

COUVERTURE EN PLAQUES ONDULÉES ISSUES DE TÔLES D'ACIER REVÊTUES EN CLIMAT TROPICAL OU ÉQUATORIAL HUMIDE ET CONDITIONS CYCLONIQUES

DÉCEMBRE 2021 - VERSION 1.0

● NEUF ● RÉNOVATION



AVANT-PROPOS

Programme PACTE

Le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique a pour objectif d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer la qualité dans la construction et les travaux de rénovation.

Financé par les Pouvoirs publics, le programme PACTE s'attache depuis 2015 à favoriser le développement de la connaissance, la mise à disposition de référentiels techniques et d'outils pratiques modernes adaptés aux pratiques des professionnels et, à soutenir les territoires dans toutes leurs initiatives dans ce champ.

Les actions menées s'inscrivent dans la continuité des travaux de modernisation des Règles de l'art initiés dans le cadre du programme RAGE.

Les Recommandations Professionnelles RAGE

Les Recommandations Professionnelles RAGE sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU.

Ces nouveaux textes de référence sont reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

UNE COLLECTION
UNIQUE



PROGRAMME D'ACTION POUR LA QUALITÉ DE LA CONSTRUCTION ET DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

SOMMAIRE

01 • Objet des Recommandations Professionnelles	4
02 • Documents de référence	8
03 • Termes et définitions	11
04 • Matériaux	15
05 • Conception de l'ouvrage	31
06 • Mise en œuvre en partie courante	50
07 • Traitement des points singuliers	60
08 • Mise en œuvre de l'isolation thermique	74
09 • Dispositions relatives à la gestion des eaux pluviales	77
10 • Autocontrôles	79
11 • Condition d'usage et d'entretien	81
Annexe A • Application simplifiée des Règles NV65 pour les questions relatives au vent en zones cycloniques	83
Annexe B • Application simplifiée des Règles NV65 pour les questions relatives au vent hors zones cyclonique (Guyane)	90
Annexe C • Méthode de vérification de la densité de fixation	95
Annexe D • Ecartement maximal des éléments supports de couverture en zones cycloniques – Dispositions forfaitaires	98
Annexe E • Eléments devant être définis aux Documents Particuliers du Marché (DPM)	103
Annexe F • Méthode de dimensionnement d'une couverture aux charges ascendantes en zones cycloniques	104
• Table des matières	106
• Table des tableaux	110
• Table des figures	111



VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
INITIALE	Décembre 2021	



1.1 Contenu

Le présent document a pour objet de définir les bonnes pratiques de conception et de mise en œuvre des couvertures en plaques ondulées issues de tôles d'acier revêtues, pour des ouvrages réalisés en **climat tropical ou équatorial humide** et/ou **conditions cycloniques**.

Sont concernées les territoires ultra-marins suivants :

- la Martinique ;
- la Guadeloupe (compris La Désirade, Marie-Galante et Les Saintes) ;
- Saint-Martin ;
- Saint-Barthélemy ;
- la Guyane ;
- la Réunion ;
- Mayotte ;

désignés « territoires ciblés » dans le présent document.

Tous les territoires ciblés présentent un climat tropical ou équatorial humide. Seule la Guyane n'est pas concernée par les conditions cycloniques (celle-ci se situant en zone de vent 1 au sens des NV65 modifiées).

Les climats tropicaux et équatoriaux humides se caractérisent par des conditions climatiques tout à fait spécifiques :

- faibles variations de températures journalières et au cours de l'année (hors zones d'altitudes supérieure à 600 m) ;
- faibles variations de l'ensoleillement moyen au cours de l'année ;
- précipitations importantes, souvent brutales et intermittentes ;
- humidité relative moyenne très élevée, de l'ordre de 80 % minimum ;
- très fortes expositions aux UV.

Les conditions cycloniques se caractérisent par des phénomènes venteux d'intensité exceptionnelle, pouvant atteindre des vitesses de vent de près de 400 km/h durant les plus violents cyclones récents.

Le terme « conditions cycloniques » employé dans les présentes Recommandations, se limite aux effets du vent définis par les NV65 modifiées, en tenant compte d'un « coefficient de site » k_s égal à 1,20 quelle que soit l'exposition des ouvrages.

NOTE

Dans le cas d'une révision du DTU 40.35 intégrant les plaques ondulées 76x18 mm et intégrant un dimensionnement aux Eurocodes, les effets du vent à prendre en compte seraient alors ceux y figurant issus de l'Eurocode 1 Partie 1-4 (NF EN 1991-1-4) et ses amendements, et son annexe nationale.

Ces spécificités induisent des modes constructifs très différents de ceux usuellement pratiqués en métropole.

Les prescriptions des présentes Recommandations professionnelles ont été rédigées sur la base :

- du retour d'expérience reconnu et réussi des dispositions constructives pratiquées depuis de nombreuses années sur les territoires situés en climat tropical et équatorial humide cités ci-dessus ;
- de l'évolution récente constatée des épisodes cycloniques, et de leurs conséquences sur le bâti, pour les zones cycloniques.

1.2 Domaine d'application

Les présentes Recommandations professionnelles proposent des spécifications de conception, de mise en œuvre et de choix des matériaux pour les travaux d'exécution des ouvrages de couverture en plaques ondulées obtenues à partir de tôles d'acier revêtues.

Les plaques ondulées visées par le présent document présentent :

- une épaisseur nominale minimale :
 - de 0,75 mm en zones cycloniques ;
 - de 0,63 mm hors zone cyclonique (Guyane).
- le pas d'onde 76 mm ;
- la hauteur d'onde 18 mm ;
- un revêtement de surface mixte sur les deux faces des plaques, composé à la fois :
 - d'un revêtement métallique ;
 - et d'un revêtement organique.

Sont visés :

- les travaux neufs et les travaux de réfection ;
- les bâtiments fermés, de toutes destinations : habitation, tertiaire, industriel, stockage agricole ;
- les bâtiments ouverts ;
- les bâtiments non climatisés largement ventilés naturellement (cf. § 3 Termes et définitions) ;
- les bâtiments fermés, climatisés et dotés d'un traitement d'air adapté, dans lesquels la pression intérieure de vapeur (P_i) est comprise entre 5 et 10 mmHg ;
- les couvertures à simple peau métalliques, à versants plans ;
- toutes les situations d'exposition :
 - en front de mer ;
 - en bord de mer ;

- à l'intérieur des terres jusqu'à une altitude de 600 m ;
- en altitude jusqu'à 800 m.

Les ouvrages construits à une altitude comprise entre 600 m et 800 m concernent principalement l'île de la Réunion, les autres territoires ciblés présentant rarement des constructions au-delà de 600 m d'altitude.

Les couvertures conformes aux présentes Recommandations professionnelles :

- présentent une pente minimale de 25 % (soit 14°) :

Cette pente minimum est assujettie à conditions. Le détail de pente minimum est indiqué au tableau 10 au § 5.4.1.

La pente des couvertures des ouvrages annexes ouverts (tels que préaux, auvents, coursives, loggias, varangues...) peut être réduite à 15 % (soit 8,5°) sous conditions, cf. 5.4.1.

- présentent une longueur maximale de rampant de 20 m, avec un seul recouvrement transversal de plaques par versant maximum ;
- ne présentent pas de changement de pente dans le sens du versant, sur l'emprise des bâtiments fermés ;
- doivent faire l'objet d'un entretien régulier (cf. § 11), sous la responsabilité du maître d'ouvrage.

NOTE

Le traitement traditionnel de la brisure de pente à l'aide d'accessoires plans induit un risque accru d'infiltration d'eau dans l'emprise des ouvrages fermés, confirmé par le retour d'expérience dans les territoires ciblés.

Le traitement des brisures de pente dans l'emprise des bâtiments fermés nécessiterait une étude au cas par cas et des accessoires spécifiques à ce jour non existants dans les gammes standard, en particulier dans le cas de la rénovation s'il n'est pas possible de modifier l'emplacement de la brisure dans l'emprise de l'ouvrage fermé.

Ne sont pas visés :

- les parois de toiture directement en contact avec le local à basse température d'une chambre froide positive ou négative ;
- les locaux à production d'humidité intérieure, type piscines, douches collectives ou cuisines collectives ;
- les locaux non ventilés naturellement par leur conception ;
- les couvertures chaudes ou froides ventilées à simple ou double peau, à versants courbes (convexes et concaves) ;
- les couvertures chaudes double peau métallique (versants plans et versants courbes) ;
- les bâtiments fermés dont les locaux ont des sols en terre battue ;
- la participation des plaques ondulées de la couverture à la résistance aux efforts horizontaux et à la stabilité de la structure ;
- la stabilisation des ossatures secondaires par les plaques ondulées ;
- les procédés de couverture suivants :
 - les plaques éclairantes ondulées intégrées en cours de versant ;
 - les plaques ondulées intégrant des protections thermiques collées en sous face ;

- les couvertures avec modules solaires (photovoltaïque ou thermique) fixés directement sur les plaques ondulées ;
- les ouvrages de surcouvertures.

Ces procédés doivent faire l'objet d'une procédure d'évaluation spécifique, type Avis Techniques ou Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX), visant les territoires d'outre-mer.

- les couvertures en plaques ondulées d'aluminium revêtues ou non ;
- les couvertures en plaques ondulées d'acier inoxydable revêtues ou non ;
- la fixation, dans la structure porteuse ou les éléments supports de couverture, d'équipements de protection individuelle tels que les potelets de ligne de vie et crochets ou anneaux d'ancrage.

La fixation d'équipements de protection individuelle tels que les potelets de ligne de vie ou anneaux d'ancrage ou anneaux d'ancrage, directement sur les plaques ondulées, est exclue.



2.1 Référentiels des produits

Tôles d'acier

- NF EN 10130, Produits plats laminés à froid, en acier à bas carbone pour formage à froid – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10346, Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10143, Tôles et bandes en acier revêtues en continu par immersion à chaud – Tolérances sur les dimensions et sur la forme.

Tôle d'acier galvanisé

- NF EN 10346, Produits plats laminés à froid, en acier à bas carbone pour formage à froid – Conditions techniques de livraison ».
- NF P 34-310, Tôles et bandes en acier de constructions galvanisées à chaud en continu destinées au bâtiment – Classification et essais.

Tôles d'acier revêtues de zinc-magnésium-aluminium :

- NF EN 10346 (2015-10-16) : Produits plats en acier revêtus en continu par immersion à chaud pour formage à froid – Conditions techniques de livraison.
- ETPM associée (Enquête Technique Préalable de Matériau établie par le CSTB), pour le domaine d'emploi.

Tôles d'acier prélaquées :

- NF P 34-301, Tôles et bandes en acier prélaquées ou revêtues d'un film organique contrecollé ou colaminé destinées au bâtiment – Conditions techniques de livraison.
- NF P24-351, Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métalliques – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.

Durabilité des bois

- NF EN 335, Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Définition des classes d'emplois.

Isolation thermique

- NF EN ISO 29767, Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Détermination de l'absorption d'eau à court terme par immersion partielle.
- NF EN 13162 + A1, Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en laine minérale (MW) – Spécification.

- NF EN 13163 + A2, Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécification.
- NF EN 13164 + A1, Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) – Spécification.
- NF EN 13165 + A2, Produits isolants thermiques pour le bâtiment – Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PU) – Spécification.

Fixations

- NF P 30-310, Travaux de couverture et de bardage – Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage – Méthode d'essai d'arrachement des fixations de leur support.
- NF P 30-314, Travaux de couverture et de bardage – Détermination de la résistance caractéristique d'assemblage – Méthode d'essai d'arrachement de l'assemblage des plaques en tôle d'acier ou d'aluminium au support.
- NF EN 1396, Aluminium et alliages d'aluminium – Tôles et bandes revêtues en bobine pour applications générales – Spécifications.

Pare-vapeur

- NF EN 13984, Feuilles souples d'étanchéité – Feuilles plastiques et élastomères utilisées comme pare-vapeur – Définitions et caractéristiques.

Accessoires

- DTU 40.5 P1, Travaux de bâtiment – Travaux d'évacuation des eaux pluviales – Partie 1 : Cahier des Clauses techniques.
- NF P 30-305, Couverture de bâtiment – Compléments d'étanchéité préformés pour couverture métallique – Spécifications – Essais.
- NF EN 485, Aluminium et alliages d'aluminium – Tôles, bandes et tôles épaisses – Partie 1 : Conditions techniques de contrôle et de livraison.

2.2 Référentiels de conception

Terminologie

- NF P 30-101, Couverture – Terminologie.

Règles NV65 modifiées

- Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes.

Eurocodes (uniquement concernant le dimensionnement des charpentes)

- NF EN 1993-1-1, Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.
- NF EN 1995-1-1 + A1, Eurocode 5 – Conception et calcul des structures en bois – Partie 1-1 : Généralités – Règles communes et règles pour les bâtiments.
- 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.

Evacuation des eaux pluviales

- DTU 40.5 P1, Travaux de bâtiment – Travaux d'évacuation des eaux pluviales – Partie 1 : Cahier des Clauses techniques.
- NF DTU 60.11 P-3, Travaux de bâtiment – Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales – Partie 3 : Evacuation des eaux pluviales.

Autres référentiels

- RTAA DOM 2016, définies par les articles R162-1 à R162-4 du code de la construction et de l'habitation et leurs trois arrêtés d'application du 17 avril 2009 (thermique, acoustique et aération), modifiés en janvier 2016).
- Réglementation régionale spécifiques sur le volet thermique et énergétique depuis le 21 mai 2011 pour la Guadeloupe (réglementation RTG) et depuis le 1^{er} septembre 2013 pour la Martinique (réglementation RTM).

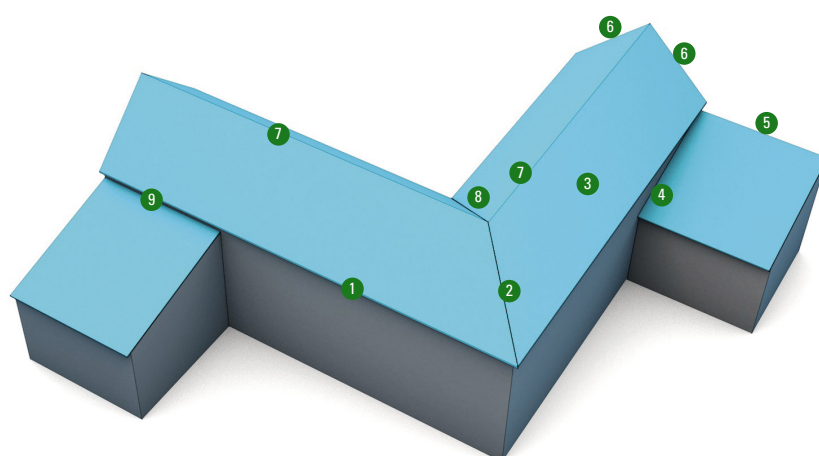
2.3 Référentiels de mise en œuvre

- NF DTU 58.1 P1-1, Travaux de bâtiment – Plafonds suspendus modulaires.
- NF DTU 25.42 P1-1, Travaux de bâtiment – Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs plaques de parement en plâtre et isolant Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.
- Cahier n° 3560_V2 du CSTB, Isolation thermique des combles Isolation en laine minérale faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de Traditionalité. Cahier de Prescriptions Techniques communes de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique de combles.
- Cahier 3647 du CSTB, Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, Document Technique d'Application ou Constat de Traditionalité.



Le présent paragraphe vient compléter les définitions de la NF P30-101 Terminologie des ouvrages de couverture.

Figure 1 – Définition des différentes lignes de couverture



- | | |
|----------------------|--|
| ① Égout | ⑥ Rive |
| ② Arêtier | ⑦ Faîtage |
| ③ Versant ou rampant | ⑧ Noue |
| ④ Rive contre mur | ⑨ Désolidarisation d'un ouvrage annexe |
| ⑤ Faîtage simple | |

Accessoires de couverture

Les accessoires de couverture permettent la finition d'un ouvrage de couverture, en particulier aux points singuliers. Ils peuvent être :

- des pièces façonnées pour habiller et compléter les plaques ondulées le long des lignes de toiture ;
- des ensembles complets utilisés en pénétration ponctuelle pour un usage déterminé : ventilation, passage de tuyaux, ...

Arêtier

Ligne saillante inclinée formée par l'intersection de deux pans de couverture (cf. figure 1).

Chemin de circulation

Les chemins de circulation sont des zones de passage de service disposés sur une couverture pour permettre la circulation du personnel d'entretien. Les chemins de circulation peuvent être provisoires ou permanents.

Permanents, ils sont prévus et étudiés dès la conception, afin de permettre une circulation vers les installations techniques.

Provisoires, ils sont éventuellement prévus et utilisés lors du montage ou lors de l'entretien des couvertures. Ils sont alors généralement constitués de planches de bois disposées sur les pannes (trois appuis au moins) ou sur les plages des plaques, entre ondes principales.

Chéneau

Ouvrage de collecte des eaux pluviales, dissocié de la couverture, généralement de section rectangulaire.

Chéneau encaissé

Chéneau situé entre deux versants de toiture ou entre un versant et un mur.

Chéneau intérieur

Chéneau situé dans l'emprise de l'ouvrage et assurant le clos de l'ouvrage.

Chéneau extérieur

Chéneau dont l'eau débordante se déverse à l'extérieur du bâtiment. Disposé en encorbellement, il ne participe pas au clos de l'ouvrage.

Closoir

Élément préfabriqué d'obturation des ondes d'une couverture à ses extrémités hautes et basses, format liaison avec des éléments de reliefs distincts tels que les faîtages.

Complément d'étanchéité

Joint préformé mis en œuvre aux recouvrements des plaques ondulées pour assurer l'étanchéité à l'eau des couvertures.

Couverture aérée

Cf § 5.8.

Couverture chaude sur parement décoratif continu bois

Cf § 5.9.

Couverture froide ventilée

Cf § 5.10.

Éléments supports de couverture

Éléments bois ou métalliques supports direct des plaques ondulées.

Dans le cas des éléments bois, on appelle les éléments supports de couverture « pannes » ou « liteaux » en fonction de leur section (cf. § 5.4.4).

NOTE

« Liteaux » est le mot employé dans les territoires ciblés pour des pièces de bois qui selon l'item 293 de la NF B 50-002 sont des chevrons.

Entoilage

Bande souple (cf. 4.5.6) désignée dans certaines zones géographiques par l'appellation « entoilage » servant au traitement de l'étanchéité des points singuliers linéaires de couverture tels que faîtage, arêtier et rive contre mur.

Gouttière

Ouvrage de collecte des eaux pluviales, dissocié de la couverture, généralement de section ronde.

Isolation thermique

Ensemble des techniques mises en œuvre pour limiter des déperditions calorifiques.

Jalousies

Menuiserie extérieures à lames orientables, permettant une large ventilation des locaux.

Ligne de toiture

Elles sont définies dans la norme NF P 30-101 « Couverture – Terminologie ». La figure 1 indique les dénominations des principales lignes de toiture.

Locaux climatisés

Locaux à ambiance régulée, assurant un confort thermique et hygroscopique grâce à un traitement d'air adapté et dans lesquels la pression intérieure de vapeur (P_i) est comprise entre 5 et 10 mmHg.

Locaux largement ventilés naturellement par leur conception

Constructions dont la conception permet une libre circulation d'air constante (conformément aux réglementations thermiques en vigueur dans les territoires ciblés) dans les locaux, assurant un renouvellement d'air naturel. Cette ventilation est obtenue par l'implantation dans les façades d'ouvertures ou de dispositifs type jalousies ou ventelles.

Noue

Dans le présent document, le terme « noue » désigne intersection de deux pans de couvertures formant un angle rentrant (cf. figure 1).

Ouvrage annexe

Sont considérés comme ouvrages annexes des ouvrages ouverts tels que préaux, auvents, coursives, loggias, varangue, etc..., accolés à une construction fermée.

Ouvrage « au vent »

L'expression « ouvrage au vent » désigne un ouvrage exposé aux vents dominants, c'est-à-dire face aux vents les plus fréquents dans le site concerné.

Par conséquent, un ouvrage « au vent » est généralement très exposé aux embruns.

Ouvrage « sous le vent »

L'expression « ouvrage sous le vent » désigne un ouvrage protégé des vents dominants, c'est-à-dire protégé des vents les plus fréquents dans le site concerné (topographie, construction aux alentours ou autres obstacles).

Par conséquent, un ouvrage « sous le vent » est protégé des embruns.

Ouvrage fermé

Un ouvrage est dit fermé lorsque toutes ses parois ont un pourcentage d'ouverture inférieur ou égal à 5 %.

Ouvrage ouvert

Un ouvrage est dit ouvert lorsque au minimum une de ses parois verticales présente (ou peut présenter) un pourcentage d'ouverture supérieur à 35 %.

Pare-vapeur

Feuille ou membrane étanche à la vapeur d'eau, ayant pour rôle d'empêcher ou d'entraver le cheminement de la vapeur d'eau à travers une paroi.

Pénétration en couverture

Élément venant en saillie du plan de la couverture formé par les plaques ondulées.

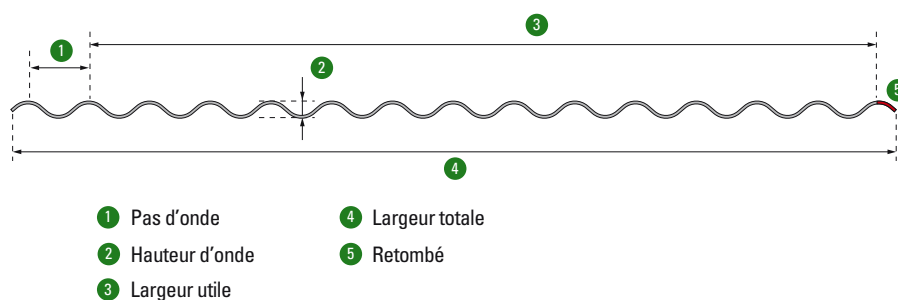
Plaques Ondulées

Par convention, les plaques ondulées sont des éléments de grandes dimensions réalisés à partir de tôles minces (en bobines ou en plaques) d'épaisseur constante.

Les plaques ondulées sont également appelées profils ondulés ou tôles d'acier ondulées.

Les ondes sont de forme sinusoïdale, les sommets d'ondes étant arrondis, profil 76x18 mm, les sommets d'ondes étant arrondis (cf. exemple en figure 2).

Figure 2 – Désignation des différents éléments constituant une plaque de couverture ondulée



Structure porteuse

Éléments de charpente assurant la solidité et la stabilité de l'ouvrage.

Ventilation de la sous-face des couvertures

Ensemble des dispositions assurant le renouvellement de l'air situé au contact direct de la sous-face des plaques ondulées.

Ventilation des locaux

Ensemble des dispositions assurant le renouvellement de l'air situé à l'intérieur des locaux, en sous-face des plafonds.

Un local peut être ventilé sans que la sous-face de sa couverture (sous-face des plaques ondulées) soit elle-même ventilée.

Ventelles

Menuiserie extérieures à lames fixes, permettant une large ventilation des locaux.



4.1 Plaques ondulées en tôle d'acier revêtues

4.1.1 Généralités

Ces plaques ondulées doivent répondre à la norme NF EN 14782 et à la norme NF EN 508-1.

Les plaques ondulées en acier sont identifiées à l'aide d'une **Fiche Technique** qui comporte au moins les indications suivantes :

- date d'édition ;
- norme de référence liée au marquage CE ;
- nom du fabricant ou du distributeur ;
- désignation commerciale ;
- géométrie du profil de plaque, les principales dimensions étant cotées ;
- type d'acier utilisé : norme de référence, nuance d'acier, classe de tolérance d'épaisseur utilisée ;
- revêtement pour chacune des deux faces et l'éventuel sens de pose (intérieur / extérieur) des plaques :
 - métallique : nature, norme de référence, désignation et épaisseur ;
 - organique : nature, norme de référence, désignation et épaisseur ;

Pour chaque revêtement doivent être précisés :

 - le classement catégorie VI selon la NF P 34-301 ;
 - le classement RC4 ou RC5 selon la NF EN 10169+A1 ;
 - l'éventuelle référence et date de validité de l'ETPM le cas échéant ;
- les valeurs de calcul suivant le tableau G.4 de l'annexe G du DTU 40.35 ;
- tableaux définissant les portées limites déterminées conformément au § G.5.3 du DTU 40.35, en fonction des épaisseurs nominales, des actions et de la densité des fixations clairement indiquée (cf. 6.1.3), hors poids propre des plaques :
 - en charges ascendantes ;
 - en charges descendantes ;

pour les cas les plus usuels :

 - pose sur 3 appuis minimum ;
 - entraxes adaptés à l'emploi (entraxes resserrés en zones cycloniques).
- la référence du rapport d'essais lorsque les performances sont déterminées par voie expérimentale ;
- la mention « Fiche technique et produit conformes aux Recommandations professionnelles PACTE de 2021 ».

L'épaisseur nominale minimale des plaques ondulées est de :

- **0,75 mm en zones cycloniques ;**
- **0,63 mm hors zones cycloniques (Guyane).**

4.1.2 Matière et revêtements

Les caractéristiques mécaniques de base des plaques ondulées sont celles du matériau dont elles sont issues.

Les revêtements organiques utilisés sont conformes à la norme NF P 34-301.

Les tranches des plaques ondulées prélaquées doivent être traitées contre corrosion après découpe en usine, par un produit présentant les mêmes classements de durabilité que le revêtement de partie courante de plaque (équivalence à la catégorie VI selon la NF P 34-301 et RC4 ou RC5 selon la norme NF EN 10169+A1).

4.1.2.1 TÔLES D'ACIER GALVANISÉ PRÉLAQUÉES

Les tôles d'acier galvanisées sont conformes à la norme NF EN 10346, de nuance d'acier S320 GD minimale.

Les aciers de nuance DX ou H sont exclus.

L'épaisseur minimale de zinc double face est 225 g/m² (désignation Z 225) selon la norme NF P 34-310.

Les tôles reçoivent un revêtement continu constitué d'un film **organique** sur leurs 2 faces.

Le revêtement mixte ainsi constitué par l'ensemble « métallique et organique » est **de catégorie VI** au sens de la NF P 34-301.

Le choix du revêtement adapté en fonction des atmosphères extérieures et ambiances intérieures des ouvrages de couverture fait l'objet d'un guide de choix (tableau 12) au § 5.5.2 (en référence aux normes NF P 34-301 et NF EN 10169+A1).

NOTE

Les revêtements couramment rencontrés dans les territoires ciblés, répondant à ces exigences, présentent une épaisseur de revêtement organique de 35 µm minimum par face (primaire + finition).

Dans le cas d'un traitement différent entre les faces des plaques, la mise en œuvre des plaques ondulées respecte le sens de pose préconisé par le fabricant.

4.1.2.2 TÔLES D'ACIER REVÊTUES EN CONTINU D'ALLIAGE DE ZINC-MAGNÉSIUM-ALUMINIUM PRÉLAQUÉES

Les tôles d'acier revêtues en continu d'alliage de zinc-magnésium-aluminium sont conformes à la norme NF EN 10346, de nuance d'acier S320 GD minimale.

Les aciers de nuance DX ou H sont exclus.

Le revêtement zinc-magnésium-aluminium des plaques ondulées relève de la procédure d'ETPM, qui précise son domaine d'emploi, en fonction des atmosphères extérieures et ambiances intérieures des ouvrages de couverture.

Les tôles reçoivent un revêtement continu constitué d'un film **organique** sur leurs 2 faces.

Pour être conformes aux présentes Recommandation professionnelles, les plaques ondulées doivent bénéficier d'une ETPM en cours de validité, validant l'usage en « **atmosphère marine** » et « **fort UV** ».

NOTE

Les revêtements couramment rencontrés dans les territoires ciblés, répondant à ces exigences, présentent une épaisseur de revêtement organique de 35 µm minimum par face (primaire + finition).

Dans le cas d'un traitement différent entre les faces des plaques, la mise en œuvre des plaques ondulées respecte le sens de pose préconisé par le fabricant.

4.1.2.3 ÉPAISSEUR NOMINALE

Les plaques ondulées sont fabriquées à partir de tôles d'acier revêtues dont l'épaisseur nominale est au moins égale à **0,75 mm en zones cycloniques** et **0,63 mm hors zone cyclonique**.

Les épaisseurs assorties de leurs tolérances sont définies pour les tôles d'acier visées aux § 4.1.2., conformément à la norme NF EN 10143.

Les tolérances considérées sont les tolérances normales ou décalées définies par la norme NF P 34-310.

4.1.3 Caractéristiques géométriques des tôles d'acier ondulées**4.1.3.1 FORME**

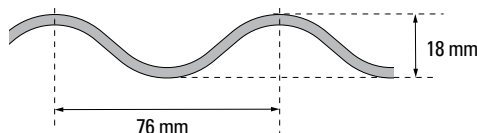
Les plaques ondulées sont conformes à la norme NF EN 508-1.

La forme des ondes doit être compatible avec un emboîtement correct longitudinal et transversal des plaques ondulées à la pose.

Les plaques ondulées sont caractérisées par :

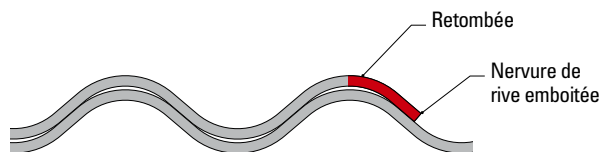
- un pas d'onde : 76 mm ;
- une hauteur d'onde : 18 mm.

Figure 3 – Hauteur minimale d'onde



L'onde de rive « recouvrante » comporte une retombée d'un quart d'onde soit 19 mm minimum (cf. figure 4).

Figure 4 – Définition de la retombée



Il existe deux types de plaques :

- des plaques ondulées symétriques, c'est-à-dire présentent une onde descendante de 19 mm minimum de chaque côté ;
- des plaques ondulées non symétriques, c'est-à-dire ne présentent pas sur un côté, une onde descendante de 19 mm minimum.

4.1.3.2 DIMENSIONS ET TOLÉRANCES

Les tolérances de fabrication des tôles ondulées sont conformes à la norme NF EN 508-1, avec en complément :

- tolérances sur longueur : – 0 mm et + [tolérance de la NF EN 508-1] ;
- tolérance sur hauteur d'onde : – 1 mm / + 0 mm.

4.2 Accessoires en tôle d'acier revêtue

4.2.1 Généralités

La matière et la protection contre la corrosion des accessoires doit être de même nature que celles des plaques ondulées de partie courante de couverture.

Les accessoires ont une épaisseur nominale minimale

- de 0,75 mm en zones cycloniques ;
- de 0,63 mm hors zones cyclonique (Guyane).

Les tranches des accessoires prélaqués doivent être traitées contre corrosion après découpe en usine, par un produit présentant les mêmes classements de durabilité que le revêtement de partie courante de plaque (équivalence à la catégorie VI selon la NF P 34-301 et RC4 ou RC5 selon la norme NF EN 10169+A1).

4.2.2 Les accessoires linéaires à bords plans

Ces accessoires sont réalisés par découpage et pliage de tôle d'acier avec revêtement métallique prélaqués.

On distingue (liste non exhaustive) :

- faîtière double à bords plans ou arêtier (figure 5) ;
- faîtière simple à bord plan (figure 6) ;
- faîtière contre mur à bord plan ou solin (figure 7) ;
- bande de rive à bord plan (figure 8).

Figure 5 – Faîtière à bords plans ou arêtier



Figure 6 – Faîtière simple à bord plan

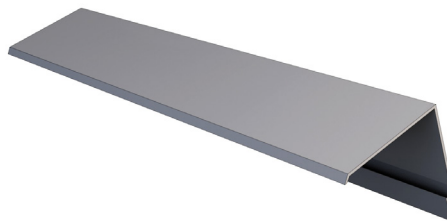


Figure 7 – Faîtière contre mur à bord plan ou solin

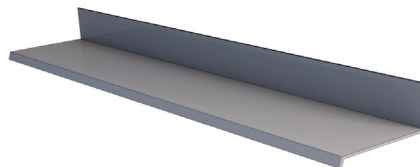
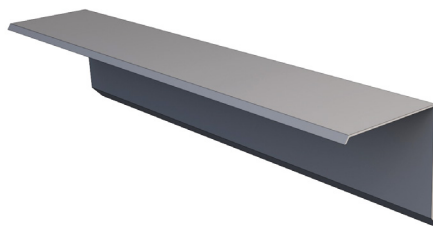


Figure 8 – Bande de rive à bord plan



4.3 Fixations et accessoires de fixation

4.3.1 Généralités

Les fixations et leurs accessoires doivent présenter des caractéristiques minimales concernant :

- le type, la forme et les dimensions ;
- les matériaux et les moyens de protection contre la corrosion ;
- la définition de la résistance caractéristique à l'arrachement.

4.3.2 Fixations en sommet d'onde

4.3.2.1 CARACTÉRISTIQUES

Les têtes de vis peuvent être colorées à la teinte des plaques de couvertures et des accessoires.

Les principales caractéristiques des fixations de sommet d'onde pour les pannes bois sont indiquées au tableau 1.

Tableau 1 — Principales caractéristiques des fixations de sommet d'onde pour les supports bois

TYPE	ÉLÉMENT	DIMENSIONS ET CARACTÉRISTIQUES	MATÉRIAU (1), PROTECTION CONTRE LA CORROSION (2)
Tirefond à visser	Tige de tirefond	<ul style="list-style-type: none"> • Ø extérieur minimal du filetage : 6 mm • Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 45 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier C8C selon NF EN 10263-2. Protection : galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 450 g/m² au minimum. • Alliage d'aluminium série 5000 selon NF EN 1301-1.
	Tête de tirefond	<ul style="list-style-type: none"> • Carrée ou hexagonale. • Côte sur plat de 10 mm minimum 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
Vis autoperceuse à bois Vis autotaraudeuse à bois	Tige des vis	<ul style="list-style-type: none"> • Ø extérieur minimal du filetage : 6,3 mm. • Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 45 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge). • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
	Tête des vis	---	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge), et en plus : <ul style="list-style-type: none"> - surmoulage en alliage de zinc-aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable austénitique de grade minimal A2 selon NF EN 10088-2. • Alliage d'aluminium série 6000 selon NF EN 1301-1. • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.

(1) Les nuances indiquées sont des nuances de caractéristiques minimales.

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

NOTE

Les tirefonds ou les vis à bois couramment rencontrés dans les territoires ciblés, présentent une longueur de 65 mm.

Figure 9 – Exemple de Tirefond à visser



Les principales caractéristiques des fixations de sommet d'onde pour les pannes métalliques sont indiquées au tableau 2.

