

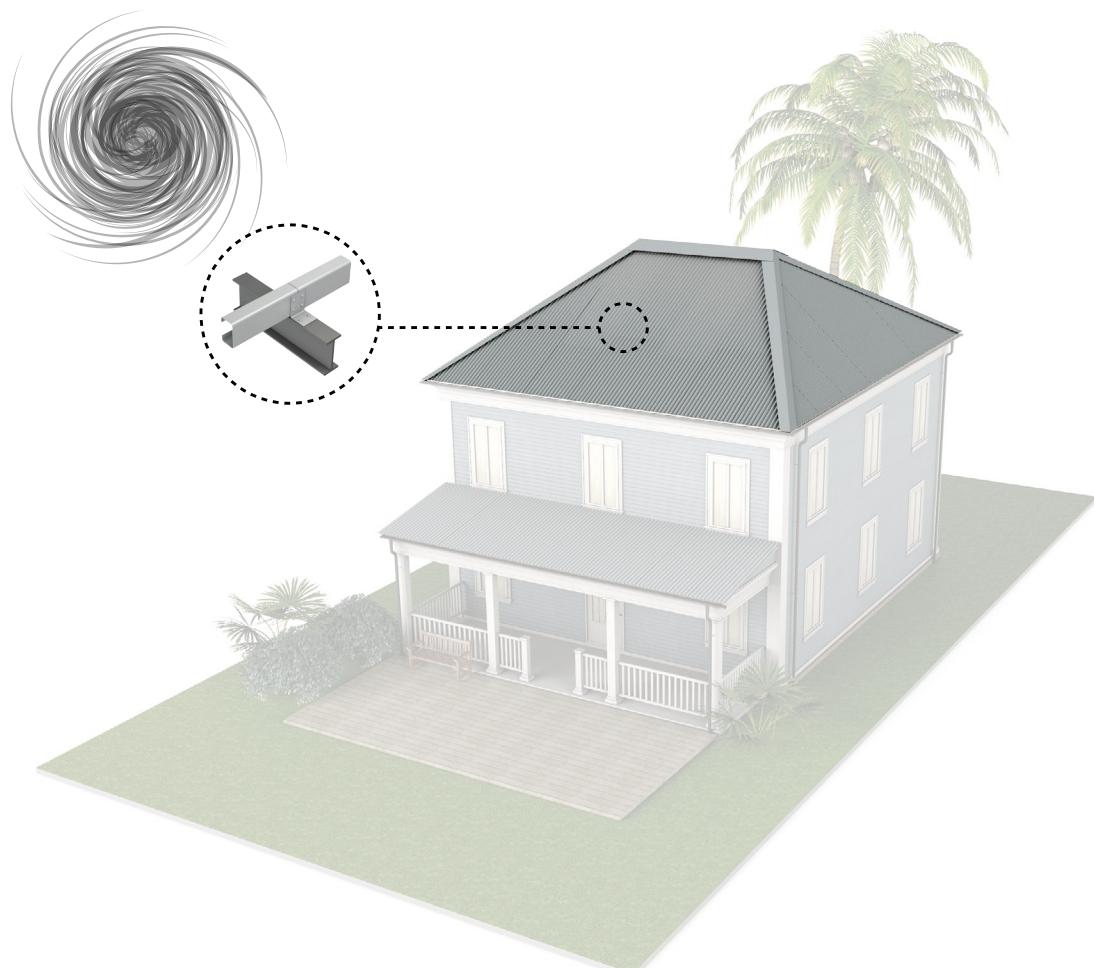
Charpente métallique

Points clés de construction paracyclonique d'une maison

ANTILLES

MAYOTTE

LA RÉUNION



GOUVERNEMENT

Liberté
Égalité
Fraternité

Illustrations : Laubywane, DHUP, AQC

Ce guide a été rédigé par des spécialistes du Réseau Scientifique et Technique du Ministère chargé du logement (CSTB) avec l'appui d'un réseau d'acteurs locaux d'Outre-mer.

