnement de l'ossature de bardage au vent et au poids propre.
 - Expliciter les dispositions relatives aux respects des dilatations des métaux. Les hypothèses ayant servies à établir ces dispositions sont à indiquer (delta de température, coefficients de dilatation, etc.). Préciser les dispositions prévues pour éviter tout endommagement du pare-pluie.
 - Indiquer les dispositions prises afin d'assurer la compatibilité électrochimique entre les ossatures du bardage et les fixations.
- Revêtement extérieur – Bardage ventilé
 - Pour chaque typologie de bardage, préciser les formats mis en œuvre : longueur/largeur mini/ maxi, épaisseur, et fournir le détail de la mise en œuvre.
 - Le calepinage des différents éléments (ossature et bardage) sera à indiquer précisément (localisation des différentes typologies de façade sur un repérage et préciser les formats des panneaux sur l'opération).
 - Pour chaque typologie de bardage, justifier du classement du système aux chocs de conservation de performances selon P08 302 selon l'aire d'activité nécessaire.
 - Pour chaque typologie de bardage, justifier de la performance au vent vis-à-vis des efforts de vent du chantier.
 - Justifier de l'aptitude du procédé de bardage à accepter les déformations prévisibles de la paroi support, issu de la note de calcul (voir synthèse des déformations). Le § B.2.4.4.2 de l'ANNEXE B propose un protocole d'essais permettant de donner les déformations maximales acceptables par le procédé.
 - Dans le cas de procédé en terre-cuite, préciser le coloris des revêtements extérieurs et justifier de la durabilité du matériaux mis en œuvre en bardage rapporté selon son coloris. Fournir le certificat QB 15 du produit (visant le coloris).
 - Préciser les dispositions de drainage des eaux ainsi que les implantations des EP.

NOTE F.3

Les EP doivent être apparentes et visitables, de ce fait, leur positionnement dans les lames d'air ventilées de revêtement extérieur est proscrit.

- Préciser comment sont traités les points d'ancrage des échafaudages à la façade et leur reprise lors du démontage de ces derniers.
- Préciser les dispositions prises pour fermer durablement les joints de bardage, horizontaux et verticaux, tant en partie courante qu'au droit des points singuliers.

- Élément de façade – menuiserie
 - Préciser le type de menuiserie. Préciser si les menuiseries mises en œuvre font l'objet d'un DTA en cours de validité et visant la pose sur ossature bois. Préciser qui sera le fabricant des menuiseries pour le chantier.
 - Préciser la mise en œuvre dans le bloc FOB et préciser la mise en œuvre de l'encadrement de baie rapporté dans l'ouverture du mur, ainsi que la temporalité de montage de ces éléments.
 - Justifier et illustrer la mise en œuvre et les fixations des menuiseries.
 - Fournir le label NF ou MENUISERIE 21 ou équivalent des menuiseries attestant d'un classement minimal conformément au CCTP.
 - Fournir la conformité des menuiseries à la norme NF DTU 36.5 (classement A*E*V*, ENDURO, essai mécanique, assemblage, classe du bois, dispositions constructives, etc.).
 - Fournir le rapport d'essai A*E*V* de classification de la menuiserie fabriquée par l'atelier du chantier et validant le classement demandé. S'il s'agit d'un bloc baie intégrant un volet roulant, l'ensemble du bloc devra faire l'objet de l'essai A*E*V*.
 - Fournir les justifications expérimentales des ouvrants du chantier suivant les normes NF P20-501 et NF P20-302 (endurance et essais mécaniques). Les éléments de quincailleries des ouvrants doivent être ceux mis en œuvre sur le chantier.
 - Vérifier expérimentalement la sécurité vis-à-vis des chutes de personnes si les menuiseries (fixes et inamovibles) doivent assurer la fonction de garde-corps (M50/900Joules).

ATTENTION F.1

Le mastic de calfeutrement doit être évalué et caractérisé pour l'emploi visé.

