

GUIDE DE CONCEPTION DES OUVRAGES BOIS EXPOSES AUX INTEMPERIES

« AUGMENTATION DE LA DUREE DE VIE »

Réalisé par :



Financé par :



Maîtrise d'ouvrage

CODIFAB

Comité Professionnel de Développement des Industries Françaises de l'Ameublement et du Bois

FBF

Interprofession nationale France Bois Forêt

Maîtrise d'œuvre

FCBA

Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement

Comité de Pilotage

Sabine Boury, Eva Cojean, Mathieu Lambert, Ambre Le Ferrec, Serge Le Nevé, Amine Lahouar, Jean-Michel Martin, Rodolphe Maufront, Adrien Parquier, Clément Quineau

Autres participants

Nicolas Honoré, Joffrey Leuret, Christophe Lorieau, Thibault Mandallaz, Miguel Petitdemange, François Varacca

OBJET DU GUIDE

L'objectif du présent guide est de développer de façon précise des conceptions types permettant d'améliorer de façon significative la durée de vie des ouvrages cités dans le champ d'application ci-après.

Au-delà de l'attention à porter à la partie courante des différents éléments bois, les points singuliers (liaisons, assemblages entre éléments principalement), qui constituent les points névralgiques sur le sujet, sont décrits de façon précise pour faire émerger de nouveaux standards de conception.

L'objectif du présent guide est de faire naître une culture de la conception des ouvrages en bois extérieurs, drainants et à durée de vie augmentée.

CHAMP D'APPLICATION

Le présent guide est destiné aux principaux ouvrages bois extérieurs et exposés aux intempéries, en tout ou partie.

Les principaux ouvrages concernés par ce guide sont des éléments extérieurs :

- de structure
 - Charpente extérieure de loggia (ferme, demi-ferme, poteau)
 - Charpente poteau-poutre
 - Solivages
- de menuiserie
 - Pergolas
 - Garde-corps
 - Clôtures
 - Fenêtres et portes extérieures pour piétons
- de parement
 - Platelage
 - Eléments rapportés en façade

Le guide ne concerne pas, notamment, les constructions à pans de bois (colombages) ou en madriers empilés, le mobilier urbain ...

Par ailleurs d'autres ouvrages bois extérieurs n'ont pas pu être intégrés à ce guide dans un premier temps. Nous citerons par exemple les bardages qui n'ont pas été priorisés du fait de leur faible sinistralité.

Mais quel que soit l'ouvrage bois que l'on conçoit, exposé aux intempéries, la logique de conception développée dans ce guide est préconisée.

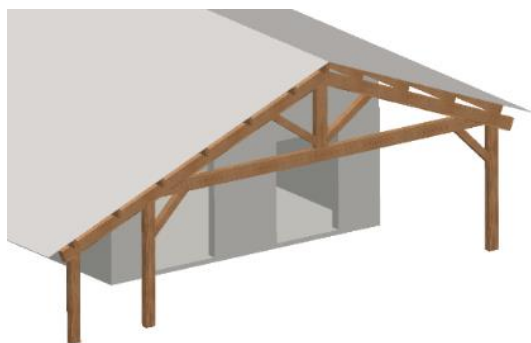
SOMMAIRE

Ce guide s'articule autour de 4 chapitres de la façon suivante :

MAITRISE DE LA DURABILITE *(page 7)*

détails de conceptions pour éléments de

STRUCTURE



Ferme *(page 38)*



Structure poteau poutre *(page 54)*

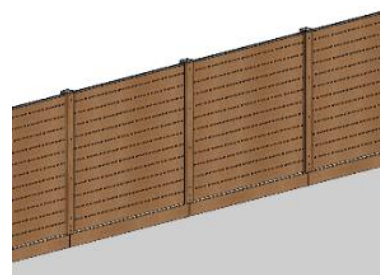
MENUISERIE



Pergola *(page 66)*

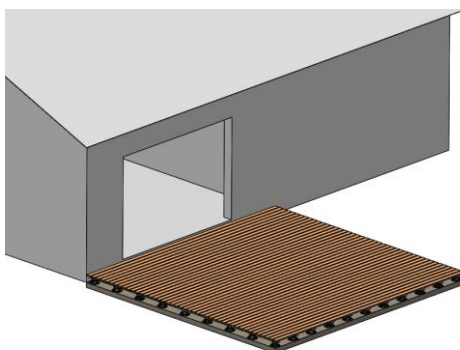


Garde-corps *(page 74)*



Clôture *(page 81)*

PAREMENT



Platelage *(page 87)*

TABLE DES MATIERES

1	Maitrise de la durabilité.....	7
1.1	Rappels essentiels.....	7
1.1.1	Généralités	7
1.1.2	Maîtrise de la durabilité face au risque fongique	9
1.2	Description du FD P 20-651	13
1.2.1	Nature de la conception.....	13
1.2.2	Conditions climatiques d'humidification.....	14
1.2.3	Massivité de l'élément bois.....	14
1.2.4	Identification et affectation de la classe d'emploi	15
1.2.5	Prescription d'une solution bois	19
1.2.6	Retour d'expérience et objectif du présent guide	21
1.3	Durabilité des pièces métalliques : compatibilité bois-métal.....	22
2	Principes de conceptions drainantes des éléments de structure	23
2.1	Référentiels et règles de conception	23
2.1.1	Affectation des parties courantes des éléments bois exposés	23
2.1.2	Impact de l'écoulement longitudinal de l'eau sur la face supérieure	23
2.1.3	Impact de l'écoulement latéral de l'eau sur la face supérieure	23
2.1.4	Impact de l'écoulement vertical de l'eau sur la face latérale.....	24
2.1.5	Extrémité des éléments en bois (bois de bout) exposées.....	24
2.1.6	Extrémités basses (pieds de poteaux) exposées	25
2.1.7	Assemblages exposés.....	25
2.2	Analyse détaillée des prescriptions du NF DTU 31.1 et principes complémentaires..	26
2.2.1	Rappel	26
2.2.2	Principes généraux pour les assemblages.....	26
2.2.3	Affectation du niveau de salubrité des faces en bois de bout	27
2.3	Orientations générales retenues pour les assemblages.....	28
2.3.1	Maîtrise des mouvements du bois, retrait et gonflement.....	28
2.3.2	Définition des rondelles E et EE.....	29
2.3.3	Assemblage bois/bois	31
2.3.4	Assemblage bois/métal	35
2.3.5	Comportement mécanique des assemblages avec espacement	36
2.4	Charpentes extérieures de loggia	38
2.4.1	Description globale	38
2.4.2	Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité	39
2.4.3	Analyse détaillée du cas avec débord de toiture.....	39
2.4.4	Analyse détaillée du cas sans débord de toiture.....	48
2.5	Système poteau-poutre.....	54
2.5.1	Description globale	54
2.5.2	Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité	55