Tableau 2 – Principales caractéristiques des fixations de sommet d'onde pour les pannes métalliques

TYPE	ÉLÉMENT	DIMENSIONS ET CARACTÉRISTIQUES	MATÉRIAU (1), PROTECTION CONTRE LA CORROSION (2)
Vis autoperceuse Vis autotaraudeuse	Tige des vis	<ul style="list-style-type: none"> • Ø extérieur minimal du filetage : <ul style="list-style-type: none"> - Vis autoperceuse : 5,5 mm - Vis autotaraudeuse : 6,3 mm • Longueur telle que le filetage soit visible sous la panne support après la pose. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. <u>Protection</u> : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge). • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
	Tête des vis	---	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. <u>Protection</u> : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge), et en plus : <ul style="list-style-type: none"> - surmoulage en alliage de zinc-aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable austénitique de grade minimal A2 selon NF EN 10088-2. • Alliage d'aluminium série 6000 selon NF EN 1301-1. • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.

(1) Les nuances indiquées sont des nuances de caractéristiques minimales.

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

Figure 10 – Exemple de vis autoperceuse



4.3.2.2 RÉSISTANCE CARACTÉRISTIQUE À L'ARRACHEMENT

A chaque système de fixation correspond une résistance caractéristique à l'arrachement Pk déterminée selon la norme NF P 30-310 pour les fixations posées en sommet d'onde.

Les résistances caractéristiques doivent respecter les valeurs minimales spécifiées au tableau 3.

Tableau 3 – Résistances caractéristiques minimales des fixations de sommet d'onde

TYPE DE FIXATION	PANNES BOIS ET LITEAUX BOIS (ANCRAGE MINI 45 mm)	PANNE ACIER 1,5 mm \leq ép. < 3 mm	PANNE ACIER ép. \geq 3 mm
Tirefonds à visser	370 daN ($\varnothing \geq 6$ mm)	-	-
Vis autoperceuses	400 daN ($\varnothing \geq 6,3$ mm)	200 daN ($\varnothing \geq 5,5$ mm)	500 daN ($\varnothing \geq 5,5$ mm)
Vis autotaraudeuses	400 daN ($\varnothing \geq 6,3$ mm)	240 daN ($\varnothing \geq 6,3$ mm)	600 daN ($\varnothing \geq 6,3$ mm)

4.3.2.3 PLAQUETTES POUR FIXATION DE SOMMET D'ONDE

Les principales caractéristiques des plaquettes et rondelles d'étanchéité pour les fixations utilisées en sommet d'onde sont reprises dans le tableau 4.

Tableau 4 — Accessoires de fixations utilisés en sommet d'onde

TYPE	ÉLÉMENT	DIMENSIONS ET CARACTÉRISTIQUES	MATÉRIAU (1), PROTECTION CONTRE LA CORROSION (2)
Plaquette + Rondelle d'étanchéité plate	Plaquette	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur minimale : <ul style="list-style-type: none"> - Acier : 0,75 mm - Aluminium : 1 mm La forme doit être adaptée au profil de l'onde à équiper. La plaquette doit posséder un trou soyé pour le passage de la fixation, un logement embossé en sous face adapté au positionnement de la rondelle d'étanchéité et des renforts nervurés éventuels. 	<ul style="list-style-type: none"> Acier galvanisé à chaud en continu DX51D Z225 selon NF EN 10346 et de limite d'élasticité minimale de 140 N/mm², et protection impérative par prélaquage 35 µm deux faces minimum selon NF EN 10169+A1. Acier galvanisé à chaud en continu DX51D Z225 selon NF EN 10346 et de limite d'élasticité minimale de 140 N/mm², et protection impérative par prélaquage 35 µm deux faces minimum selon NF EN 10169+A1 + postlaquage 35 µm deux face minimum. Alliage d'aluminium nuance 3003 et de limite d'élasticité minimale de 115 N/mm², selon NF EN 485-1+A1 et protection impérative : <ul style="list-style-type: none"> - avec prélaquage 25 µm deux faces minimum selon NF EN 1396, - avec postlaquage 35 µm deux faces minimum. Acier inoxydable austénitique de grade minimal A2 selon NF EN 10088-2, éventuellement complété : <ul style="list-style-type: none"> - par prélaquage 25 µm une face minimum selon NF EN 1396, - par postlaquage 35 µm une face minimum.
	Rondelle d'étanchéité plate	<ul style="list-style-type: none"> Ø minimal 18 mm. Épaisseur minimale 3 mm. Le Ø du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation pour les rondelles en élastomère. 	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.
Plaquette à étanchéité intégrée (étanchéité rendue solidaire par adhésion sous la plaquette)	Plaquette	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur minimale : 1 mm La forme doit être adaptée au profil d'onde à équiper. Le plaquette doit posséder un trou soyé pour le passage de la fixation et des renforts nervurés éventuels. 	<ul style="list-style-type: none"> Alliage d'aluminium nuance 3003 et de limite d'élasticité minimale de 115 N/mm², selon NF EN 485-1+A1, et protection impérative avec prélaquage 25 µm minimum une face selon NF EN 1396.
	Etanchéité	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur minimale 2 mm. Le Ø du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation pour les rondelles en élastomère. L'étanchéité doit être adhésivée sur l'ensemble de la surface sous la plaquette. 	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère EPDM vulcanisé selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.
<p>(1) Les nuances indiquées sont des nuances de caractéristiques minimales. (2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.</p>			

Le post-laquage permet d'obtenir la protection de la tranche des plaquettes acier et aluminium.

Les éléments supports admis pour l'emploi des plaquettes à étanchéité intégrée sont précisés au § 6.1.3.

Figure 11 – Exemple plaquette et rondelles d'étanchéité

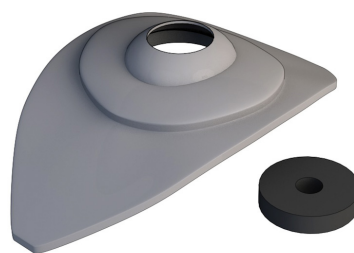
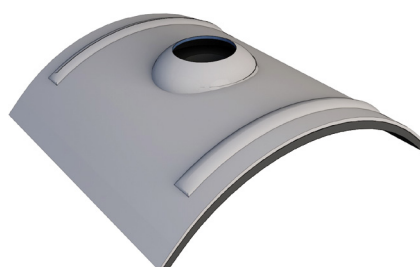


Figure 12 – Exemple de plaquette à étanchéité intégrée



4.3.3 Fixations de couture

4.3.3.1 CARACTÉRISTIQUES

Les têtes de vis peuvent être colorées à la teinte des plaques de couvertures et des accessoires.

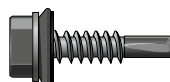
Les principales caractéristiques des vis de couture sont indiquées au tableau 5.

Tableau 5 – Principales caractéristiques des fixations de couture

TYPE	ÉLÉMENT	DIMENSIONS ET CARACTÉRISTIQUES	MATÉRIAU (1), PROTECTION CONTRE LA CORROSION (2)
Vis autoperceuse	Tige des vis	<ul style="list-style-type: none"> • Ø extérieur minimal de filetage : 4,8 mm. • Longueur minimale 19 mm, et longueur telle que le filetage soit visible sous la tôle après pose. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. <u>Protection</u> : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge). • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.
	Tête des vis	---	<ul style="list-style-type: none"> • Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. <u>Protection</u> : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge), et en plus : <ul style="list-style-type: none"> - surmoulage en alliage de zinc-aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable austénitique de grade minimal A2 selon NF EN 10088-2. • Alliage d'aluminium série 6000 selon NF EN 1301-1. • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN ISO 3506-1 à 4.

(1) Les nuances indiquées sont des nuances de caractéristiques minimales.
(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

Figure 13 – Exemple de vis de couture avec accessoire de fixation



4.3.3.2 RÉSISTANCE CARACTÉRISTIQUE DE L'ASSEMBLAGE

Les fixations de couture doivent présenter une résistance caractéristique à l'arrachement de l'assemblage supérieure ou égale à 100 daN selon la norme NF P 30-314.

4.3.3.3 ACCESSOIRES DE FIXATION DE COUTURE

Les principales caractéristiques des accessoires de fixation de couture sont reprises dans le tableau 6.

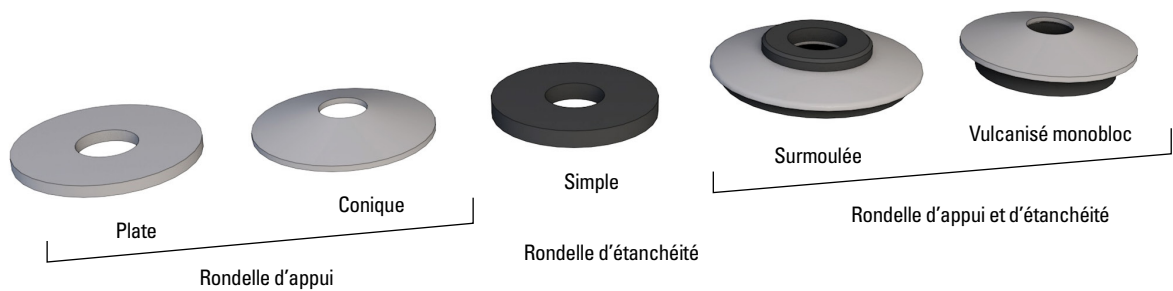
Tableau 6 — Accessoires de fixation de couture

TYPE	ÉLÉMENT	DIMENSIONS ET CARACTÉRISTIQUES	MATÉRIAU (1), PROTECTION CONTRE LA CORROSION (2)
Zone d'appui rigide réalisée par la tête de vis avec rondelle d'étanchéité	Zone d'appui rigide tête de vis	<ul style="list-style-type: none"> La zone d'appui rigide est constituée : <ul style="list-style-type: none"> - soit des têtes métalliques, de $\varnothing \geq 14$ mm, - soit de la partie métallique de la rondelle d'étanchéité, de $\varnothing \geq 14$ mm. 	<ul style="list-style-type: none"> Acier de cémentation selon NF EN 10263-3. <u>Protection</u> : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 l de SO₂ sans apparition de rouille rouge), et en plus : <ul style="list-style-type: none"> - surmoulage en alliage de zinc-aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou - sertissage d'une feuille d'acier inoxydable austénitique de grade minimal A2 selon NF EN 10088-2. Alliage d'aluminium série 6000 selon NF EN 1301-1. Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2.
	Rondelle d'étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> \varnothing minimal 10 mm. Épaisseur minimale 2 mm. Le \varnothing du trou de passage est au plus égal au \varnothing de tige (partie lisse) de la fixation. 	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.
Rondelle d'appui conique avec rondelle d'étanchéité surmoulée	Rondelle d'appui conique	<ul style="list-style-type: none"> \varnothing minimal 14 mm. Épaisseur minimale : <ul style="list-style-type: none"> - Acier : 0,75 mm - Aluminium : 1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2, éventuellement avec postlaquage 35 μm minimum. Alliage d'aluminium nuance 3003 et de limite d'élasticité minimale de 115 N/mm², selon NF EN 485-1+A1.
	Rondelle d'étanchéité surmoulée	<ul style="list-style-type: none"> \varnothing minimal 14 mm. Épaisseur minimale 2 mm. Le \varnothing du trou de passage est au plus égal au \varnothing de tige (partie lisse) de la fixation. 	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.
Rondelle vulcanisée monobloc (étanchéité rendue solidaire sur une rondelle d'appui conique)	Rondelle d'appui conique	<ul style="list-style-type: none"> \varnothing minimal : 14 mm. Épaisseur minimale : <ul style="list-style-type: none"> - Acier : 0,75 mm - Aluminium : 1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2, éventuellement avec postlaquage 35 μm minimum. Alliage d'aluminium nuance 3003 et de limite d'élasticité minimale de 115 N/mm², selon NF EN 485-1+A1.
	Rondelle d'étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> \varnothing minimal 14 mm. Épaisseur minimale 2 mm. Le \varnothing du trou de passage est au plus égal au \varnothing de tige (partie lisse) de la fixation. 	<ul style="list-style-type: none"> Élastomère selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.

(1) Les nuances indiquées sont des nuances de caractéristiques minimales.

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

Figure 14 – Exemples d'accessoires de vis de couture



4.3.4 Fixations des accessoires métalliques

La fixation des accessoires métalliques, tels que faîtières et bandes de rives, est réalisée sur les supports de couverture à l'aide de fixations conformes au § 4.3.2, en association avec les accessoires de fixation indiqués au tableau 7.

NOTE

Le couturage des accessoires métalliques sur les plaques de couverture n'est pas autorisé.

Tableau 7 – Rondelles de fixation des accessoires métalliques de couverture

TYPE	ÉLÉMENT	DIMENSIONS ET CARACTÉRISTIQUES	MATÉRIAU (1), PROTECTION CONTRE LA CORROSION (2)
Rondelle d'appui avec rondelle d'étanchéité	Rondelle d'appui	<ul style="list-style-type: none"> • Ø minimal 22 mm. • Epaisseur minimale : <ul style="list-style-type: none"> - Acier : 0,75 mm - Aluminium : 1 mm • La rondelle d'appui doit posséder un trou soyé pour le passage de la fixation, un logement embossé en sous face adapté au positionnement de la rondelle d'étanchéité et des renforts nervurés. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier galvanisé à chaud en continu DX51D Z225 selon NF EN 10346 et de limite d'élasticité minimale de 140 N/mm², 35 µm deux faces minimum : <ul style="list-style-type: none"> - avec prélaquage selon NF EN 10169, - avec postlaquage. • Alliage aluminium nuance nuance 3003 et de limite d'élasticité minimale de 115 N/mm², selon NF EN 485-1+A1, 25 µm deux faces minimum : <ul style="list-style-type: none"> - avec prélaquage selon NF EN 1396, - avec postlaquage. • Acier inoxydable austénitique de grade minimal A2 selon NF EN 10088-2.
	Rondelle d'étanchéité plate	<ul style="list-style-type: none"> • Ø minimal 18 mm. • Épaisseur minimale 3 mm. • Le Ø du trou de passage est au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation pour les rondelles en élastomère. 	<ul style="list-style-type: none"> • Élastomère selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.
Rondelle vulcanisée monobloc (étanchéité rendue solidaire sur une rondelle d'appui conique)	Rondelle d'appui	<ul style="list-style-type: none"> • Ø minimal : 18 mm. • Epaisseur minimale : <ul style="list-style-type: none"> - Acier : 0,75 mm - Aluminium : 1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Acier inoxydable austénitique A2 (X5CrNi18-10) selon NF EN 10088-2, éventuellement avec postlaquage 35 µm minimum. • Alliage d'aluminium nuance 3003 et de limite d'élasticité minimale de 115 N/mm², selon NF EN 485-1+A1.
	Rondelle d'étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> • Ø minimal 18 mm. • Epaisseur minimale 3 mm. • Le Ø du trou de passage est au plus égal au Ø de tige (partie lisse) de la fixation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Élastomère selon NF EN 12365-1 de dureté 55 à 65 DIDC selon NF ISO 48.

(1) Les nuances indiquées sont des nuances de caractéristiques minimales.

(2) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

4.3.5 Fixations de réparation

Les fixations de réparation, prévues pour être utilisées en substitution des vis de sommet d'onde (dans le même trou dans l'élément support), sont des vis spécifiques qui doivent présenter les mêmes caractéristiques que les vis de sommet d'onde décrites au § 4.3.2, à l'exception du diamètre qui est déterminé en rapport au diamètre de la fixation remplacée (cf. § 6.2.1).

4.4 Chéneaux et gouttières

Le choix des matières dépend de la localisation de l'ouvrage. Cf. § 9.1.

4.4.1 Chéneaux métalliques non porteurs

Les chéneaux métalliques sont :

- en acier inoxydable austénitique A2 AISI 304 (1.4301 NF EN 10088-2) ;
- en acier inoxydable austénitique A4 AISI 316L (1.4401 NF EN 10088-2) ;
- en acier galvanisé Z450 protégés par :
 - en acier galvanisé Z450 protégés par :
 - un revêtement d'étanchéité de toiture en feuilles bitumineuses faisant l'objet d'une évaluation spécifique (type Avis Technique, DTA ou ATEx) pour un usage en toiture technique ;
 - ou un Système d'Etanchéité Liquide (SEL), faisant l'objet d'une évaluation spécifique (type Avis Technique, DTA ou ATEx).

Les SEL pour cette utilisation sont admis dans les territoires ciblés même si leurs Avis Techniques ne les envisagent pas. Ils possèdent le classement minimal W2, S, P2 et TH4 au sens du Cahier du CSTB 3680.

4.4.2 Gouttières

Les gouttières métalliques sont en :

- en acier inoxydable austénitique A2 AISI 304 (1.4301 NF EN 10088-2) ;
- en acier inoxydable austénitique A4 AISI 316L (1.4401 NF EN 10088-2) ;
- en aluminium série 3000 (ou supérieures) conformes à la norme NF EN 573 et recevant un revêtement organique (20 µm minimum) conformément à la norme NF EN 1396.

Les gouttières PVC sont conformes à la norme NF EN 607.

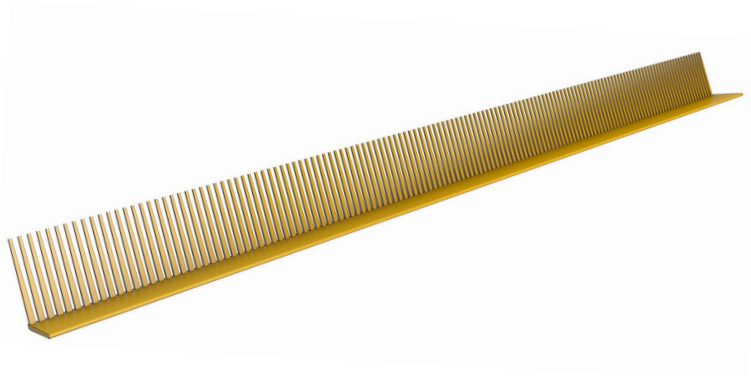
4.5 Autres matériaux

4.5.1 Closoirs

Les closoirs sont de deux types :

- les closoirs peigne, en en polypropylène avec traitement UV (figure 15) ;
- les closoirs pleins s'adaptant au profil des tôles :
 - en matière plastique résistante aux UV (ex : PVC avec traitement UV) ;
 - en alliage aluminium série 3000 selon NF EN 485-1+A1 d'épaisseur 0,80 mm mini, avec prélaquage selon NF 1396, 25 µm deux faces minimum.

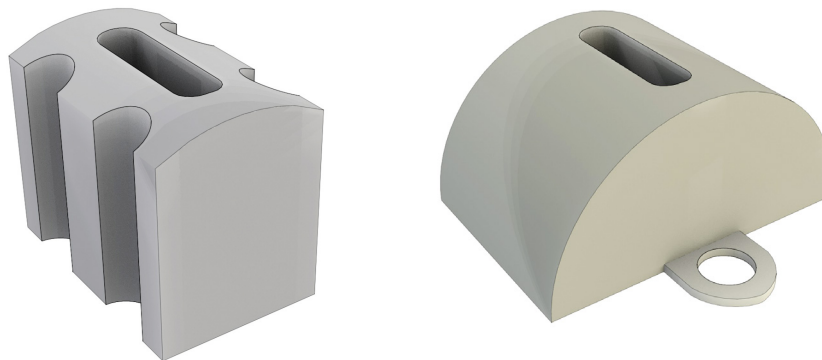
Figure 15 – Closoir peigne



4.5.2 Cales d'ondes (pontets)

Les cales d'ondes sont en matériaux de synthèse : polychloroprène, polyéthylène, PVC...

Figure 16 – Exemples de pontets plastiques



4.5.3 Compléments d'étanchéités

On distingue deux types de compléments d'étanchéité :

- **Les compléments d'étanchéité employés aux recouvrements entres plaques :**

Joint mastic butyl à section rectangulaire L 12 mm x e 3 mm minimum, conforme à la norme NF P 30-305 (figure 17).

- **Les compléments d'étanchéité employés entre les plaques et les accessoires plans :**

Bandes mousses imprégnées de bitume (adhésives, pré-comprimées) à section rectangulaire L 20 mm x e 20 mm minimum.

Figure 17 – Complément d'étanchéité



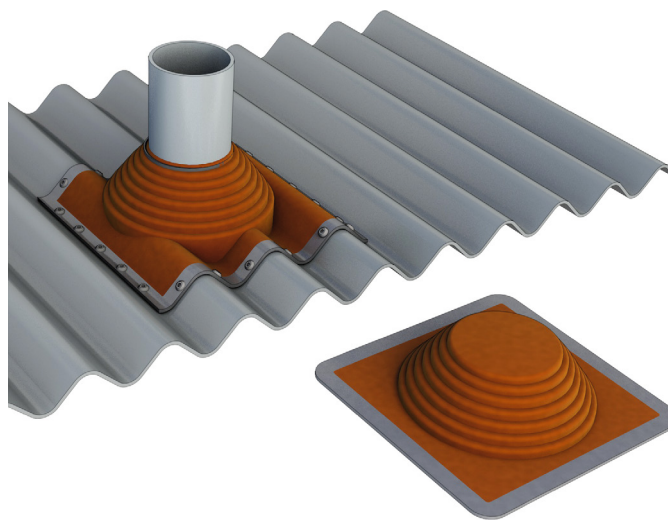
4.5.4 Manchons souples pour pénétrations ponctuelles

Les manchons souples sont en caoutchouc sécable, avec embase ronde ou carrée vulcanisée en aluminium déformable, permettant son adaptation aux profils des plaques ondulées (figure 18).

Les manchons souples sont :

- en EPDM vulcanisé, d'épaisseur minimale de 2 mm :
Résistance aux températures supérieure à + 100 °C en continu et + 130°C en intermittence.
- en silicone vulcanisé, d'épaisseur minimale de 2 mm :
Résistance aux températures supérieure à + 200 °C en continu et + 250°C en intermittence.

Figure 18 – Manchon souple pour pénétration ponctuel



4.5.5 Vernis de traitement de coupe sur chantier

Vernis de finition à base de résine acrylique modifiée avec inhibiteur de corrosion.

Le vernis de finition doit être prescrit par le fabricant des plaques ondulées.

4.5.6 Bande souple d'étanchéité complémentaire

Le traitement des points singuliers prévoit l'emploi de bandes d'étanchéité complémentaires (cf. § 7 Traitement des points singuliers).

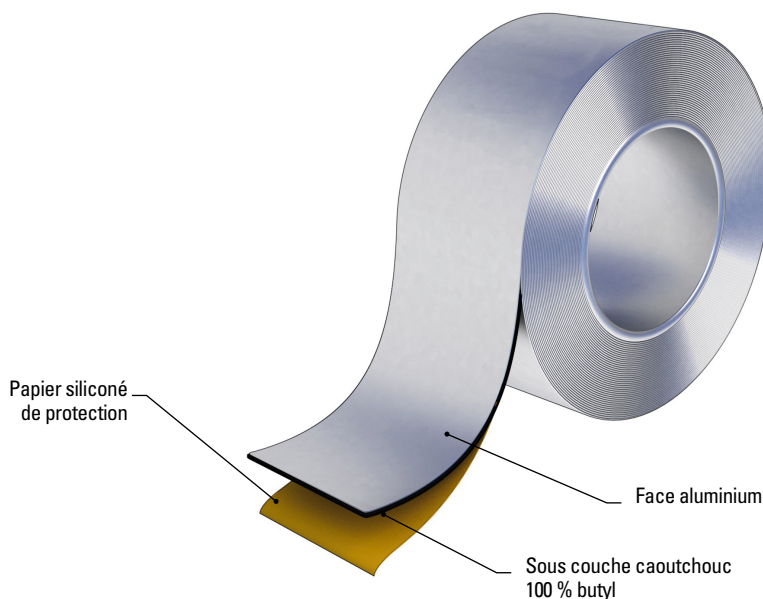
Ces bandes sont constituées de :

- soit une feuille aluminium souple associée à un produit butyl ou bitume autocollant (figure 19) :
 - résistance à la rupture longitudinale et transversale : 150 N/50 mm minimum selon la norme EN 123011-1 ;
 - allongement à la rupture longitudinal et transversal : 20% minimum selon la norme EN 123011-1 ;
 - pouvoir adhésif 90° : 70 N minimum selon ASTM D 1000 ;
- soit un « entoilage », constitué d'un système d'Étanchéité Liquide (SEL) mis en œuvre sur chantier sur un géotextile 170 g/m² minimum.

Les SEL doivent faire l'objet d'une évaluation spécifique (type Avis Technique, DTA ou ATE_x). Les SEL pour cette utilisation sont admis dans les territoires ciblés même si leurs Avis Techniques ne les envisagent pas. Ils possèdent le classement minimal W2, S, P2 et TH4 au sens du Cahier du CSTB 3680.

Ces bandes présentent une largeur minimum de 200 ou de 300 mm en fonction de leur usage (cf. § 7).

Figure 19 – Bande d'étanchéité aluminium adhésive en caoutchouc butyl



4.5.7 Parement décoratif continu en bois

Dans le cas d'une conception de « couverture chaude sur parement décoratif », le parement décoratif est constitué de panneaux en contreplaqués, conformes au DTU 41.2 P1-2 § 4, présentant les caractéristiques minimales suivantes :

- épaisseur minimum : 12 mm ;
- largeur maximale : 1250 mm ;
- longueur maximale : 2500 mm ;
- usinage sur les côtés permettant un assemblage entre éléments ;
- module d'élasticité minimum pris dans le sens longitudinal : 4.000 MPa.

Selon les portées d'utilisations définies par les présentes Recommandations (cf. § 5.4.4), le parement doit respecter les prescriptions du tableau 8 pour reprendre les charges d'entretien et de montage.

Tableau 8 – Portées maximales (cm) des panneaux en contreplaqué posés sur trois appuis ou plus

EPAISSEUR (mm)	PORTÉE ADMISSIBLE (cm) ENTRE SUPPORTS (CHEVRONS OU PANNES)
12	60
15	76
19	96
22	110
25	125

4.5.8 Isolation thermique

Les matériaux utilisés traditionnellement pour l'isolation thermique des toitures sont non hydrophile :

- en laine minérale semi-rigide conforme à la norme NF EN 13162 + A1 ;
- en polystyrène expansé conforme à la norme NF EN 13163 + A2 ;

- en polystyrène extrudé conforme à la norme NF EN 13164 + A1 ;
- en polyuréthane conforme à la norme NF EN 13165 + A2.

Ces matériaux doivent être classés WS selon la norme NF EN ISO 29767.

Les procédés d'isolation thermique par feutre souple de laine de verre parementé, tendu manuellement sur les pannes, relèvent de la procédure d'Avis Technique.

NOTE

Ces « feutres tendus » sont admis dans les territoires ciblés même si leur Avis Techniques n'envisage pas ces territoires.

L'usage de tout autre matériau isolant doit faire l'objet d'une évaluation spécifique de type Avis Techniques ou Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX), visant les territoires d'outre-mer. C'est le cas par exemple des procédés d'isolant minces réfléchissants posés sur pannes, non traités dans les présentes Recommandations professionnelles.

4.5.9 Pare-vapeur

Feuille souple en plastique assurant la fonction de pare-vapeur, conforme à la norme NF EN 13984 et satisfaisant aux exigences du tableau 9.

Tableau 9 – Spécifications des pare-vapeur

CRITÈRE	EXIGENCE
Résistance en traction (NF EN 12311-2) en N/5 cm	≥ 100
Résistance à la déchirure au clou (NF EN 12311-1) en N	≥ 40
Valeur Sd en m	≥ 50

Les propriétés de transmission de la vapeur d'eau doivent être déterminées selon la méthode B de la norme NF EN 1931.

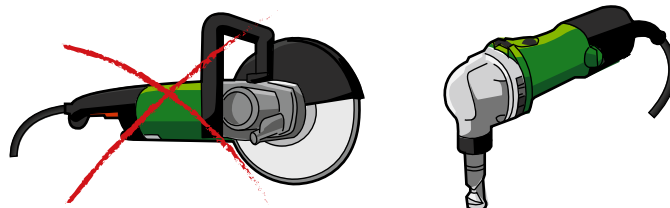
4.6 Outillages

4.6.1 Outillage pour découpe des plaques ondulées

La coupe des tôles, lorsqu'une mise au format est nécessaire, s'effectue à l'aide d'une grignoteuse ou d'une cisaille à tôle à dents fines afin d'éviter tout risque de corrosion prématurée et de dégradation du revêtement de finition des plaques ondulées.

L'utilisation d'une tronçonneuse ou tout autre outil à vitesse élevée, type disqueuse, est à proscrire (figure 20).

Figure 20 – Outillage pour découpe des plaques ondulées

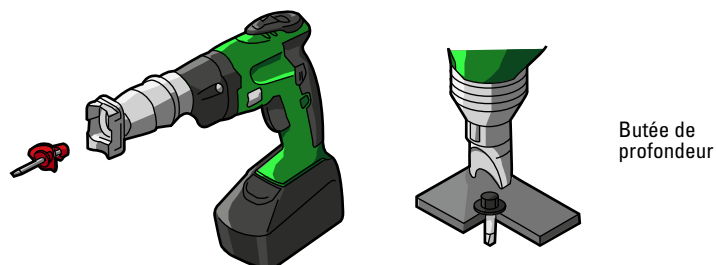


4.6.2 Outillage pour mise en œuvre des fixations

Le vissage des fixations des plaques ondulées de couverture sur le support doit être réalisé à l'aide de visseuses équipées d'un dispositif de réglage permettant un contrôle du serrage par butée de profondeur, ou d'un limiteur de couple (figure 21).

L'utilisation de visseuses à chocs ou clefs à chocs est à proscrire.

Figure 21 – Exemple de visseuse munie d'une butée de profondeur





5.1 Préambule

Outre l'application des prescriptions des présentes Recommandations professionnelles, l'attention du maître d'ouvrage et de sa maîtrise d'œuvre est attirée sur la nécessité du respect des différents textes réglementaires applicables sur l'ouvrage, tels que :

- réglementation incendie ;
- réglementation thermique ;
- réglementation acoustique ;
- réglementation sismique ;
- réglementation environnementale...

Selon la réglementation sismique définie par :

- le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- le décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » ;

les couvertures en plaques ondulées, posées conformément aux prescriptions des présentes Recommandations professionnelles pour les zones cycloniques, peuvent être mises en œuvre sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée), 4 (moyenne) et 5 (forte) sur des sols de classe A, B, C, D et E.

5.2 Choix architecturaux des couvertures

Les climats tropicaux et équatoriaux humides et les zones cycloniques induisent des risques spécifiques qui doivent être appréhendés dans les choix de conception des ouvrages précisés ci-dessous.

5.2.1 Climats tropicaux et équatoriaux humides

Les pluviométries importantes, généralement accompagnées de vents forts, peuvent être génératrices de désordres au niveau des ouvrages de couverture.

Ainsi, doivent être privilégiés :

- les rampants sans recouvrement transversal entre plaques ;
- les couvertures de formes simples, ne présentant pas ou peu de sorties (cheminées, fenêtres de toit, pénétrations, traversées de câbles...) et discontinuités diverses (changement de pente, noues, lucarnes, chiens assis...) ;

- l'absence de chéneaux de récupération des eaux de pluie en bas de versant dans l'emprise des ouvrages.

Tout chéneau encaissé en bas de versant dans l'emprise de l'ouvrage induit un risque aggravé de fuites dans l'ouvrage en cas de mise en charge. Ce type d'ouvrage, impose des dispositions spécifiques compensatoires pour que tout dysfonctionnement des évacuations normales soit identifiable sans délai, telles que des trop-pleins de sécurité visibles (cf. NF DTU 60.11 P3) et/ou une conception du chéneau permettant le déversement vers l'extérieur du bâtiment d'une éventuelle accumulation d'eau.

Toute discontinuité dans la couverture pouvant induire un risque d'étanchéité, les recouvrements transversaux entre deux plaques sont limités à un seul recouvrement par versant et doivent être autant que possible supprimés lors de la conception de la couverture.

Considérant le risque accru d'infiltration d'eau confirmé par le retour d'expérience dans les territoires ciblés, le traitement traditionnel de la brisure de pente à l'aide d'accessoires plans, dans l'emprise de l'ouvrage fermé n'est pas visé dans les présentes recommandations professionnelles.

Le traitement des brisures de pente dans l'emprise des bâtiments fermés nécessiterait une étude au cas par cas et des accessoires spécifiques (par exemple accessoires préformés au profil des plaques) à ce jour non existants dans les gammes standard, en particulier dans le cas de la rénovation s'il n'est pas possible de modifier l'emplacement de la brisure dans l'emprise de l'ouvrage fermé.

De plus, la mise en œuvre de plaques éclairantes en cours de versant, non visée par les présentes Recommandations professionnelles (et relevant d'une évaluation spécifique type Avis Techniques ou ATEX de cas a), est fortement déconseillée.

La température et l'hygrométrie imposent pour des besoins de confort d'utilisation des choix architecturaux permettant :

- Une **ventilation importante des locaux**.

Cette ventilation est obtenue par l'implantation dans les façades de jalousies, ventelles ou claustras.

- Une **protection solaire efficace**, notamment obtenue par de larges galeries côté façades ensoleillées.

- Une **inertie thermique la plus faible possible** (c'est le cas des constructions traditionnelles en bois et en tôles, sans isolation thermique).

L'utilisation d'isolant thermique, en faible épaisseur, est généralement limitée aux sous-faces des couvertures.

- Un **facteur solaire de la paroi de couverture le plus faible possible**.

L'apport thermique dans les combles sera d'autant plus limité que les plaques ondulées auront un coefficient d'absorption α le plus faible possible conformément à la RTAA applicable, ce qui revient à :

- limiter à 0,6 le coefficient d'absorption α des plaques de couverture, et par conséquent de couleurs « claires » à « moyennes » ;
- et isoler la sous-face de couverture par un isolant présentant une résistance thermique de 1,5 m².K/W ou plus.

5.2.1.1 OUVRAGES SITUÉS À UNE ALTITUDE INFÉRIEURE À 600 m

En climat tropical et équatorial humide, les couvertures en plaques ondulées situées à une altitude inférieure à 600 m peuvent être conçues :

- soit sur le principe de la « **couverture aérée** » : cf. § 5.8 ;
- soit sur le principe de la « **couverture chaude sur parement décoratif** » : cf. 5.9.

L'ensemble des locaux sous-jacents aux couvertures sont réputés être naturellement largement ventilés.

5.2.1.2 OUVRAGES SITUÉS À UNE ALTITUDE COMPRISE ENTRE 600 M ET 800 m

En climat tropical et équatorial humide, les couvertures en plaques ondulées situées à une altitude comprise entre 600 m et 800 m doivent être conçues sur le principe de la « **couverture froide ventilée** » : cf. § 5.10.