- Essais systèmes ou étude particulière
 - Justifier la perméabilité à l'air et l'étanchéité à l'eau et la résistance au vent.
 - Réaliser un essai AEV façade suivant la norme NF EN 13830 avec intégration de menuiseries, jonctions verticales et horizontales entre panneaux, ancrage de balcon, etc. (voir § B.1 de l'ANNEXE B du présent guide).
 - À la suite de l'essai, le pare-vapeur sera retiré pour vérifier la non-humidification de l'isolant et des panneaux de stabilité.
 - Réaliser un essai de vérification de la compatibilité des déformations entre FOB et revêtements extérieurs dont le protocole est défini au § B.2 de l'ANNEXE B du présent guide.
 - Vérifier expérimentalement la sécurité vis-à-vis des chutes de personnes en cas de fonction de garde-corps (M50/900 Joules), si nécessaire.
 - Le cas échéant, justifier le comportement de la paroi complète (revêtement et son support) vis-à-vis des efforts sismiques.
 - Pour les points singuliers spécifiques au projet ou pour les compositions de parois qui n'ont pas été visées dans l'étude réalisée dans le cadre du présent guide, justifier l'absence de risque de condensation dû aux variations de température et d'hygrothermie de part et d'autre de la paroi, considérant les points singuliers de la façade (traversées...). Fournir les hypothèses de calcul et préciser la méthode utilisée pour le calcul.
- Contrôles et plan d'assurance qualité :
 - Fournir le PAQ de la fabrication usine et le manuel qualité de fabrication des panneaux en usine, intégrant notamment les procédures d'autocontrôles mise en place dans l'unité de préfabrication.
 - Préciser le taux d'humidité ainsi que la classe du bois utilisé. Fournir la procédure d'autocontrôle de l'humidité du bois en cours de fabrication, lors de la mise en œuvre et avant la pose des revêtements intérieurs (doublage) et extérieurs (bardage). Préciser les mesures conservatoires à prendre si le taux d'humidité mesuré dépasse les limites fixées.
 - Fournir la procédure de mise en œuvre des COB ou FOB sur site.
 - Fournir le PAQ de chantier précisant les autocontrôles prévisionnels à réaliser durant les étapes de pose.

- Préciser comment sont réceptionnés les supports existants pour la fixation des panneaux de façade.
- Préciser les dispositions de protection des murs de façades.
- Décrire la méthodologie de transport et de levage et illustrer les principes d'élingage des panneaux.
- Entretien et maintenance
 - Indiquer les préconisations d'entretien.
 - Procédure de remplacement en cas de dégradation.

Extrait du rapport de l'étude hygrothermique réalisée dans le cadre du guide (rapport : CSTB DEB/HTO-2020-143-KZ-CP-NP)

G.1 Parois étudiées

Les simulations ont été réalisées en prenant en compte les caractéristiques des différents composants, de l'ensoleillement diurne et du rayonnement nocturne, de la pluie battante et de l'éventuelle perméabilité à l'air.

Les parois comportent des produits plus ou moins bien définis, que ce soit pour les épaisseurs, les caractéristiques hydriques ou la nature du produit.

Les configurations des parois qui seront mises en œuvre dans les constructions des bâtiments pour les JO 2024 ne sont pas encore connues précisément et dépendent de chaque projet. Le choix des produits utilisés dans l'étude a été fait de manière à laisser plusieurs possibilités aux concepteurs. Le tableau des propriétés hygrothermiques des matériaux est au § 0 de ce rapport.

Les simulations ont été réalisées sur les configurations nous paraissant les moins sujettes aux risques d'humidité et de développement fongique. Le panel de simulations a été défini pour s'assurer de la viabilité des solutions.

L'épaisseur entre montants a été choisie la plus importante possible. L'idée suivie est d'obtenir une grande résistance thermique. Ainsi, la température des quelques millimètres d'isolant en laine de roche proche de l'enduit sera proche de la température extérieure.

Le panneau OSB intérieur est de la plus faible épaisseur admise avec la plus faible résistance aux transferts de vapeur.