Membres de l'équipe technique du CSTB :

- Philippe LEBLOND
- Réda OUSSENNAN
- Ayman EL HAJ
- Duc Toan PHAM

SOMMAIRE

5	1. INTRODUCTION
5	2. CHOIX DES MATÉRIAUX
5	2.1 Profilés métalliques
5	2.2 Couverture
5	2.3 Assemblages métalliques
9	3. DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES
9	3.1 Dimensions des éléments de charpente
10	3.2 Conception des contreventements
10	3.3 Assemblages
12	4. ENTRETIEN ET STOCKAGE
12	4.1 Entretien et inspection
13	4.2 Stockage

1. Introduction

Cette fiche fournit des indications de mise en œuvre **des charpentes métalliques**. Elle présente les points singuliers qui ont une influence directe sur la résistance de la charpente face aux effets du vent. Les détails de mise en œuvre vis-à-vis des autres exigences d'une charpente métallique ne sont pas traités.

Chaque fiche contient :

- des préconisations sur les matériaux à employer ;
- des méthodes de mise en œuvre directement applicables ;
- des rappels relatifs à l'entretien et au stockage des éléments.

Une *fiche introductive* explicite le domaine d'application et les hypothèses de calcul retenus pour l'ensemble des fiches thématiques.

L'utilisation de la présente *fiche thématique* exige par ailleurs le respect des règles de conception, de calcul et de réalisation en situation courante (et en situation sismique pour les territoires concernés) dont l'application est précisée dans les textes réglementaires, normatifs et d'évaluation (Eurocodes, DTU, Avis Techniques...).

2. Choix des matériaux

Le choix des matériaux et des produits de construction revêt une importance cruciale pour la sécurité et la durabilité des bâtiments. Les performances sont spécifiées par le fabricant conformément au marquage CE et sont directement affichées sur le produit lui-même ou sur l'étiquette qui l'accompagne.

2.1 Profilés métalliques

En raison de l'influence de l'environnement fortement humide, les éléments de structures et les assemblages sont protégés à la corrosion par une couche de peinture primaire, ou par galvanisation ou par l'utilisation d'acier inoxydable.

Les nuances d'aciers sont les nuances S275 et S355 (NF EN 10025-2). La protection contre la corrosion est prise égale à Z350 minimum¹ (NF EN 10143).

NOTE

Un fabricant peut proposer des nuances d'acier et des types de protection différents. Il est alors nécessaire d'appliquer ses prescriptions d'utilisation adaptées au matériau mis sur le marché.

2.2 Couverture

La couverture est constituée de plaques métalliques ondulées ou nervurées (se référer à la fiche *Couverture en toiture*).

2.3 Assemblages métalliques

La résistance à la corrosion doit être comparable à celle spécifiée pour les éléments fixés.

■ Boulons SB pour application non précontrainte

Boulons de diamètre compris entre 12 mm et 36 mm.

Normes de référence : NF EN 15048-1 + NF EN ISO 4032 pour les écrous.

Revêtement de protection :

- électrozingué (voir EN ISO 4042 et EN ISO 2081) ;
- galvanisé à chaud (voir EN ISO 10684).

¹ En front de mer, se rapprocher du fabricant.

NOTE 1

Les boulons conformes à la NF EN 14399-1 (HR et HV) peuvent être utilisés pour des applications non précontraintes.

NOTE 2

Pour les boulons ordinaires non conformes à la norme NF EN 15048, les exigences de qualité doivent être respectées :

- vis et écrous doivent être issus du même fabricant ;
- conformité aux normes NF EN ISO 898-1 et NF EN ISO 898-2 ;
- pour les boulons soumis à la traction, la compatibilité vis/écrous est testée par des essais équivalents à ceux de la norme NF EN 15048.

■ Boulons pour application non précontrainte

Boulons de diamètre inférieur à 12 mm.

Normes de référence : EN ISO 898-1 + EN ISO 898-2 et EN ISO 4032 pour les écrous.

Revêtement de protection : voir EN ISO 10684.

■ Boulons pour précontrainte

Revêtement de protection : galvanisé à chaud (voir EN ISO 14399-1).

La méthode de serrage doit être compatible avec la classe K du boulon, issue du complément national à la NF EN 1090-2 (NF P 22-101-2-CN).

La méthode du couple, actuellement la plus utilisée en France, est recommandée pour les boulons HR de classe K2.

Les clés dynamométriques doivent faire l'objet d'un réétalonnage annuel, selon la procédure de la NF EN ISO 6789, et les résultats doivent être enregistrés.

La méthode combinée est adaptée aux classes K2 et K1.

La méthode HRC est adaptée aux boulons de type HRC de forme spécifique.

La méthode avec rondelles indicatrices de précontrainte est adaptée aux trois classes K0, K1 et K2.