Ce type de couverture concerne principalement l'île de la Réunion, les autres territoires ciblés présentant rarement des constructions au-delà de 600 m d'altitude.

Cette conception est limitée aux couvertures 2 pans uniquement.

L'ensemble des locaux sous-jacents aux couvertures sont réputés être naturellement largement ventilés.

COMMENTAIRE

Cette conception de « couverture froide ventilée » peut être envisageable à des altitudes inférieures à 600 m, en fonction de contraintes climatiques spécifiques locales ou d'un retour d'expérience particulier. Dans ce cas, cette conception doit être prescrite par les DPM.

NOTE

Il existe d'autres types de conception basés sur des pratiques locales, qui peuvent engendrer des risques d'infiltration et de condensation plus importants qui n'ont pas été retenus dans le présent document.

5.2.1.3 ISOLATION THERMIQUE DES COUVERTURES

Le type de conception induit des prescriptions sur la position de l'isolation thermique de la couverture :

- couverture aérée (cf. § 5.8) :
 - isolation posée à l'horizontale sur dalle béton (cf. § 8.1) ;
 - isolation posée à l'horizontale sur plafond suspendu (cf. § 8.2) ;
 - isolation sous pannes parallèle au rampant (cf. § 8.3) ;
- couverture froide ventilée (cf. § 5.10) :
 - isolation posée à l'horizontale sur dalle béton (cf. § 8.1) ;
 - isolation par feutre souple de laine de verre parementé, tendu manuellement sur les pannes (feutre de faible épaisseur permettant de réduire les risques de condensations) (cf. § 8.4) ;
- couverture chaude sur parement décoratif (cf. § 5.9) :
 - isolation entre liteaux (cf. § 8.5).

5.2.2 Zones cycloniques

La conception architecturale (géométrie globale) des ouvrages joue un rôle essentiel dans leur capacité à résister aux vents exceptionnels.

Les bonnes pratiques sont les suivantes (figure 22) :

- l'ouvrage doit être le plus compact possible ;
- la géométrie de l'ouvrage doit être simple, la base étant idéalement carrée ou rectangulaire, le volume global de l'ouvrage tendant vers le cube ;
- la couverture doit être de forme simple (monopente, 2 pans ou 4 pans), sans traversées ni discontinuités, avec de faibles débords de couverture ;
- tout débord de la couverture doit être supporté par des éléments de charpente et ne doit pas excéder 0,50 m en projection horizontale.

Un débord de couverture supérieur est possible mais présente un risque de solidité et nécessite un dimensionnement spécifique selon les Règles de l'Art pour résister aux charges climatiques.

- la couverture principale de l'ouvrage doit être désolidarisée de celles des ouvrages annexes tels que auvents et vérandas, constructions plus exposées aux effets du vent par leur caractère ouvert (non continuité des couvertures, cf. figures 23 et 24) ;
- la conception devra privilégier des pentes de plus de 50 % (soit 26,6°) (réduction des dépressions en toiture et des risques d'arrachement) ;
- le retour d'expérience aux Antilles semble indiquer un optimum pour une pente de 58 % (soit environ 30°).

Figure 22 – Principe d'une construction adaptée aux zones cycloniques



Figure 23 – Effet du vent sur la couverture dans le cas d'un ouvrage annexe non désolidarisé

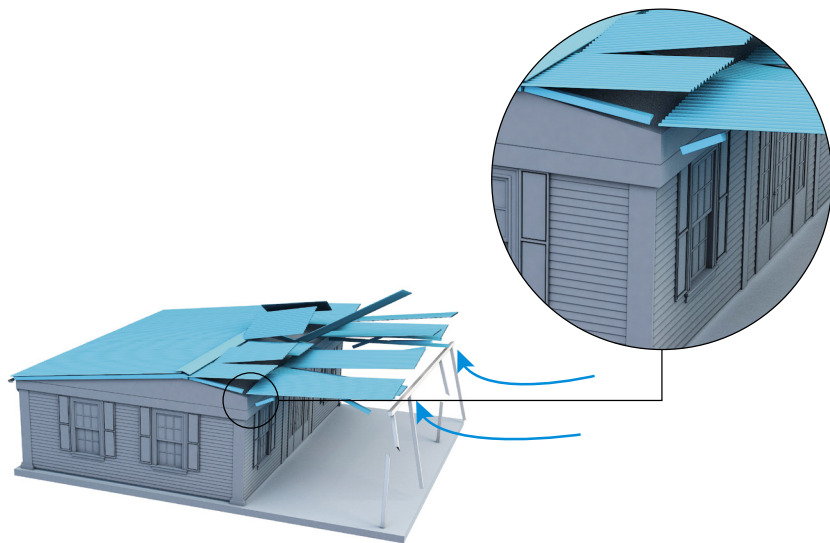
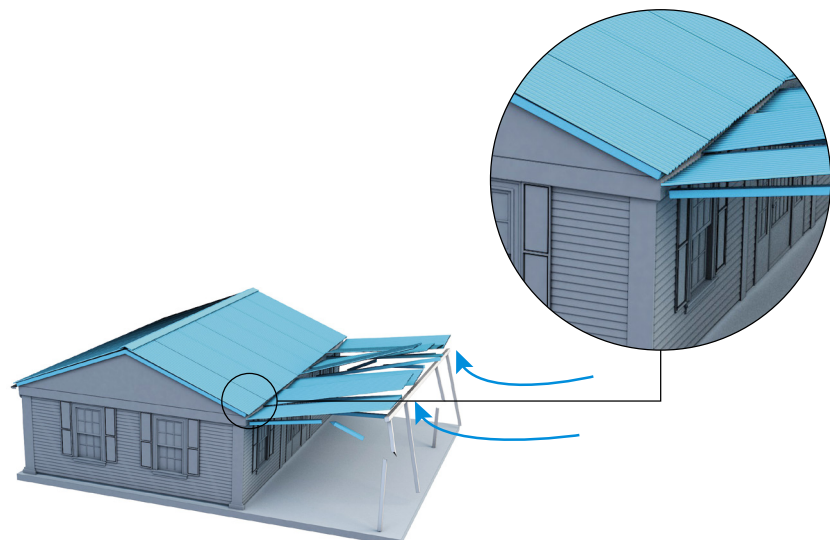


Figure 24 – Effet du vent sur la couverture dans le cas d'un ouvrage annexe désolidarisé



5.2.3 Ouvrages de couvertures cintrées

Les couvertures en plaques ondulées cintrées ne sont pas traitées par les présentes Recommandations professionnelles, le retour d'expérience en la matière dans les DROM concernés par les présentes Recommandations professionnelles étant très peu significatif.

Ces couvertures présentent des risques accrus :

- d'étanchéité, induits par :
 - la multiplication inévitable des recouvrements transversaux ;
 - la modification de l'emboîtement des plaques au niveau des recouvrement induit par le rayon de courbure.
- de solidité en régions cycloniques, la géométrie de ces couvertures induisant une aggravation des dépressions.

5.3 Dispositions générales

5.3.1 Classification des ouvrages

La conformité aux présentes Recommandations professionnelles nécessite que soit définie aux Documents particuliers du marché (DPM), et la classification de l'exposition « au vent » ou « sous le vent » de l'ouvrage (cf. § 3).

En cas d'absence de cette classification aux DPM, l'ouvrage devra être considéré comme exposé « au vent ».

La classification retenue doit être appliquée à l'ouvrage de couverture dans sa globalité.

5.3.2 Charges à prendre en comptes (ascendantes et descendantes)

Les charges ascendantes à retenir pour la vérification du comportement de l'ouvrage de couverture sont définies au sens des NV65 modifiées :

- pour les zones cycloniques : en annexe A, à partir des dépressions en zone 5 et en site exposé.

L'annexe A est basée sur les valeurs de vent extrême de 210 et 400 km/h.

Pour rappel, la valeur de référence en vent extrême des règles NV65 modifiées est de 210 km/h. Une valeur supérieure peut être retenue pour anticiper les phénomènes venteux exceptionnels tels que certains cyclones récents pour lesquels des vitesses de vent de près de 400 km/h ont été mesurées.

- hors zone cycloniques : en annexe B, à partir des dépressions de la zone 1 et en site normal ou exposé, selon le choix des DPM.

Les charges descendantes (charges d'entretien et de montage au sens du DTU 40.35) sont implicitement prises en compte lorsqu'est appliquée la portée maximale admissible indiquée dans la Fiche Technique de la plaque, lorsqu'elle est conforme au § 4.1.1. du présent document.

5.3.3 Sécurité des personnes

Les dispositions constructives de la couverture doivent permettre de satisfaire aux exigences réglementaires concernant la protection contre les chutes du personnel amené à travailler ou à circuler sur la couverture.

Les dispositifs de protection tels que lignes de vie, garde-corps ne doivent pas être ancrés dans les plaques ondulées.

5.3.4 Stockage et manutention

Les colis de plaques ondulées, des fixations et des accessoires doivent être stockés dans des conditions qui préservent les produits de l'humidité, par exemple magasin couvert ou bâche, les colis étant inclinés sur l'horizontale pour favoriser leur séchage, et séparés du sol par l'intermédiaire d'un calage ménageant un espace suffisant pour permettre une bonne aération tout en évitant toute déformation permanente des plaques. On évite ainsi une altération superficielle des revêtements.

Dans le cas où la protection par un film pelable est prévue, on doit effectuer le stockage à l'abri du soleil. Le film doit être enlevé dès que possible en se référant aux instructions devant figurer sur l'emballage.

On veillera à ne pas choquer ou griffer la laque et à ne pas déformer les bords et les ondes de rive des plaques. En cas de griffure, il est nécessaire de recourir aux vernis de retouches décrits au § 4.5.5.

5.4 Conditions préalables requises avant la pose

5.4.1 Pente minimale

Le tableau 10 indique les valeurs minimales à adopter pour les pentes des couvertures en plaques ondulées.

Tableau 10 – Pentes minimales des couvertures en plaques ondulées

CONFIGURATION DE LA COUVERTURE	PENTE MINIMALE	
	ZONES CYCLONIQUES	HORS ZONE CYCLONIQUE
Simultanément : - Plaques ondulées de longueur égale à celle du rampant (absence de recouvrement transversal entre plaques), et - Absence de pénétration	25 % (14°)	25 % (14°)
Simultanément : - Couvertures avec 1 recouvrement transversal en cours de versant <u>avec</u> complément d'étanchéité transversal, et - Absence de pénétration	30 % (16,7°)	25 % (14°)
Simultanément : - Couvertures avec 1 recouvrement transversal en cours de versant <u>sans</u> complément d'étanchéité transversal, et - Absence de pénétration	Cas non admis	25 % (14°)
Couvertures avec pénétrations en toitures	30 % (16,7°)	25 % (14°)

La pente des couvertures des ouvrages annexes ouverts (tels que préaux, auvents, coursives, loggias, varangues...) peut être réduite à 15 % (soit 8,5°), quelle que soit la zone (cyclonique ou non), lorsque l'ensemble des conditions ci-dessous sont rassemblées :

- les ouvrages annexes ouverts sont accolés à une construction principale fermée ;
- et leur rampant est couvert par une plaque d'une seule longueur ;
- et leur couverture est désolidarisée de la celle de la construction fermée (absence de continuité entre les couvertures, cf. § 7.8).

NOTE

Attention, cette réduction de pente des ouvrages annexes, ne permet plus d'envisager un changement de destination de l'ouvrage annexe, tel que l'aménagement d'un local noble.

Les changements de pente dans le sens du versant ne sont pas visés, dans l'emprise des bâtiments fermés.

5.4.2 Recouvrements entre plaques ondulées

5.4.2.1 RECOUVREMENT LONGITUDINAL ENTRE PLAQUES

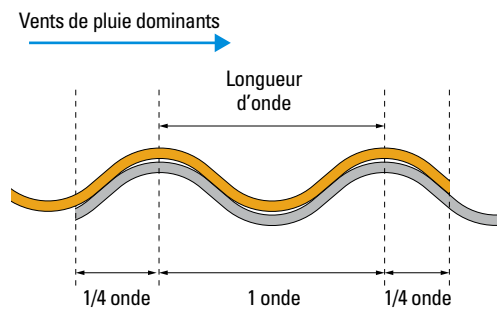
Le recouvrement longitudinal entre plaques est obtenu par l'emboîtement des ondes de rives de la plaque « recouvrante », sur les ondes de rive de la plaque recouverte.

Le recouvrement minimum dépend de la géométrie des plaques ondulées.

Il doit toujours être réalisé dans le sens opposé à celui des vents de pluies dominants.

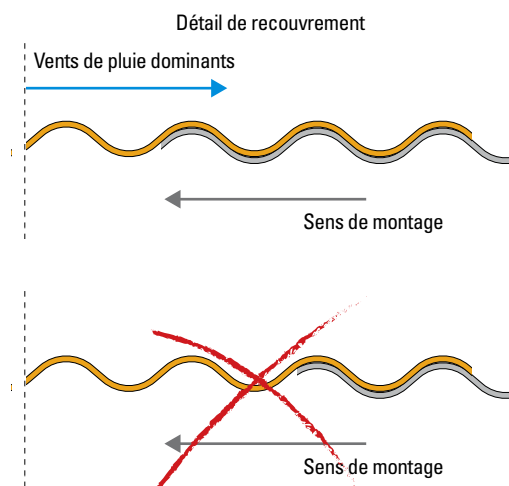
Si les plaques ondulées sont symétriques, c'est-à-dire présentent une onde descendante de 19 mm minimum de chaque côté, le recouvrement entre plaques est d'une onde et $\frac{1}{2}$ (cf. figure 25).

Figure 25 – Recouvrement longitudinal entre plaques ondulées symétriques



Si les plaques ondulées ne sont pas symétriques, c'est-à-dire ne présentent pas sur un côté, une onde descendante de 19 mm minimum, le recouvrement entre plaques est de 2 ondes (figure 26).

Figure 26 – Recouvrement longitudinal entre plaques ondulées non symétriques



5.4.2.2 RECOUVREMENT TRANSVERSAL ENTRE PLAQUES ET COMPLÉMENTS D'ÉTANCHÉITÉ

Le recouvrement transversal entre plaque se fait toujours au droit des appuis, l'axe des fixations se trouvant sensiblement au milieu des recouvrements.

La valeur du recouvrement transversal est de 200 mm au moins et la présence d'un complément d'étanchéité (mise en œuvre cf. § 6.1.5) est donnée au tableau 11 en fonction de la pente de la couverture et de la zone géographique.

N'est autorisé qu'un seul recouvrement transversal de plaques par versant.

Tableau 11 – Valeur du recouvrement transversal minimum entre plaques

PENTE p (%)	RECOUVREMENT TRANSVERSAL (mm)	
	ZONES CYCLONIQUES	HORS ZONE CYCLONIQUE
25 % (14°) ≤ p ≤ 30 % (16,7°)	Non admis	200
p > 30 % (16,7°)	200 + CE	200

CE : complément d'étanchéité transversal

5.4.3 Longueur maximale de rampant

La longueur maximale de rampant est de 20 m, avec un seul recouvrement transversal de plaques par versant maximum, sans changement de pente sur les ouvrages fermés dans le sens de la pente.

5.4.4 Éléments supports, conditions particulières aux appuis

5.4.4.1 GÉNÉRALITÉS

La structure porteuse de l'ouvrage et les éléments supports de couverture à la charge du « lot charpente » de l'ouvrage doit être dimensionnée selon :

- la norme NF EN 1993-1-1/NA (Eurocode 3) pour les ouvrages en acier :
Dans ce cas, les valeurs limites maximales à prendre en compte pour les flèches verticales sont celles de la ligne « Toiture en générale » du tableau 1 de la clause 7.2.1 (1) B de la NF EN 1993-1-1/NA.
- la norme NF EN 1995-1-1/NA (Eurocode 5) pour les ouvrages en bois :
Dans ce cas, les valeurs limites à prendre en compte pour les flèches sont celles figurant à l'intersection de la colonne « Bâtiments courant » et de la ligne « Éléments structuraux » du tableau 7.2 de la clause 7.2 (2) de la norme NF EN 1995-1-1/NA.

Dans le cas d'une mise en œuvre des plaques ondulée sur des éléments supports posés à un entraxe inférieur à 400 mm, ces éléments doivent être vérifiés sous charges concentrées.

Les éléments supports des plaques ondulées doivent être posés sur 3 appuis minimum.

La durabilité de la structure porteuse de l'ouvrage et des éléments support de couverture doit être adaptée aux conditions d'ambiances et aux risques biologiques (risque termites par exemple). En particulier les liteaux bois sont de classe 3.1 minimum selon la norme NF EN 335.



Une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre des éléments supports des couvertures sur la structure porteuse, pour se prémunir d'un risque d'envol de l'ouvrage de couverture (travaux de charpente).

5.4.4.2 CONDITIONS AUX APPUIS ET DIMENSIONS MINIMALES DES ÉLÉMENTS SUPPORT

Les éléments supports des plaques métalliques ondulées peuvent être des :

- pannes métalliques (profils ouvert et profil creux en acier) :
 - épaisseur minimale : 1,5 mm ;
 - largeur d'appui minimale : 40 mm.

La pose sur pannes métalliques concerne les couvertures aérées (cf. § 5.8) sur arbalétriers.

- pannes bois fixées directement sur la structure porteuse de l'ouvrage :
 - hauteur minimale : 80 mm ;
 - largeur minimale : 60 mm.

La pose sur pannes bois concerne les couvertures aérées (cf. § 5.8) sur arbalétriers.

- liteaux bois fixés à la structure porteuse de l'ouvrage :
 - hauteur minimale : 50 mm ;
 - largeur minimale : 80 mm.

La pose sur liteaux concerne les couvertures chaudes sur parement décoratif bois (cf. § 5.9) et les couvertures aérées (cf. § 5.8) sur charpente traditionnelle et charpente industrialisée (type fermettes).

La largeur d'appui des éléments bois supports sur la structure porteuse doit permettre le respect d'une distance au bord de la fixation minimale de $3 \times d$ (avec d le diamètre de la fixation) par rapport au nu de la structure porteuse.

En cas de largeur d'élément porteur ne permettant pas le respect de cette condition de distance minimale (exemple charpente industrialisée, type fermette par exemple), l'emploi de fourrures ou de sabots spécifiques (équerre à champ tourné appelées « fourchettes ») est nécessaire.

En cas de pose sur parement décoratif, l'emploi de ces fourrures n'est pas envisageable. La largeur des fermettes doit donc permettre le respect de la règle de distance au bord de la fixation indiquée ci-dessus.

Surface d'appui des plaques ondulées, sur les éléments support :

La surface d'appui des plaques ondulées doit être plane, parallèle au plan de la couverture, continue et sans saillie.

Une légère surépaisseur au recouvrement des pannes métalliques minces (épaisseur < 3 mm) emboîtables est admise.

5.4.5 Écartement maximal des éléments support en zones cycloniques

En zones cycloniques, l'écartement maximal des éléments supports des plaques ondulées (bois et métallique), doit être dimensionné selon l'annexe A des présentes Recommandations professionnelles, en fonction :

- de la vitesse de vent extrême de dimensionnement prescrite par les DPM (cf. annexe E), dont découlent les valeurs de dépression calculées au vent normal qui s'exercent sur la couverture ;
- des caractéristiques des plaques ondulées (cf. Fiches techniques des plaques) :
 - géométrie ;
 - épaisseur.
- du nombre d'appui des plaques ;
- et du nombre de fixation par largeur de plaque (1 onde sur 2, 1 onde sur 3,...).

En complément, la vérification de la densité de fixation doit être menée selon l'annexe C, en fonction du P_k de la fixation dans le support.

La méthodologie de dimensionnement global de la couverture aux charges ascendantes est reprise en annexe F.

Faute d'un dimensionnement spécifique de la couverture, les dispositions forfaitaires indiquées en Annexe D peuvent être appliquées, dans les limites précisées au Tableau D1.

Ces dispositions forfaitaires sont basées sur l'expérience reconnue et réussie dans les territoires ciblés, confortée par un dimensionnement selon les annexes A et C.

5.4.6 Ecartement maximal des éléments support hors zones cycloniques

Hors zone cyclonique, l'écartement maximal des éléments support de couverture (bois et métallique) doit être dimensionné sur la base de l'annexe B des présentes Recommandations professionnelles, en fonction :

- des caractéristiques des plaques ondulées (cf. Fiches techniques des plaques) :
 - géométrie ;
 - épaisseur.
- du nombre d'appui des plaques ;
- et du nombre de fixation par largeur de plaque (1 onde sur 2, 1 onde sur 3,...).

5.5 Choix des plaques ondulées

5.5.1 Choix des épaisseurs et des portées limites utiles des plaques ondulées en fonction des actions

L'épaisseur des plaques de couverture et leur portée maximale sont déterminés, conformément au § 5.4.5 en zones cycloniques et au § 5.4.6 hors cyclonique (Guyane).

L'épaisseur nominale minimale des plaques ondulées est de :

- de 0,75 mm en zones cycloniques ;
- de 0,63 mm hors zones cyclonique (Guyane).

Les portées utiles indiquées dans les Fiches Techniques des plaques ondulées doivent impérativement avoir été déterminées § G.5.3 du DTU 40.35 pour une vérification aux charges ascendantes (cf. § 5.3.2).

Les plaques reposent sur 3 appuis minimum.

La pose sur 2 appuis est néanmoins admissible, hors zone cyclonique (Guyane), pour le cas des petits ouvrages annexes ouverts, s'ils sont accolés à une construction principale fermée et que le rampant est couvert par une plaque d'une seule longueur (absence de recouvrement transversal). Dans ce cas, les portées des plaques sont déterminées sur à partir des Fiches Techniques des fournisseurs de plaques ondulées.

5.5.2 Choix des revêtements des plaques ondulées et accessoires en fonction de l'exposition atmosphérique

Sont indiquées au tableau 12, les catégories de revêtements organiques minimum requises pour les couvertures.

Ce tableau est fondé sur l'expérience acquise par les fournisseurs dans les territoires ciblés.

Tableau 12 – Catégories de revêtements organiques minimum requises pour les couvertures

TYPE DE REVÊTEMENT			ATMOSPHÈRE EXTÉRIEURE MARINE			
NF P 34-301	EN 10169 +A1		SITUATION DE L'OUVRAGE PAR RAPPORT À LA CÔTE			
CATÉGORIE	CATÉGORIE UV	CATÉGORIE CORROSION	> 3 km	DE 3 À 1 km	DE 1 km À 300 m	< 300 m
Ouvrages situés « <u>sous le vent</u> » en zones cycloniques, et tout ouvrage hors zone cyclonique (Guyane)						
VI	RUV4	RC4	■	■	○	X
VI	RUV4	RC5	■	■	■	○
Revêtement sous ETPM			Selon domaine d'emploi « marine » et « fort UV » validé par l'ETPM			
Ouvrages situés « <u>au vent</u> » en zones cycloniques						
VI	RUV4	RC4	■	○	X	X
VI	RUV4	RC5	■	■	○	○
Revêtement sous ETPM			Selon domaine d'emploi « marine » et « fort UV » validé par l'ETPM			
■ Revêtement adapté à l'exposition						
○ Cas pour lequel l'appréciation définitive ou la définition de dispositions particulières doit être arrêtée après consultation et accord du fabricant						
X Revêtement non adapté						

POUR RAPPEL CF. § 3

L'expression « ouvrage au vent » désigne un ouvrage exposé aux vents dominants, c'est-à-dire face aux vents les plus fréquents dans le site concerné. Par conséquent, un ouvrage « au vent » est généralement très exposé aux embruns.

L'expression « ouvrage sous le vent » désigne un ouvrage protégé des vents dominants, c'est-à-dire protégé des vents les plus fréquents dans le site concerné (topographie, construction aux alentours ou autres obstacles). Par conséquent, un ouvrage « sous le vent » est protégé des embruns.

La classification de l'exposition « au vent » ou « sous le vent » de l'ouvrage est définie aux Documents particuliers du marché (DPM).

En cas d'absence de cette classification aux DPM, l'ouvrage devra être considéré comme exposé « au vent ».

Le choix du revêtement en fonction d'un ouvrage spécifique relève de la responsabilité du fabricant des plaques ondulées.

Il appartient au fabricant de vérifier et de prouver l'appartenance d'un revêtement à telle ou telle catégorie et de s'engager sur cette classification.

Une attestation de validation nominative, par chantier, du revêtement choisi devra impérativement être fournie par le fabricant des plaques, dans les cas suivants (repères ○ du tableau 12) :

- à moins de 300 m de la cote pour les ouvrages définis « sous » le vent ou en Guyane ;
- à moins de 1 km de la cote pour les ouvrages définis « au vent ».

5.6 Choix des fixations et accessoire de fixations en fonction de l'atmosphère extérieure

Est indiquée au tableau 13, la protection minimale contre la corrosion des fixations et accessoires de fixation des couvertures ondulées.

Ce tableau est fondé sur l'expérience acquise par les fournisseurs et les fabricants de fixations dans les territoires ciblés.

Tableau 13 – Protection minimale contre la corrosion des fixations et accessoires de fixation (plaquettes et rondelles de fixations des accessoires)

MATIÈRES ET REVÊTEMENTS		ATMOSPHÈRE EXTÉRIEURE MARINE			
		SITUATION DE L'OUVRAGE PAR RAPPORT À LA CÔTE			
		> 3 km	DE 3 À 1 km	DE 1 km À 300 m	< 300 m
Ouvrages situés « sous le vent » en zones cycloniques, et tout ouvrage hors zone cyclonique (Guyane)					
Fixations	Acier de cémentation protégé 12 cycles Kesternich mini	■	■	○	X
	Galvanisé à chaud au trempé Zn 450 g/m ² minimum	■	■	○	X
	Aluminium série 5000 minimum	■	■	■	○ < 100m exclus
	Acier inoxydable austénitique A2 minimum	■	■	■	○ < 100m exclus
	Acier inoxydable austénitique A4 minimum	■	■	■	■
Accessoires de fixation	Acier galvanisé prélaqué deux faces	■	■	○	X
	Acier galvanisé postlaqué deux faces (1)	■	■	■	○
	Aluminium	■	■	■	○
	Acier inoxydable	■	■	■	○
Ouvrages situés « au vent » en zones cycloniques					
Fixations	Acier de cémentation protégé 12 cycles Kesternich mini	■	○	X	X
	Galvanisé à chaud au trempé Zn 450 g/m ² minimum	■	○	X	X
	Aluminium série 5000 minimum	■	■	○	X
	Acier inoxydable austénitique A2 minimum	■	■	○	X
	Acier inoxydable austénitique A4 minimum	■	■	■	■
Accessoires de fixation	Acier galvanisé prélaqué deux faces	■	○	X	X
	Acier galvanisé postlaqué deux faces (1)	■	■	■	○
	Aluminium	■	■	■	○
	Acier inoxydable	■	■	■	○
<p>■ Matériau adapté à l'exposition</p> <p>○ Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant de fixation ou distributeur des fixations</p> <p>X Matériau non adapté</p> <p>(1) Le postlaquage des plaquettes galvanisé permet d'assurer la protection des tranches de plaquettes</p>					

Les matières et revêtements des accessoires de fixation doivent être choisis en relation avec ceux des fixations utilisées, en accord avec les prescriptions du fabricant des fixations.

Dans le cas d'une atmosphère particulière (ambiance extérieure et/ou intérieure agressive directe), matière et revêtement sont à adapter après consultation et accord du fabricant des fixations et accessoires.

Une attestation de validation nominative, par chantier, du revêtement choisi devra impérativement être fournie par le fabricant des fixations, dans les cas suivants (repères ○ du tableau 13) :

- à moins de 300 m de la cote pour les ouvrages définis « sous » le vent ou en Guyane ;
- à moins de 1 km de la cote pour les ouvrages définis « au vent ».

NOTE

Les prescriptions du fabricant peuvent être relayées par son représentant local.

5.7 Guide de choix du type de couverture en fonction de la zone géographique

Le type de couverture admis en fonction de la zone géographique est indiqué au tableau 14.

Tableau 14 – Type de couverture admis en fonction de la zone géographique

TERRITOIRES CIBLÉS	COUVERTURE FROIDE		COUVERTURE CHAUDE
	« COUVERTURE AÉRÉE » (CF. § 5.8) ALTITUDE < 600 m	« COUVERTURE FROIDE VENTILÉE » (CF. § 5.10) ALTITUDE ≥ 600 M ET < 800 m (3)	« COUVERTURE CHAUDE SUR PAREMENT DÉCORATIF » (CF. § 5.9) ALTITUDE < 600 m
Martinique	Admis	(2)	(2)
Guadeloupe (compris La Désirade, Marie Galante et Les Saintes)	Admis	(2)	Admis
Saint Martin	Admis	(2)	Admis
Saint Barthélemy	Admis	(2)	Admis
Guyane	Admis	(2)	(2)
La Réunion	Admis	Admis (1)	(2)
Mayotte	Admis	(2)	(2)

(1) L'éventuelle isolation thermique devra être mise en œuvre à l'horizontale sur dalle béton formant plafond.
 (2) Conception envisageable bien que ne disposant pas de retour d'expérience important.
 (3) La conception de « couverture froide ventilée » peut être envisageable à des altitudes inférieures à 600 m, en fonction de contraintes climatiques spécifiques locales ou d'un retour d'expérience particulier.

5.8 Couverture aérée

5.8.1 Principe et limites d'emploi

Une conception de « couverture aérée » repose sur les principes suivants :

- le **faîtage est totalement fermé** ;
- une **aération est assurée sur la totalité des bas de versant par les ondes des plaques métalliques ou par des grilles régulièrement réparties** dans les avancées de toiture ;
- les locaux sous-jacents sont largement naturellement ventilés.

La « couverture aérée » est destinée :

- aux bâtiments fermés, climatisés ou non, dont les locaux sous-jacents sont largement naturellement ventilés ;
- ouvrages situés à une altitude inférieure à 600 m ;
- aux ouvrages isolés ou non.

Les conditions climatiques tout à fait particulières dans les territoires ciblés par les présentes Recommandations professionnelles n'induisent pas de pathologie de condensation sous les « couvertures aérées », même en cas d'isolation thermique parallèle aux rampants et/ou de locaux climatisés.

En cas de couverture 2 pans et combles perdus, la couverture sera d'autant plus aérée que les combles seront naturellement largement ventilés par la mise en œuvre de ventelles ou claustras en pignons.

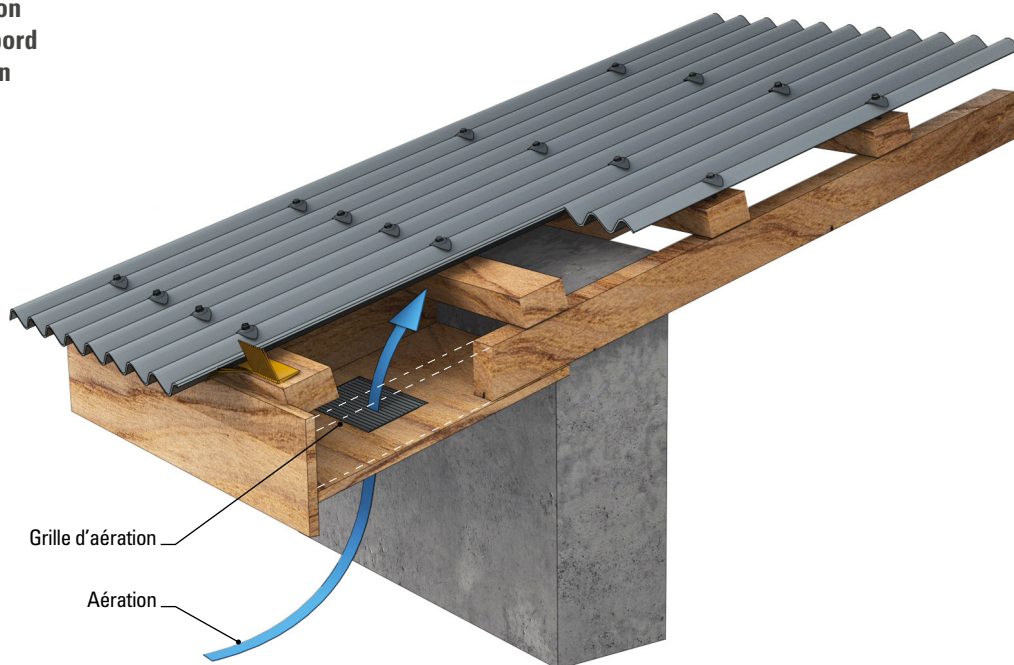
Les « couvertures aérées » bénéficient d'un très long retour d'expérience reconnu et réussi dans l'ensemble des territoires ciblés par les présentes Recommandations.

5.8.2 Dispositions d'aération

L'aération de la couverture doit être assurée sur la totalité de l'égout par les ondes des plaques métalliques.

Dans le cas où des pontets plastiques sont mis en œuvre sur la 1^{ère} panne (panne d'égout), l'aération de la couverture doit alors être assurée par la réalisation d'un débord de toiture avec la mise en place de grilles d'aération (cf. figure 27).

Figure 27 – Exemple d'aération de la couverture avec un débord de toiture et grilles d'aération



5.9 Couverture chaude sur parement décoratif

5.9.1 Principe et limites d'emploi

Une conception de « couverture chaude sur parement décoratif » repose sur les principes suivants :

- les liteaux support direct des plaques ondulées sont fixés à la structure porteuse à travers un parement décoratif continu en bois (cf. figures D2 et D3 de l'annexe D) ;
- une isolation thermique est disposée entre liteaux, directement sur le parement décoratif continu en bois ;
- le faîtage est totalement fermé ;
- des dispositions en bas de versant pour éviter le confinement des matériaux sous couverture ;
- les locaux sous-jacents sont largement naturellement ventilés.

La « couverture chaude sur parement décoratif » est destinée :

- aux bâtiments fermés, climatisés ou non, dont les locaux sous-jacents sont largement naturellement ventilés ;
- ouvrages situés à une altitude inférieure à 600 m ;
- aux ouvrages isolés ;
- aux ouvrages sur charpente bois exclusivement, avec avancée de toiture.

Les conditions climatiques tout à fait particulières dans les territoires ciblés par les présentes Recommandations professionnelles n'induisent pas de

pathologie de condensation sous les « couvertures chaudes sur parement décoratif », que l'ouvrage soit climatisé ou non.