2.5.3	Analyse détaillée.....	55
2.5.4	Description des solutions retenues	57
3	Principes de conceptions drainantes des éléments menuisés	66
3.1	Pergolas	66
3.1.1	Référentiels et règles de conception	66
3.1.2	Description globale	66
3.1.3	Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité	67
3.1.4	Analyse détaillée.....	67
3.2	Garde-corps.....	74
3.2.1	Référentiels et règles de conception	74
3.2.2	Description globale	76
3.2.3	Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité	77
3.2.4	Analyse détaillée.....	77
3.3	Clôtures	81
3.3.1	Référentiels et règles de conception	81
3.3.2	Description globale	81
3.3.3	Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité	81
3.3.4	Analyse détaillée.....	81
3.4	Fenêtres / Portes-fenêtres.....	86
4	Principes de conceptions drainantes des éléments de parements	87
4.1	Platelages.....	87
4.1.1	Référentiels et règles de conception	87
4.1.2	Description globale	87
4.1.3	Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité	88
4.1.4	Analyse détaillée.....	88
4.1.5	Description des solutions retenues	88
4.1.6	Protection contre la corrosion.....	90
4.2	Éléments rapportés en façade.....	90

INTRODUCTION

Un ennemi naturel et omniprésent de la construction bois, partiellement ou pleinement exposée aux intempéries, est la dégradation par les champignons (dégradation fongique), liée à la rétention d'eau des éléments bois.

Ce guide a été réalisé pour apporter des solutions de conception pérennes vis-à-vis des risques de dégradation fongique pour des durées de vie minimales définies. Ces conceptions sont essentiellement basées sur deux principes interdépendants : éviter ou limiter la reprise d'eau et favoriser, maximiser le séchage naturel.

Le premier chapitre donne les rappels essentiels sur les notions de dégradation fongique du matériau bois et synthétise le raisonnement à avoir en conception d'ouvrages en bois pour maîtriser la durabilité face à ce risque fongique. Ce chapitre introduit notamment la notion des classes d'emploi et le fascicule de documentation FD P 20-651, outil développé pour en permettre une affectation optimisée.

Les chapitres suivants (2, 3 et 4) sont dédiés à la présentation détaillée de conceptions d'ouvrages de structure, de menuiserie et de parements, permettant d'atteindre une durée de vie attendue, par le biais de conceptions salubres des parties courantes et des points singuliers.

Par ailleurs, le chapitre (2) introduit des notions de mécanique et de calculs pour la prise en compte de l'impact des solutions drainantes sur le comportement mécanique des assemblages.

1 MAITRISE DE LA DURABILITE

1.1 Rappels essentiels

1.1.1 Généralités

Le bois est un matériau organique naturel biodégradable. Il est susceptible d'être dégradé par les principaux agents biologiques que sont les champignons, les insectes à larves xylophages et les termites.

Ce guide s'attache uniquement à limiter les dégradations d'ordre fongique, dont un exemple est illustré ci-dessous.

Les champignons de dégradation du bois sont de natures diverses (agents de pourritures cubique, fibreuse, molle), ils ne sont pas développés spécifiquement dans ce guide.

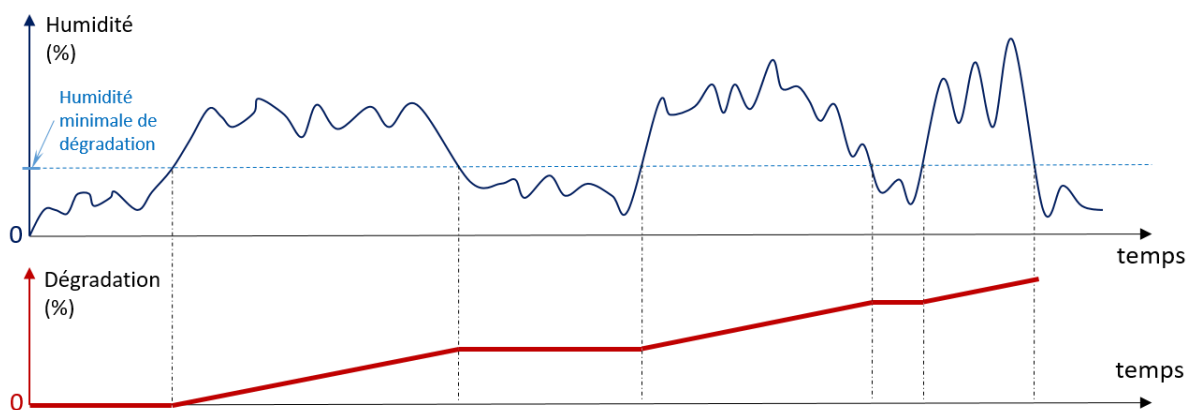




Il y a des spores de champignons partout.

De ce fait, le développement de champignons est systématique dès lors que l'humidité du bois est suffisamment élevée et maintenue un certain temps.

Toute dégradation qui a démarré sera stoppée si l'humidité du bois diminue assez. En revanche si celle-ci remonte la dégradation reprendra là où elle s'était arrêtée. Le dessin ci-dessous illustre ce phénomène.