- boulons pour précontrainte – Système HR

Normes de référence : EN 14399-3

- boulons pour précontrainte – Système HV

Normes de référence : EN 14399-4

- boulons pour précontrainte – Système HRC

Normes de référence : EN 14399-10



■ Rondelles pour boulons aptes à la précontrainte – Rondelles plates

Normes de référence : EN 14399-5.

■ Rondelles pour boulons aptes à la précontrainte – Rondelles plates chanfreinées

Normes de référence : EN 14399-6.

■ Rondelles plates

Normes de référence :

- EN ISO 7089 pour série normale – Grade A
- EN ISO 7091 pour série normale – Grade C
- EN ISO 7092 pour série étroite – Grade A
- EN ISO 7093 pour série large – Grade A
- EN ISO 7094 pour série très large – Grade C

Pour les boulons non précontraints, les rondelles sont demandées dans les cas suivants :

- Trous oblongs ou surdimensionnés ;
- Assemblages à recouvrement comportant une seule rangée de boulons ;

- Finition par revêtement épais :
 - rondelles plates d'épaisseur d'au moins 4 mm ;
 - rondelles biaises lorsque l'inclinaison entre la surface de la tôle et le plan perpendiculaire à l'axe de la vis dépasse :
 - 1/20 (3°) pour les vis de diamètre $d \leq 20$ mm ;
 - 1/30 (2°) pour les vis de diamètre $d > 20$ mm.

■ Rondelles plates chanfreinées

Normes de référence : EN ISO 7090



■ Rondelles biaises

Normes de référence : NF E 27-681

■ Tiges filetées en acier

Normes de référence :

- NF E 25-136 pour grade A ou B
- EN ISO 4032 + EN ISO 4033 pour les écrous pour tiges filetées

Caractéristiques mécaniques selon EN ISO 898-1.

■ Vis autoperceuses avec filetage de vis à tête

Normes de référence :

- EN ISO 15480 pour les vis à tête hexagonale à embase plate
- EN ISO 15481 pour les vis à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme
- EN ISO 15482 pour les vis à tête fraisée à empreinte cruciforme
- EN ISO 15483 pour les vis à tête fraisée bombée à empreinte cruciforme

Caractéristiques mécaniques selon ISO 10666.

■ Boulons et tiges d'ancrage

- tiges conformes aux normes d'aciers de construction soudables (NF EN 10025 parties 1 à 6) ;
- tiges de qualité boulonnerie (NF EN 15048 ou NF EN 14399) ;
- tiges filetées conformes à la norme NF EN 25-136 (pour les tiges droites avec plaques).

Exemples de tiges d'ancrage utilisées en pied de poteau, ainsi que les dispositions constructives de pliage et d'épaisseur de plaque (recommandations CNC2M).

Tige	Crochet	Avec plaque d'ancrage
Géométrie		
Dispositions constructives	$r^3 \geq 3d$ $1,5d \leq l \leq 2d$	$t_r^3 \geq 0,3r_r$

Tableau 1 : Exemple de dimensions des tiges d'ancrage

Les tiges d'ancrage ont les capacités suivantes :

Diamètre de la tige d'ancrage (mm)	Capacité des tiges d'ancrage travaillant en cisaillement (kg)	Capacité des tiges d'ancrage travaillant en traction (kg)
8	3220	4530
10	5030	7070
12	7240	10180
16	12870	18100

Tableau 2 : Exemple de capacités des tiges d'ancrage

NOTE 1

Pour la conception et le dimensionnement des pieds de poteaux et des tiges d'ancrage, voir les recommandations de la CNC2M pour le calcul des assemblages selon la NF EN 1993-1-8.

NOTE 2

Il est rappelé que la NF EN 1993-1-8 restreint à 300 N/mm² la limite d'élasticité nominale dans le cas de crochets à angle droit.