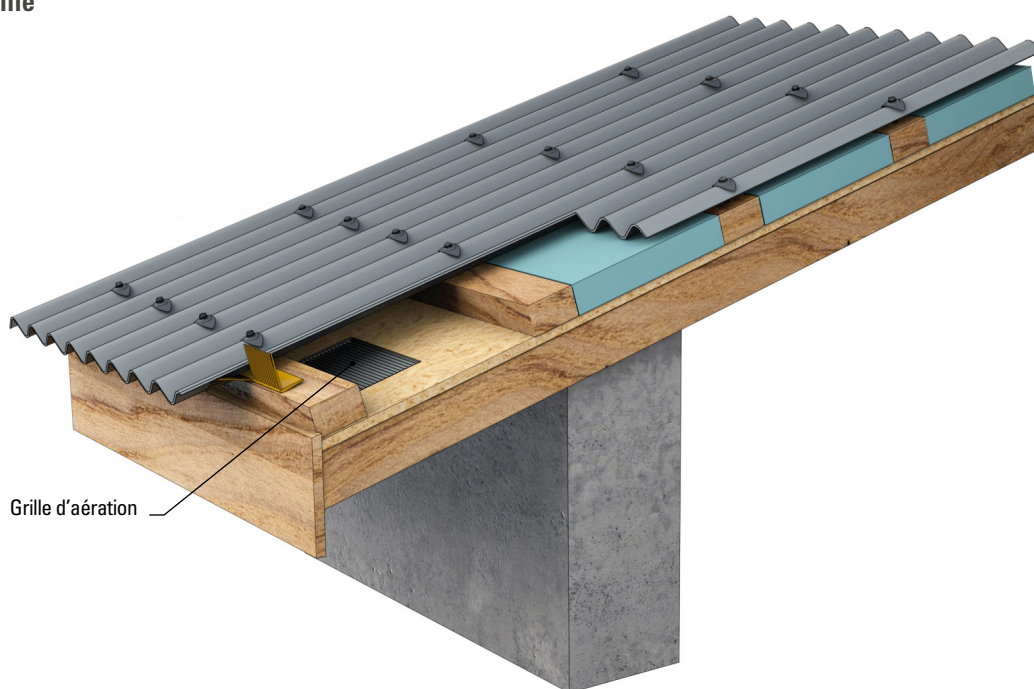
Les « couvertures chaudes sur parement décoratif » bénéficient d'un très long retour d'expérience reconnu et réussi en Guadeloupe et à Saint-Martin. En fonction de la nature des matériaux (parement décoratif, isolant thermique), cette conception peut présenter des restriction d'emploi eu égard à la réglementation incendie.

5.9.2 Dispositions en bas de versant

Pour éviter le confinement des matériaux sous couverture, sont à prévoir en bas de versant :

- la non obstruction des ondulations des plaques métalliques ;
- ou, dans le cas de pontets plastiques ou de closoirs mousse mis en œuvre à l'égout, la mise en place de grilles dans les débords de toiture (figure 28).

Figure 28 – Exemple avec grille dans le débord de toiture d'une couverture chaude sur parement décoratif.



5.10 Couverture froide ventilée

5.10.1 Principe et limites d'emploi

Une conception de « couverture froide ventilée » repose sur le principe de la ventilation de la sous-face des plaques ondulées, assurée par :

- des entrées d'air linéaires, ou ponctuelles et régulièrement réparties, en bas de versant ;
- un comble perdu largement ventilés par des sorties d'air disposées en pignons.

La « couverture froide ventilée » est destinée :

- aux bâtiments fermés, climatisés ou non, dont les locaux sous-jacents sont largement naturellement ventilés ;
- ouvrages situés à une altitude comprise entre 600 et 800 m ;
- aux couvertures 2 pans uniquement (couvertures 4 pans exclues) ;

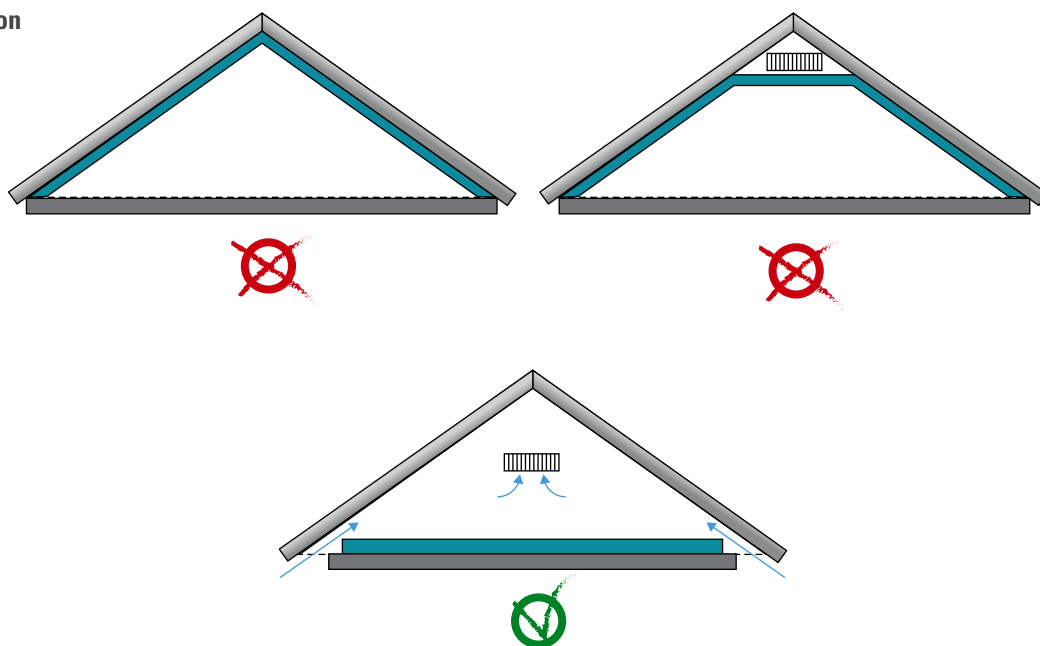
- dont les pignons sont au plus espacés de 20 m (longueur de faîtage 20 m maximum) ;
- avec combles perdus sur dalle béton formant plafond des locaux ;
- aux ouvrages isolés ou non.

En cas d'isolation thermique, celle-ci est mise en œuvre sur le plafond béton. Les ouvrages construits à une altitude comprise entre 600 m et 800 m concernent principalement l'île de la Réunion, les autres territoires ciblés présentant rarement des constructions au-delà de 600 m d'altitude.

Sont à proscrire :

- l'isolation sous rampant (cf. figure 29) ;
- les plafonds suspendus sous la couverture (en substitution de la réalisation d'une dalle béton formant plafond des locaux).

Figure 29 – Principe d'isolation thermique des couvertures froides ventilées



5.10.2 Cas des bâtiments non isolés

La réalisation d'une « couverture froide ventilée » sur des locaux non isolés thermiquement impose la mise en œuvre d'un procédé de feutre tendu sur pannes d'épaisseur 60 mm maximum bénéficiant d'un Avis Technique pour cet emploi.

La ventilation du plenum doit être réalisée selon les dispositions du § 5.10.4.

La mise en œuvre du feutre tendu doit être réalisée selon les dispositions du § 8.4.

5.10.3 Cas des bâtiments isolés

La réalisation d'une « couverture froide ventilée » sur des locaux isolés thermiquement impose :

- une dalle béton horizontale formant plafond des locaux ;
- un pare-vapeur indépendant (cf. § 4.5.9) posé sur la dalle béton ;
- une isolation thermique (cf. § 4.5.8) posée sur le pare-vapeur ;
- la mise en œuvre d'un procédé de feutre tendu sur pannes d'épaisseur 60 mm maximum bénéficiant d'un Avis Technique pour cet emploi.

La ventilation du plenum doit être réalisée selon les dispositions du § 5.10.4.

La mise en œuvre du feutre tendu doit être réalisée selon les dispositions du § 8.4.

5.10.4 Ventilation du plénum

La ventilation du plénum est assurée par :

- des entrées d'air linéaires, ou ponctuelles et régulièrement réparties, en bas de versant, aménagées dans le débord de toiture ;
- des sorties d'air disposées en pignons, assurées par des dispositifs types grilles, jalousies ou ventelles (figure 34), espacés d'au plus de 20 m.

Pour chaque versant de toiture à ventiler, la section minimale de chaque série d'ouvertures (en entrée d'air à l'égout ou en sortie d'air en pignon) doit être :

- couvertures sans isolation thermique : $1/250^{\text{ème}}$ de la surface projetée du versant considéré minimum (figure 30) ;
- couvertures avec isolation thermique (à l'horizontale sur plafond) : $1/500^{\text{ème}}$ de la surface projetée du versant considéré minimum (figure 31).

Figure 30 – Sections de ventilation des couvertures froides ventilées des couvertures non isolées

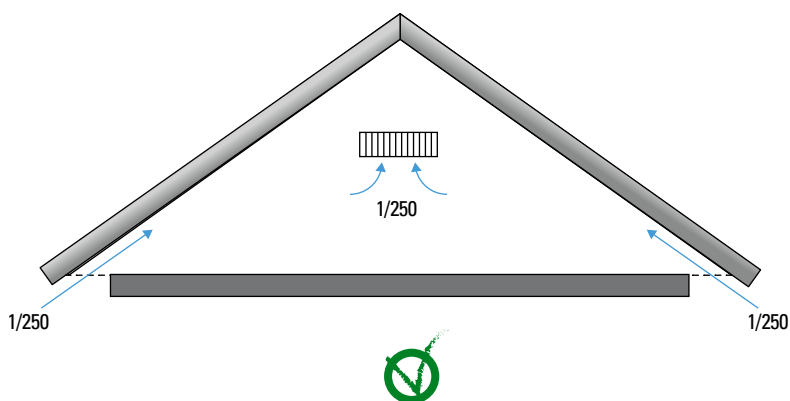
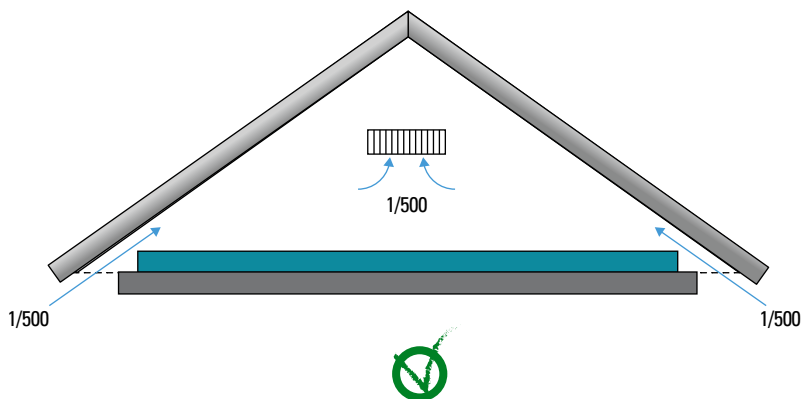


Figure 31 – Sections de ventilation des couvertures froides ventilées des couvertures isolées



A l'égout, la ventilation est assurée par la mise en place de grilles d'aérations dans les avancées de toitures (exemples aux figures 32 et 33).

Figure 32 – Débord de toit en béton

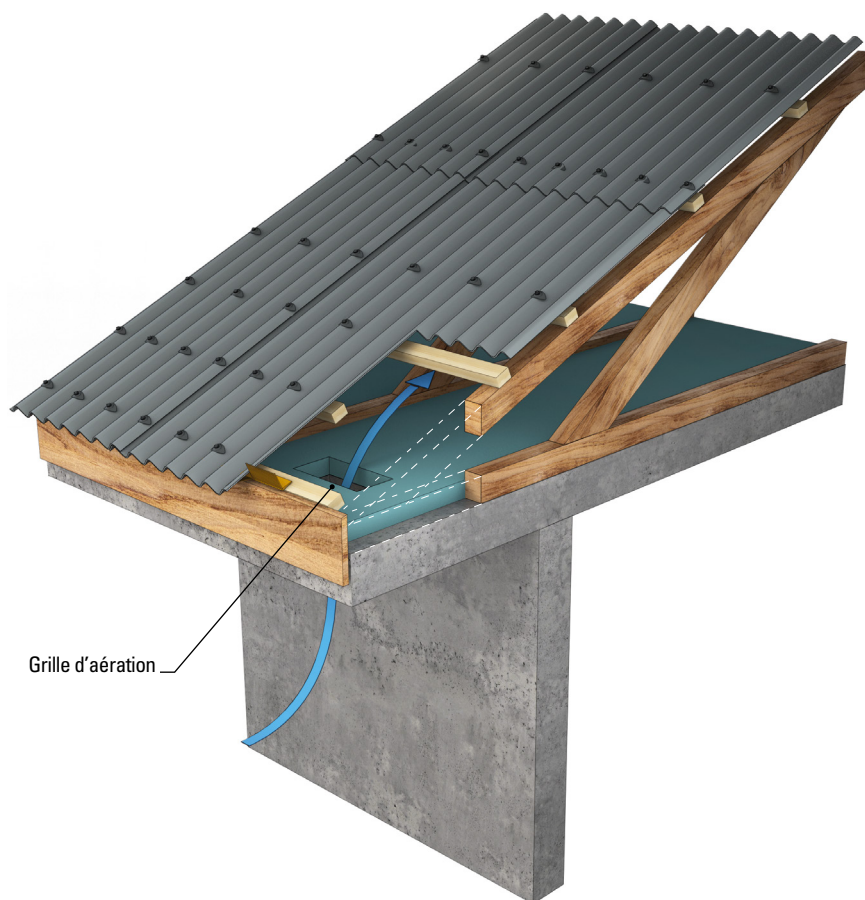
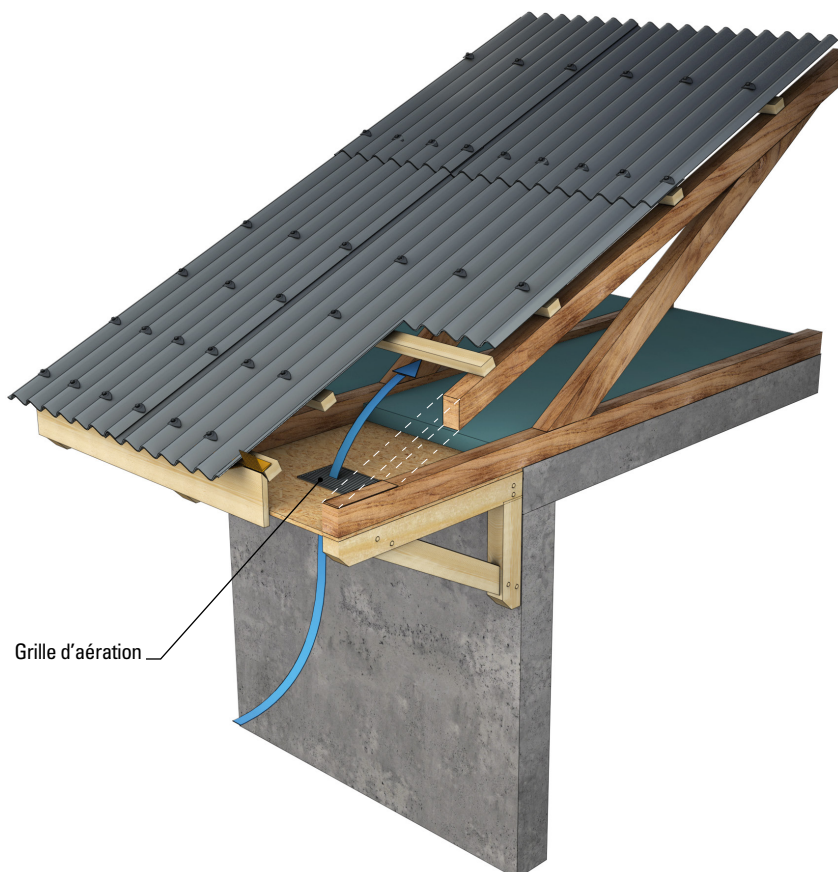
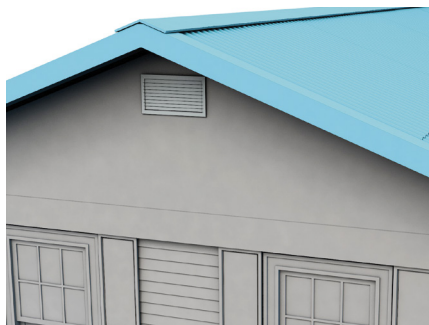


Figure 33 – Débord de toit en bois



En pignon, la ventilation est obtenue par l'implantation dans les façades de dispositifs types grilles, jalousies ou ventelles (cf. figure 34), nécessitant une implantation en haut de pignon, protégées par des avancées de toitures suffisantes pour se prémunir des risques de pénétration d'eau.

**Figure 34 – Exemple
de jalousie en pignon**





6.1 Pose des plaques ondulées en neuf

6.1.1 Généralités

La pose des plaques ondulées doit respecter les critères suivants :

- Les pentes des versants sont directement données par la structure porteuse.
- Les plaques sont posées avec les ondes parallèles à la ligne de la plus grande pente.
- Le recouvrement longitudinal des plaques s'effectue dans le sens opposé à celui des vents de pluies dominants.
- Le recouvrement transversal minimal est indiqué au tableau 11 du § 5.4.2.
- Dans le cas général, les plaques sont posées sur 3 appuis minimum.

La pose sur 2 appuis est néanmoins admissible pour le cas des petits ouvrages annexes ouverts, s'ils sont accolés à une construction principale fermée et que le rampant est couvert par une plaque d'une seule longueur (absence de recouvrement transversal).

- La fixation des plaques est réalisée exclusivement en sommet d'onde à l'aide des fixations et accessoires de fixations des tableaux 1, 2 et 4.

La fixation en creux des plaques ondulées est à proscrire.

- Le porte-à-faux des plaques par rapport aux pannes d'extrémité est limité à :
 - 10 cm en zones cycloniques ;
 - 1/10^{ème} de la portée des éléments supports des plaques hors zone cyclonique, sans être supérieur à 30 cm.

Aucun porte-à-faux transversal de plaque en rive n'est admis.

- En cas de coupes biaisées (arêtières, noues dans le sens de la pente), un élément support doit assurer l'appui des coupes biaisées des plaques ondulées.
- Un chevêtre est prévu autour des pénétrations intéressant une dimension (largeur ou longueur) supérieure à 400 mm.

6.1.2 Éléments supports des plaques

Les plaques ondulées de couverture se posent sur des pannes bois, pannes métalliques ou liteaux bois définis au § 5.4.4.

6.1.2.1 POSE SUR PANNES

Les pannes support, perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, sont fixées directement à la structure porteuse type arbalétrier (travaux de charpente).

NOTE

La fixation des éléments support à la structure porteuse n'est pas représentée sur les différentes figures du présent document.

6.1.2.2 POSE SUR LITEAUX

Les liteaux support des plaques ondulées, d'épaisseur 5 cm minimum, sont posés perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, et fixés sur la structure porteuse (cf. § 5.4.4) soit directement (sur charpente traditionnelle et charpente industrialisée), soit à travers un parement décoratif bois (posé lui-même sur chevrons ou pannes), à l'aide de vis (usage de clou exclus) présentant les caractéristiques suivantes :

- diamètre minimal des vis : 6 mm ;
- protection : Galvanisation à chaud au trempé selon NF EN ISO 10684, masse de zinc de 450 g/m² au minimum ;
- longueur des vis : suffisante pour permettre un ancrage de 50 mm minimum dans la structure porteuse.

Exemple : Un parement bois décoratif d'épaisseur 15 mm (épaisseur minimale requise cf. tableau 8 du § 4.5.7) et un liteau de 50 mm d'épaisseur induiront l'emploi de vis 6 x 120 mm minimum.

La vérification de la tenue de l'assemblage liteaux/structure porteuse aux charges ascendantes relève du dimensionnement du lot charpente.

La mise en œuvre des liteaux support de couverture respecte les prescriptions minimales suivantes :

- liteaux sur parement décoratif posés sur chevrons :
 - l'espacement entre chevrons supports du parement décoratif relève du dimensionnement du lot charpente ;
 - les liteaux support des plaques ondulées sont fixés à la structure porteuse à chaque intersection avec les chevrons.
- liteaux sur parement décoratif posés sur pannes :
 - l'espacement des pannes support du parement décoratif est égal à celui des liteaux support des plaques ondulées défini au § 5.4.4 ;
 - les liteaux support des plaques ondulées sont fixés à la structure porteuse avec un espacement entre fixations de 0,6 m maximum en partie courante de couverture et de 0,3 m maximum sur la largeur d'une plaque ondulée en rive.
- liteaux posés sur charpente traditionnelle et charpente industrialisée (fermettes) :
 - l'espacement entre chevrons ou fermettes relève du dimensionnement du lot charpente ;
 - les liteaux support des plaques ondulées sont fixés à la structure porteuse à chaque intersection avec les chevrons ou fermettes.



La pose de liteaux sur une charpente industrialisée (type fermette) exige une attention particulière, notamment des dispositions d'appuis et de fixations spécifiques peuvent être requises pour se prémunir de tout risque d'envol de l'ouvrage de couverture voir § 5.4.4.

6.1.3 Fixation des plaques ondulées aux éléments support

6.1.3.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Les fixations des plaques ondulées au support sont décrites aux tableaux 1 et 2 du § 4.3.2.

Les accessoires de fixations sont décrits au tableau 4 du § 4.3.2.

L'emploi des plaquettes à étanchéité intégrée (étanchéité rendue solidaire par adhérisation et vulcanisation sur la plaquette) est admis sur élément supports :

- en bois ;
- métalliques d'épaisseur supérieure ou égale à 3 mm.

6.1.3.2 DISPOSITIONS PARTICULIÈRES SELON LE TYPE DE FIXATION

- Tirefonds à visser en sommet d'onde :

Les tirefonds à visser se posent par vissage à l'aide d'une visseuse électrique équipée d'une butée de profondeur et/ou d'un limiteur de couple. Il convient d'utiliser une douille de vissage adaptée à la tête du tirefond. La pose s'effectue sans préperçage du support bois, mais avec préperçage des plaques ondulées métalliques.

Le diamètre de perçage des plaques métalliques est égal au diamètre nominal de la fixation + 1 mm.

Les tirefonds aluminium nécessitent couramment un préperçage du support, en fonction de la dureté de certaines essences de bois exotiques.

- Vis autoperceuses en sommet d'onde :

Les vis autoperceuses se posent par vissage à l'aide d'une visseuse électrique équipée d'une butée de profondeur et/ou d'un limiteur de couple. Il convient d'utiliser une douille de vissage adaptée à la tête de la vis. La pose s'effectue généralement sans préperçage du support et sans préperçage des plaques ondulées métalliques.

Néanmoins, la dureté de certaines essences de bois exotiques pourrait, au cas par cas, nécessiter un préperçage du support.

- Vis autotaraudeuses en sommet d'onde :

Les vis autotaraudeuses se posent par vissage à l'aide d'une visseuse électrique équipée d'une butée de profondeur et/ou d'un limiteur de couple. Il convient d'utiliser une douille de vissage adaptée à la tête de la vis. La pose s'effectue avec préperçage du support métallique, avec ou sans préperçage du support bois en fonction de sa dureté (préperçage de certains bois exotiques), et sans préperçage des plaques nervurées métalliques.

Le diamètre de perçage des plaques métalliques est égal au diamètre nominal de la fixation + 1 mm.

Le diamètre de préperçage du support doit être conforme aux spécifications du fournisseur des fixations, qui figurent sur la Fiche Technique de la fixation.

Les limiteurs de couple et les butées de profondeur doivent être régulièrement contrôlés pendant la mise en œuvre.

Cas du préperçage des plaques ondulées (cas des tirefonds et des vis autotaraudeuses) :

En cas de préperçage nécessaire des plaques ondulées, le perçage s'effectue au sol, par 5 ou 6 plaques, après avoir établi un gabarit sur une première plaque que l'on reportera sur toutes les autres plaques.

Les plaques ondulées doivent être posées au sol.

Tous les copeaux doivent être éliminés.

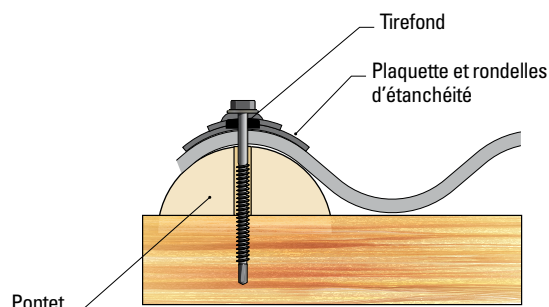
Le percement des plaques à l'aide d'une broche ou de la fixation de sommet d'onde (tirefond, vis) est proscrit.

6.1.3.3 MISE EN ŒUVRE DES PONTETS

Un pontet est mis en œuvre sous les plaques ondulées au droit de chaque fixation, si les ondulations n'ont pas de pied d'onde latéral.

Une alternative aux pontets consiste à fixer l'onde suivante.

Figure 35 – Exemple de mise en œuvre des pontets plastiques



6.1.3.4 RÉPARTITION ET DENSITÉ MINIMALE DES FIXATIONS EN ZONES CYCLONIQUES

En zones cycloniques, la fixation des plaques ondulées est réalisée en sommet d'onde, sur chaque élément support, selon la répartition et la densité minimales, indiquées au tableau 15.

Les portées/charges des plaques ondulées (cf. fiches techniques des fabricants), dépendent de la densité de fixation. Certaines configurations de chantier (hauteur de bâtiment, bâtiment ouvert, vitesse de vent de dimensionnement...) pourront nécessiter une densité de fixations supérieure aux valeurs minimales définies au tableau 15.

Les valeurs minimales du tableau 15 sont adaptées aux dispositions forfaitaires de l'annexe D et aux limites d'emploi du tableau D1.

Tableau 15 – Répartition et densité minimales des fixations des plaques ondulées 76x18, en zones cycloniques

LOCALISATION SUR LA COUVERTURE (CF. FIGURE 36 ET 37)		DENSITÉ MINIMALE DE FIXATION SUR CHAQUE APPUI	EXEMPLES DE RÉPARTITION DES FIXATIONS SUR LA PLAQUE ONDULÉE (14 ONDES ET 11 ONDES)
Partie courante (hors recouvrement)		1 onde sur 3	
Recouvrement transversal	Sur la panne ou liteaux de recouvrement	1 onde sur 2	
Rive latérale y compris noue et arêtier	Sur une largeur de plaque ondulée minimum		
Egout	Sur les 2 premières pannes ou liteaux		
Faîtage	Sur les 2 dernières pannes ou liteaux		
Pénétrations	Sur les pannes ou liteaux des pénétrations		

Figure 36 – Localisation et densité des fixations en zone cyclonique

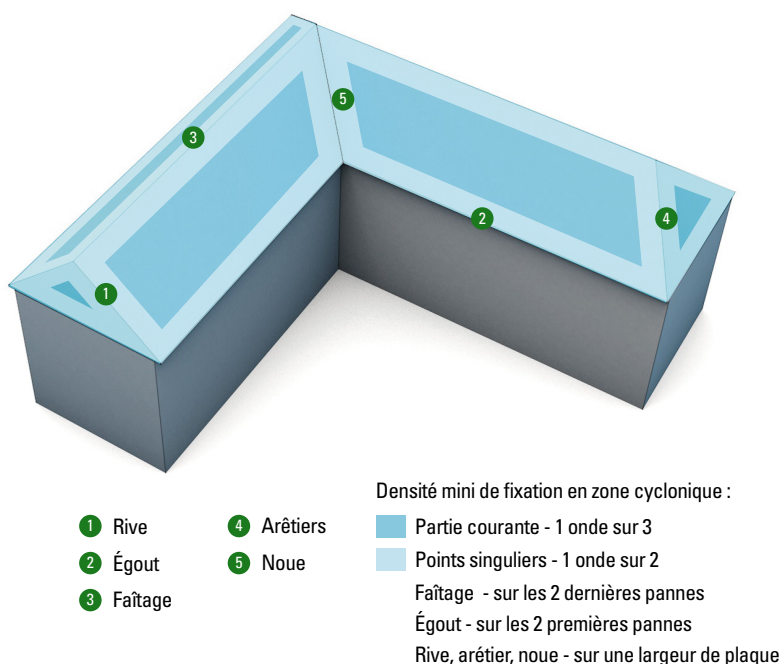
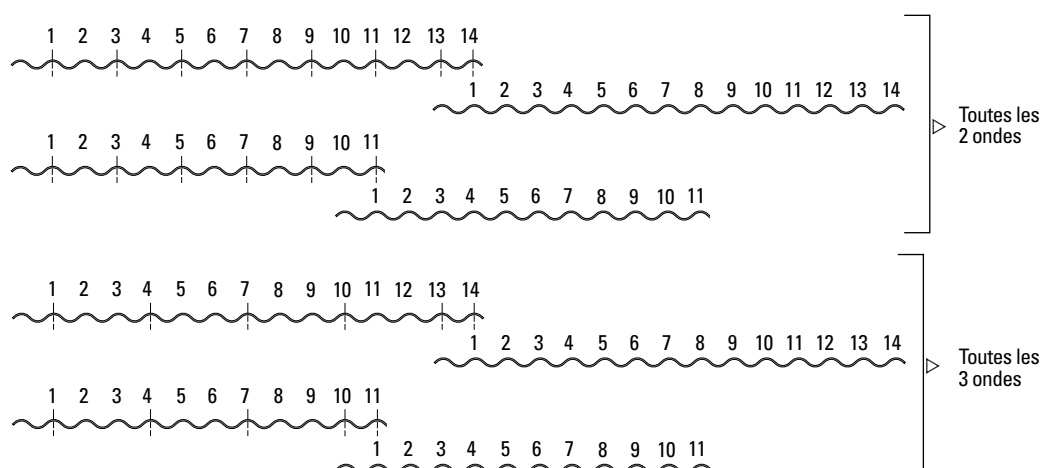


Figure 37 – Positionnement et densité des fixations aux recouvrements en zone cyclonique



6.1.3.5 RÉPARTITION ET DENSITÉ MINIMALE DES FIXATIONS HORS ZONE CYCLONIQUE

Hors zone cyclonique, la fixation des plaques ondulées est réalisée en sommet d'onde, sur chaque élément support, selon la répartition et la densité minimales, indiquées au tableau 16.

Les portées/charges des plaques ondulées (cf. fiches techniques des fabricants), dépendent de la densité de fixation. Certaines configurations de chantier (hauteur de bâtiment, bâtiment ouvert, vitesse de vent de dimensionnement...) pourront nécessiter une densité de fixations supérieure aux valeurs minimales définies au tableau 16.

Tableau 16 – Répartition et densité minimales des fixations des plaques ondulées 76x18, hors zone cyclonique (Guyane)

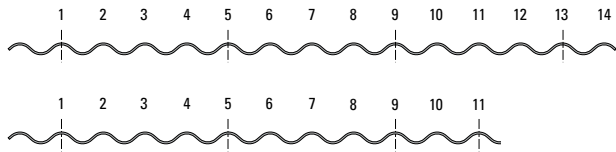
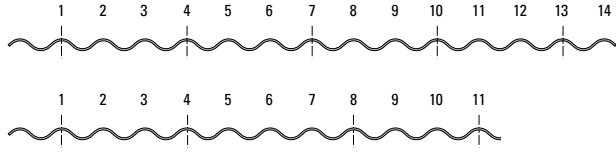
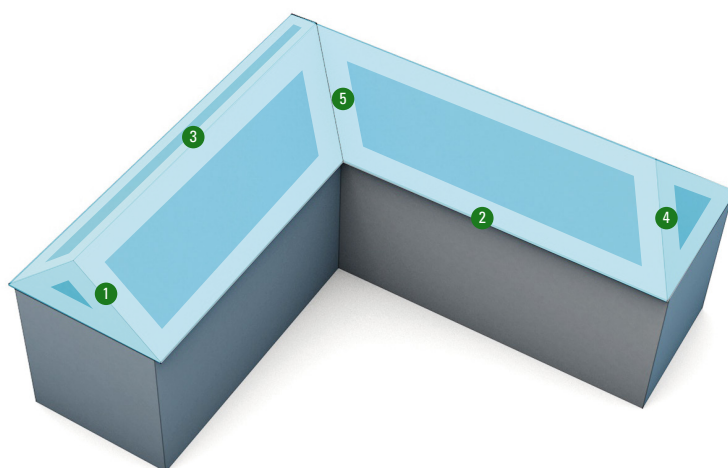
LOCALISATION SUR LA COUVERTURE (CF. FIGURE 38 ET 39)		DENSITÉ MINIMALE DE FIXATION SUR CHAQUE APPUI	EXEMPLES DE RÉPARTITION DES FIXATIONS SUR LA PLAQUE ONDULÉE (14 ONDES ET 11 ONDES)
Partie courante (hors recouvrement)		1 onde sur 4	
Recouvrement transversal	Sur la panne ou liteaux de recouvrement	1 onde sur 3	
Rive latérale y compris noue et arêtier	Sur une largeur de plaque ondulée minimum		
Egout	Sur les 2 premières pannes ou liteaux		
Faîtage	Sur les 2 dernières pannes ou liteaux		
Pénétrations	Sur les pannes ou liteau des pénétrations		

Figure 38 – Localisation et densité des fixations hors zone cycloniques

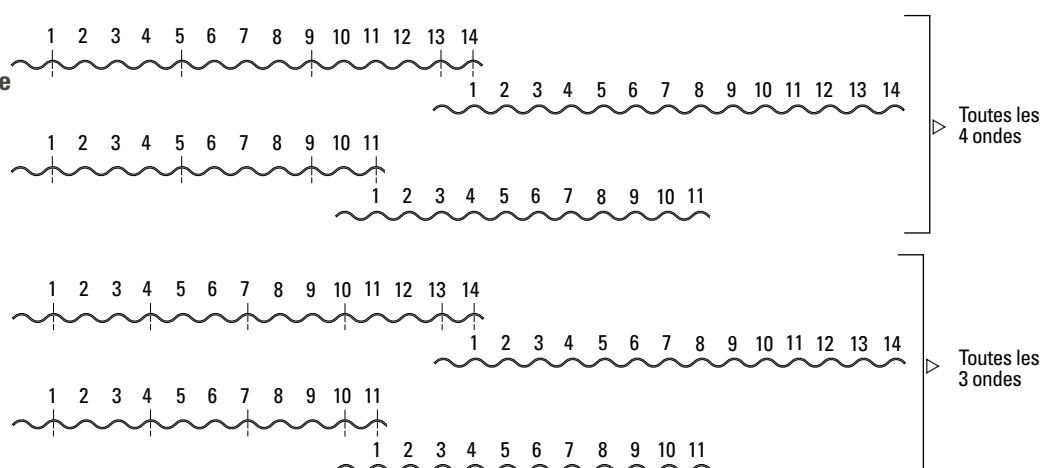


- ① Rive
- ② Égout
- ③ Faîtage
- ④ Arêtiers
- ⑤ Noue

Densité mini de fixation en zone cyclonique :

- Partie courante - 1 onde sur 4
- Points singuliers - 1 onde sur 3
- Faîtage - sur les 2 dernières pannes
- Égout - sur les 2 premières pannes
- Rive, arêtier, noue - sur une largeur de plaque

Figure 39 – Positionnement et densité des fixations aux recouvrements hors zone cyclonique



6.1.3.6 VÉRIFICATION SYSTÉMATIQUE DE LA DENSITÉ DE FIXATION EN SOMMET D'ONDE

La vérification de la densité de fixation en sommet d'onde est à réaliser pour tout chantier (toutes zones, cycloniques ou non cycloniques), selon l'annexe C des présentes Recommandations.