À l'inverse le panneau OSB extérieur est le plus épais possible avec une résistance aux transferts de vapeur d'eau la plus forte que possible.

Ainsi avec ces deux panneaux (hors tout autre produit) la vapeur d'eau passera le plus facilement possible dans la paroi et sera bloquée fortement par le panneau OSB extérieur notamment en hiver.

Pour l'isolant entre montants, plusieurs produits étaient préconisés. L'isolant en fibres de bois a été choisi car il présente le plus de risques liés à l'humidité.

Le complément d'isolation (isolant en partie extérieure) est en laine de roche. Les isolants biosourcés, comme panneaux extérieurs (complémentaire pour les bardages) n'ont pas été pris en compte dans les projets des JO2024.

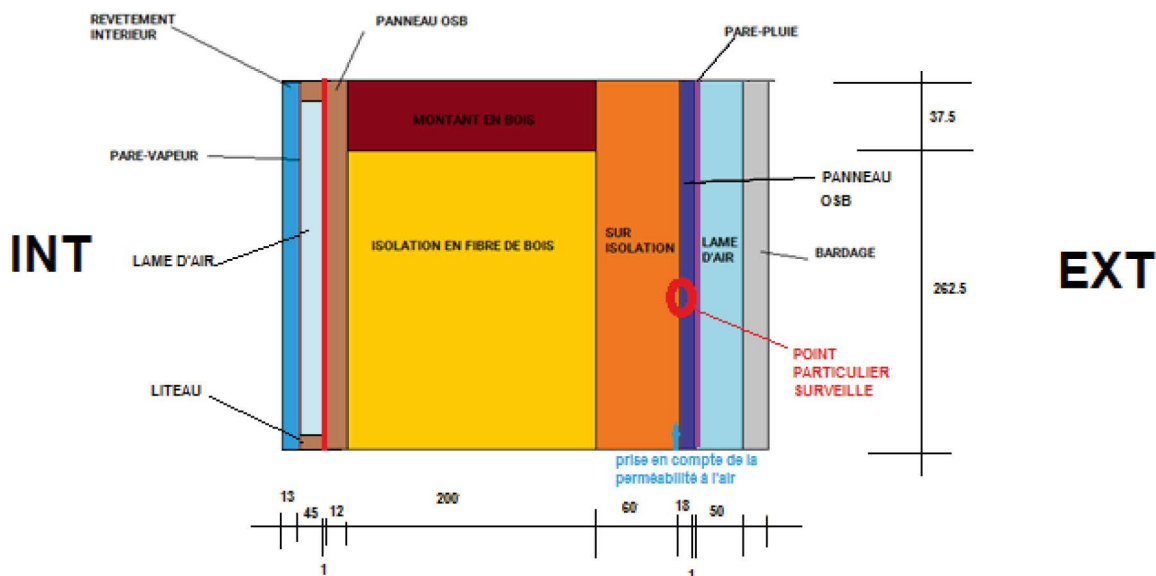
Les panneaux OSB sont positionnés et choisis de telle sorte que les risques liés à l'humidité soient les plus importants.

Le pare-vapeur choisi est un pare-vapeur classique et est défini dans la norme NF DTU 31.2. Son S_d est de 18 m.

G.2 Paroi avec bardage ventilé

La première paroi étudiée est une paroi à ossature bois avec un bardage ventilé.

La Figure G-1 ci-dessous permet de visualiser cette paroi avec les différents produits associés et leur épaisseur respective.



NOTE G.1

La paroi modélisée est défavorable d'un point de vue hygrothermique, mais non conforme à la norme NF DTU 31.2 ou NF DTU 31.4.

Les différentes caractéristiques des constituants de la paroi sont choisies en fonction de la situation de chacun des constituant vis-à-vis des autres et de l'importance de ce constituant vis-à-vis des transferts hygrothermiques.

G.2.1 La plaque de plâtre

Une plaque de plâtre classique BA13 a été prise en compte dans les simulations. Si celle-ci est remplacée par deux plaques de plâtre en BA25 la différence dans les échanges hygrothermiques entre les deux parements intérieurs sera négligeable.