■ Dispositifs de blocage

Écrous auto freinés ou autres types de boulons empêchant efficacement tout desserrage de l'assemblage en cas d'impact ou de vibration importante, selon les normes suivantes :

Type d'écrous auto-freinés	Norme de référence	Type d'écrous auto-freinés	Norme de référence
Écrous auto-freinés en acier 	EN ISO 2320	Écrous hexagonaux bas auto-freinés (à anneau non métallique) 	EN ISO 10511
Écrous hexagonaux normaux auto-freinés (à anneau non métallique) Classes de qualité 5, 8 et 10 	EN ISO 7040	Écrous hexagonaux normaux auto-freinés (à anneau non métallique) à filetage métrique à pas fin. 	EN ISO 10512
Écrous hexagonaux hauts auto-freinés tout métal Classes de qualité 5, 8 et 10 	EN ISO 7042	Classes de qualité 6, 8 et 10	
Écrous hexagonaux auto-freinés tout métal Classes de qualité 5, 8 et 10 	EN ISO 7719	Écrous hexagonaux auto-freinés tout métal à filetage métrique à pas fin Classes de qualité 8, 10 et 12 	EN ISO 10513
Écrous à créneau (« PAL ») 	DIN 7967 (hors EN 1090-2)		

Tableau 3 : Exemple de dispositifs de blocage

3. Dispositions constructives

La disposition des pannes est conditionnée par le calepinage de la couverture. Les éléments de couverture étant disposés de manière à ce que les ondulations soient perpendiculaires à la ligne de faîtiage, les pannes supportant la couverture sont disposées parallèlement à la ligne de faîtiage.

Les pannes sont soit supportées directement par des murs pleins soit supportées par des poutres composant un arbalétrier.

3.1 Dimensions des éléments de charpente

Dans cette fiche, les charpentes ont une longueur maximale de 10 m et une largeur maximale de 10 m. Elles sont à 2 ou 4 versants. La pente des versants varie entre $8,5^\circ$ et 30° .

Dans le cas de pannes supportées par des fermes métalliques, les caractéristiques principales sont les suivantes :

- Les fermes ont une portée maximale de 10 m et sont espacées de 3 m maximum.
- Les pannes sont en profilés minces formés à froid ou des poutrelles laminées à chaud (de type IPE).
- Le dimensionnement des pannes est à réaliser selon la NF EN 1993-1-1 et son AN pour les pannes laminées à chaud et la NF EN 1993-1-3 et son AN pour les pannes en profilés minces formés à froid.

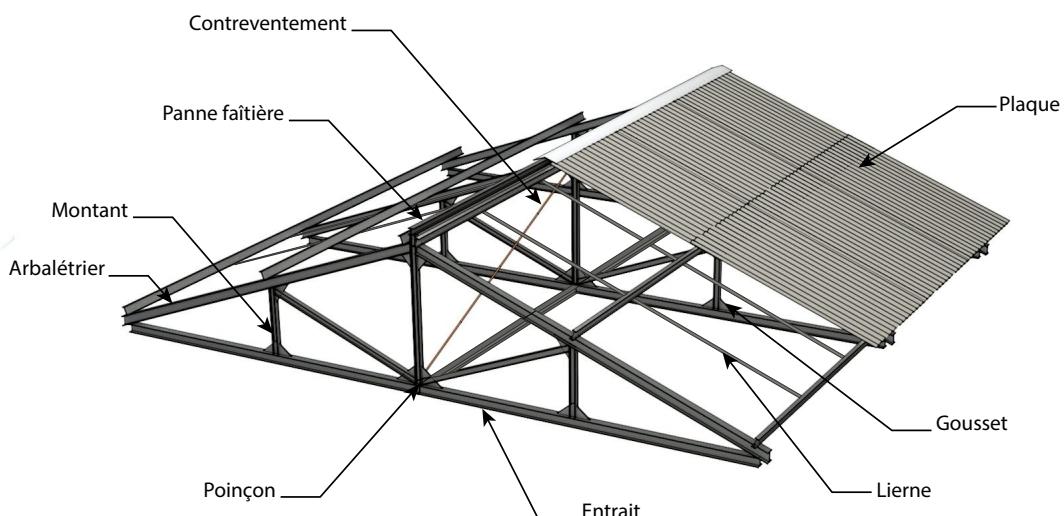


Figure 1 : Exemple de pannes sur arbalétrier

Dans cette fiche, pour les pannes en profilés minces formés à froid, la section des pannes est au minimum profilé Cé 180/20 ($h = 181$; $b = 71$; $c = 21$; $e = 2$; $t1 = 3$) (mm). La portée maximale des pannes est de 3 m.