Cette vérification est à réaliser par l'entreprise en fonction :

- des dépressions normales de vent en rives avec vent perpendiculaire aux génératrices ;
- du mode de fixation ;
- du type de fixation et de sa résistance caractéristique selon la norme NF P 30-310 en fonction du support ;
- du nombre de fixations ;
- des épaisseurs de plaques ;
- de la portée d'utilisation des plaques.

Les résistances caractéristiques des fixations selon la norme NF P 30-310 figurent sur les Fiches Techniques des fixations éditées par les fabricants.

Les résistances caractéristiques minimales des fixations admissibles en sommet d'onde sont indiquées au tableau 3.

6.1.4 Couturage des plaques ondulées

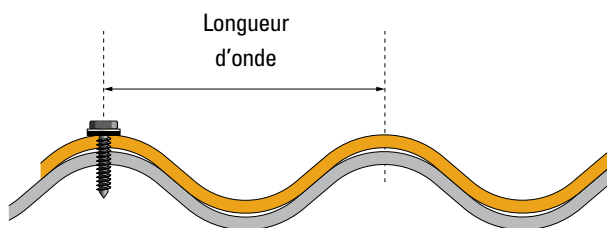
La répartition et la densité minimale des fixations de couture (cf. § 4.3.3) des plaques ondulées à leurs recouvrements longitudinaux sont définies au tableau 17.

Tableau 17 – Espacement maximal entre fixations de couture en sommet d'onde aux recouvrements longitudinaux

PORTÉES DES PLAQUES (L)	ESPACEMENT MAXIMAL ENTRE FIXATIONS DE COUTURE
Ouvrages situés en zones cycloniques	
L ≤ 0,80 m	Facultatif
L > 0,80 m	L / 2, sans être supérieur à 0,50 m
Ouvrages situés hors zones cycloniques (Guyane)	
L ≤ 1,50 m	Facultatif
L > 1,50 m	L / 2, sans être supérieur à 1 m
<i>La fixation sur pannes des ondes de recouvrement longitudinal des plaques est également considérée pour la répartition et la densité des vis de coutures.</i>	

La fixation de couture est réalisée en sommet des ondes de rives des plaques (figure 40).

Figure 40 – Positionnement des vis de couture



6.1.5 Mise en œuvre des compléments d'étanchéité

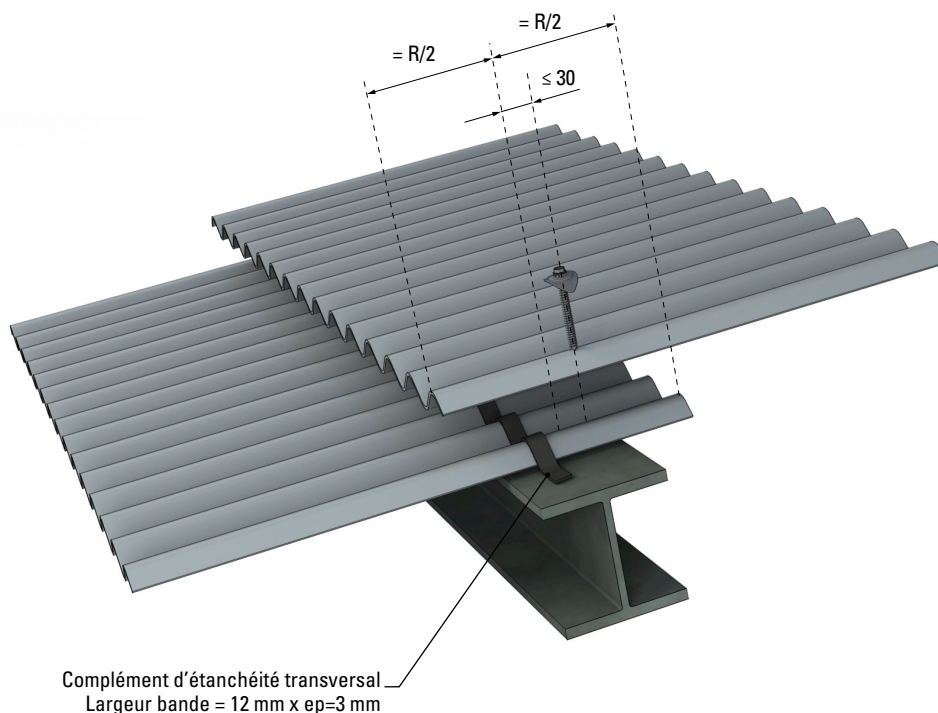
Les conditions de pose du complément d'étanchéité sont définies au § 5.4.2.

La pose du complément d'étanchéité dans les recouvrements transversaux s'effectue sur la plaque ondulée inférieure avant la pose de la plaque supérieure, en procédant comme suit :

- les surfaces des plaques doivent être propres et sèches ;
- le complément d'étanchéité au droit des éléments supports est mis en œuvre aussi près que possible de l'axe des fixations, côté bord libre de la plaque supérieure (figure 41).

La pose de complément d'étanchéité dans les recouvrements longitudinaux n'est pas nécessaire.

Figure 41 – Mise en œuvre du complément d'étanchéité transversal



6.2 Spécificités de la pose des plaques ondulées en rénovation

6.2.1 Remplacement d'une fixation

Une fixation est généralement remplacée par une fixation de diamètre supérieur à celle de la fixation à remplacer conformément au tableau 18. La nouvelle fixation doit être conforme aux prescriptions du § 4.3.5 et respecter la condition de distance au bord de la fixation définie au § 5.4.4.

Tableau 18 — Détermination du diamètre des fixations de réparation

SUR ÉLÉMENT SUPPORT	FIXATION EXISTANTE	FIXATION DE RÉPARATION
Métallique	Ø 5,5 mm	Ø 6,3 mm minimum
	Ø 6,3 mm	Ø 7 mm minimum
Bois	Ø 6 mm ou Ø 6,3 mm	Ø 7 mm minimum (1)

(1) Si le support le permet, possibilité d'un Ø identique à celui de la fixation existante sous réserve d'un ancrage augmenté de 20 mm par rapport à la fixation remplacée.

Il convient de se référer à la fiche technique du fabricant de la fixation de réparation pour les conditions de mise en œuvre.

6.2.2 Etude des ouvrages supports de couverture existants avant rénovation

Il convient d'effectuer une étude préalable concernant la stabilité de l'ossature et des éléments porteurs du bâtiment, qui pour rappel, ne relève pas de la compétence du couvreur.

Les travaux de réfection peuvent entraîner la modification des charges permanentes de la couverture (augmentation ou diminution).

Il convient de vérifier que les supports de couverture sont conformes aux prescriptions des présentes Recommandations professionnelles. Dans le cas contraire, la mise en conformité sera nécessaire.

6.2.3 Remplacement d'une couverture métallique

Deux techniques sont possibles lors du remplacement d'une couverture :

- soit les ondes des nouvelles plaques de couvertures sont mises en œuvre à la même place que les ondes des plaques changées.

Dans ce cas, toutes les fixations existantes sont remplacées par des fixations de « réparation » conformes aux prescriptions du § 6.2.1.

- soit les nouvelles plaques sont mises en œuvre avec un décalage de l'axe de leurs ondes par rapport à l'axe des ondes des plaques changées.

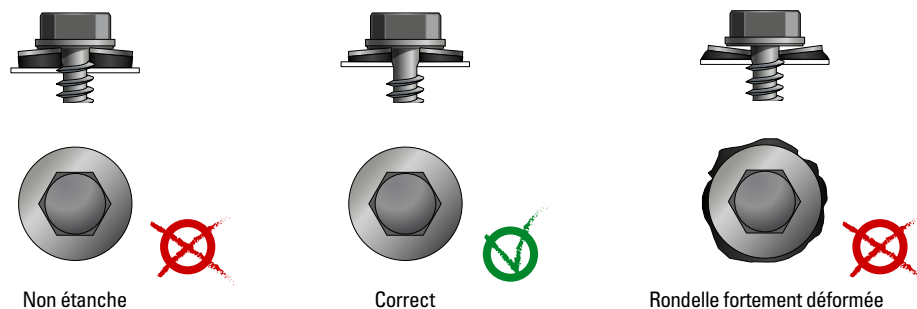
Dans ce cas, la nouvelle couverture est mise en œuvre normalement avec les fixations décrites au § 4.3.2, sans utiliser les trous des fixations qui ont été démontées.

6.3 Serrage des fixations

Le serrage des fixations doit être réalisé à l'aide d'une visseuse équipée d'un dispositif de réglage permettant un contrôle du serrage, par butée de profondeur et/ou limiteur de couple.

En complément, dans le cas de vis montées avec des rondelles vulcanisées monobloc (vis de couture, vis de fixation des accessoires de couverture), le serrage doit être réalisé conformément à la prescription de la figure 42.

Figure 42 – Serrage des fixations des accessoires





7.1 Prescriptions communes

7.1.1 Coupes et pliages sur chantier

Les opérations de coupe et pliage des plaques ondulées et accessoires sont déconseillées sur chantier. Un calepinage préalable permet de les éviter en grande partie.

Les coupes doivent être réalisées à la grignoteuse ou à la cisaille à tôle à dents fines.

Lors des opérations de coupe (en atelier ou sur chantier), le revêtement de protection des plaques et accessoires doit être protégé de toute détérioration. Les tranches des coupes doivent être traitées à l'aide du vernis de finition (cf. § 4.5.5) prescrit par le fabricant des plaques ondulées.

Après toute détérioration éventuelle, il est nécessaire de reconstituer la zone de revêtement détruite à l'aide de vernis de finition prescrit par le fabricant des plaques ondulées.

7.1.2 Recouvrement des pièces accessoires sur les plaques

La valeur du recouvrement des pièces accessoires sur les plaques doit être au minimum égale à 120 mm dans le sens de la pente.

7.1.3 Fixation des accessoires métalliques

Les accessoires de couverture tels que les bandes de rive et les faitières sont fixés à l'aide de fixations de sommet d'onde (tirefonds ou vis) et accessoires de fixations définies au § 4.3.4. Ils sont fixés sur les éléments supports en même temps que les plaques ondulées.

La fixation des accessoires par des vis de couture est interdite.

La fixation par clouage provisoire est interdite.

7.1.4 Etanchéité complémentaire

Le traitement des points singuliers présenté dans les § 7.2 à 7.11 prévoit, dans certains cas la mise en œuvre d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 4.5.6). Suivant les pratiques locales, deux techniques peuvent être appliquées selon les principes suivants.

Feuille aluminium souple associée à un produit butyl autocollant

Mise en œuvre par collage à froid sur les plaques de couverture propres, sèches et dégraissées, dans le respect des prescriptions de recouvrement spécifiques à chaque point singulier.

Le recouvrement entre bandes successives est de 100 mm minimum.

Une finition par marouflage est nécessaire.

« Entoilage », constitué de résine armée (SEL)

Mise en œuvre d'une première couche de résine sur les plaques de couverture propres, sèches et dégraissées, dans le respect des prescriptions de recouvrement spécifiques à chaque point singulier.

Mise en place du géotextile d'armature dans la résine fraîche (recouvrement entre pièces de géotextile de 100 mm minimum).

Imprégnation de la totalité de la surface de géotextile par une ou plusieurs couches de résine. Le nombre de couches et les quantités de résine par couche sont fonction des SEL (cf. texte de référence du SEL mis en œuvre).

7.2 Egouts

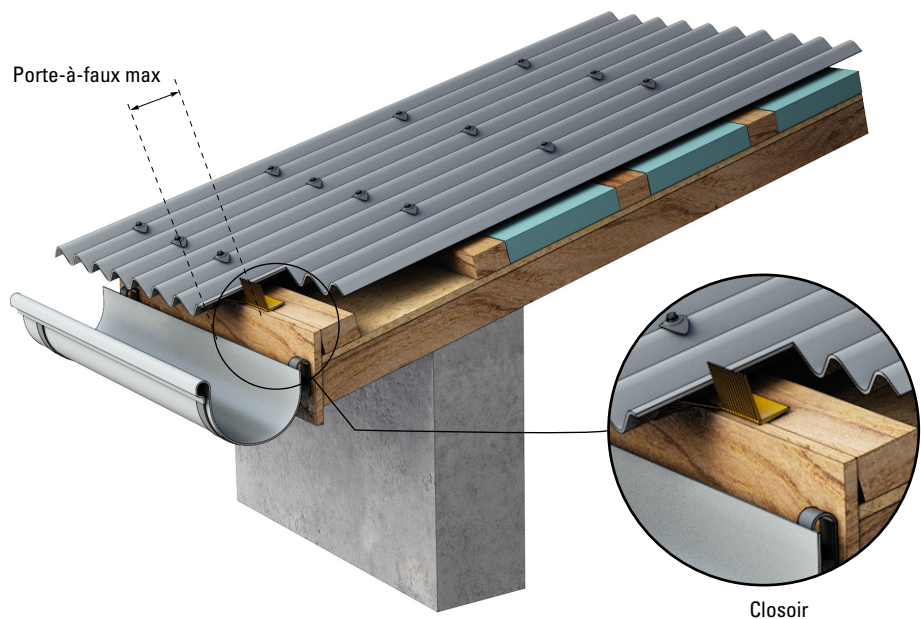
A l'égout, le débord de la plaque par rapport à l'aval de la panne sablière doit respecter le porte-à-faux maximum autorisé au § 6.1.1 en fonction de la situation géographique.

La partie en saillie de la plaque sur le dispositif de collecte des eaux pluviales est de 5 cm au moins.

Les dispositions relatives à la gestion des eaux pluviales sont définies au § 9. La mise en œuvre des gouttières ou chéneaux extérieurs est réalisée selon les prescriptions du DTU 40.5.

La fixation des chéneaux et gouttières directement sur l'extrémité des plaques ondulées est à proscrire.

Figure 43 – Gouttière pendante demi-ronde



! Tout chéneau encaissé en bas de versant dans l'emprise d'un ouvrage fermé induit un risque aggravé de fuites dans l'ouvrage en cas de mise en charge. Ce type d'ouvrage, impose des dispositions spécifiques compensatoires pour que tout dysfonctionnement des évacuations normales soit identifiable sans délai, telles que des trop-pleins de sécurité visibles (cf. NF DTU 60.11 P3) et/ou une conception du chéneau permettant le déversement vers l'extérieur du bâtiment d'une éventuelle accumulation d'eau.

7.3 Faîtages

Au faîtage, les plaques ondulées sont mises en œuvre avec un jeu compris entre 30 et 60 mm afin d'éviter tout contact.

Les faitières sont composées d'une tôle pliée suivant l'angle de toiture, avec des bords plans. Elles sont fixées :

- directement aux éléments supports de couvertures par vis ou tirefonds avec rondelles d'étanchéité (cf. § 4.3.4) ;
- en même temps que les plaques ondulées, à la densité définie au § 6.1.3 selon la zone.

Le recouvrement des faitières sur les plaques doit être de 120 mm au moins.

Le recouvrement entre faitières doit être de 150 mm au moins et exécuté dans le sens opposé à celui des vents de pluies dominants.

Les faitières avec ventilation sont interdites.

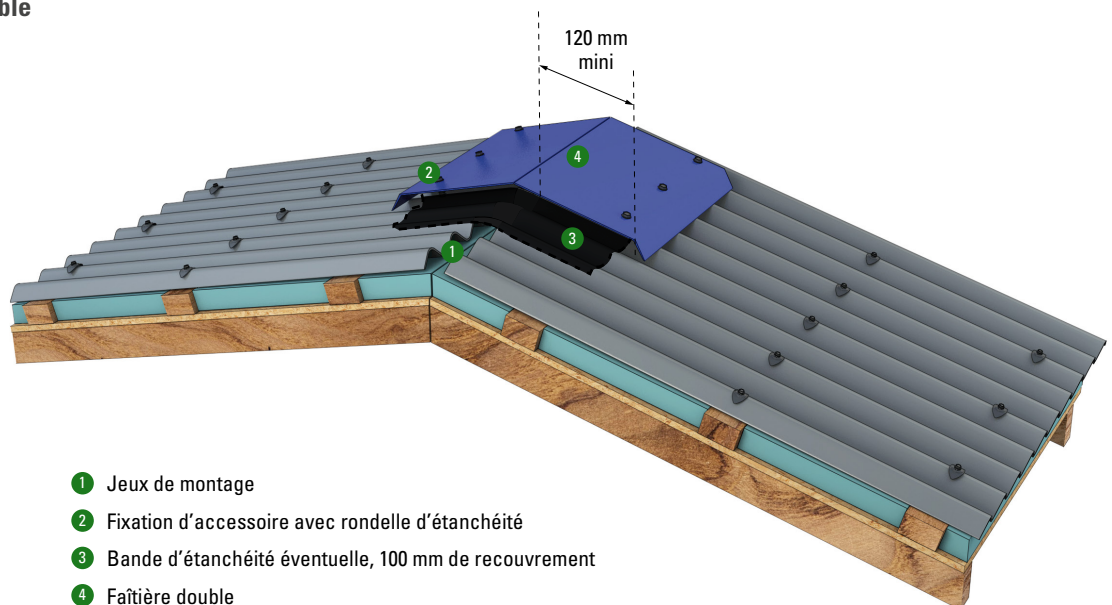
7.3.1 Faîtage double non ventilé

Le développé de la faitière double doit être en adéquation avec le recouvrement sur les plaques de couverture (120 mm minimum) et le jeu de montage.

Le développé de la faitière couramment utilisé est de 500 mm.

Le traitement du faîtage double nécessite la mise en œuvre d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 7.1.4), en recouvrement de 100 mm au moins sur chaque versant (largeur de bande de 300 mm minimum).

Figure 44 – Faîtage double non ventilé



- ① Jeux de montage
- ② Fixation d'accessoire avec rondelle d'étanchéité
- ③ Bande d'étanchéité éventuelle, 100 mm de recouvrement
- ④ Faîtère double

7.3.2 Faîtage simple

Le développé de la faîtière simple (monopente) doit être en adéquation avec le recouvrement sur les plaques de couverture (120 mm minimum).

Les faîtières simples (monopente) sont mise en œuvre avec un recouvrement de 100 mm au moins sur la planche de rive, le bardage ou la façade.

Le développé de la faîtière couramment utilisé est de 370 mm.

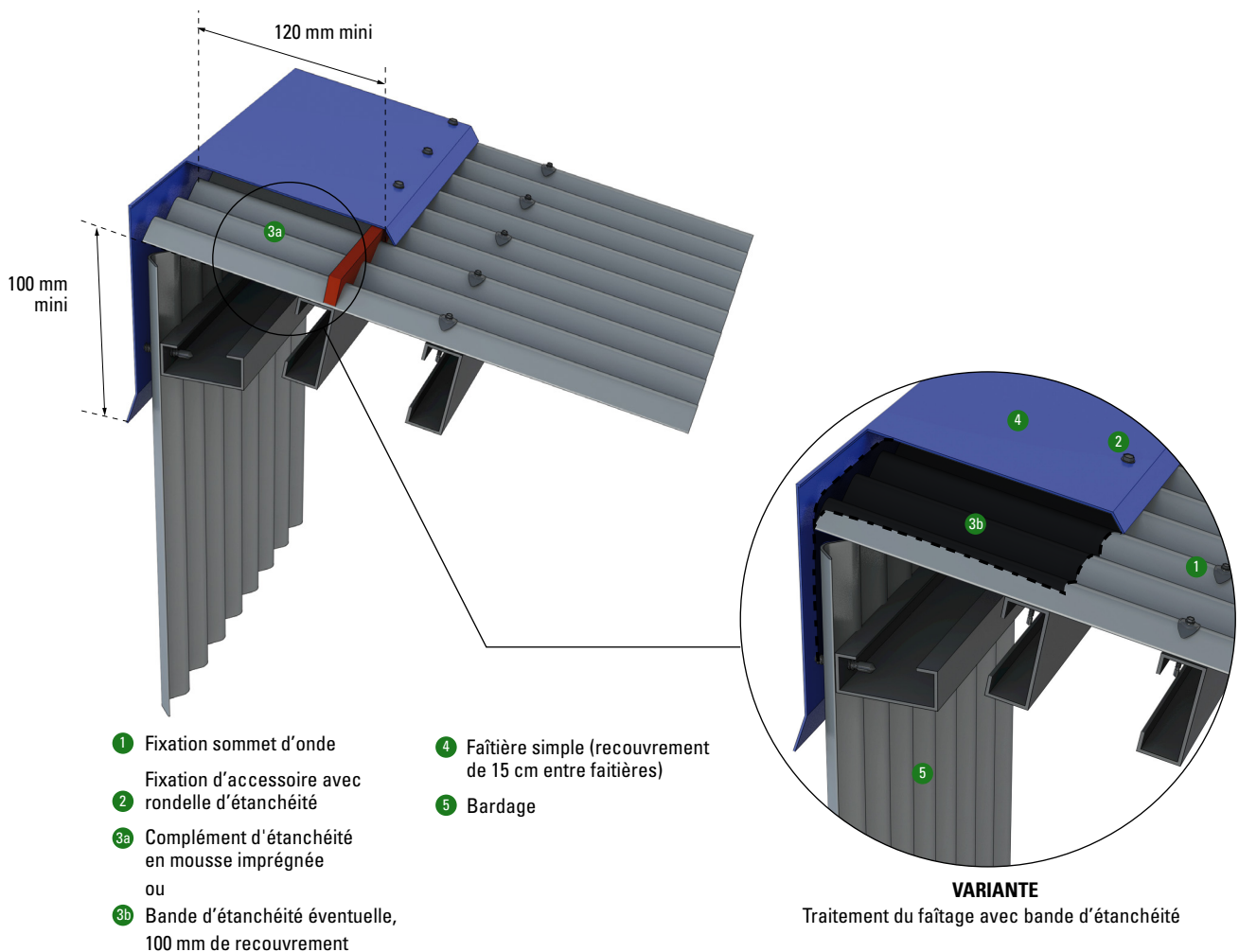
Le traitement du faîtage simple nécessite la mise en œuvre :

- d'un complément d'étanchéité en mousse imprégnée (cf. 4.5.3), entre la plaque de couverture et la faîtière simple ;

ou

- en cas d'un bardage métallique, d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 7.1.4), en recouvrement de 100 mm au moins sur le versant et sur le bardage.

Figure 45 – Faîtage simple (monopente)



7.3.3 Faîtage contre mur

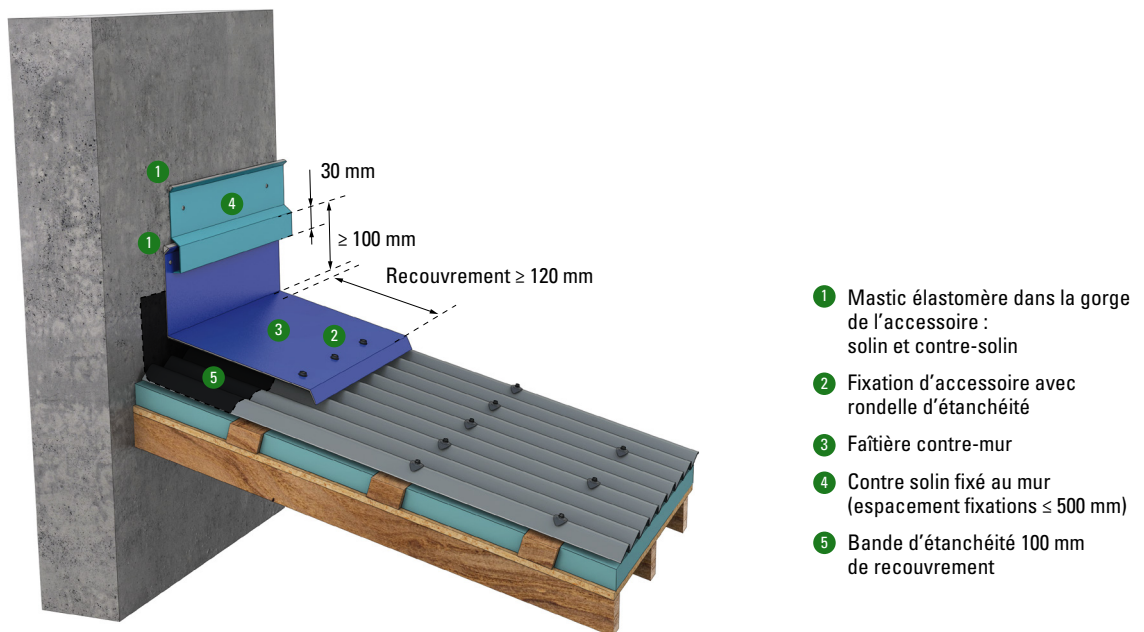
La hauteur minimale du relevé des faîtières contre mur doit être de 100 mm. La bande en contre-solin doit recouvrir le relevé de la faîtière contre-mur de 30 mm minimum. Elle doit permettre de recouvrir intégralement sa fixation en tête.

La faîtière contre mur est fixée au mur au moyen d'une fixation adaptée, en tête du relevé :

- au moins deux fixations par accessoire ;
- avec un espacement maximal entre fixations de :
 - 0,50 m en zone cyclonique ;
 - 1 m hors zone cyclonique.

Le traitement du faîtage contre-mur nécessite la mise en œuvre d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 7.1.4), en recouvrement de 100 mm au moins sur la plaque de couverture et en relevé sur le mur.

Figure 46 – Faîtage contre mur



7.4 Rives

7.4.1 Rive simple

Tout débord de plaque non supporté est interdit.

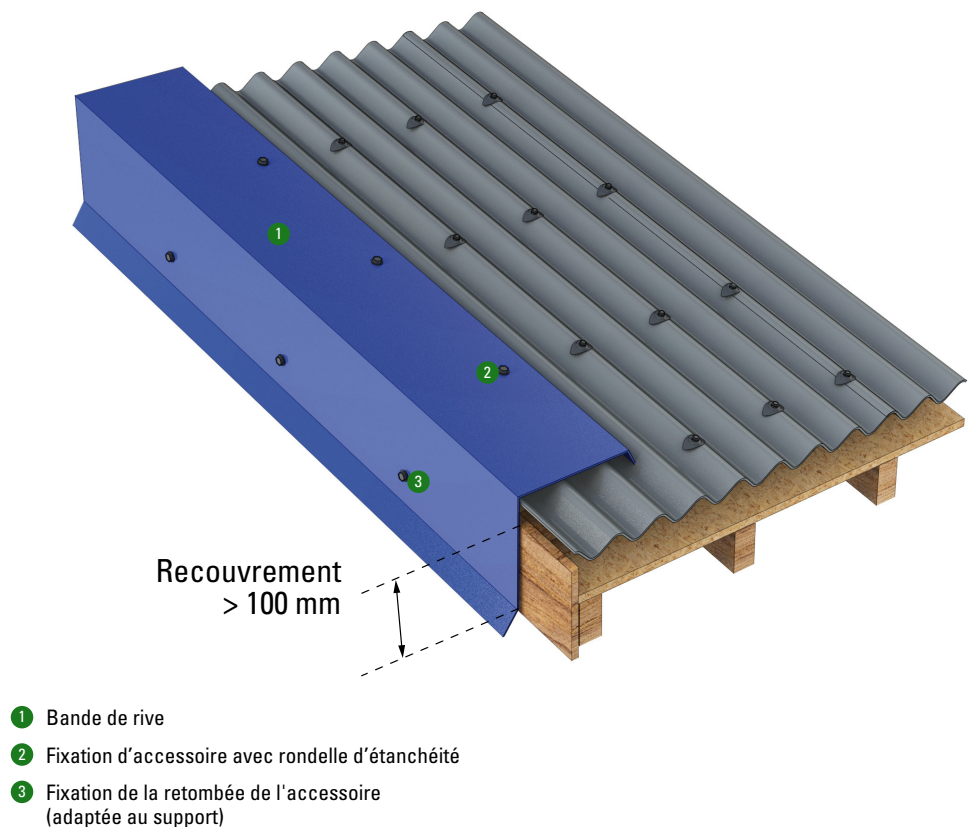
Les rives sont habillées de bandes de rive qui recouvrent les deux ondes extrêmes de la dernière plaque ondulée de partie courante.

Les bandes de rive sont fixées en même temps que les plaques ondulées directement aux éléments supports de couvertures, par vis ou tirefonds avec rondelles d'étanchéité (cf. 4.3.4).

La retombée de la bande de rive est mise en œuvre en recouvrement de 100 mm sur l'élément de façade (planche de rive, bardage). Elle est fixée sur un élément support par des fixations adaptées au support, avec rondelles d'étanchéité (cf. 4.3.4) :

- au moins deux fixations par accessoire ;
- avec un espacement maximal entre fixations de :
 - 0,50 m en zone cyclonique ;
 - 1 m hors zone cyclonique.

Figure 47 – Rive simple



7.4.2 Rive contre-mur

Les rives contre mur sont habillées de bandes de rive qui recouvrent à minima les deux ondes extrêmes la dernière plaque de partie courante et possèdent un relevé de 100 mm au moins contre le mur.

Une bande en contre-solin doit recouvrir la tête du relevé de la bande de rive contre-mur de 30 mm minimum. Elle doit permettre de recouvrir intégralement sa fixation en tête.

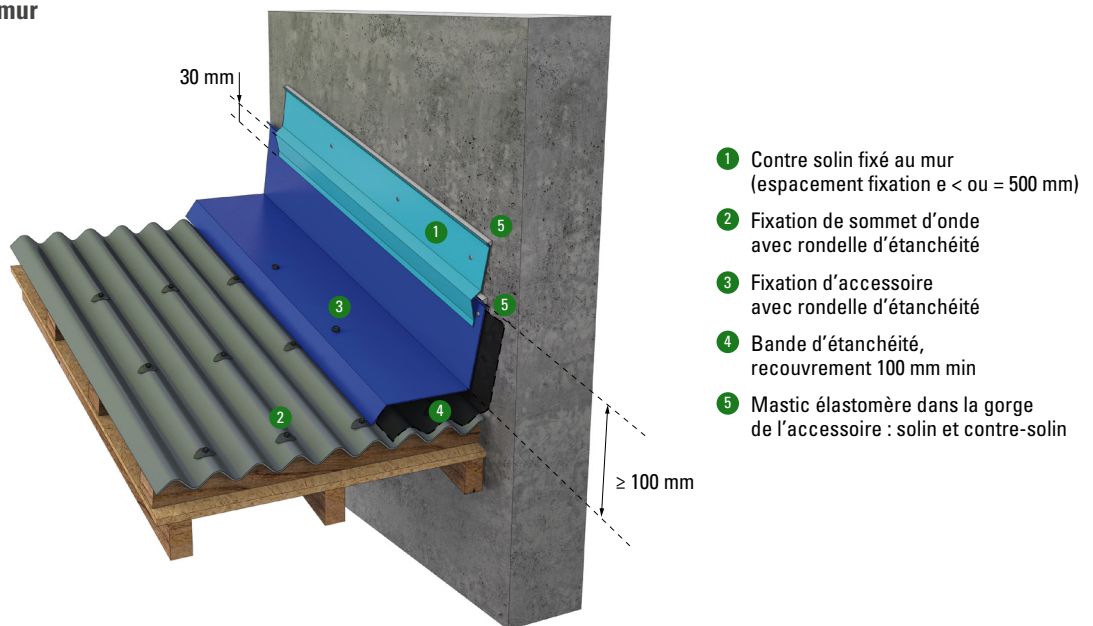
Les bandes de rive sont fixées en même temps que les plaques ondulées directement aux éléments supports de couvertures par vis ou tirefonds avec rondelles d'étanchéité (cf. § 4.3.4).

La bande de rive contre-mur est fixée au mur au moyen d'une fixation adaptée, en tête du relevé :

- au moins deux fixations par accessoire ;
- avec un espacement maximal entre fixations de :
 - 0,50 m en zone cyclonique ;
 - 1 m hors zone cyclonique.

Le traitement de la rive contre-mur nécessite la mise en œuvre d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 7.1.4), en recouvrement de 100 mm au moins sur la plaque de couverture et en relevé sur le mur.

Figure 48 – Rive contre mur



7.5 Arêtier

Les arêtiers sont étudiés et réalisés selon les mêmes principes que les faîtages doubles au §.7.3.1.

Le traitement de l'arêtier nécessite la mise en œuvre :

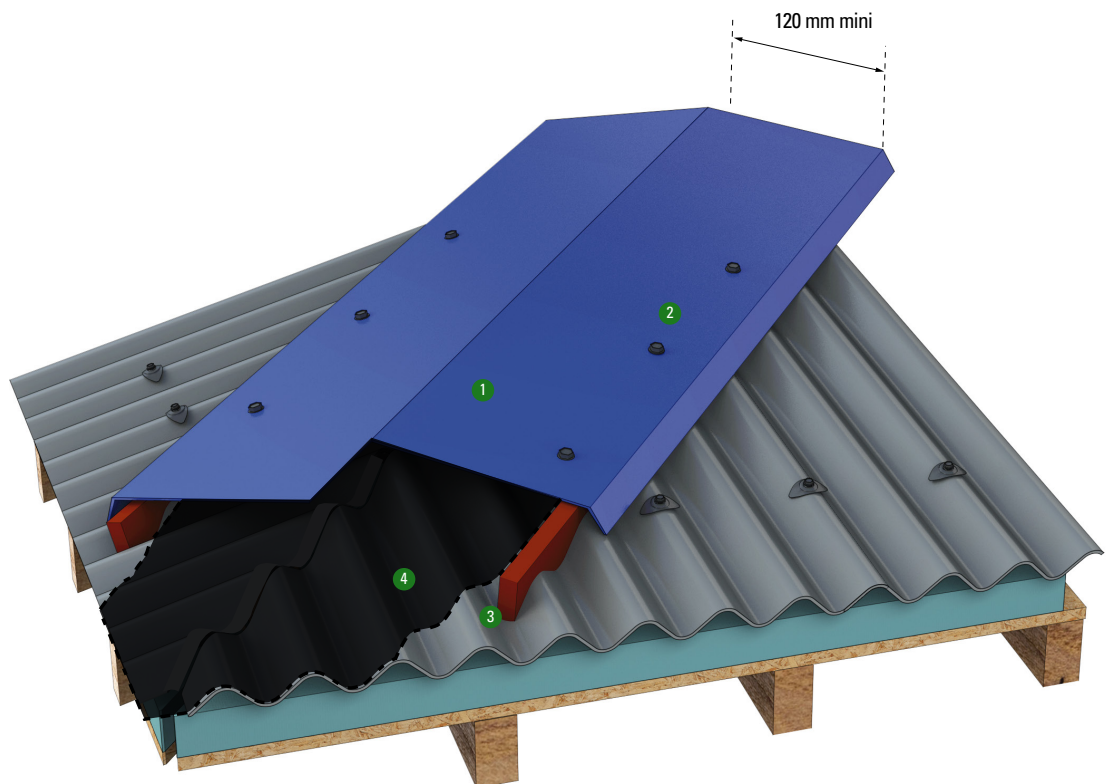
- d'un complément d'étanchéité en mousse imprégnée (cf. 4.5.3), entre la plaque de couverture et l'arêtier ;

et

- d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 7.1.4), en recouvrement de 100 mm au moins sur chaque versant (largeur de bande de 300 mm minimum).