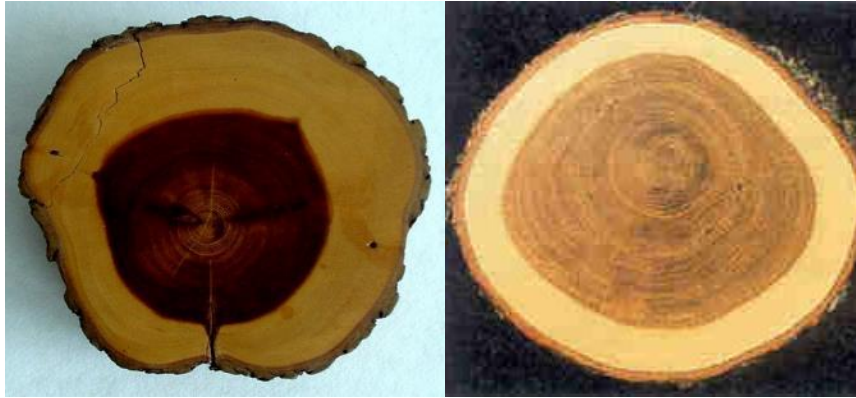


Note : Le dessin précédent illustre seulement l'effet de l'eau, prépondérant. La température joue également un rôle dans le développement et la vitesse de dégradation.

La dégradation du bois par le(s) champignon(s) conduit à une perte de quantité de matière et par conséquent à une chute de la capacité résistante de la pièce de bois attaquée.

La maîtrise de la durabilité biologique est une caractéristique essentielle de l'acte de concevoir dans un objectif de contrôle de la durée de vie de l'ouvrage et de maintien de la sécurité.

Chaque essence de bois possède sa résistance propre face aux champignons, on parle de **durabilité naturelle intrinsèque**. Il faut noter que cette notion de **durabilité naturelle concerne uniquement le duramen du bois, l'aubier est considéré comme non durable**. Il est possible d'améliorer la durabilité d'une essence au moyen de traitements appropriés, on parle alors de durabilité conférée. Cette durabilité conférée concerne très majoritairement les aubiers.



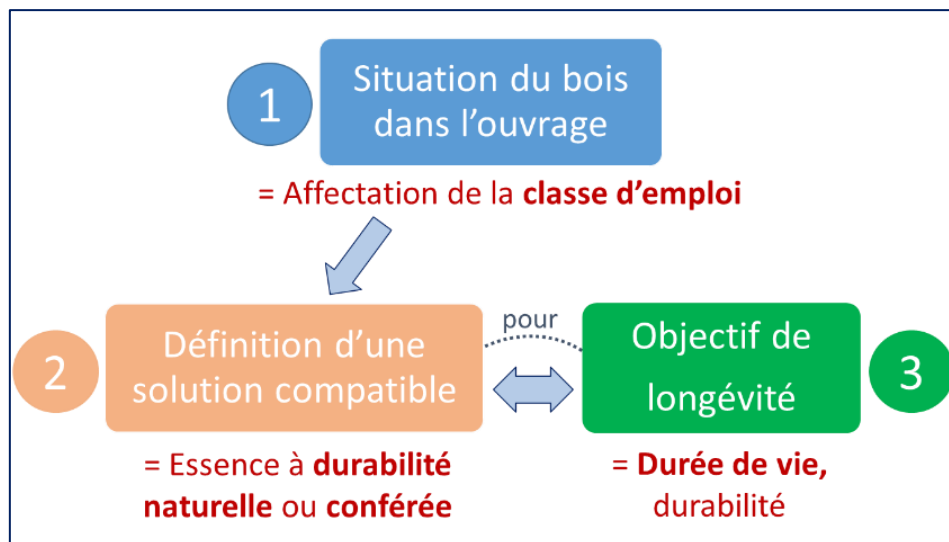
Aubier (couronne extérieure plus claire) et Duramen (noyau central plus sombre)

Les propriétés de durabilité naturelle des essences sont données dans la norme NF EN 350.

Les spécifications concernant la durabilité conférée par traitement de préservation sont données dans la norme NF B 50 105-3.

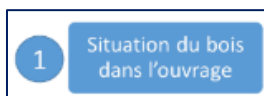
1.1.2 Maîtrise de la durabilité face au risque fongique

Le raisonnement de la conception d'ouvrages en bois pour maîtriser la durabilité face au risque fongique est le suivant :



Maîtrise de la durabilité vis-à-vis du risque fongique

Le raisonnement à avoir s'articule donc autour de 3 points majeurs en deux étapes/phases :



Le point ① constitue en grande partie l'objet de ce guide. L'affectation de la **classe d'emploi** est l'hypothèse majeure de conception. Elle correspond à **identifier la situation de l'élément bois (dans sa totalité !) dans l'ouvrage par rapport à la fréquence et au niveau d'humidification au cours de la vie en œuvre.**

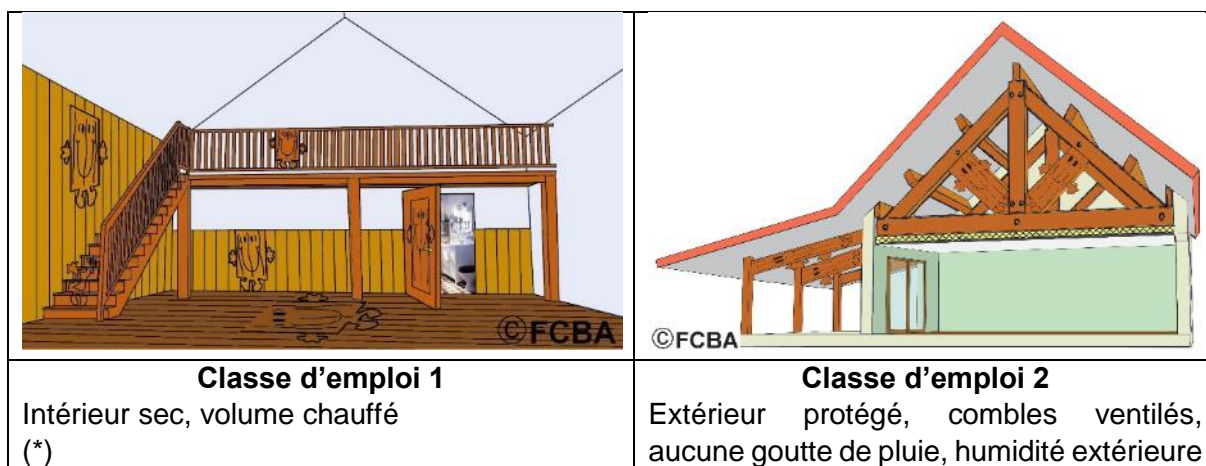
Les classes d'emplois sont définies dans la norme NF EN 335, et sont classées de 1 à 5, d'une situation en intérieur chauffé à un positionnement immergé dans l'eau de mer. Elles sont définies comme suit :