G.2.2 La lame d'air

Une lame d'air de 45 mm a été proposée. Qu'elle fasse 45 mm ou 60 mm d'épaisseur n'aura pas d'incidence dans les transferts hygrothermiques. Une simulation a été entreprise en remplissant la lame d'air d'une laine minérale.

Dans ce dernier cas, la résistance thermique globale de la paroi étant très importante, les 45 ou 60 mm de laine minérale ne seront pas suffisants pour provoquer des risques liés à l'humidité.

Si les épaisseurs ou les résistances thermiques de l'isolant entre montants viennent à diminuer, il faudra au moins conserver le rapport 1/3- 2/3. À savoir il faudra que la résistance thermique de l'isolant entre l'intérieur et le pare-vapeur soit inférieure à 1/3 de la résistance totale de la paroi.

G.2.3 Le pare-vapeur

Le pare-vapeur est un élément qui réduit les transferts d'humidité. Plus son S_d est important et plus le transfert sera réduit. En réduisant le transfert d'humidité cela permet de réduire les risques de

condensation. Le pare-vapeur choisi pour les simulations est un pare-vapeur souvent utilisé dans les parois à ossature bois. La caractéristique de résistance à la vapeur d'eau (S_d) du pare-vapeur proposé est de 18 m ; ainsi, cette valeur permet de valider l'ensemble des pare-vapeur ayant un S_d supérieur à 18 m.

G.2.4 Le panneau OSB côté intérieur

Le panneau OSB intérieur contribue à la rigidité de l'ouvrage. Les panneaux OSB ont des épaisseurs variables. La nature des composants, leurs quantités et leurs types de fabrication conduisent à des caractéristiques différentes et notamment la valeur S_d qui peut varier d'un rapport 1 à 20. Les caractéristiques du panneau OSB côté intérieur choisi sont :

- épaisseur de 12 mm (épaisseur minimale),
- résistance aux transferts de vapeur d'eau (μ) de 134.

Ce panneau avec ces caractéristiques, et suivant sa disposition dans la paroi, permet de valider les panneaux ayant des épaisseurs supérieures et des μ supérieurs (soit des panneaux ayant un S_d supérieur à 1,6 m).

Le panneau OSB, étant disposé du côté intérieur, contribue à la réduction des transferts d'humidité à travers cette paroi.

G.2.5 L'isolant entre montants

L'isolant choisi est un isolant à base de fibres de bois. Cet isolant est plus sensible à l'humidité qu'un isolant en laine minérale.

Les résultats satisfaisants seront applicables à tous les isolants de densité équivalente (50 kg/m³).

Le développement fongique de ce type d'isolant est atteint bien avant l'apparition de condensation. Au-delà de 80 % HR il faut vérifier la possibilité d'un développement fongique pour des isolant biosourcés.

Les isolants en fibres de bois entre montants risquent d'atteindre les seuils permettant un développement fongique s'il n'y a pas de complément d'isolation côté extérieur.

G.2.6 L'isolant en complément d'isolation extérieure

Le complément d'isolation extérieure est, dans cette étude, de type laine minérale (laine de verre ou laine de roche). Comme indiqué ci-dessus, une laine minérale permettra de limiter les risques de développement fongique. La partie du complément d'isolation extérieure contre le panneau OSB de contreventement sera la plus vulnérable aux risques de condensation. À cet endroit, l'isolant aura une température proche de celle de l'extérieur et elle sera d'autant plus proche que la résistance thermique globale sera importante.

G.2.7 Le panneau OSB côté extérieur

Le panneau OSB côté extérieur permet de contreventer la paroi. Il est fixé aux montants pour rigidifier l'ensemble.

Les caractéristiques du panneau OSB côté extérieur choisi sont :

- épaisseur de 18 mm (épaisseur plutôt maximale),
- résistance aux transferts de vapeur d'eau (μ) de 650 dans ce contexte.