Chaque ouvrage est un cas particulier traité avec des pièces spéciales, nécessitant coupes et pliages sur chantier exécutés selon § 7.1.1.

Figure 49 – Arêtier



- | | |
|---|--|
| ① Arêtier | ④ Bande d'étanchéité, 100 mm de recouvrement |
| ② Fixation d'accessoire | |
| ③ Complément d'étanchéité en mousse imprégnée | |

7.6 Noues

Les noues sont réalisées dans le sens de la plus grande pente et impérativement conçues en noue encaissée. Cela implique que la charpente soit conçue pour respecter cette configuration de noue et la supporter totalement.

La section des noues doit satisfaire aux prescriptions du NF DTU 60.11 P3, avec les dimensions minimales suivantes :

- une profondeur de 60 mm ;
- une largeur de 200 mm.

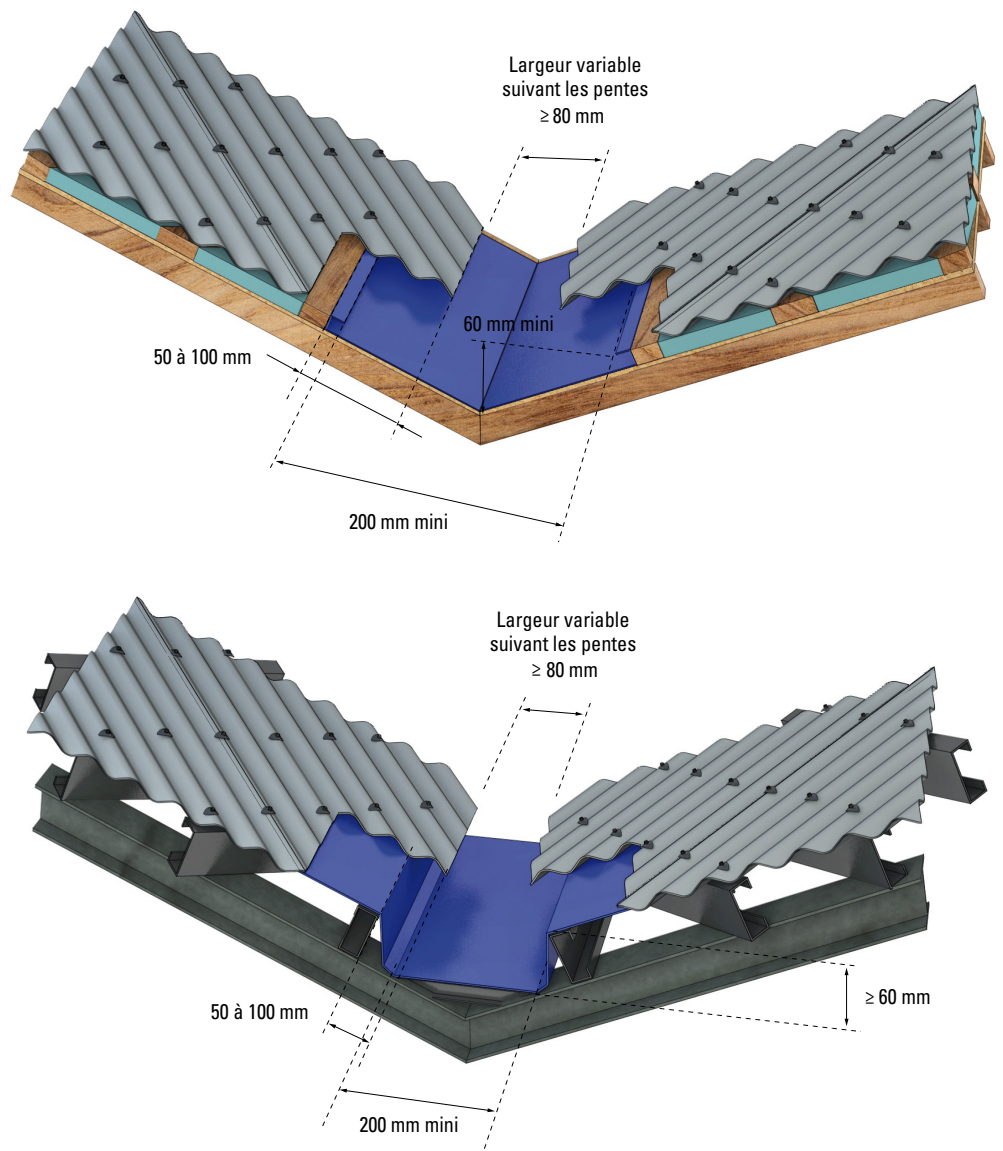
Les plaques ondulées en raccord de noue sont découpées et façonnées de façon à obtenir un débord de 50 à 100 mm sur la noue.

L'ouverture entre les bords des plaques sur la noue est au minimum de 80 mm.

Sur parement décoratif bois, l'accessoire de noue doit présenter un pliage latéral d'une hauteur égale à celle des éléments supports des plaques, avec un retour vers l'intérieur de la noue.

Sur pannes (bois ou métallique), l'accessoire de noue doit présenter un pliage latéral vers l'extérieur de la noue venant recouvrir les pannes. La noue doit être supportée sur toute sa longueur.

Figure 50 – Noue encaissée
(coupe dans le sens de la pente)



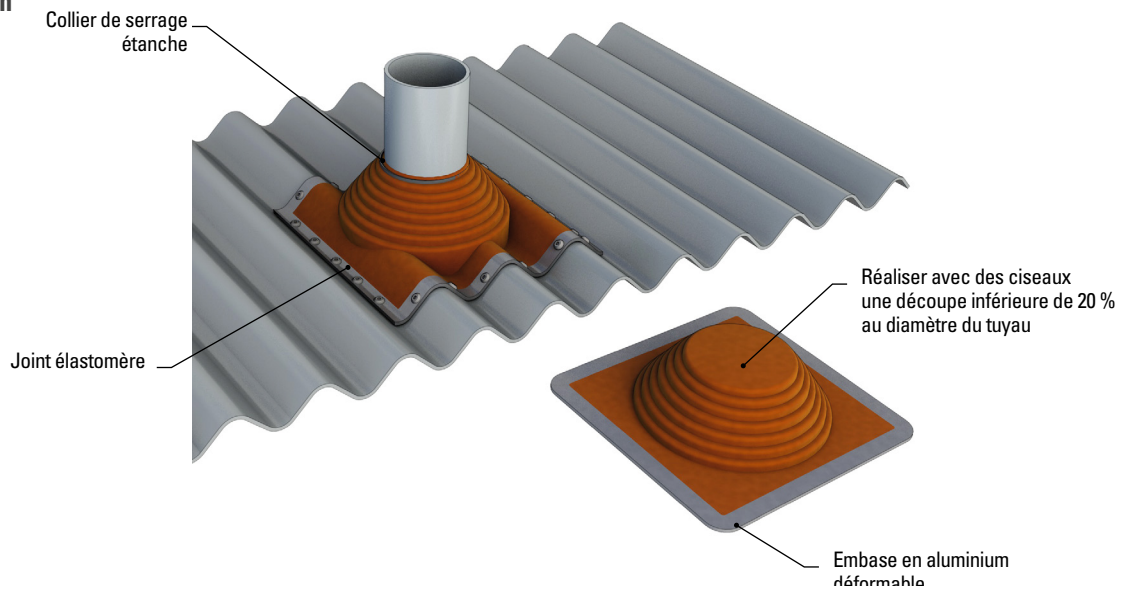
7.7 Pénétrations ponctuelles ou passages de canalisations

Les passages de tuyaux sont réalisés par des manchons d'étanchéité définis au § 4.5.4 pour des sorties de toiture.

Il est impératif, lors de la pose des manchons d'étanchéité, de respecter les prescriptions du fabricant et notamment :

- le manchon d'étanchéité ne doit pas se situer dans les zones de recouvrement longitudinal et transversal des plaques ondulées ;
- la fixation est obtenue par couturage par à l'aide de vis autoperceuses montées avec rondelle d'étanchéité. Les fixations sont conformes au tableau 5 du § 4.3.3.

Figure 51 – Pénétration avec manchon souple



NOTE

L'élément traversant la toiture (manchon, fourreau, etc.) ne doit pas permettre d'entrée d'eau par sa cavité.

7.8 Raccordement avec les ouvrages annexes ouverts

7.8.1 En zones cycloniques

En zones cycloniques, la couverture des ouvrages annexes ouverts (tels que préaux, auvents, coursives, loggias, varangues...), ainsi que les éléments supports et la structure porteuse, sont désolidarisés de la couverture de la construction principale fermée.

Ce principe a pour objet de limiter les risques d'envol des couvertures des constructions principales.

Le raccordement des ouvrages annexes est traité avec un ressaut sur le principe d'un faîtage contre mur avec les adaptations suivantes (figure 52) :

- la hauteur minimale du relevé de l'accessoire contre mur doit être de 50 mm minimum ;
- les plaques ondulées de l'ouvrage annexe sont mises en œuvre avec un jeu réduit, de 20 mm environ par rapport au nu de la façade de l'ouvrage principal (fermé) ;
- le recouvrement de l'accessoire sur les plaques de l'ouvrage annexe doit être de 100 mm au moins.

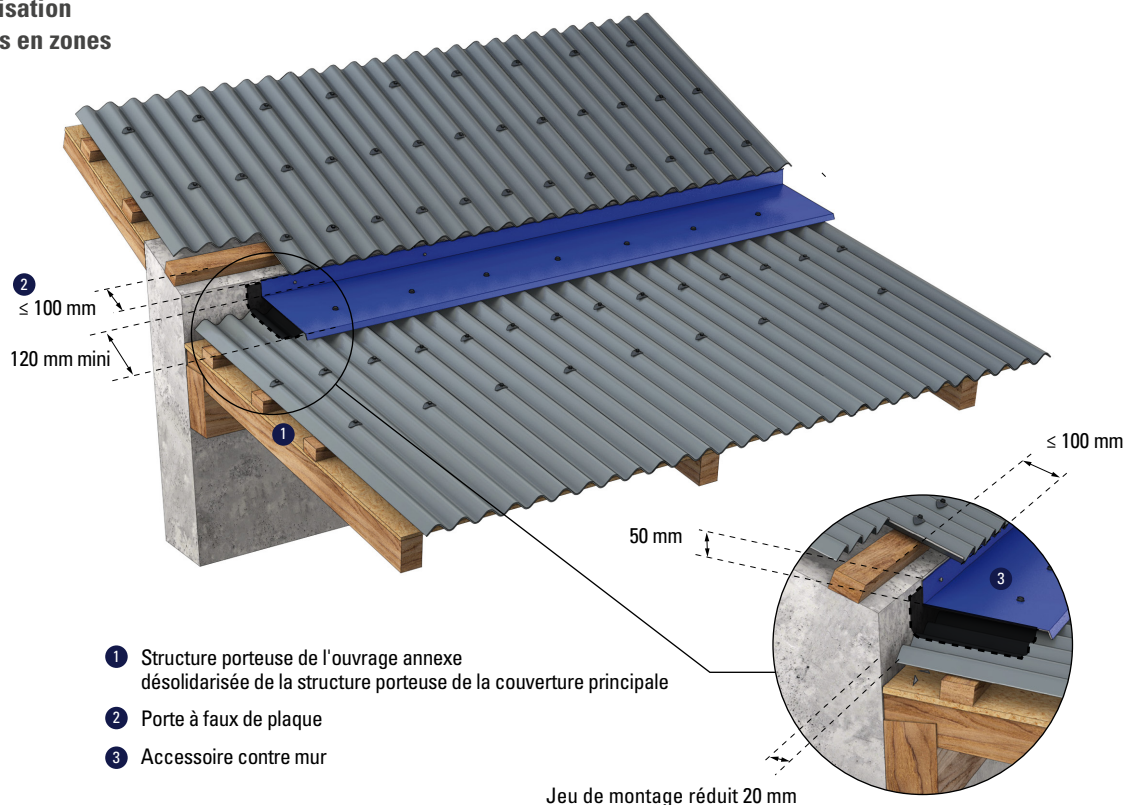
Le traitement du ressaut nécessite la mise en œuvre d'une bande d'étanchéité complémentaire (cf. § 7.1.4), en recouvrement de 100 mm minimum sur la plaque de couverture et de 50 mm sur minimum en relevé sur le mur.

L'accessoire contre mur est fixé au mur au moyen d'une fixation adaptée, en tête du relevé :

- au moins deux fixations par accessoire ;
- avec un espacement maximal entre fixation de 0,50 m.

Ces dispositions permettent le traitement de la désolidarisation des ouvrages annexes (ouverts), quelle que soit leur pente.

Figure 52 – Désolidarisation des ouvrages annexes en zones cycloniques

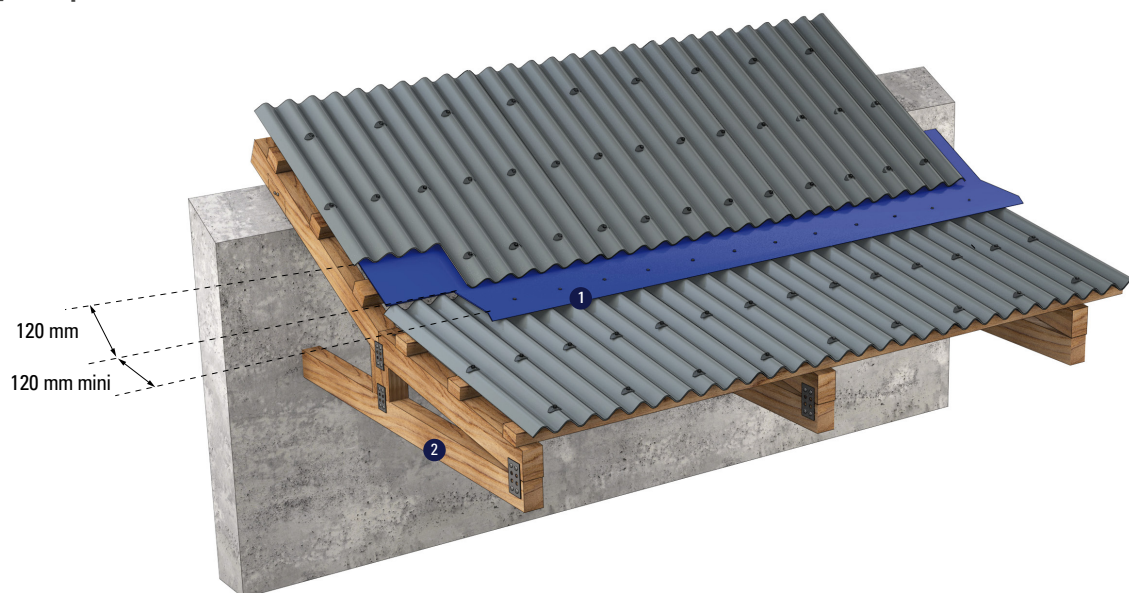


7.8.2 Hors zones cycloniques

Hors zones cycloniques, la structure porteuse des ouvrages annexes peut ne pas être désolidarisée de celle de la construction principale fermée.

En cas de changement de pente hors de l'emprise de la construction principale fermée, le raccordement peut être traité avec un accessoire plan (figure 53).

Figure 53 – Désolidarisation des ouvrages annexes hors zones cycloniques



- ① Accessoire de changement de pente
- ② Ossatures et éléments porteurs

7.9 Changement de pente sur les bâtiments ouverts

Sur les bâtiments totalement ouverts, dans le respect des pentes minimales du tableau 10 (cf. § 5.4.1), un changement de pente dans le sens du versant peut être créé selon le principe de la figure 53, quelle que soit la zone géographique.

7.10 Chéneau encaissé hors de l'emprise d'un bâtiment fermé

Les chéneaux encaissés sont uniquement envisageables dans le cas d'un ouvrage annexe ouvert adossé à un ouvrage fermé.

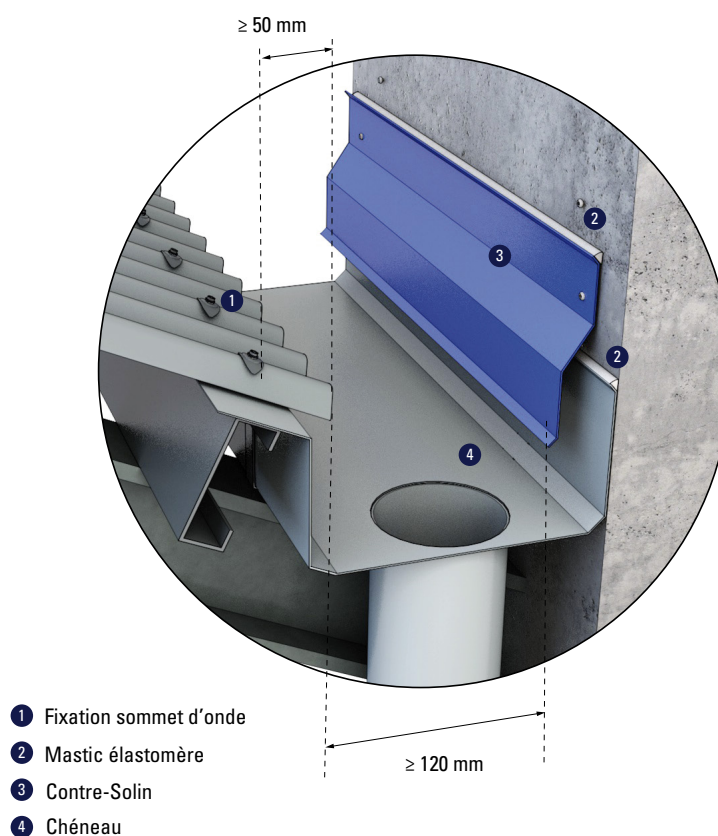
Le débord latéral des plaques dans les chéneaux est de 50 mm au moins.

L'ouverture minimale au-dessus des chéneaux est de 120 mm minimum.

Le traitement du chéneau contre le mur est réalisé à l'aide d'un porte solin.

Les dispositions relatives à la gestion des eaux pluviales sont définies au § 9. La mise en œuvre des chéneaux est réalisée selon les prescriptions du DTU 40.5.

Figure 54 – Chéneau encaissé hors de l'emprise d'un bâtiment fermé



7.11 Joint de structure

Dans le cas d'un bâtiment comportant un joint de structure (sismique, dilatation, tassement), le franchissement de celui-ci ne peut pas être effectué par les plaques ondulées. Celles-ci doivent être interrompues et raccordées latéralement par une bande d'étanchéité (cf. § 4.5.6) mise en œuvre de façon à ne pas entraver la dilatation.

Dans tous les cas, les éléments supports de couverture sont arrêtés au droit des joints de la structure porteuse.

La tôle d'habillage est fixée sur une entretoise filante au moyen d'une fixation adaptée au support et munie d'une rondelle d'étanchéité, avec un espacement maximal entre fixations de 0,50 m.

La hauteur de l'entretoise doit permettre la mise en place de la tôle d'habillage au-dessus des fixations de sommet d'ondes des plaques de couvertures.

Figure 55 – Exemple de traitement d'un joint structure



- ① Tôle pliée
- ② Bande d'étanchéité complémentaire
- ③ Entretoise filante



8.1 Isolation posée à l'horizontale sur dalle béton

Le procédé d'isolation thermique est posé ou déroulé directement sur la dalle béton formant plafond des locaux sous-jacents.

Les éléments sont posés bord à bord jointifs. Aucune fixation n'est nécessaire. Dans le cas de la couverture froide ventilée (§ 5.10.3), un pare-vapeur indépendant, non intégré à l'isolant thermique (cf. § 4.5.9) est disposé entre l'isolation thermique et la dalle béton.

L'efficacité de la fonction pare-vapeur dépend de sa mise en œuvre (continuité et jonction entre lès pour assurer une perméance globale de la paroi).

8.2 Isolation posée à l'horizontale sur plafond suspendu

8.2.1 Isolation sur un complexe de doublage

La mise en œuvre des procédés d'isolation posés à l'horizontale sur un complexe de doublage vissé sur une charpente bois, qui consiste à disposer les isolants sur des éléments d'habillages en plaque de plâtre fixés sur une ossature, relève :

- du NF DTU DTU 25.42 ;
- du Cahier n° 3560_V2 du CSTB ;
- du Cahier 3647 du CSTB ;

ou tout autre référentiel qui viendrait les remplacer.

8.2.2 Isolation autoportante

La mise en œuvre des procédés d'isolation autoportants, qui consiste à disposer des panneaux isolants autoportants sur une ossature apparente, relève du NF DTU 58.1.

Les dispositions suivantes sont appliquées :

- l'ossature est constituée de profilés en T généralement en tôle d'acier galvanisée. La semelle de ces profils comporte une largeur minimale de 35 mm. La flèche maximale admissible est indiquée au § 6.6.3 du NF DTU 58.1 ;
- les ossatures doivent résister, sans se déformer, aux variations de pression et permettre également la libre dilatation dans les limites de l'écart de température retenu sans laisser échapper les panneaux qu'elles supportent ;

- les panneaux autoportants ou les plaques de plafond sont posés sur ces profilés à l'aide de fixations de type clips ou plaquettes. Ces fixations sont dimensionnées de manière à exercer une pression suffisante des panneaux sur les profilés pour réaliser une jonction soignée et résister aux effets de soulèvement dus au vent ;
- ces fixations sont espacées au maximum de 1 m, y compris une fixation positionnée près de chaque angle.

8.3 Isolation parallèle au rampant

La mise en œuvre des procédés d'isolation posés parallèle au rampant sur un complexe de doublage vissé sur une charpente bois relève :

- du NF DTU 25.42 ;
- du Cahier n° 3560_V2 du CSTB ;
- du Cahier 3647 du CSTB ;

ou tout autre référentiel qui viendrait les remplacer.

8.4 Isolation sur panne (maîtrise du risque de condensation)

Les procédés d'isolation thermique par feutre souple de laine de verre parementé, tendu manuellement sur les pannes, relèvent de la procédure d'Avis Technique.

Les feutres, de faible épaisseur (60 mm maximum) présentent sur leur face inférieure un pare-vapeur intégré.

Les feutres souples sont déroulés sur les pannes. Leur pose nécessite une mise en tension longitudinale.

Un léger festonnage de l'isolant peut subsister sous la couverture, pouvant être réduit par l'utilisation de dispositifs supports du feutre. Ce dispositif support est impératif en zone cyclonique.

Chaque système impose une portée maximale entre pannes qui lui est propre.

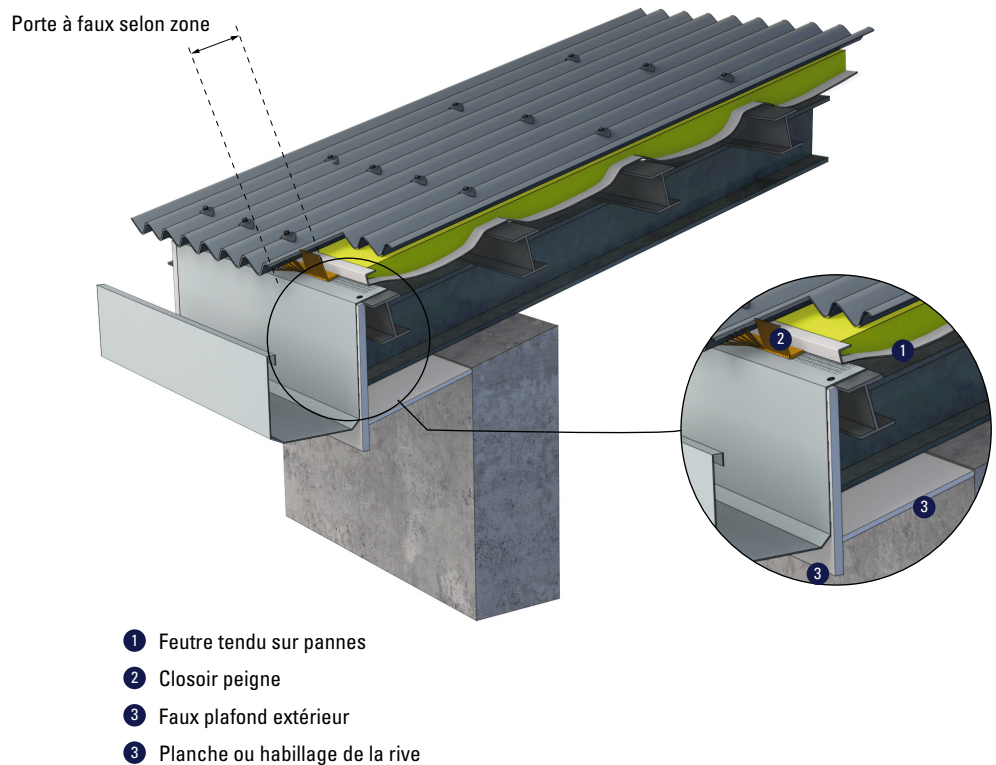
Le jointoiement entre lés de feutre est assuré par agrafage de languettes longitudinales renforcées.

La continuité de la barrière de vapeur doit être réalisée aux joints et aux raccords au niveau des lignes de toiture (en particulier rives et égouts) et des pénétrations éventuelles.

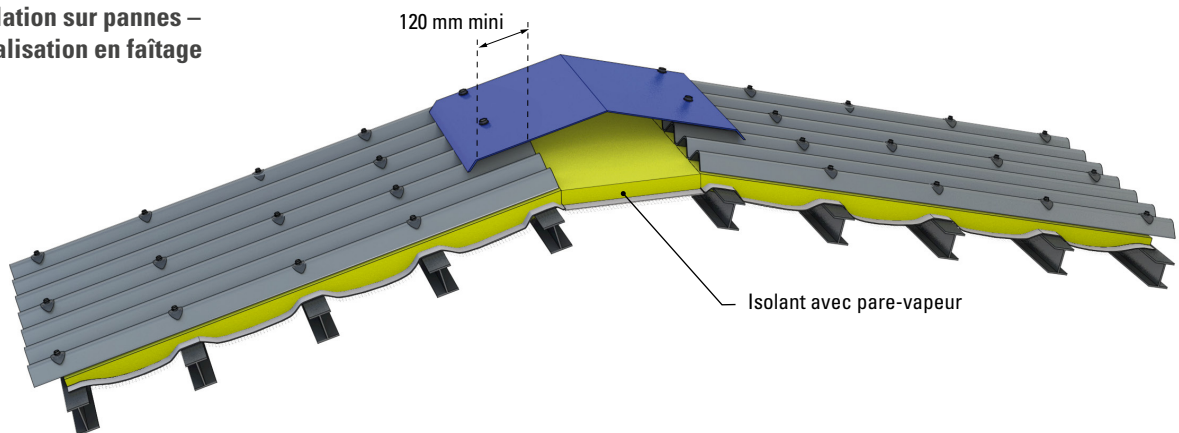
La fixation des plaques ondulées sur les pannes est réalisée après la pose du feutre isolant à travers celui-ci.

La mise en œuvre des isolants doit être effectuée par temps sec et sans vent.

**Figure 56 – Isolation sur pannes –
Exemple de réalisation en égout**



**Figure 57 – Isolation sur pannes –
Exemple de réalisation en faîtage**



8.5 Isolation entre liteaux

L'isolation thermique est mise en œuvre directement sur le parement décoratif formant plafond, entre les liteaux supports des plaques métalliques ondulées.

L'isolant est posé à bords jointifs.

L'isolant doit venir au contact des plages des plaques métalliques. Son épaisseur doit donc être égale à l'épaisseur des liteaux. En cas de laine minérale, l'épaisseur de l'isolant peut être supérieure de 10mm au plus à l'épaisseur des liteaux.

La pose d'un pare-vapeur n'est pas nécessaire.



9.1 Généralités

Les eaux pluviales s'écoulant sur les couvertures en plaques ondulées doivent être recueillies dans des gouttières ou des chéneaux métalliques supportés (cf. § 4.4) mis en œuvre selon les prescriptions du DTU 40.5.

Les chéneaux doivent comporter au minimum un trop-plein d'alerte visible, s'évacuant vers l'extérieur de l'ouvrage.

Les chéneaux et gouttières doivent présenter une pente minimum de 0,5 % (5 mm par m).

Les gouttières et chéneaux doivent être fixés sur un support rigide.

La fixation des chéneaux et gouttières directement sur l'extrémité des plaques ondulées est à proscrire.

L'écartement maximal des supports est de 50 cm.

Le matériau inox A4, l'aluminium ou le PVC doivent être employés pour les ouvrages situés :

- à moins de 300 m de la cote pour les ouvrages définis « sous » le vent ou en Guyane ;
- à moins de 1 km de la cote pour les ouvrages définis « au vent ».

9.2 Dimensionnement

Le dimensionnement des gouttières et chéneaux extérieurs est réalisé conformément aux prescriptions du NF DTU 60.11 P-3, en tenant compte d'une intensité pluviométrique minimale de 4,5 l/m²/min.

La section d'écoulement des orifices de trop-pleins, est au moins égale à celle de la descente concernée.

9.3 Cas précalculés

Pour les gouttières et chéneaux extérieurs de section semi-circulaire, le tableau 19 donne un exemple de calcul de section, avec une pente 5 mm/m et une intensité pluviométrique minimale de 4,5 l/m²/min, par application du NF DTU 60.11 P3.

Pour les gouttières et chéneaux carrés ou rectangulaires, les sections doivent être augmentées de 10 % par rapport aux valeurs indiquées au tableau 19.

Tableau 19 — Gouttières et chéneaux de section semi-circulaire, avec pente de 5 mm/m et une intensité pluviométrique minimale de 4,5 l/m²/min

SURFACE EN PLAN DES COUVERTURES DESSERVIES (m ²)	SECTION DE LA GOUTTIÈRE OU DU CHÉNEAU (cm ²)	SURFACE EN PLAN DES COUVERTURES DESSERVIES (m ²)	SECTION DE LA GOUTTIÈRE OU DU CHÉNEAU (cm ²)
10	35	115	165
20	50	120	170
30	60	135	185
35	70	170	215
40	80	195	245
50	90	235	275
55	95	270	305
60	100	300	330
70	115	335	355
75	120	400	405
80	130	470	450
85	135	530	495
95	145	600	540
100	150	670	585
110	160		



Les critères d'autocontrôle de l'entreprise de couverture, formalisés par écrit doivent notamment porter sur les éléments suivants :

- **Choix des matériaux :**
 - choix et calcul des plaques ondulées : cf. § 4.1, § 5.5 et annexe F ;
 - choix et calcul des fixations et accessoires de fixation : cf. § 4.3, § 5.6 et annexe F ;
 - lorsque nécessaire, attestation de validation nominative, par chantier (voir § 5.5.2), du revêtement des plaques ondulées à fournir par le fabricant des plaques ;
 - lorsque nécessaire, attestation de validation nominative (voir § 5.6), par chantier, des fixations et accessoires de fixation à fournir par le fabricant des fixations ;
 - choix des isolants cf. § 4.5.8.
- **Livraison des marchandises :**
 - intégrité des colis (chocs, déformations) ;
 - protection contre l'humidité et les intempéries.

Toute anomalie doit être consignée au procès-verbal de réception du transporteur.
- **Manutention :**
 - absence de déformation des plaques et accessoires ;
 - absence de chocs ou de griffures.
- **Organisation de chantier :**
 - stockage sur chantier : cf. § 5.3.3 ;
 - approvisionnement en toiture ;
 - dispositions de protection des couvertures en cas de circulation en toiture : cf. § 11.4.
- **Réception du support :**
 - pente : cf. § 5.4.1 ;
 - conditions aux appuis : cf. § 5.4.4.
- **Mise en œuvre :**
 - outillage adapté : cf. § 4.7 ;
 - préperçage des supports et des plaques : cf. § 6.1.3 ;
 - recouvrement longitudinal, transversal entre plaques et compléments d'étanchéité : cf. § 5.4.2 et § 6.1.6 ;
 - répartition des fixations de sommet d'onde : cf. § 6.1.3 ;
 - mise en œuvre des pontets : cf. § 6.1.3 ;
 - mise en œuvre des fixations de couturage : cf. § 6.1.4 ;
 - porte-à-faux des plaques : cf. § 6.1.1 ;

- débord de toiture : cf. § 5.2.2 ;
- points singuliers : cf. § 7.
- Fin de chantier :
 - nettoyage de la couverture ;
 - retouches peinture.



11.1 Généralités

La durabilité des ouvrages de couverture réalisés conformément aux présentes Recommandations est conditionnée à :

- un entretien régulier des couvertures, au minimum biannuel ;
- et un usage des locaux conforme à leur destination.

11.2 Entretien biannuel

L'entretien des couvertures est à la charge du maître d'ouvrage ou de ses ayant-droits après la réception de l'ouvrage. Il comporte des visites périodiques de surveillance des ouvrages, au moins deux fois par an, en les situant avant et après la saison des pluies et/ou saison cyclonique.

Le maître d'ouvrage (ou ses ayants-droits) consignera les visites d'entretien dans un carnet d'entretien.