- **Classe d'emploi 1** : Situations dans lesquelles le bois ou le matériau à base de bois est utilisé à l'intérieur d'une construction, non exposé aux intempéries et à l'humidification.
- **Classe d'emploi 2** : Situations dans lesquelles le bois ou le matériau à base de bois est sous abri et non exposé aux intempéries (en particulier la pluie et la pluie battante) mais où il peut être soumis à une humidification occasionnelle mais non persistante.
- **Classe d'emploi 3** : Situations dans lesquelles le bois ou le matériau à base de bois est au-dessus du sol et est exposé aux intempéries (en particulier à la pluie).


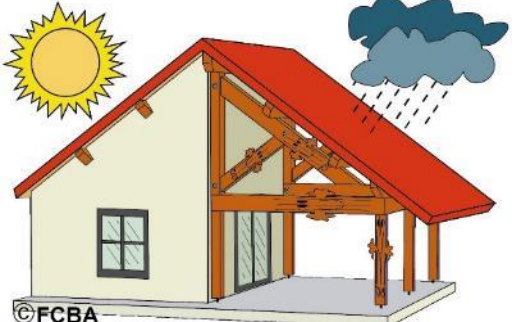
Les situations d'exposition peuvent être différentes et la classe d'emploi 3 peut être subdivisée en 2 catégories :

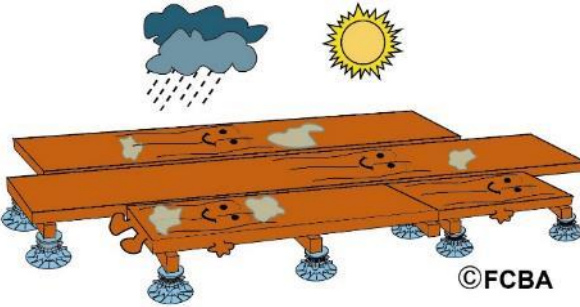
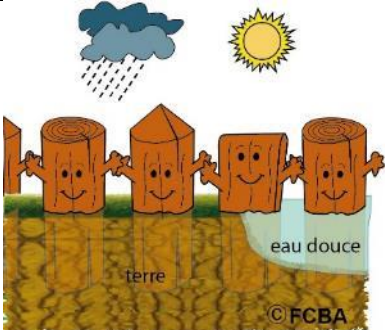
- ✓ **Classe d'emploi 3.1** : Dans cette situation les produits en bois et à base de bois ne resteront pas humides pendant de longues périodes. L'eau ne s'accumulera pas.
- ✓ **Classe d'emploi 3.2** : Dans cette situation les produits en bois et à base de bois resteront humides pendant de longues périodes. L'eau peut s'accumuler.
- **Classe d'emploi 4** : Situation dans laquelle le bois ou le matériau à base de bois est en contact direct avec le sol et/ou l'eau douce.
- **Classe d'emploi 5** : Situation dans laquelle le bois ou le matériau à base de bois est immergé dans l'eau salée (eau de mer ou eau saumâtre) de manière régulière ou permanente.

De façon simpliste, on pourrait les représenter comme suit :



(*) : Dans l'hypothèse de locaux à faible ou moyenne hygrométrie (Annexe B de NF DTU 31.2)

	
<p align="center">Classe d'emploi 3.1</p> <p>Extérieur, surface exposée verticale et de conception drainante, faible massivité des bois</p>	<p align="center">Classe d'emploi 3.2</p> <p>Extérieur, exposition à l'eau (pignon non protégé), conception non drainante, forte massivité des bois</p>

	
<p align="center">Classe d'emploi 4 (hors sol)</p> <p>Extérieur, surface exposée horizontale, conception piègeante, toute massivité</p>	<p align="center">Classe d'emploi 4</p> <p>Extérieur, contact direct avec le sol et/ou l'eau douce</p>

Pour concevoir un ouvrage bois extérieur, ces seules définitions et représentations simplifiées, comme outils d'affectation de la classe d'emploi, sont insuffisantes pour atteindre l'objectif de durée de vie. Ce manque a conduit à l'émergence d'un nouvel outil pour la filière bois (FD P 20-651 présenté au § 1.2) et à des compléments d'informations et de détails dans les différentes normes NF DTU.

Une grande attention doit alors être portée aux points singuliers, tels que les assemblages et les extrémités des éléments, qui vont généralement occasionner plus de reprise et/ou rétention d'eau qu'en partie courante. **L'affectation globale d'un élément en bois s'effectue en retenant l'exposition constatée la plus pénalisante.** Une zone spécifique sur un élément peut déclasser tout le reste !



Les points ② et ③ sont ensuite directement

dépendants de cette affectation de la classe d'emploi. Cette dernière permet d'effectuer un choix d'essence, naturellement durable ou à durabilité conférée, en fonction d'un objectif de durée de vie pour l'ouvrage concerné.

Les points ② et ③ sont indissociables ! C'est pour un objectif de durée de vie dans une situation de classe d'emploi que telle solution bois peut être prescrite. Et inversement, si la solution bois est figée, la situation de classe d'emploi conduira à telle durée de vie, durée qui devra être satisfaisante selon l'usage. Dans le cas contraire, il y a incompatibilité et nécessité de changer de solution (essence ou traitement) ou de modifier la conception pour changer la classe d'emploi.