Ce panneau avec ces caractéristiques permet de valider les panneaux ayant des épaisseurs inférieures et des μ inférieurs (soit pour tout panneau ayant un S_d inférieur à 11,7 m).

G.2.8 Le pare-pluie

Le pare-pluie considéré dans cette étude est un pare-pluie classique ayant un S_d de 0,18 m.

Il protège le panneau OSB et le reste de la paroi de l'eau de pluie qui pourrait passer au travers du bardage.

G.3 Analyses des résultats et conclusion

G.3.1 Analyse générale

G.3.1.1 Généralités

La paroi est constituée d'isolant entre montants en bois associé à un panneau OSB de part et d'autre de cet isolant et à un pare-vapeur.

Du côté intérieur, le pare-vapeur associé à un panneau OSB diminue les transferts de vapeur d'eau à travers la paroi en hiver, ce qui contribue à limiter les accumulations de vapeur d'eau.

Cependant, un panneau OSB est placé du côté extérieur, ce qui contribue à augmenter les accumulations de vapeur d'eau.

Le procédé de bardage ventilé ne possède plus d'autre barrière aux transferts de vapeur d'eau.

G.3.1.2 Le panneau OSB

Les panneaux OSB ont des résistances aux transferts de vapeur d'eau (μ) très variables d'un produit à l'autre ou d'un fabricant à un autre. Ces valeurs peuvent varier d'un rapport 1 à 20.

Le nombre de paramètres pour évaluer ces procédés est important : caractéristiques des différents produits et leurs associations, climats intérieurs et extérieurs, etc.

Pour les simulations, les valeurs de résistance à la vapeur d'eau ont été choisies de façon à être défavorables. À savoir, le panneau côté intérieur a un Sd (épaisseur équivalente d'air) de 1,6 m alors qu'un Sd de 12 m a été affecté au panneau extérieur. Ces valeurs ont été retenues de manière à laisser plus de choix possibles pour les concepteurs parmi les panneaux disponibles.

G.3.1.3 L'isolant entre montants

L'épaisseur d'isolant a été choisie à 200 mm. Plus l'épaisseur est importante et plus la température des produits ou parties des produits proches de l'extérieur se rapproche des températures extérieures. Cela conduit à une augmentation de la teneur en eau de ces produits ou parties de produit.

La validation du procédé avec 200 mm conduira à valider les épaisseurs inférieures.

G.3.1.4 Les climats extérieurs

Les climats extérieurs ont été également choisis pour limiter le nombre de simulations, tout en ayant le maximum de zones validées.

Les procédés définis dans cette étude ont été simulés pour :

- un climat continental rigoureux (Nancy Nord), car les températures basses en hiver peuvent conduire à des teneurs en eau importantes en hiver ;
- un climat océanique (Brest Ouest) car suivant l'accumulation d'eau dans l'enduit extérieur (suivant sa nature), une quantité d'eau importante peut être transmise dans la paroi ;
- enfin, le climat de Nice a été choisi car sa température et son humidité sont importantes en été et, avec une climatisation intérieure, le sens du flux de vapeur d'eau peut être inversé.

G.3.1.5 Les climats intérieurs

Les climats intérieurs qui ont été choisis sont :

- le climat d'un local à hygrométrie moyenne pour Nancy, Brest et Nice,
- le climat d'un local avec un rafraîchissement ayant une limite à 23 °C à Nice et à Paris.

G.3.1.6 Construction des configurations

Des configurations ont été calculées pour vérifier l'incidence :

- pour le procédé de bardage ventilé,
- du complément d'isolation extérieure,
- du complément d'isolation intérieure,
- de la nature de la fibre de bois (surtout la courbe de sorption qui est un élément important des échanges d'humidité).

G.3.2 Analyse des résultats de la façade avec bardage ventilé

Les résultats des simulations effectuées sur la façade ventilée et dans les conditions énoncées ci-avant répondent aux critères pour éviter tous risques de condensation et de développement fongique des différents cas de figure.