11.3 Opérations à effectuer lors d'un entretien de couverture

L'entretien normal d'un ouvrage de couverture comporte notamment :

- le contrôle visuel et entretien (remplacement, resserrage) des éléments de fixations ;
- l'enlèvement périodique des feuilles, herbes, mousses et autres dépôts ou objets étrangers ;
- le maintien en bon état des évacuations d'eaux pluviales ;
- s'il y a lieu, le maintien en bon état des closoirs limitant la pénétration de nuisibles (rongeurs, chauve-souris, etc...) ;
- s'il y a lieu, le maintien en bon état des dispositifs de ventilation ou d'aération de la couverture ;
- le maintien en bon état des revêtements de protection :
 - en cas de dégradation accidentelle ;
 - en cas d'amorce de corrosion, notamment localisée en rive d'égout ou sur les recouvrements transversaux.
- le maintien en bon état des ouvrages qui contribuent à l'étanchéité de la couverture (solins, larmiers, bandeaux, ...) ;

- l'identification de matériaux et produits ayant subi des altérations dues au vieillissement ;
- pour les surfaces non soumises au lavage naturel assuré par les précipitations atmosphériques, un nettoyage régulier à l'aide de produits adaptés à pH neutre, suivi le cas échéant, d'un traitement systématique et immédiat des parties présentant des amorces de corrosion ;

les produits à base de solvant et produits chlorés sont proscrits ;

- la surveillance et la bonne tenue de la structure porteuse dont les désordres pourraient se répercuter sur la couverture.

Le remplacement d'un élément ancien par un élément neuf peut entraîner une différence de teinte (couleur et/ou brillance).

11.4 Protection de la couverture lors des circulations

L'usage normal implique une circulation réduite au strict nécessaire pour l'entretien normal des couvertures défini ci-dessus.

Lors des circulations, le recours à des dispositions particulières doit permettre de limiter le risque de :

- poinçonnement des parties planes ou déformations des ondes ;
- détérioration du revêtement de protection des plaques ondulées et accessoires de couverture.

Ces dispositions particulières peuvent être par exemple : des chemins de circulation, des plateformes, des planches, des échelles, etc...

Dans le cas où des équipements techniques (installations de conditionnement d'air ou panneaux solaires par exemple), nécessitant des visites fréquentes, sont installés sur la couverture, des dispositions permanentes de protection doivent être envisagées.

La circulation des engins de manutention (type brouettes) directement sur les ouvrages de couvertures métalliques déjà réalisés n'est admise que si un chemin de circulation est aménagé.

En cas de présence sur les couvertures de plaques translucides en cours de versant (non visées par les présentes Recommandations), la circulation directe sur ces plaques translucides est à proscrire.

11.5 Evolution du contexte de l'ouvrage

Lorsque l'ouvrage subit au fil du temps une évolution de son contexte entraînant une modification de l'atmosphère ambiante vers des conditions plus agressives (pollutions nouvelles, par exemple), l'adaptation du revêtement de la couverture métallique d'origine doit être réexaminée et le revêtement éventuellement adapté à ces nouvelles conditions.

ANNEXE A

APPLICATION SIMPLIFIÉE DES RÈGLES NV65 POUR LES QUESTIONS RELATIVES AU VENT EN ZONES CYCLONIQUES



A.1 Objet

L'objet de cette annexe est de donner aux utilisateurs des tableaux permettant d'effectuer de manière simple, le choix des plaques ondulées, ainsi que les portées d'utilisation sous l'action des charges de soulèvement, et de leurs fixations à l'ossature, en zones cycloniques.

Les tableaux des charges ascendantes sont déterminés en fonction :

- des zones de vent des Règles NV65 modifiées ;
- de la zone de vent 5 site exposé ;
- de la vitesse de vent ;
- de la forme de la couverture : forme plan ;
- du type de bâtiment : ouvert ou fermé, d'élancement courant pour lequel le coefficient de forme est $\gamma_0 = 1$;
- de la hauteur des bâtiments au-dessus du sol : 10 – 12 – 15 – 18 – 20 m dans les conditions qui sont celles de la méthode simplifiée des Règles NV65 modifiées (chapitre III, article 2,9) ;
- des charges ascendantes de calcul de dépression dues au vent dans les parties courantes ainsi que sur les rives de la couverture :
 - pour les plaques ondulées : sous un vent normal parallèle aux génératrices en appliquant la majoration de rives à l'ensemble de la toiture ;
 - pour leurs fixations : sous un vent normal perpendiculaire aux génératrices, les rives étant comptées sur une largeur égale au 1/10^{ème} de la hauteur du bâtiment sans être inférieure à 2 m.

La détermination de la portée des plaques ondulées est faite selon les valeurs de dépression calculées en vent normal du § A.4 (tableaux A9 à A12).

La vérification de la densité de fixation des plaques ondulées sur les éléments support est faite selon les valeurs de dépression calculées en vent normal du § A.5 (tableaux A13 à A16) et conformément à l'Annexe C du présent document.

A.2 Domaine d'application

Le respect des règles simplifiées données ci-après permet de respecter l'application obligatoire des Règles NV65 modifiées, dans le cadre du domaine d'application précisé ci-dessous. Toutefois, un calcul complet peut être réalisé au cas par cas afin d'établir les charges de soulèvement à prendre en compte.

Cette annexe ne s'applique qu'à des bâtiments de hauteur inférieure ou égale à 20 m et d'élancement (λ) inférieur ou égal à 2,5.

Cette annexe est basée sur la méthode simplifiée des NV65, les bâtiments partiellement ouverts (μ compris entre 5 et 35 %) sont à considérer comme ouverts.

Le tableau A1 ci-dessous indique les pressions dynamiques de base à prendre en compte, en N/m^2 (ou Pascal) en zone de vent 5 définie au § 1,232 des NV65, à savoir :

Tableau A1 – Pressions dynamiques de base selon les NV65

	PRESSION DYNAMIQUE DE BASE NORMALE	PRESSION DYNAMIQUE DE BASE EXTRÊME
Zone de vent 5	1.200 N/m^2	2.100 N/m^2

Ce qui correspond aux vitesses de vent indiquées au tableau A2.

Tableau A2 – Vitesses de vent de base en zone 5 selon les NV65

	VALEURS NORMALES		VALEURS EXTRÊMES	
	m/s	km/h	m/s	km/h
Zone de vent 5	44,2	159,2	58,5	210,6

Les DPM peuvent prescrire une pression dynamique de base extrême supérieures à celles des Règles NV65 suivant les résultats des observations, les conditions locales, ou la destination du bâtiment, en particulier **lorsque sa pérennité doit être assurée avec sécurité accrue**.

En effet, les vitesses de vent indiquées dans les règles NV65 sont faibles eu égard aux conditions climatiques extrêmes et exceptionnelles en régions cycloniques, qui peuvent engendrer des vitesses de vent extrême pouvant atteindre 400 km/h, soit des vitesses de vent normal de 302 km/h.

Prendre en compte de telles vitesses pour le dimensionnement des plaques ondulées revient à retenir les pressions dynamiques de base indiquées au tableau A3.

Tableau A3 – Pressions dynamiques de base pour un vent extrême de 400 km/h

	PRESSION DYNAMIQUE DE BASE NORMALE	PRESSION DYNAMIQUE DE BASE EXTRÊME
Zone de vent 5	4.330 N/m^2	7.570 N/m^2

A.3 Coefficients

A.3.1 Coefficient de site

En zone cyclonique (zone de vent 5) tous les sites sont considérés comme exposés et un coefficient de site $k_s = 1,20$ est pris en compte.

A.3.2 Coefficient de dimension

Les coefficients de réduction δ sont fonction de la plus grande dimension du maître-couple intéressant l'élément considéré.

Lorsque les éléments sont continus, les coefficients sont calculés pour la plus grande dimension correspondant à chaque travée supposée isolée.

Pour les dépressions dynamiques de base pour un vent extrême de 210 km/h (valeur de référence des NV65 (tableau A1)), le coefficient de réduction adopté est $d = 0,92$, correspondant à une portée de 2 m.

Pour les dépressions dynamiques de base pour un vent extrême de 400 km/h (tableau A2), le coefficient de réduction adopté est $d = 0,96$, correspondant à une portée de 0,80 m (portée usuelle des plaques nervurées pour les territoires ciblés en zone cyclonique).

A.3.3 Coefficient de pression

Les bâtiments considérés ont des élancements inférieurs ou égaux à 2,5 ($\lambda \leq 2,5$). De ce fait, prendre $\gamma_0 = 1$ place en sécurité.

A.3.3.1 COEFFICIENT D'ACTIONS INTÉRIEURES

Le coefficient c_i est donné par le tableau A4 ci-dessous. Les valeurs retenues sont les valeurs maximales indiquées par les Règles NV65 modifiées lorsque l'élément porteur est considéré comme perméable au vent (valeur de μ en %).

La perméabilité des parois est définie au paragraphe 1,313 du chapitre III des Règles NV65 modifiées.

Tableau A4 – Coefficient d'actions intérieures c_i

ÉLÉMENT DE COUVERTURE	BÂTIMENT FERMÉ $\mu \leq 5 \%$	BÂTIMENT OUVERT $\mu > 35 \%$
Plaque ondulée	0,3	0,8

A.3.3.2 COEFFICIENT D'ACTIONS EXTÉRIEURES

Afin d'éviter un calcul cas par cas en fonction de la pente de la couverture et de la direction du vent, qui reste toujours possible, les principes suivants sont retenus pour le coefficient c_e .

Il n'est pas tenu compte d'un effet particulier pour les angles, qui sont soumis aux mêmes dispositions que celles des rives.

Cas des plaques ondulées

Le coefficient c_e pour les plaques ondulées est donné par le tableau A5 ci-après.

En rive de toiture, une majoration de 50 % du coefficient en partie courante affecte le quart de la longueur du bâtiment sur chaque rive de pignon (pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture). Etant donné cette importante surface, il n'est retenu qu'un seul coefficient d'action extérieure affectant toute la surface et incluant cette majoration et de fait :

Tableau A5 – Coefficient d'actions extérieures c_e pour les plaques ondulées

COEFFICIENT D'ACTIONS EXTÉRIEURES POUR LES PLAQUES ONDULÉES (1)	
Parties courantes et rives	1,5 $c_e = 0,75$
(1) Vent parallèle aux génératrices	

Cas des fixations des plaques ondulées sur les éléments support

Le coefficient c_e pour les fixations des plaques est donné par le tableau A6 ci-après.

Tableau A6 — Coefficient d'actions extérieures c_e pour les fixations des plaques ondulées

COEFFICIENT D' ACTIONS EXTÉRIEURES POUR LES FIXATIONS DES PLAQUES ONDULÉES (1)	
Parties courantes	$c_e = 0,70$
Rives (2)	$2 c_e = 1,40$ (3)
(1) Vent parallèle aux génératrices (2) Y compris au droit d'un mur en surplomb (3) Sur une largeur de $h/10$, sans être inférieur à 2 m	

A.3.3.3 COEFFICIENT DE CALCUL c_p

Le coefficient c_p pour les plaques ondulées est donné par le tableau A7 ci-après.

Le coefficient c_p pour les fixations des plaques ondulées est donné par le tableau A8 ci-après.

Tableau A7 — Coefficient de calcul c_p pour les plaques ondulées

	c_p	c_p max	
Parties courantes et rives	$c_i + 1,5 c_e$	Bâtiment fermé $\mu \leq 5 \%$	Bâtiment ouvert $\mu \geq 35 \%$
		1,05	1,55

Tableau A8 — Coefficient de calcul c_p pour les fixations des plaques ondulées

	c_p	c_p max	
Parties courantes	$c_i + c_e$	Bâtiment fermé $\mu \leq 5 \%$	Bâtiment ouvert $\mu \geq 35 \%$
		1,00	1,5
Rives	$c_i + 2 c_e$, plafonné à 2	1,7	2

A.4 Dépression calculées en vent normal pour les plaques ondulées

Les tableaux ci-après indiquent les dépressions en vent normal à prendre en compte, sur la base des coefficients k_s , δ et c_p définis ci-avant, dans le cas des versants plans, pour les plaques ondulées :

- sur la base d'un vent extrême de 210 km/h (valeur NV65) :
 - bâtiments fermés : tableau A9 ;
 - bâtiments ouverts : tableau A10 ;
- sur la base d'un vent extrême de 400 km/h (valeur mesurée lors des épisodes exceptionnels survenus quelques temps avant la publication des présentes recommandations professionnelles) :
 - bâtiments fermés : tableau A11 ;
 - bâtiments ouverts : tableau A12 ;

suivant les Règles NV65 modifiées.

La valeur de vent de référence à prendre en compte pour le dimensionnement de la couverture doit être définie aux Documents Particuliers du marché (DPM), toute valeur intermédiaire entre 210 et 400 km/h pouvant être retenue (cf. annexe E).

Pour rappel, les DPM peuvent prescrire une pression dynamique de base extrême supérieures à celles des Règles NV65 suivant les résultats des observations, les conditions locales, ou la destination du bâtiment, en particulier lorsque sa pérennité doit être assurée avec sécurité accrue.

Tableau A9 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 210 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C _p	ZONE 5
10	Courante / rives	1,05	1.391
12		1,05	1.449
15		1,05	1.530
18		1,05	1.605
20		1,05	1.652
Coefficient de réduction δ = 0,92			

Tableau A10 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 210 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C _p	ZONE 5
10	Courante / rives	1,55	2.053
12		1,55	2.139
15		1,55	2.259
18		1,55	2.369
20		1,55	2.438
Coefficient de réduction δ = 0,92			

Tableau A11 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 400 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C _p	ZONE 5
10	Courante / rives	1,05	5.235
12		1,05	5.453
15		1,05	5.759
18		1,05	6.041
20		1,05	6.217
Coefficient de réduction δ = 0,96			

Tableau A12 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 400 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C _p	ZONE 5
10	Courante / rives	1,55	7.728
12		1,55	8.050
15		1,55	8.501
18		1,55	8.917
20		1,55	9.177
Coefficient de réduction δ = 0,96			

A.5 Dépression calculées en vent normal pour les fixations des plaques ondulées sur les éléments supports

Les tableaux ci-après indiquent les dépressions en vent normal à prendre en compte, sur la base des coefficients k_s , δ et c_p définis ci-avant, dans le cas des versants plans, pour les fixations des plaques ondulées sur les éléments supports :

- en vent extrême de 210 km/h (valeur NV65) :
 - bâtiments fermés : tableau A13 ;
 - bâtiments ouverts : tableau A14 ;
- en vent extrême de 400 km/h (valeur mesurée lors des épisodes exceptionnels survenus quelques temps avant la publication des présentes recommandations professionnelles) :
 - bâtiments fermés : tableau A15 ;
 - bâtiments ouverts : tableau A16 ;

suivant les Règles NV65 modifiées.

La valeur de vent de référence doit être la même que celle prise en compte pour le dimensionnement des plaques ondulées.

Tableau A13 — Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal — Versant plan — bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) — Base 210 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C_p	ZONE 5
10	Courante	1	1.325
	Rives	1,7	2.252
12	Courante	1	1.380
	Rives	1,7	2.346
15	Courante	1	1.457
	Rives	1,7	2.477
18	Courante	1	1.529
	Rives	1,7	2.599
20	Courante	1	1.573
	Rives	1,7	2.674

Coefficient de réduction $\delta = 0,92$

Tableau A14 — Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal — Versant plan — bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) — Base 210 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C_p	ZONE 5
10	Courante	1,5	1.987
	Rives	2	2.650
12	Courante	1,5	2.070
	Rives	2	2.760
15	Courante	1,5	2.186
	Rives	2	2.915
18	Courante	1,5	2.293
	Rives	2	3.057
20	Courante	1,5	2.360
	Rives	2	3.146

Coefficient de réduction $\delta = 0,92$

Tableau A15 — Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 400 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C_p	ZONE 5
10	Courante	1	4.986
	Rives	1,7	8.475
12	Courante	1	5.194
	Rives	1,7	8.829
15	Courante	1	5.484
	Rives	1,7	9.324
18	Courante	1	5.753
	Rives	1,7	9.780
20	Courante	1	5.921
	Rives	1,7	10.065
Coefficient de réduction $\delta = 0,96$			

Tableau A16 — Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 400 km/h

HAUTEUR (m)	POSITION	C_p	ZONE 5
10	Courante	1,5	7.479
	Rives	2	9.972
12	Courante	1,5	7.790
	Rives	2	10.387
15	Courante	1,5	8.227
	Rives	2	10.968
18	Courante	1,5	8.629
	Rives	2	11.506
20	Courante	1,5	8.881
	Rives	2	11.841
Coefficient de réduction $\delta = 0,96$			

ANNEXE B

APPLICATION SIMPLIFIÉE DES RÈGLES NV65 POUR LES QUESTIONS RELATIVES AU VENT HORS ZONES CYCLONIQUE (GUYANE)



B.1 Objet

L'objet de cette annexe est de donner aux utilisateurs des tableaux permettant d'effectuer de manière simple, le choix des plaques ondulées, ainsi que les portées d'utilisation sous l'action des charges de soulèvement, et de leurs fixations à l'ossature, hors zones cycloniques (Guyane).

Les tableaux des charges ascendantes sont déterminés en fonction :

- des zones de vent des Règles NV65 modifiées ;
- de la zone de vent 1 site normal ou exposé ;
- de la forme de la couverture : forme plan ;
- du type de bâtiment : ouvert ou fermé, d'élancement courant pour lequel le coefficient de forme est $\gamma_0 = 1$;
- de la hauteur des bâtiments au-dessus du sol : 10 – 12 – 15 – 18 – 20 m dans les conditions qui sont celles de la méthode simplifiée des Règles NV65 modifiées (chapitre III, article 2,9) ;
- des charges ascendantes de calcul de dépression dues au vent dans les parties courantes ainsi que sur les rives de la couverture :
 - pour les plaques ondulées : sous un vent normal parallèle aux génératrices en appliquant la majoration de rives à l'ensemble de la toiture ;
 - pour leurs fixations : sous un vent normal perpendiculaire aux génératrices, les rives étant comptées sur une largeur égale au 1/10^{ème} de la hauteur du bâtiment sans être inférieure à 2 m.

La détermination de la portée utile des plaques ondulées est faite selon les valeurs de dépression calculées en vent normal du § B.4 (tableaux B7 et B8) et conformément au § G.5.3 Actions des charges ascendantes du DTU 40.35.

La vérification de la densité de fixation des plaques ondulées sur les éléments support est faite selon les valeurs de dépression calculées en vent normal du § B.5 (tableaux B9 et B10) et conformément à l'Annexe C du présent document.

B.2 Domaine d'application

Le respect des règles simplifiées données ci-après permet de respecter l'application obligatoire des Règles NV65 modifiées, dans le cadre du domaine d'application précisé ci-dessous. Toutefois, un calcul complet peut être réalisé au cas par cas afin d'établir les charges de soulèvement à prendre en compte.

Cette annexe ne s'applique qu'à des bâtiments de hauteur inférieure ou égale à 20 m et d'élancement (λ) inférieur ou égal à 2,5.

Cette annexe est basée sur la méthode simplifiée des NV65, les bâtiments partiellement ouverts (μ compris entre 5 et 35 %) sont à considérer comme ouverts.

Le tableau A1 ci-dessous indique les pressions dynamiques de base à prendre en compte, en N/m^2 (ou Pascal) en zone de vent 5 définie au § 1,232 des NV65, à savoir :

Tableau B1 – Pressions dynamiques de base selon les NV65

	PRESSION DYNAMIQUE DE BASE NORMALE	PRESSION DYNAMIQUE DE BASE EXTRÊME
Zone de vent 1	500 N/m^2	875 N/m^2

B.3 Coefficients

B.3.1 Coefficient de site

Hors zone cyclonique (zone de vent 1) le coefficient de site (K_s) est :

- en situation normal, $K_s = 1,20$;
- en situation exposé, $K_s = 1,35$.

B.3.2 Coefficient de dimension

Les coefficients de réduction δ sont fonction de la plus grande dimension du maître-couple intéressant l'élément considéré.

Lorsque les éléments sont continus, les coefficients sont calculés pour la plus grande dimension correspondant à chaque travée supposée isolée.

Pour les dépressions dynamiques de base pour un vent extrême de 210 km/h (valeur de référence des NV65 (tableau A1)), le coefficient de réduction adopté est $\delta = 0,92$, correspondant à une portée de 2 m.

B.3.3 Coefficient de pression

Les bâtiments considérés ont des élancements inférieurs ou égaux à 2,5 ($\lambda \leq 2,5$). De ce fait, prendre $\gamma_0 = 1$ place en sécurité.

B.3.3.1 COEFFICIENT D'ACTIONS INTÉRIEURES

Le coefficient c_i est donné par le tableau B2 ci-dessous. Les valeurs retenues sont les valeurs maximales indiquées par les Règles NV65 modifiées lorsque l'élément porteur est considéré comme perméable au vent (valeur de μ en %).

La perméabilité des parois est définie au paragraphe 1,313 du chapitre III des Règles NV65 modifiées.

Tableau B2 – Coefficient d'actions intérieures c_i

ÉLÉMENT DE COUVERTURE	BÂTIMENT FERMÉ $\mu \leq 5 \%$	BÂTIMENT OUVERT $\mu \geq 35 \%$
Plaque ondulée	0,3	0,8

B.3.3.2 COEFFICIENT D'ACTIONS EXTÉRIEURES

Afin d'éviter un calcul cas par cas en fonction de la pente de la couverture et de la direction du vent, qui reste toujours possible, les principes suivants sont retenus pour le coefficient c_e .

Il n'est pas tenu compte d'un effet particulier pour les angles, qui sont soumis aux mêmes dispositions que celles des rives.

Cas des plaques ondulées

Le coefficient c_e pour les plaques ondulées est donné par le tableau B3 ci-après.

En rive de toiture, une majoration de 50 % du coefficient en partie courante affecte le quart de la longueur du bâtiment sur chaque rive de pignon (pour un vent parallèle aux génératrices de la toiture). Etant donné cette importante surface, il n'est retenu qu'un seul coefficient d'action extérieure affectant toute la surface et incluant cette majoration et de fait :

Tableau B3 — Coefficient d'actions extérieures c_e pour les plaques ondulées

COEFFICIENT D'ACTIONS EXTÉRIEURES POUR LES PLAQUES ONDULÉES (1)	
Parties courantes et rives	$1,5 c_e = 0,75$
(1) Vent parallèle aux génératrices	

Cas des fixations des plaques ondulées sur les éléments support

Le coefficient c_e pour les fixations des plaques est donné par le tableau B4 ci-après.

Tableau B4 — Coefficient d'actions extérieures c_e pour les fixations des plaques ondulées

COEFFICIENT D'ACTIONS EXTÉRIEURES POUR LES FIXATIONS DES PLAQUES ONDULÉES (1)	
Parties courantes	$c_e = 0,70$
Rives (2)	$2 c_e = 1,40$ (3)
(1) Vent perpendiculaire aux génératrices (2) Y compris au droit d'un mur en surplomb (3) Sur une largeur de $h/10$, sans être inférieur à 2 m	

B.3.3.3 COEFFICIENT DE CALCUL c_p

Le coefficient c_p pour les plaques ondulées est donné par le tableau B5 ci-après.

Le coefficient c_p pour les fixations des plaques ondulées est donné par le tableau B6 ci-après.

Tableau B5 — Coefficient de calcul c_p pour les plaques ondulées

	c_p	$c_p \text{ max}$	
		Bâtiment fermé $\mu \leq 5 \%$	Bâtiment ouvert $\mu \geq 35 \%$
Parties courantes et rives	$c_i + 1,5 c_e$	1,05	1,55

Tableau B6 — Coefficient de calcul c_p pour les fixations des plaques ondulées

	c_p	$c_p \text{ max}$	
		Bâtiment fermé $\mu \leq 5 \%$	Bâtiment ouvert $\mu \geq 35 \%$
Parties courantes	$c_i + c_e$	1,00	1,5
Rives	$c_i + 2 c_e$, plafonné à 2	1,7	2

B.4 Dépression calculées en vent normal pour les plaques ondulées

Les tableaux B7 (bâtiment fermés) et B8 (bâtiment ouvert) ci-après indiquent **les dépressions en vent normal à prendre en compte**, sur la base des coefficients k_s , δ et c_p définis ci-avant, dans le cas des versants plans, **pour les plaques ondulées** suivant les Règles NV65 modifiées.

Tableau B7 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$)

HAUTEUR (m)	POSITION	C _p	ZONE 1	
			NORMALE	EXPOSÉ
10	Courante / rives	1,05	483	652
12		1,05	503	679
15		1,05	531	717
18		1,05	557	752
20		1,05	574	774
Coefficient de réduction $\delta = 0,92$				

Tableau B8 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$)

HAUTEUR (m)	POSITION	C _p	ZONE 1	
			NORMALE	EXPOSÉ
10	Courante / rives	1,55	713	963
12		1,55	743	1.003
15		1,55	784	1.059
18		1,55	823	1.111
20		1,55	847	1.143
Coefficient de réduction $\delta = 0,92$				

B.5 Dépression calculées en vent normal pour les fixations des plaques ondulées sur les éléments supports

Les tableaux B9 (bâtiment fermés) et B10 (bâtiment ouvert) ci-après indiquent **les dépressions au vent normal à prendre en compte**, sur la base des coefficients k_s , δ et c_p définis ci-avant, dans le cas des versants plans, **pour les fixations des plaques ondulées sur les éléments supports** suivant les Règles NV65 modifiées.

Tableau B9 — Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal — Versant plan — bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$)

HAUTEUR (m)	POSITION	c_p	ZONE 1	
			NORMALE	EXPOSÉ
10	Courante	1	460	621
	Rives	1,7	782	1.056
12	Courante	1	479	647
	Rives	1,7	815	1.100
15	Courante	1	506	683
	Rives	1,7	860	1.161
18	Courante	1	531	717
	Rives	1,7	902	1.218
20	Courante	1	546	737
	Rives	1,7	929	1.254
Coefficient de réduction $\delta = 0,92$				

Tableau B10 — Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal — Versant plan — bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$)

HAUTEUR (m)	POSITION	c_p	ZONE 1	
			NORMALE	EXPOSÉ
10	Courante	1,5	690	932
	Rives	2	920	1.242
12	Courante	1,5	719	970
	Rives	2	958	1.294
15	Courante	1,5	759	1.025
	Rives	2	1.012	1.366
18	Courante	1,5	796	1.075
	Rives	2	1.062	1.433
20	Courante	1,5	819	1.106
	Rives	2	1093	1.475
Coefficient de réduction $\delta = 0,92$				

ANNEXE C

MÉTHODE DE VÉRIFICATION DE LA DENSITÉ DE FIXATION



La pose de la couverture métallique ondulée est réalisée après que l'entreprise de couverture s'est assurée que l'assemblage des plaques à l'ossature est suffisant pour reprendre les charges ascendantes qui s'exercent sur l'ouvrage de couverture.

Cette vérification de la densité de fixation en sommet d'onde est à réaliser par l'entreprise en fonction :

- des dépressions normale de vent avec vent perpendiculaire aux génératrices ;
- du type de fixation et de sa résistance caractéristique selon la norme NF P 30-310 en fonction du support ;
- du nombre de fixations ;
- des épaisseurs de plaques ;
- de la portée d'utilisation des plaques.

Pour un mode de fixation donné, chaque type de fixation est notamment caractérisé par sa résistance caractéristique à l'arrachement P_k déterminée conformément à la norme NF P 30-310 permettant de caractériser l'assemblage de la fixation sur son support.

Les résistances caractéristiques des fixations selon la norme NF P 30-310 figurent sur les Fiches Techniques des fixations éditées par les fabricants.

Les résistances caractéristiques minimales des fixations admissibles en sommet d'onde sont indiquées au tableau 3.

Les vérifications à effectuer systématiquement vis-à-vis de la dépression en vent normal, en partie courante de couverture et en rive de couverture sont :

- Vérification de la résistance des fixations (§ B.1).
- Vérification de la limitation forfaitaire des efforts appliqués aux fixations (§ B.2).

C.1 Résistance des fixations

La résistance des fixations est vérifiée selon les formules suivantes :

- **Cas général des plaques posées en continu sur plusieurs appuis (trois ou plus) :**

$$1,25 \times L \times (1,75 \times s - (g+p)) \leq n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$$

- **Cas particulier des plaques posées 2 appuis (cf § 5.5.1) :**

$$\frac{L}{2} \times (1,75 \times s - (g+p)) \leq n \times \frac{P_k}{\gamma_m}$$

Avec, dans les deux cas :

n : nombre de fixations par mètre de longueur d'appuis.

Exemples :

- Plaque de largeur utile 0,988 m (14 ondes) et fixation 1 onde sur 3 :
 $n = 5 / 0,988 = 5,06$

- Plaque de largeur utile 0,988 m (14 ondes) et fixation 1 onde sur 2 :
 $n = 7 / 0,988 = 7,08$

γ_m : coefficient de matériau :

- 1,35 pour les vis autoperceuses et autotaraudeuses dans l'acier d'épaisseur inférieure à 3 mm et supérieure à 1,5 mm ;
- 1,35 pour les vis autoperceuses et autotaraudeuses, et les tirefonds fixés dans le bois ;
- 1,15 dans les autres cas, sauf valeur supérieure fixée par le fabricant de fixations ou par les D.P.M.

P_k : résistance caractéristique à l'arrachement, au sens de la NF P 30-310, de l'assemblage de la fixation sur son support en daN.

g : Poids propre des TAN en daN/m² (Masse x 0,98).

p : Charges permanentes en daN/m² (sont généralement nulles).

s : Charges d'exploitation non pondérées en daN/m², correspondant à la dépression de vent normal au sens des NV65 modifiées, en rives avec vent perpendiculaire aux génératrices.

L : portée des plaques en m.

C.2 Limitation forfaitaire des efforts appliqués aux fixations

La limitation forfaitaire des efforts résistance des fixations est vérifiée selon les formules suivantes :

- **Cas général des plaques posées en continu sur plusieurs appuis (trois ou plus) :**

$$1,25 \times L \times (1,75 \times s - (g+p)) \leq n \times S_e$$

- **Cas particulier des plaques posées 2 appuis (cf § 5.5.1) :**

$$\frac{L}{2} \times (1,75 \times s - (g+p)) \leq n \times S_e$$

Avec, dans les deux cas :

n : nombre de fixations par mètre de longueur d'appuis.

Exemples :

- Plaque de largeur utile 0,988 m (14 ondes) et fixation 1 onde sur 3 :
 $n = 5 / 0,988 = 5,06$

- Plaque de largeur utile 0,988 m (14 ondes) et fixation 1 onde sur 2 :
 $n = 7 / 0,988 = 7,08$

g : Poids propre des TAN en daN/m² (Masse x 0,98).

p : Charges permanentes en daN/m² (sont généralement nulles).

s : Charges d'exploitation non pondérées en daN/m², correspondant à la dépression de vent normal au sens des NV65 modifiées, en rives avec vent perpendiculaire aux génératrices.

L : portée des plaques en m.

S_e : valeur maximale forfaitaire, en daN, des efforts sollicitant chacune des fixations sous l'effet du vent extrême selon le tableau B1.

Tableau C1 – Valeur maximale forfaitaire des efforts sollicitant chacune des fixations sous l'effet du vent extrême

	ÉPAISSEURS DE PLAQUE (mm)		
	0,63 (1)	0,75	≥ 0,88
Valeur Se (daN)	300	400	525
(1) Épaisseur non applicable en zones cycloniques			

ANNEXE D

ECARTEMENT MAXIMAL DES ÉLÉMENTS SUPPORTS DE COUVERTURE EN ZONES CYCLONIQUES — DISPOSITIONS FORFAITAIRES



En zones cycloniques, l'écartement maximal des éléments supports des plaques ondulées (bois et métallique), doit être dimensionné selon l'annexe A des présentes Recommandations professionnelles, en fonction :

- de la vitesse de vent de dimensionnement prescrite par les DPM dont découlent les valeurs de dépression calculées au vent normal qui s'exercent sur la couverture ;
- des caractéristiques des plaques ondulées (cf. Fiches techniques des plaques) :
 - géométrie ;
 - épaisseur.
- du nombre d'appui des plaques ;
- et du nombre de fixation par largeur de plaque (1 onde sur 2, 1 onde sur 3,...).

En complément, la vérification de la densité de fixation doit être menée selon l'annexe C.

La méthodologie de dimensionnement global de la couverture est reprise en annexe F.

Faute d'un dimensionnement spécifique de la couverture, les dispositions forfaitaires indiquées ci-après peuvent être appliquées, dans les limites précisées au tableau D1.

Ces dispositions forfaitaires sont basées sur l'expérience reconnue et réussie dans les territoires ciblés, confortée par un dimensionnement selon les annexes A et C.

Tableau D1 — Hauteur maximale au faîtage, en lien avec un Pk mini de fixation (selon NF P 30-310), en appliquant les dispositions forfaitaires prévues à l'annexe D

PLAQUE ONDULÉES		CONSTRUCTION	PORTÉES SUR 4 APPUIS OU PLUS (ENTRAXE 0,80 m)				
PROFIL	EPAISSEUR	TYPE DE BÂTIMENT	DENSITÉ DE FIXATION EN PARTIE COURANTE DE TOITURE (CF. § 6.1.3)	VENT EXTRÊME (AU SENS DES NV65) DÉFINI PAR LES DPM			
				210 km/h (VALEUR DE RÉFÉRENCE DES NV65)		400 km/h	
				HAUTEUR MAXI	PK FIXATION EN RIVE	HAUTEUR MAXI	PK FIXATION EN RIVE
76 x 18	≥ 0,75 mm	Bâtiments fermés	1/3	20 m	Toutes fixations conformes au tableau 3	(*)	
			1/2				
	≥ 0,75 mm	Bâtiments ouverts	1/3	20 m	Toutes fixations conformes au tableau 3	(*)	
			1/2				

Pk1 : Pk de la fixation selon NF P 30-310 sur supports bois et panne acier $1,5 \leq \text{épaisseur} < 3 \text{ mm}$

Pk2 : Pk de la fixation selon NF P 30-310 sur panne acier $\geq 3 \text{ mm}$

(*) Un dimensionnement de la couverture (cf. annexe F) est systématiquement nécessaire (données de dimensionnement non suffisante à la date de rédaction des présentes Recommandations professionnelles).

Le Pk selon la norme NF P 30-310 varie en fonction :

- de la nature de la fixation ;
- de la nature de l'élément support (bois ou métal) ;
- de l'épaisseur des pannes en cas de supports métalliques ;
- de la profondeur d'ancrage en cas de supports bois.