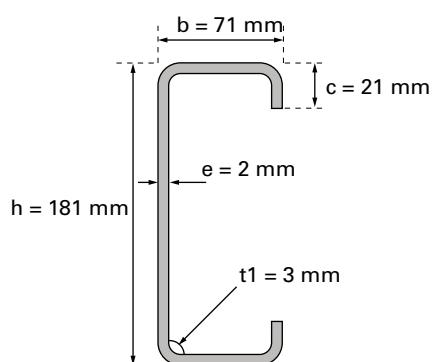


Figure 2 : Exemple d'une section des pannes en profilés métalliques minces de forme en C

Les pannes sont espacées de 0,6 m maximum. L'espacement est réduit à 0,4 m maximum pour les 4 premières pannes aux extrémités des versants de la toiture.

3.2 Conception des contreventements

La charpente est stabilisée dans le plan horizontal par la mise en œuvre d'une triangulation en croix de Saint-André dans le plan de la toiture.

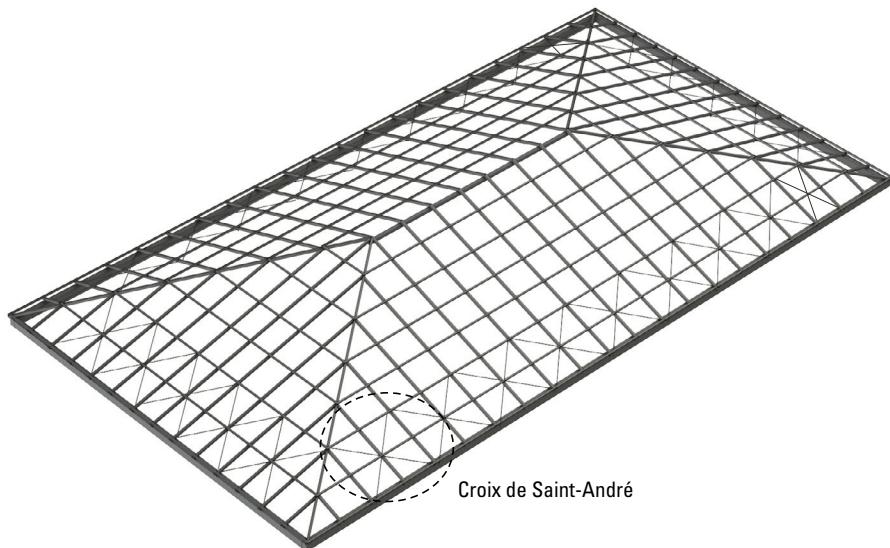


Figure 3 : Exemple de triangulation en croix de Saint-André

3.3 Assemblages

Les assemblages des éléments principaux sont boulonnés ou soudés (non vissés).

Les assemblages boulonnés sont réalisés avec des boulons précontraints à haute résistance et à serrage contrôlé. Chaque assemblage comporte au moins deux boulons, de diamètre 8 mm minimum.

Les soudures sont continues. Elles ne sont pas utilisées sur des éléments ayant une épaisseur supérieure à 25 mm ou sur des pièces bridées.

■ Assemblages entre éléments de charpente en acier

Les pannes sont fixées avec un jeu d'environ 10 mm par rapport aux fermes à l'aide d'échantignoles en acier à haute limite élastique, galvanisées à chaud, pour éviter la compression locale de l'âme. Les échantignoles sont fixées aux fermes par boulonnage ou soudage, tandis que les pannes sont fixées aux échantignoles par boulonnage.

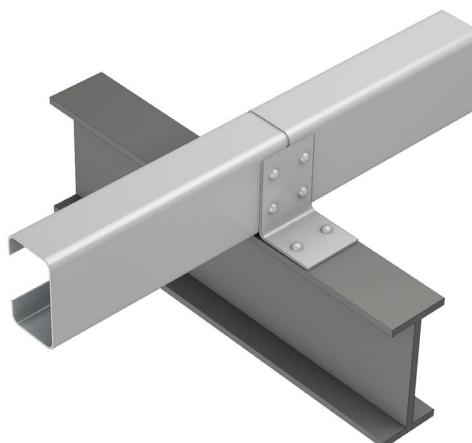


Figure 4 : Exemple de fixation des pannes aux fermes (sur l'arbalétrier)

La jonction des pannes en cours de portée est à éviter. Cette jonction est réalisée sur des appuis à l'aide d'une éclisse en profilés minces formés à froid d'une épaisseur de 4 mm minimum. La longueur de l'éclissage de part et d'autre de l'appui est de 25 cm minimum.