En comparant les différents cas, les résultats montrent que :

- le complément d'isolation en laine minérale préserve l'isolant en fibres de bois de tout développement fongique en permettant une diminution importante de la teneur en eau maximale de l'isolant en fibres de bois ;
- le complément d'isolation intérieure ne modifie que très peu les teneurs en eau et les humidités relatives des différents produits de la paroi ;
- plus la température extérieure en hiver est basse en moyenne et plus la teneur en eau du complément d'isolation extérieure est forte ;
- le rafraîchissement intérieur conduit à une augmentation de la teneur en eau du panneau OSB intérieur contre le pare-vapeur, sans toutefois dépasser les limites d'acceptation pour éviter tous risques liés à l'humidité.

G.4 Présentation synthétique des résultats

Le tableau suivant présente les réponses aux critères d'acceptation pour éviter tous risques liés à l'humidité.

Tableau G.2 : Tableau synthétique des résultats de simulations

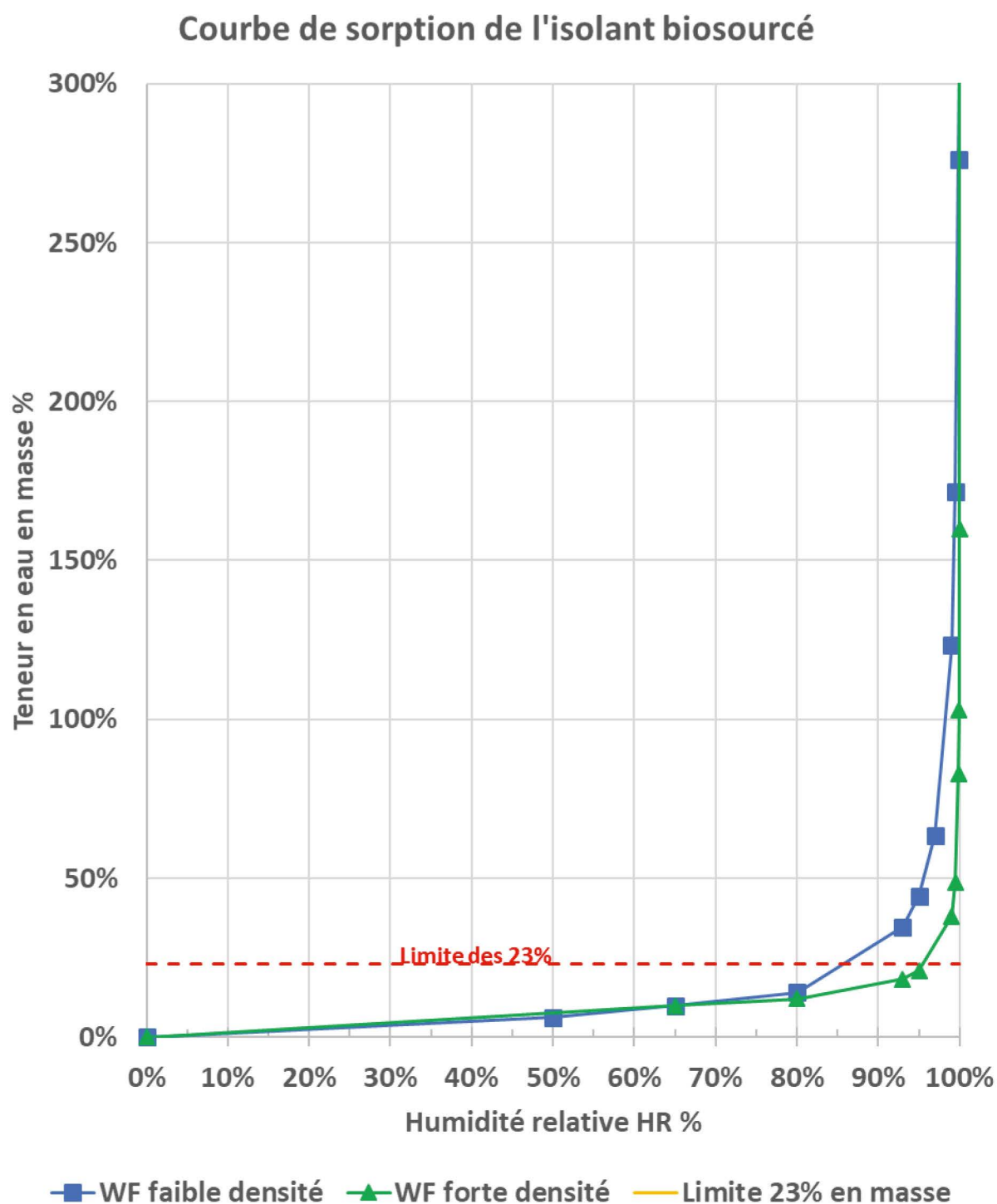
Cas	Description de la paroi	Critères	Observations
BARDAGE VENTILÉ			
1	Nancy Nord sans complément d'isolation	✓	
2	Nancy Nord avec complément d'isolation extérieure	✓	
3	Nancy Nord sans complément d'isolation extérieure mais complément d'isolation intérieure	✓	
4	Paris Nord avec complément d'isolation extérieure	✓	
5	Nancy sud sans rafraîchissement avec complément d'isolation extérieure	✓	
6	Nancy Nord avec complément d'isolation extérieure (Sd du panneau OSB intérieur différent du cas 2)	✓	
7	Brest ouest avec complément d'isolation extérieure	✓	
8	Nice nord sans rafraîchissement et avec complément d'isolation extérieure	✓	
9	Nice sud avec rafraîchissement et avec complément d'isolation extérieure	✓	