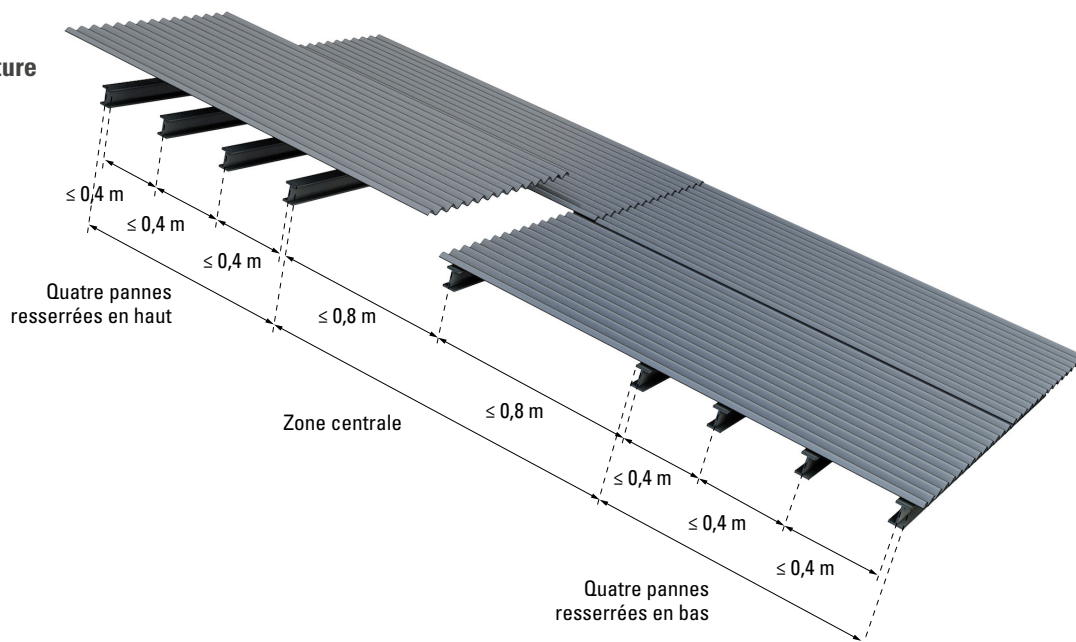
Le Pk de chaque fixation figure sur sa Fiche Technique, en fonction des supports. A défaut, les valeurs minimales du tableau 3 s'appliquent.

D.1 Pannes bois ou métalliques fixées directement sur la structure porteuse type arbalétrier

Dans les limites du tableau D1, l'écartement maximal des pannes fixées sur les structures porteuses type arbalétrier est le suivant (figure D1) :

- En partie courante, les pannes sont espacées de 0,8 m au maximum.
- L'espacement est réduit de moitié aux extrémités pour les 4 premières pannes (0,4 m maximum).

Figure D1 – Espacement des pannes fixées directement sur la structure porteuse



D.2 Liteaux fixés à la structure porteuse, à travers un parement décoratif bois continu posé sur chevrons

Dans les limites du tableau D1, l'écartement maximal des liteaux fixés sur chevrons à travers un parement décoratif bois continu est le suivant (figure D2) :

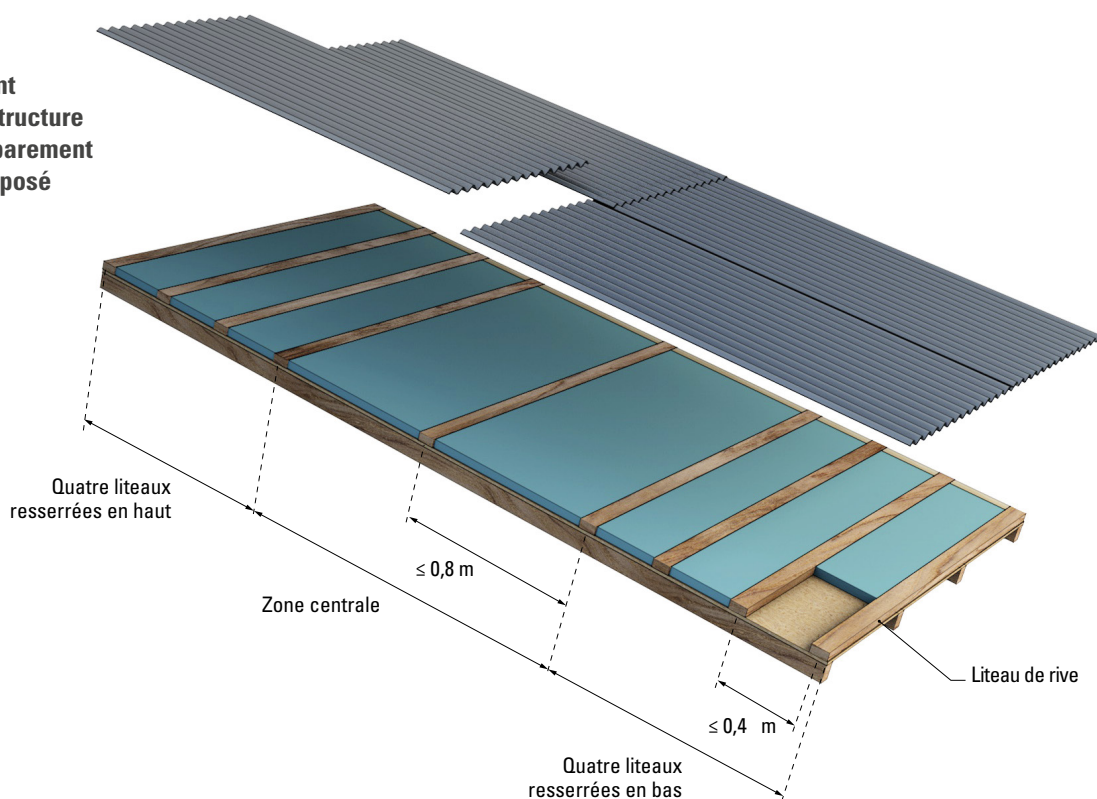
- en partie courante, les liteaux sont espacés de 0,8 m au maximum ;
- l'espacement est réduit de moitié aux extrémités pour les 4 premiers liteaux (0,4 m maximum).

La détermination de l'écartement des chevrons (support des liteaux) en partie courante et en rive relève du dimensionnement de la structure porteuse (travaux de charpente).

NOTE

L'épaisseur du panneau décoratif doit être adaptée à la portée d'utilisation (cf. § 4.5.7).

Figure D2 – Espacement des liteaux fixés à la structure porteuse à travers un parement décoratif bois continu posé sur chevrons



D.3 Liteaux fixés à la structure porteuse, à travers un parement décoratif bois continu posé sur pannes

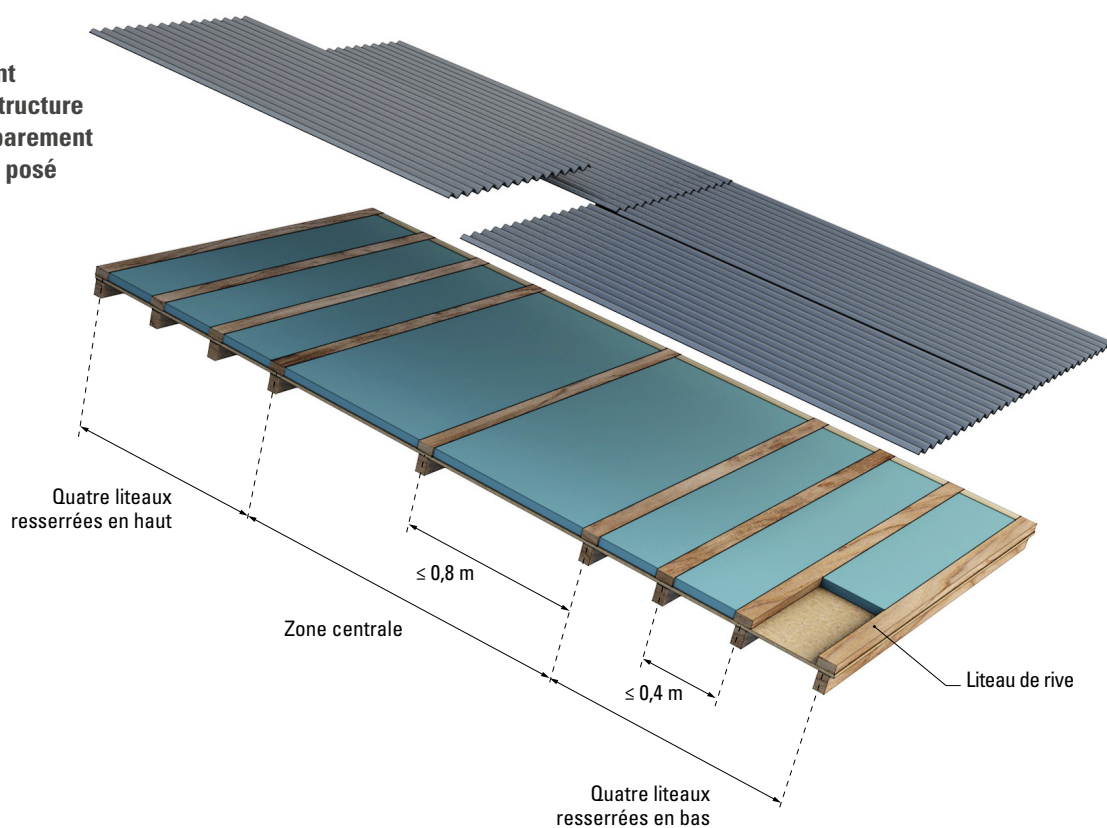
Dans les limites du tableau D1, l'écartement maximal des liteaux fixés sur pannes à travers un parement décoratif bois continu est le suivant (figure D3) :

- en partie courante, les liteaux sont espacés de 0,8 m au maximum ;
- l'espacement est réduit de moitié aux extrémités pour les 4 premiers liteaux (0,4 m maximum).

NOTE

L'épaisseur du panneau décoratif doit être adaptée à la portée d'utilisation (cf. § 4.5.7).

Figure D3 – Espacement des liteaux fixés à la structure porteuse à travers un parement décoratif bois continu posé sur pannes



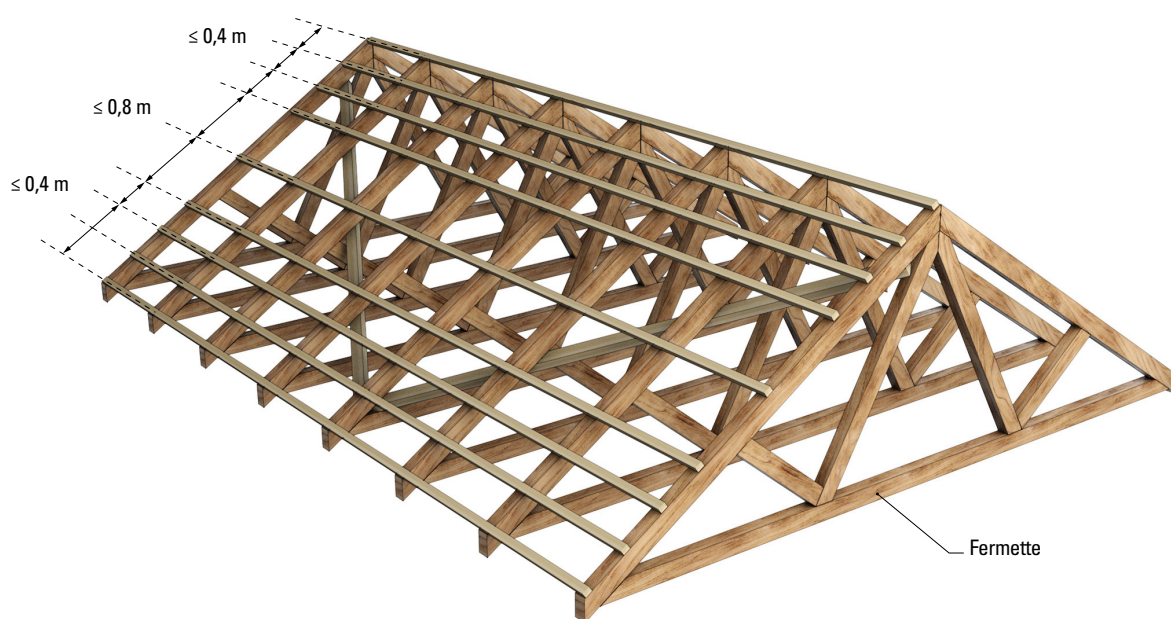
D.4 Linteaux fixés à une charpente traditionnelle (sur chevrons) ou à une charpente industrialisée

Dans les limites du tableau D1, l'écartement maximal des linteaux fixés sur une charpente traditionnelle (sur chevrons) ou sur une charpente industrialisée (fermettes) est le suivant (figure D4) :

- en partie courante, les linteaux sont espacés de 0,8 m au maximum ;
- l'espacement est réduit de moitié aux extrémités pour les 4 premiers linteaux (0,4 m maximum).

! Une attention particulière doit être apportée à la mise en œuvre des éléments supports des couvertures sur les fermettes, pour se prémunir d'un risque d'envol de l'ouvrage de couverture (travaux de charpente) cf. 5.4.4 « surface d'appui ».

Figure D4 – Espacement des linteaux fixés à une charpente industrialisée type fermettes



ANNEXE E

ÉLÉMENTS DEVANT ÊTRE DÉFINIS AUX DOCUMENTS PARTICULIERS DU MARCHÉ (DPM)



La conformité d'un ouvrage de couverture aux présentes Recommandations professionnelles nécessite notamment que soient définis aux Documents Particuliers du Marché (DPM) :

- la classification de l'exposition « au vent » ou « sous le vent » de l'ouvrage (cf. § 3) ;
- le type de couverture attendu :
 - couverture aérée ;
 - couverture chaude sur parement décoratif continu bois ;
 - couverture froide ventilée.
- la vitesse de vent extrême à prendre en compte pour le dimensionnement de la couverture (plaque et fixation) en zone cyclonique (cf. § 5.4.4 et annexes A, C et F) ;
- l'éventuelle prescription de mise en œuvre des pontets en partie courante et/ou en périphérie de couverture.

ANNEXE F

MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE COUVERTURE AUX CHARGES ASCENDANTES EN ZONES CYCLONIQUES



Le dimensionnement d'une couverture aux charges ascendantes en zones cyclonique doit suivre la méthodologie suivante :

■ Etape 1 : Vitesse de vent

Identification de la **vitesse de vent extrême à prendre en compte** pour le dimensionnement de la couverture (plaques et fixations) en zones cycloniques.

La vitesse de vent extrême doit être définie par les DPM (cf. annexe E).

Pour rappel, la valeur de référence en vent extrême des règles NV 65 modifiées est de 210 km/h. Une valeur supérieure peut être retenue pour anticiper les phénomènes venteux exceptionnels tels que certains cyclones récents pour lesquels des vitesses de vent de près de 400 km/h ont été mesurés.

L'annexe A est basée sur les valeurs de 210 et 400 km/h.

■ Etape 2 : Charge ascendante sur les plaques

Sur la base de la vitesse de vent de dimensionnement (étape 1), détermination de la **charge ascendante induite en vent normal sur les plaques ondulées** (dépression en N/m^2).

Cf. § 5.3.2 et annexe A, § A.4.

■ Etape 3 : Choix des plaques ondulées

Sur la base de la charge ascendante induite en vent normal sur les plaques (étape 2), **détermination de l'épaisseur et de la portée maximale admissible des plaques** ondulées, en fonction des tableaux portées/charges figurant sur les Fiches Techniques éditées par les profileurs de plaques (cf. § 4.1.1).

Cf. § 5.4.4, § 5.5.1 et Fiches Techniques éditées par les profileurs de plaques.

Attention, les charges ascendantes sont souvent exprimées en daN/m^2 sur les Fiches Techniques des plaques ondulées.

■ Etape 4 : Charges ascendantes sur les fixations des plaques

Sur la base de la vitesse de vent de dimensionnement (étape 1), détermination des **charges ascendantes induites en vent normal sur les fixations des plaques** ondulées (dépression en N/m^2) :

- en partie courante de couverture ;
- en rive de couverture.

Cf. annexe A, § A.5.

■ Etape 5 : Densité de fixation

Sur la base des charges ascendantes induites en vent normal sur les fixations des plaques ondulées (étape 4), en fonction de l'entraxe des éléments support des plaques ondulées défini à l'étape 3 et de la résistance caractéristique à l'arrachement de la fixation envisagée (Pk selon NF P 30-310), **vérification de la densité de fixations** sur la couverture :

- en partie courante de couverture ;
- en rive de couverture.

Le Pk de chaque fixation figure sur sa Fiche Technique, en fonction des supports. A défaut, les valeurs minimales du tableau 3 s'appliquent.

Cf. annexe C, § C.1 (résistance des fixations) et C.2 (limitation forfaitaire des efforts par fixation –déboutonnage).

Si la densité de fixation ne permet de répondre aux charges ascendantes en vent normal induites sur les fixations, il faut :

- soit réduire l'entraxe des éléments support pour augmenter la densité de fixation ;
- soit choisir une fixation avec une résistance caractéristique à l'arrachement Pk plus importante.

TABLE DES MATIÈRES

01 • OBJET DES RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES	4
1.1 Contenu.....	4
1.2 Domaine d'application	5
02 • DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	8
2.1 Référentiels des produits	8
2.2 Référentiels de conception.....	9
2.3 Référentiels de mise en œuvre.....	10
03 • TERMES ET DÉFINITIONS	11
04 • MATÉRIAUX.....	15
4.1 Plaques ondulées en tôle d'acier revêtues	15
4.1.1 Généralités	15
4.1.2 Matière et revêtements.....	16
4.1.3 Caractéristiques géométriques des tôles d'acier ondulées	17
4.2 Accessoires en tôle d'acier revêtue	18
4.2.1 Généralités	18
4.2.2 Les accessoires linéaires à bords plans	18
4.3 Fixations et accessoires de fixation	19
4.3.1 Généralités	19
4.3.2 Fixations en sommet d'onde.....	19
4.3.3 Fixations de couture.....	22
4.3.4 Fixations des accessoires métalliques.....	24
4.3.5 Fixations de réparation	25
4.4 Chéneaux et gouttières	25
4.4.1 Chéneaux métalliques non porteurs	25
4.4.2 Gouttières	25
4.5 Autres matériaux.....	25
4.5.1 Closoirs.....	25
4.5.2 Cales d'ondes (pontets).....	26
4.5.3 Compléments d'étanchéités	26
4.5.4 Manchons souples pour pénétrations ponctuelles	27
4.5.5 Vernis de traitement de coupe sur chantier	27
4.5.6 Bande souple d'étanchéité complémentaire.....	27
4.5.7 Parement décoratif continu en bois	28
4.5.8 Isolation thermique	28
4.5.9 Pare-vapeur.....	29
4.6 Outillages	29
4.6.1 Outillage pour découpe des plaques ondulées.....	29
4.6.2 Outillage pour mise en œuvre des fixations.....	30

05 • CONCEPTION DE L'OUVRAGE	31
5.1 Préambule	31
5.2 Choix architecturaux des couvertures	31
5.2.1 Climats tropicaux et équatoriaux humides	31
5.2.2 Zones cycloniques	33
5.2.3 Ouvrages de couvertures cintrées	35
5.3 Dispositions générales	35
5.3.1 Classification des ouvrages	35
5.3.2 Charges à prendre en comptes (ascendantes et descendantes)	35
5.3.3 Sécurité des personnes	35
5.3.4 Stockage et manutention	36
5.4 Conditions préalables requises avant la pose	36
5.4.1 Pente minimale	36
5.4.2 Recouvrements entre plaques ondulées	37
5.4.3 Longueur maximale de rampant	38
5.4.4 Éléments supports, conditions particulières aux appuis	38
5.4.5 Écartement maximal des éléments support en zones cycloniques	39
5.4.6 Écartement maximal des éléments support hors zones cycloniques	40
5.5 Choix des plaques ondulées	40
5.5.1 Choix des épaisseurs et des portées limites utiles des plaques ondulées en fonction des actions	40
5.5.2 Choix des revêtements des plaques ondulées et accessoires en fonction de l'exposition atmosphérique	40
5.6 Choix des fixations et accessoire de fixations en fonction de l'atmosphère extérieure	41
5.7 Guide de choix du type de couverture en fonction de la zone géographique	43
5.8 Couverture aérée	43
5.8.1 Principe et limites d'emploi	43
5.8.2 Dispositions d'aération	44
5.9 Couverture chaude sur parement décoratif	44
5.9.1 Principe et limites d'emploi	44
5.9.2 Dispositions en bas de versant	45
5.10 Couverture froide ventilée	45
5.10.1 Principe et limites d'emploi	45
5.10.2 Cas des bâtiments non isolés	46
5.10.3 Cas des bâtiments isolés	46
5.10.4 Ventilation du plénum	47
06 • MISE EN ŒUVRE EN PARTIE COURANTE	50
6.1 Pose des plaques ondulées en neuf	50
6.1.1 Généralités	50
6.1.2 Éléments supports des plaques	50
6.1.3 Fixation des plaques ondulées aux éléments support	52
6.1.4 Couturage des plaques ondulées	56
6.1.5 Mise en œuvre des compléments d'étanchéité	57
6.2 Spécificités de la pose des plaques ondulées en rénovation	58
6.2.1 Remplacement d'une fixation	58
6.2.2 Étude des ouvrages supports de couverture existants avant rénovation	58
6.2.3 Remplacement d'une couverture métallique	58
6.3 Serrage des fixations	59

07 • TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS	60
7.1 Prescriptions communes	60
7.1.1 Coupes et pliages sur chantier	60
7.1.2 Recouvrement des pièces accessoires sur les plaques	60
7.1.3 Fixation des accessoires métalliques	60
7.1.4 Etanchéité complémentaire	60
7.2 Egouts	61
7.3 Faîtages	62
7.3.1 Faîtage double non ventilé	62
7.3.2 Faîtage simple	63
7.3.3 Faîtage contre mur	64
7.4 Rives	65
7.4.1 Rive simple	65
7.4.2 Rive contre-mur	66
7.5 Arêtier	67
7.6 Noues	68
7.7 Pénétrations ponctuelles ou passages de canalisations	69
7.8 Raccordement avec les ouvrages annexes ouverts	70
7.8.1 En zones cycloniques	70
7.8.2 Hors zones cycloniques	71
7.9 Changement de pente sur les bâtiments ouverts	71
7.10 Chéneau encaissé hors de l'emprise d'un bâtiment fermé	72
7.11 Joint de structure	73
08 • MISE EN ŒUVRE DE L'ISOLATION THERMIQUE	74
8.1 Isolation posée à l'horizontale sur dalle béton	74
8.2 Isolation posée à l'horizontale sur plafond suspendu	74
8.2.1 Isolation sur un complexe de doublage	74
8.2.2 Isolation autoportante	74
8.3 Isolation parallèle au rampant	75
8.4 Isolation sur panne (maîtrise du risque de condensation)	75
8.5 Isolation entre liteaux	76
09 • DISPOSITIONS RELATIVES À LA GESTION DES EAUX PLUVIALES	77
9.1 Généralités	77
9.2 Dimensionnement	77
9.3 Cas précalculés	77
10 • AUTOCONTRÔLES	79
11 • CONDITION D'USAGE ET D'ENTRETIEN	81
11.1 Généralités	81
11.2 Entretien biannuel	81
11.3 Opérations à effectuer lors d'un entretien de couverture	81
11.4 Protection de la couverture lors des circulations	82
11.5 Evolution du contexte de l'ouvrage	82

ANNEXE A • APPLICATION SIMPLIFIÉE DES RÈGLES NV65 POUR LES QUESTIONS RELATIVES AU VENT EN ZONES CYCLONIQUES	83
A.1 Objet	83
A.2 Domaine d'application	84
A.3 Coefficients	84
A.3.1 Coefficient de site	84
A.3.2 Coefficient de dimension	85
A.3.3 Coefficient de pression	85
A.4 Dépression calculées en vent normal pour les plaques ondulées	86
A.5 Dépression calculées en vent normal pour les fixations des plaques ondulées sur les éléments supports	88
ANNEXE B • APPLICATION SIMPLIFIÉE DES RÈGLES NV65 POUR LES QUESTIONS RELATIVES AU VENT HORS ZONES CYCLONIQUE (GUYANE)	90
B.1 Objet	90
B.2 Domaine d'application	91
B.3 Coefficients	91
B.3.1 Coefficient de site	91
B.3.2 Coefficient de dimension	91
B.3.3 Coefficient de pression	91
B.4 Dépression calculées en vent normal pour les plaques ondulées	93
B.5 Dépression calculées en vent normal pour les fixations des plaques ondulées sur les éléments supports	94
ANNEXE C • MÉTHODE DE VÉRIFICATION DE LA DENSITÉ DE FIXATION	95
C.1 Résistance des fixations	95
C.2 Limitation forfaitaire des efforts appliqués aux fixations	96
ANNEXE D • ECARTEMENT MAXIMAL DES ÉLÉMENTS SUPPORTS DE COUVERTURE EN ZONES CYCLONIQUES – DISPOSITIONS FORFAITAIRES	98
D.1 Pannes bois ou métalliques fixées directement sur la structure porteuse type arbalétrier	99
D.2 Linteaux fixés à la structure porteuse, à travers un parement décoratif bois continu posé sur chevrons	100
D.3 Linteaux fixés à la structure porteuse, à travers un parement décoratif bois continu posé sur pannes	101
D.4 Linteaux fixés à une charpente traditionnelle (sur chevrons) ou à une charpente industrialisée	102
ANNEXE E • ÉLÉMENTS DEVANT ÊTRE DÉFINIS AUX DOCUMENTS PARTICULIERS DU MARCHÉ (DPM)	103
ANNEXE F • MÉTHODE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE COUVERTURE AUX CHARGES ASCENDANTES EN ZONES CYCLONIQUES	104

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Principales caractéristiques des fixations de sommet d’onde pour les supports bois.....	19
Tableau 2 – Principales caractéristiques des fixations de sommet d’onde pour les pannes métalliques	20
Tableau 3 – Résistances caractéristiques minimales des fixations de sommet d’onde.....	20
Tableau 4 – Accessoires de fixations utilisés en sommet d’onde	21
Tableau 5 – Principales caractéristiques des fixations de couture.....	22
Tableau 6 – Accessoires de fixation de couture	23
Tableau 7 – Rondelles de fixation des accessoires métalliques de couverture	24
Tableau 8 – Portées maximales (cm) des panneaux en contreplaqué posés sur trois appuis ou plus	28
Tableau 9 – Spécifications des pare-vapeur	29
Tableau 10 – Pentés minimales des couvertures en plaques ondulées	36
Tableau 11 – Valeur du recouvrement transversal minimum entre plaques	38
Tableau 12 – Catégories de revêtements organiques minimum requises pour les couvertures	41
Tableau 13 – Protection minimale contre la corrosion des fixations et accessoires de fixation (plaquettes et rondelles de fixations des accessoires)	42
Tableau 14 – Type de couverture admis en fonction de la zone géographique.....	43
Tableau 15 – Répartition et densité minimales des fixations des plaques ondulées 76x18, en zones cycloniques.....	53
Tableau 16 – Répartition et densité minimales des fixations des plaques ondulées 76x18, hors zone cyclonique (Guyane)	55
Tableau 17 – Espacement maximal entre fixations de couture en sommet d’onde aux recouvrements longitudinaux	56
Tableau 18 – Détermination du diamètre des fixations de réparation.....	58
Tableau 19 – Gouttières et chéneaux de section semi-circulaire, avec pente de 5 mm/m et une intensité pluviométrique minimale de 4,5 l/m ² /min.....	78
Tableau A1 – Pressions dynamiques de base selon les NV65	84
Tableau A2 – Vitesses de vent de base en zone 5 selon les NV65.....	84
Tableau A3 – Pressions dynamiques de base pour un vent extrême de 400 km/h	84
Tableau A4 – Coefficient d’actions intérieures c_i	85
Tableau A5 – Coefficient d’actions extérieures c_e pour les plaques ondulées	85
Tableau A6 – Coefficient d’actions extérieures c_e pour les fixations des plaques ondulées	86
Tableau A7 – Coefficient de calcul c_p pour les plaques ondulées	86
Tableau A8 – Coefficient de calcul c_p pour les fixations des plaques ondulées	86
Tableau A9 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 210 km/h	87
Tableau A10 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 210 km/h	87
Tableau A11 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 400 km/h	87
Tableau A12 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 400 km/h	87
Tableau A13 – Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 210 km/h	88
Tableau A14 – Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 210 km/h	88
Tableau A15 – Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$) – Base 400 km/h	89

Tableau A16 – Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$) – Base 400 km/h	89
Tableau B1 – Pressions dynamiques de base selon les NV65	91
Tableau B2 – Coefficient d’actions intérieures c_i	91
Tableau B3 – Coefficient d’actions extérieures c_e pour les plaques ondulées	92
Tableau B4 – Coefficient d’actions extérieures c_e pour les fixations des plaques ondulées	92
Tableau B5 – Coefficient de calcul c_p pour les plaques ondulées	92
Tableau B6 – Coefficient de calcul c_p pour les fixations des plaques ondulées	92
Tableau B7 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$)	93
Tableau B8 – Dépression de calcul (Pa) des plaques ondulées en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$)	93
Tableau B9 – Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments fermés ($\mu \leq 5\%$)	94
Tableau B10 – Dépression de calcul (Pa) des fixations en vent normal – Versant plan – bâtiments ouverts ($\mu \geq 35\%$)	94
Tableau C1 – Valeur maximale forfaitaire des efforts sollicitant chacune des fixations sous l’effet du vent extrême	97
Tableau D1 – Hauteur maximale au faîtage, en lien avec un Pk mini de fixation (selon NF P 30-310), en appliquant les dispositions forfaitaires prévues à l’annexe D	99

TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Définition des différentes lignes de couverture	11
Figure 2 – Désignation des différents éléments constituant une plaque de couverture ondulée	14
Figure 3 – Hauteur minimale d’onde	17
Figure 4 – Définition de la retombée	17
Figure 5 – Faîtière à bords plans ou arêtier	18
Figure 6 – Faîtière simple à bord plan	18
Figure 7 – Faîtière contre mur à bord plan ou solin	18
Figure 8 – Bande de rive à bord plan	18
Figure 9 – Exemple de Tirefond à visser	20
Figure 10 – Exemple de vis autoperceuse	20
Figure 11 – Exemple plaquette et rondelles d’étanchéité	22
Figure 12 – Exemple de plaquette à étanchéité intégrée	22
Figure 13 – Exemple de vis de couture avec accessoire de fixation	22
Figure 14 – Exemples d’accessoires de vis de couture	24
Figure 15 – Clossoir peigne	26
Figure 16 – Exemples de pontets plastiques	26
Figure 17 – Complément d’étanchéité	26
Figure 18 – Manchon souple pour pénétration ponctuel	27
Figure 19 – Bande d’étanchéité aluminium adhésive en caoutchouc butyl	28
Figure 20 – Outillage pour découpe des plaques ondulées	29
Figure 21 – Exemple de visseuse munie d’une butée de profondeur	30
Figure 22 – Principe d’une construction adaptée aux zones cycloniques	34

Figure 23 – Effet du vent sur la couverture dans le cas d'un ouvrage annexe non désolidarisé	34
Figure 24 – Effet du vent sur la couverture dans le cas d'un ouvrage annexe désolidarisé	34
Figure 25 – Recouvrement longitudinal entre plaques ondulées symétriques	37
Figure 26 – Recouvrement longitudinal entre plaques ondulées non symétriques	37
Figure 27 – Exemple d'aération de la couverture avec un débord de toiture et grilles d'aération	44
Figure 28 – Exemple avec grille dans le débord de toiture d'une couverture chaude sur parement décoratif.	45
Figure 29 – Principe d'isolation thermique des couvertures froides ventilées	46
Figure 30 – Sections de ventilation des couvertures froides ventilées des couvertures non isolées	47
Figure 31 – Sections de ventilation des couvertures froides ventilées des couvertures isolées	47
Figure 32 – Débord de toit en béton	48
Figure 33 – Débord de toit en bois	48
Figure 34 – Exemple de jalousie en pignon	49
Figure 35 – Exemple de mise en œuvre des pontets plastiques	53
Figure 36 – Localisation et densité des fixations en zone cycloniques	54
Figure 37 – Positionnement et densité des fixations aux recouvrements en zone cyclonique	54
Figure 38 – Localisation et densité des fixations hors zone cycloniques	55
Figure 39 – Positionnement et densité des fixations aux recouvrements hors zone cyclonique	56
Figure 40 – Positionnement des vis de couture	57
Figure 41 – Mise en œuvre du complément d'étanchéité transversal	57
Figure 42 – Serrage des fixations des accessoires	59
Figure 43 – Gouttière pendante demi-ronde	61
Figure 44 – Faîtage double non ventilé	62
Figure 45 – Faîtage simple (monopente)	63
Figure 46 – Faîtage contre mur	64
Figure 47 – Rive simple	65
Figure 48 – Rive contre mur	66
Figure 49 – Arêtier	67
Figure 50 – Noue encaissée (coupe dans le sens de la pente)	68
Figure 51 – Pénétration avec manchon souple	69
Figure 52 – Désolidarisation des ouvrages annexes en zones cycloniques	70
Figure 53 – Désolidarisation des ouvrages annexes hors zones cycloniques	71
Figure 54 – Chéneau encaissé hors de l'emprise d'un bâtiment fermé	72
Figure 55 – Exemple de traitement d'un joint structure	73
Figure 56 – Isolation sur pannes – Exemple de réalisation en égout	76
Figure 57 – Isolation sur pannes – Exemple de réalisation en faîtage	76
Figure D1 – Espacement des pannes fixées directement sur la structure porteuse	99
Figure D2 – Espacement des liteaux fixés à la structure porteuse à travers un parement décoratif bois continu posé sur chevrons	100
Figure D3 – Espacement des liteaux fixés à la structure porteuse à travers un parement décoratif bois continu posé sur pannes	101
Figure D4 – Espacement des liteaux fixés à une charpente industrialisée type fermettes	102







Les productions du programme PACTE sont le fruit d'un travail collectif
des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

LES PARTENAIRES DU PROGRAMME PACTE

MAÎTRES D'OUVRAGE



ENTREPRISES/ARTISANS



MAÎTRES D'ŒUVRE



CONTRÔLEURS TECHNIQUES



INDUSTRIELS



ASSUREURS



PARTENAIRES PUBLICS



Le Secrétariat Technique du programme PACTE
est assuré par l'Agence Qualité Construction.

**COUVERTURE EN PLAQUES
ONDULÉES ISSUES DE TÔLES
D'ACIER REVÊTUES EN CLIMAT
TROPICAL OU ÉQUATORIAL HUMIDE
ET CONDITIONS CYCLONIQUES**

DÉCEMBRE 2021