Prenons l'exemple d'un piquet (tuteur) de tomates réalisé en peuplier, planté directement dans la terre (situation de classe d'emploi 4). Les conditions d'humidification importante ajoutées au contact direct avec la terre mènent à une solution bois d'une durée de vie de l'ordre de 2 ans. Cette durée est satisfaisante au regard de l'usage et de l'investissement matière. Ce même raisonnement ne peut tenir ni pour un poteau support de ferme d'avancée de toiture ni même pour un poteau de pergola. Les durées de vie attendues seront 5 à 25 fois plus importantes et la solution bois devra être différente.

La durée de vie attendue dépend essentiellement de l'ouvrage considéré.

Les prescriptions de ce guide ont été établies pour permettre d'augmenter les durées de vie généralement constatées sur les différents ouvrages bois exposés aux intempéries, avec des objectifs de longévité jugés cohérents face aux attentes des utilisateurs.

Le tableau suivant synthétise les constats sur l'existant avec les conceptions courantes actuelles ainsi que les objectifs de durée de vie liés à la démarche du guide.

Durées de vie des ouvrages bois exposés aux intempéries	Constat sur l'existant	Objectifs du guide
STRUCTURE	20 à 50 ans	> 50 ans
MENUISERIE PAREMENT	10 à 25 ans	> 30 ans

Les règles de l'art de la réalisation des principaux ouvrages en bois sont cadrées en France par les normes NF DTU, Documents Techniques Unifiés. Ces règles de mise en œuvre et éventuellement de conception traitaient initialement de façon plus ou moins détaillée la maîtrise de la durabilité. Un document spécifique à la durabilité, engrenage entre les 3 points précédents et chapeau à l'ensemble des NF DTU des ouvrages en bois, a été créé à cet effet. Ce document, Fascicule de Documentation FD P 20-651 (Durabilité des éléments et ouvrages en bois) est résumé dans le chapitre suivant. Tous les NF DTU se sont depuis mis au diapason de ce fascicule.

1.2 Description du FD P 20-651

Le fascicule FD P 20-651 a donc été réalisé avec pour objectif principal d'aider à l'identification et à l'affectation des classes d'emploi pour fiabiliser la prescription des essences de bois en fonction des durabilités requises avec un objectif de durée de vie.

L'identification de la classe d'emploi repose essentiellement sur 3 paramètres

- La nature de la **conception**
- Les conditions climatiques d'**humidification**
- La **massivité** de l'élément bois considéré

Notons qu'un quatrième paramètre influent très important est abordé dans le FD P 20-651 : **l'orientation des vents de pluie dominant.**

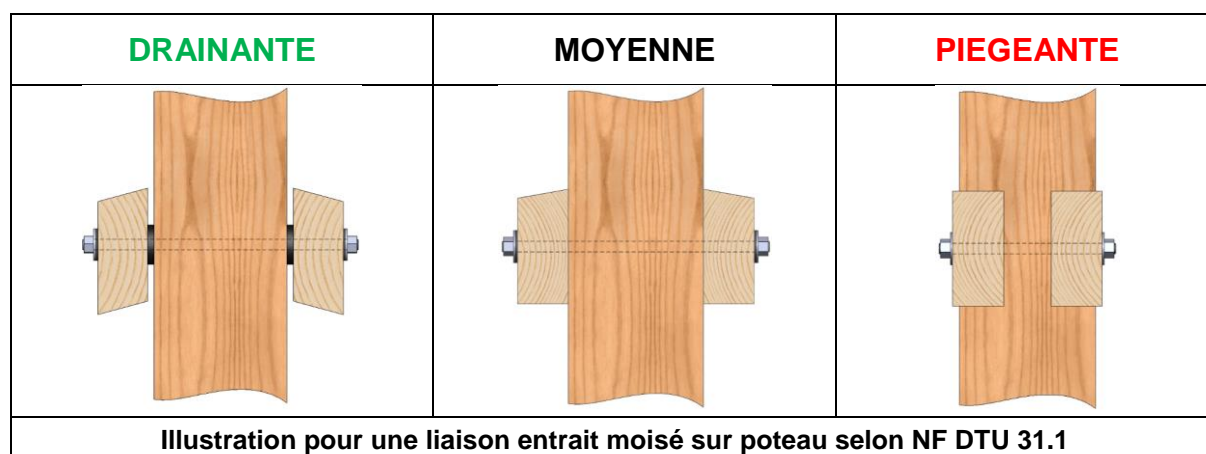
Jusqu'à ce jour, le fascicule s'est basé sur le cas défavorable de la façade la plus exposée pour neutraliser ce paramètre. Une optimisation de la démarche dans le cadre des façades protégées des vents de pluie dominants est envisageable. A cet effet, des éléments sont fournis au § 1.2.4.3.

1.2.1 Nature de la conception

Ce paramètre est défini par les NF DTU lorsque les ouvrages sont couverts par un DTU.

Ce paramètre rend compte de l'influence des détails de conception sur les conditions d'écoulement (drainage) et de désorption (assèchement de l'élément bois) de l'eau de pluie.

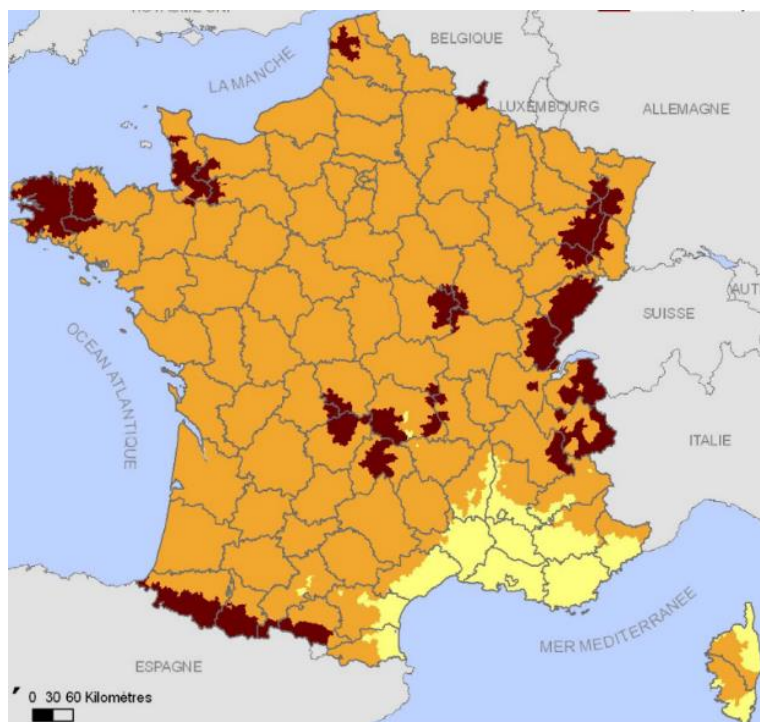
Trois niveaux de conception sont définis :