G.5 Tableau des propriétés hygrothermiques des matériaux constituant les parois

Tableau G.3 : Caractéristiques des constituants des parois

	Épaisseur en mm	P [m³/m³]	ρ [kg/m³]	λ [W/(m.K)]	c _p [J/(kg.K)]	μ [-] ou s _d [m]
Plaque de plâtre	13	0,70	650	0,18	870	μ = 8,3
Lame d'air non ventilée	45	0,999	1.3	0,28	1 000	μ = 0,32
Ossature en bois		0,72	600	0,13	1 600	μ = 130
Panneau OSB intérieur	12	0,64	553	0,12	1 400	μ = 134
Pare-vapeur	1	2.10 ⁻⁴	100	2,3	2 300	s _d = 18 (18 000)
						s _d = 90 (90 000)
Isolant à base de fibres de bois faible densité	200	0,98	50	0,038	2 000	μ = 1,3
Isolant à base de fibres de bois forte densité		0,98	100	0,038	2 000	μ = 1,3
Montant en bois		0,72	600	0,13	1 600	μ = 130
Isolant en laine minérale	60	0,98	20	0,035	1 200	μ = 1,1
Panneau OSB extérieur	18	0,72	630	0,13	1 600	μ = 650
Écran pare-pluie	1	2.10 ⁻⁴	130	2,3	2 300	s _d = 0,18 (180)
Lame d'air sous bardage	50	0,999	1.3	0,28	1 000	μ = 0,32
Brique extérieur bardage	30	0,38	1 725	0,6	850	μ = 17
Enduit étanche	18	0,3	2 000	1,2	850	μ = 50
Enduit perméable absorbant		0,33	1 600	0,7	850	μ = 12
Enduit perméable non absorbant		0,24	1 900	0,8	850	μ = 19
Valeurs génériques définies dans l'étude SIMUBAT Valeurs issues de la base de données du logiciel WUFI Valeurs génériques utilisées dans l'étude OPERA						

G.6 Courbe de sorption de l'isolant en fibres de bois



SOLIDEO
SOCIÉTÉ DE LIVRAISON DES
OUVRAGES
OLYMPIQUES

CSTB
le futur en construction

18, RUE DE LONDRES
75009 PARIS

 @SOLIDEOHERITAGE

www.ouvrages-olympiques.fr

 Société de Livraison des Ouvrages Olympiques