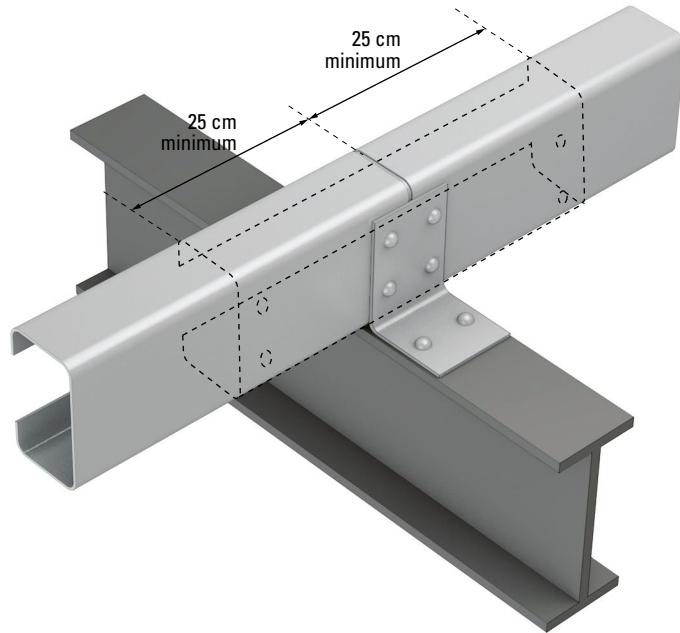


Figure 5 : Exemple d'une éclisse glissée dans les profilés

Le maintien latéral des pannes est assuré par des liernes (comportant deux plats en acier aux extrémités) associées à des diagonales, ainsi que par des plaques métalliques de couverture suffisamment rigides. Les liernes sont installées perpendiculairement aux pannes, avec un espacement maximal d'un mètre entre deux liernes ou entre une lierne et la ferme.

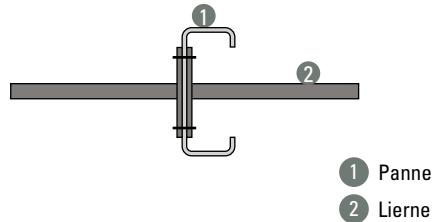


Figure 6 : Exemple de liaison entre des pannes et des liernes comportant des plats métalliques aux extrémités

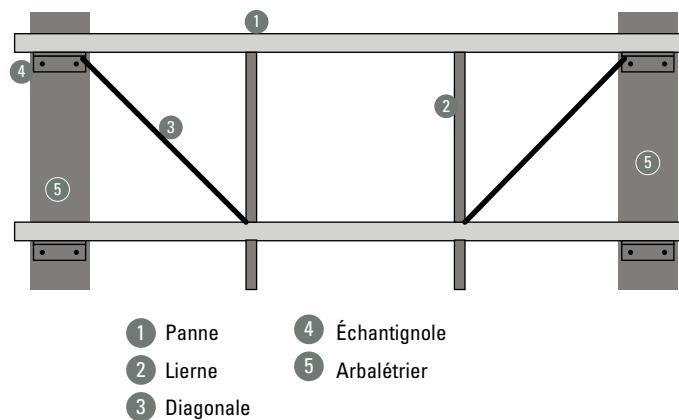


Figure 7 : Exemple de diagonales (extrait de vue d'un versant)

■ Assemblage entre charpente et structure en béton armé ou chaînage de maçonnerie

L'ancrage de la charpente métallique à la structure porteuse est effectué au minimum jusqu'au lit inférieur des armatures du chaînage sur lequel l'arbalétrier est appuyé.