Ce paramètre permet un écoulement (drainage) de l'eau et une reprise d'eau / un assèchement de la pièce de bois plus ou moins efficaces, importants. C'est le maintien de l'humidité au sein du bois qui permet le développement fongique et la dégradation qui en résulte. Toute reprise inévitable d'humidité doit être évacuée par un assèchement naturel optimisé dès que l'apport d'eau liquide cesse.

1.2.2 Conditions climatiques d'humidification

Ce paramètre rend compte de l'exposition à la pluie et est directement lié au nombre de jours moyen par an (**N**) où les précipitations sont supérieures à 1 mm. Sur cette base trois niveaux représentatifs du territoire métropolitain sont définis :



	Sec N < 100 jours
	Modéré 100 ≤ N < 150
	Humide N ≥ 150 jours

Pour les zones limitrophes, définir de façon précise le niveau d'exposition se fera en confrontant l'adresse du chantier à la liste des cantons fournie par le FD P 20-651.

Source FD P20-651, Figure 1

1.2.3 Massivité de l'élément bois

Ce paramètre rend compte du volume de bois concerné par les cycles d'humidification / séchage. Plus un bois est massif (en volume) plus sa capacité de séchage (désorption) est limitée. La massivité est ici simplifiée en ne considérant que l'épaisseur (**e**) de la pièce (plus petite dimension de la section).

Trois catégories de massivité sont définies (Faible, Moyenne et Forte) selon l'épaisseur.

Chaque catégorie est liée à une épaisseur dépendante du type de produit bois (Bois Massif, Bois Massif Abouté, Bois Lamellé Collé, Bois Massif Reconstitué), tel que résumé dans le tableau suivant.

Massivité	Bois massif, BMA	BLC avec épaisseur des lamelles > 35 mm, BMR	BLC avec épaisseur des lamelles ≤ 35 mm
Faible	e ≤ 28 mm		e ≤ 28 mm
Moyenne	28 mm < e ≤ 75 mm	e ≤ 150 mm	28 mm < e ≤ 210 mm
Forte	75 mm < e	150 mm < e	210 mm < e

Tableau 1 : Relation entre massivité et épaisseur (source FD P 20-651, Tableau 1)

1.2.4 Identification et affectation de la classe d'emploi

Pour les bois situés à l'extérieur, sans contact avec le sol ou au voisinage immédiat (< 20 cm), une dernière distinction est à réaliser pour affecter la classe d'emploi, en considérant l'exposition, pleine ou partielle.

1.2.4.1 Précision des règles d'interprétation des expositions du FD P 20-651

Le fascicule FD P 20-651 introduit les notions d'exposition partielle, de pleine exposition et de zone protégée qui ont un impact direct sur l'affectation de la classe d'emploi.

- **Exposition partielle**

Cette exposition correspond à des éléments bois, notamment intégrés en façade des bâtiments, qui vont se situer en retrait (même léger) du point de vue de la verticalité d'une protection étanche à l'eau de pluie (couverture, ...).

Les règles d'affectation pour les éléments bois concernés par cette exposition sont définies dans le tableau 2.

- **Pleine exposition**

Cette exposition, en revanche, correspond aux éléments bois qui vont être exposés à la pluie directement car au-delà de cette protection.

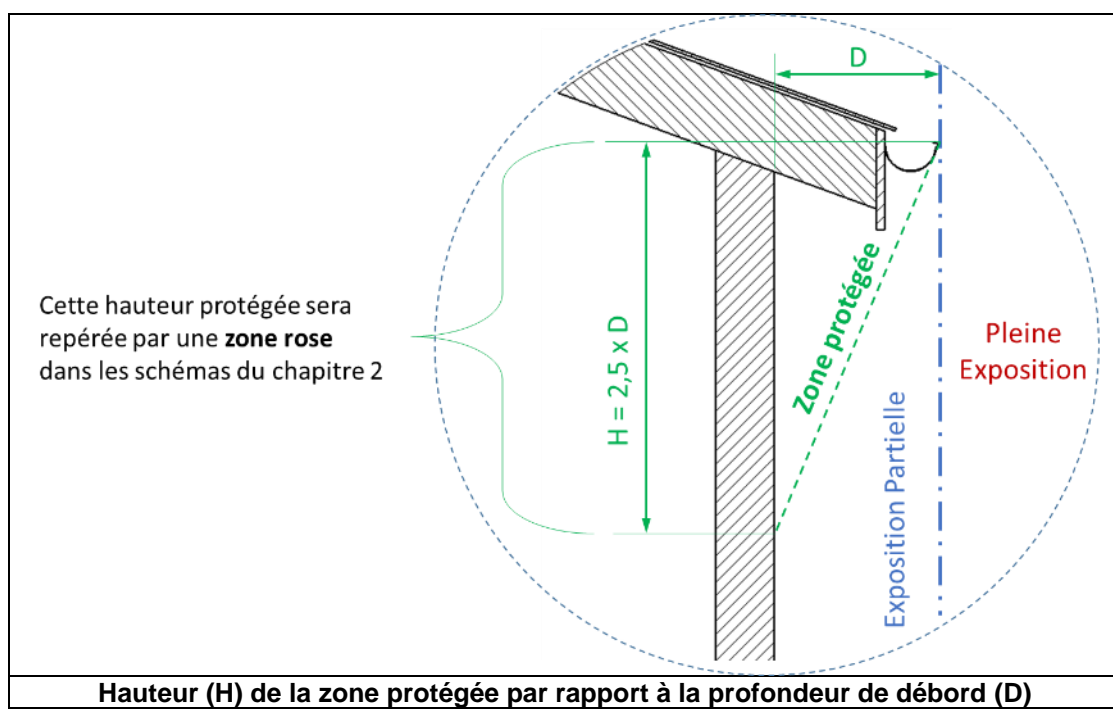
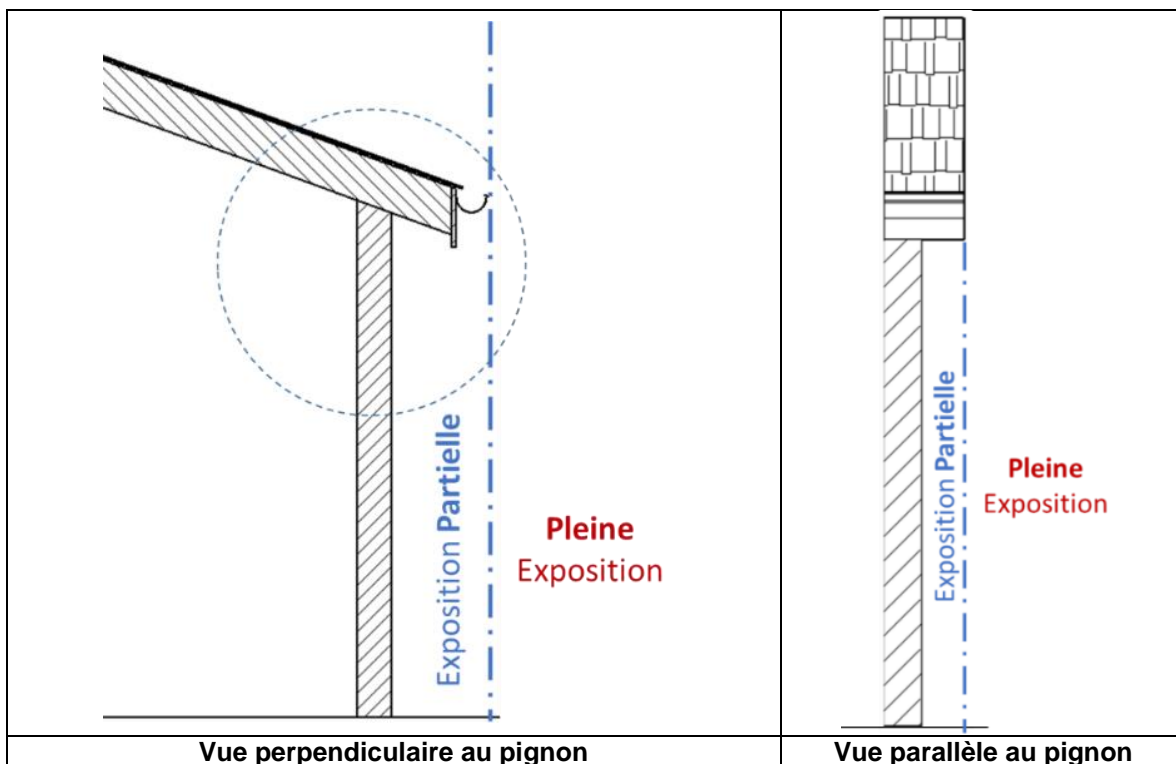
Les règles d'affectation pour les éléments bois concernés par cette exposition sont définies dans le tableau 3.

- **Zone protégée**

Les éléments situés au-dessus et en débord d'une zone peuvent dans une certaine limite constituer une protection vis-à-vis de la pluie (débords de toiture, ...). La hauteur de la zone protégée (H) est directement liée à la profondeur de ce débord (D).

Tout élément bois entièrement situé dans une zone protégée peut être affecté en classe d'emploi 2.

Les schémas de la page suivante illustrent ces 3 notions.



1.2.4.2 Affectation de la classe d'emploi

L'affectation de la classe d'emploi s'effectue alors sur la base des critères définis ci-dessus et selon le tableau qui convient en fonction de l'exposition, pleine ou partielle.

Affectation en cas d' Exposition Partielle				
Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODERE	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Faible	Drainante	3.1	3.1	3.1
	Moyenne	3.1	3.1	3.2
	Piégeante	3.1	3.2	3.2
Moyenne	Drainante	3.1	3.1	3.2
	Moyenne	3.1	3.1	3.2
	Piégeante	3.1	3.2	4
Forte	Drainante	3.1	3.1	3.2
	Moyenne	3.1	3.2	3.2
	Piégeante	3.2	3.2	4

Tableau 2 : Exposition partielle (source FD P 20-651, Tableau 2)

Affectation en cas de Pleine Exposition				
Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODERE	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Faible	Drainante	3.1	3.1	3.1
	Moyenne	3.1	3.2	3.2
	Piégeante	3.2	4	4
Moyenne	Drainante	3.1	3.1	3.2
	Moyenne	3.1	3.2	3.2
	Piégeante	3.2	4	4
Forte	Drainante	3.1	3.2	3.2
	Moyenne	3.2	3.2	4
	Piégeante	4	4	4

Tableau 3 : Pleine exposition (source FD P 20-651, Tableau 3)

Note : Le fascicule FD P 20-651, publié en 2011, mentionne les anciennes appellations des classes d'emploi 3.1 et 3.2, sous les noms de 3a et 3b, respectivement. Leur définition est en revanche identique.

1.2.4.3 Vent de pluie dominant

Une optimisation de la prescription d'une solution bois est envisageable en introduisant le quatrième paramètre évoqué, l'orientation du vent de pluie dominant sur le site de l'ouvrage.

A cet effet, le FD P 20-651 fournit une carte indicative des vents de pluie dominants sur le territoire métropolitain.