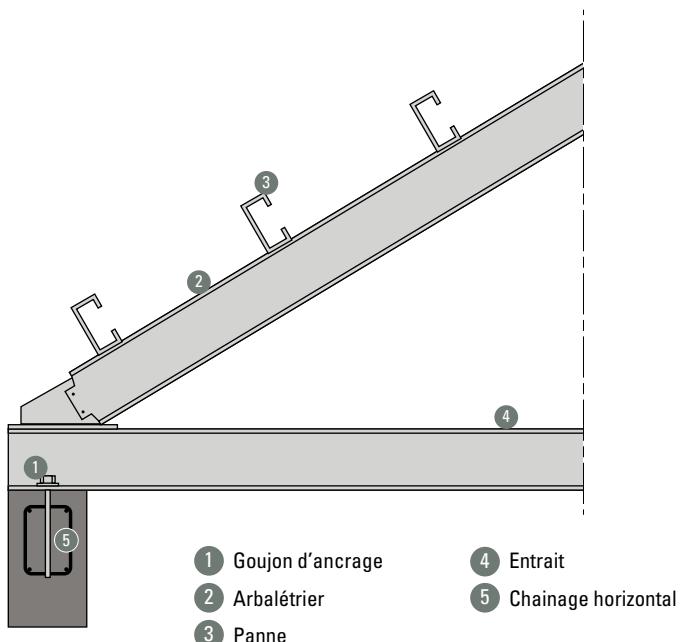


Figure 8 : Exemple d'ancrage de la charpente dans le béton par goujon d'ancrage

4. Entretien et stockage

4.1 Entretien et inspection



Entretien une fois par an à l'approche de la saison cyclonique

Un rinçage à l'eau claire ou à l'aide de produits adaptés à pH neutre est à prévoir principalement sur les parties d'ouvrages qui ne sont pas rincées naturellement par la pluie. Les produits à base de solvants et les produits chlorés sont proscrits.

L'entretien annuel est accompagné d'une **inspection visuelle** des fixations et des surfaces de charpente visibles. L'objectif est de vérifier que les éléments ne présentent pas de départ de corrosion, de déformation ou de défaut de fixation.



Inspection complète² de la charpente métallique tous les 3 ans et à la suite d'un cyclone

Une inspection est réalisée pour s'assurer qu'il n'y a pas de dégradation prématuée :

- Vérifier que les éléments en acier ne présentent pas de trace de corrosion et de dégradation, surtout dans les parties les plus humides (assemblages avec plusieurs pièces d'acier en contact, etc.).
- Vérifier que les éléments métalliques ne présentent pas de désordres importants (déformations, fissurations).
- Vérifier que les assemblages et fixations ne présentent pas de corrosion.
- Vérifier particulièrement la bonne tenue du contreventement de la charpente.
- S'assurer du bon serrage des assemblages (serrage des boulons, pas de têtes de vis apparentes).

² Bien que cette vérification ne soit pas réglementaire, les assurances commencent à conditionner le remboursement à la réalisation périodique de cette vérification.

- En cas de problème détecté, ne pas hésiter à changer les fixations, voire l'élément en acier si besoin.
- Dès qu'une corrosion, même limitée, apparaît, il faut immédiatement traiter avec une peinture anticorrosion.

Ces entretiens et inspections périodiques sont consignés dans **un carnet d'entretien** assorti d'un rapport photographique de l'état de la couverture, de la charpente et de la structure avant et après nettoyage. Contrat d'entretien, rapport et factures sont annexés au carnet d'entretien.

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 traitement d'origine doit être réexaminée et le traitement éventuellement adapté à ces nouvelles conditions.

4.2 Stockage

La livraison des marchandises doit garantir l'intégrité des éléments (chocs, déformations, griffures) et assurer une protection contre l'humidité et les intempéries tout au long du transport. Toute anomalie doit être consignée au procès-verbal de réception du transporteur.

Sur chantier, les éléments doivent être empilés et stockés à l'abri de l'humidité (pluie, condensation, etc.). L'idéal est de stocker les éléments inclinés sous un abri ventillé.

Les éléments ne doivent pas être posés directement sur le sol, afin d'éviter les salissures et les reprises d'humidité.

Il est également nécessaire d'avoir des supports adaptés pour éviter les déformations permanentes.

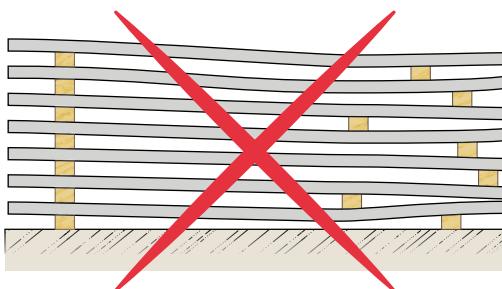
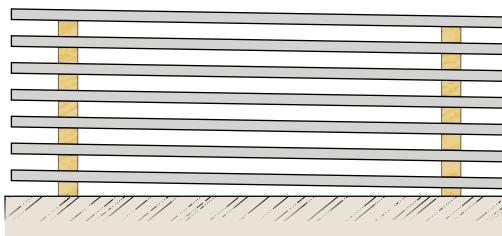


Figure 9 : Exemple de stockage des éléments en acier