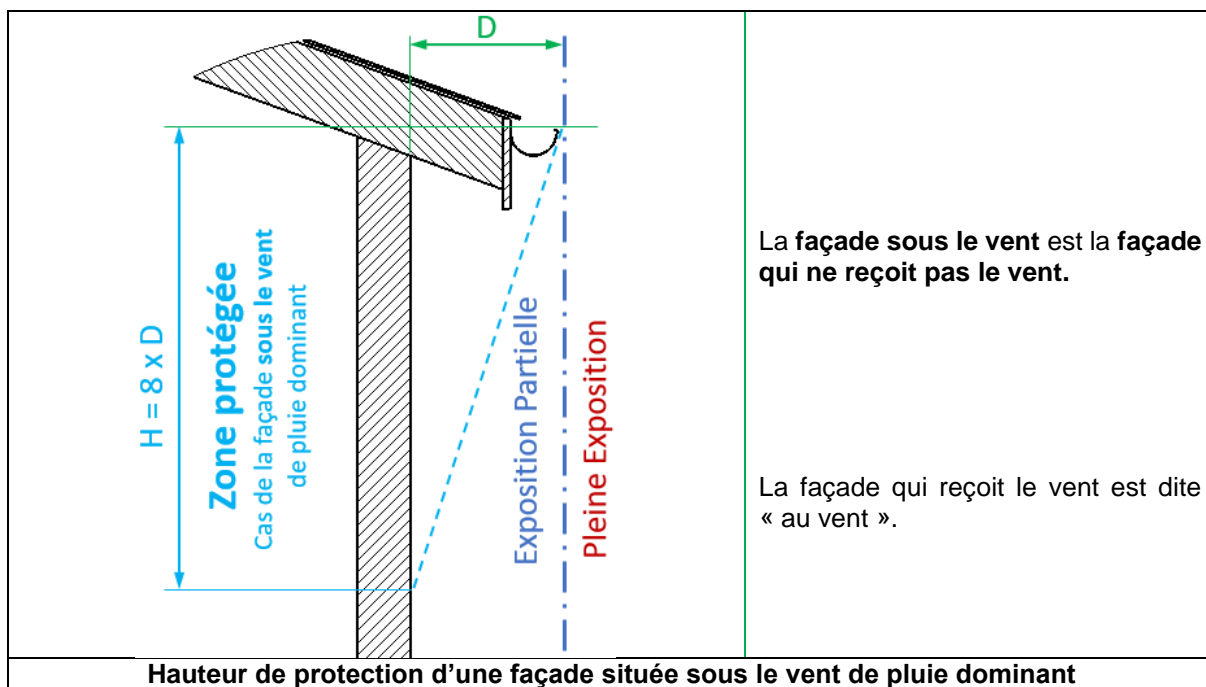


Figure 1 : Carte indicative des vents de pluie dominants – données Météo France de 1994 à 2008 inclus (source FD P 20-651, Figure A.1)

La carte ci-dessus illustre, à partir de roses des vents de pluie sur plus de 90 sites, la distribution des vents de pluie dominants sur ces sites.

Ainsi, pour les façades en situation d'exposition partielle, la hauteur de protection liée à un élément en débord se retrouve augmentée par rapport à la définition précédente (§1.2.4.1).

Le schéma suivant illustre cette nouvelle hauteur et une proposition est faite pour le rapport entre hauteur de protection et débord.



1.2.5 Prescription d'une solution bois

Une fois la classe d'emploi déterminée, la prescription d'une solution bois s'effectue alors selon l'objectif de durée de vie fixée pour l'ouvrage (points ② et ③ du §1.1.2).

Le fascicule FD P 20 -651 introduit à cet effet des tableaux de correspondance entre classe d'emploi, solution bois (durabilité naturelle ou conférée) et appréciation en matière de longévité.

La longévité y est exprimée comme suit :

Longévité	Appréciation
L3	Longévité supérieure à 100 ans
L2	Longévité comprise environ entre 50 ans et 100 ans, pour l'utilisation initialement prévue
L1	Longévité comprise environ entre 10 ans et 50 ans, pour l'utilisation initialement prévue
N	Longévité incertaine, dans tous les cas inférieure à 10 ans ; solutions à ne pas prescrire

Tableau 4 : Longévités selon FD P 20-651

Les tableaux suivants illustrent ces éléments, pour certaines solutions bois en durabilités naturelle (purgée d'aubier) et conférée (par traitement de préservation).

Ils sont un extrait de l'ensemble des éléments présentés dans le FD P 20-651.

Essences de bois <u>purgées d'aubier</u>		Durabilité fongique et Classe d'emploi				
Nom standard	Espèce botanique	1	2	3.1	3.2	4
Châtaignier	<i>Castanea sativa</i>	L3	L3	L3	L2	L1 (1)
Chêne (rouvre et/ou pédonculé)	<i>Quercus petraea</i> <i>Quercus robur</i>	L3	L3	L3	L2	L1 (1)
Chêne rouge d'amérique	<i>Quercus spp.</i>	L3	L2	L1	N	N
Frêne	<i>Fraxinus spp</i>	L3	L2	L1	N	N
Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior L</i>	L3	L2	N	N	N
Hêtre	<i>Fagus sylvatica</i>	L3	L2	N	N	N
Peuplier blanc	<i>Populus alba L</i>	L3	L2	L1	N	N
Robinier (faux Acacia)	<i>Robinia pseudoacacia L</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Cèdre	<i>C. deodara</i>	L3	L3	L2	L1	N
Douglas	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	L3	L3	L2	L1	N
Epicéa	<i>Picea abies</i>	L3	L2	L1	N	N
Western Hemlock	<i>Tsuga heterophylla</i>	L3	L2	L1	N	N
Mélèze d'Europe	<i>Larix decidua</i>	L3	L3	L2	L1	N
Pin maritime	<i>Pinus pinaster</i>	L3	L3	L2	L1	N
Pin noir d'Autriche et pin Laricio	<i>Pinus nigra</i>	L3	L2	L1	N	N
Pin sylvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	L3	L3	L1	L1	N
Western Red Cedar	<i>Thuja plicata</i>	L3	L3	L2	L1	N
Sapin blanc	<i>Abies Alba</i>	L3	L2	L1	N	N
Pinus radiata	<i>Pinus adiate (Monterey Pine/USA)</i>	L3	L2	L1	N	N
(1) Uniquement en situation hors sol (ni en contact avec le sol, ni enfouis dans le sol)						

Tableau 5 : Essences résineuses et feuillues tempérées en durabilité naturelle

(source FD P 20-651, Tableau 4)

Essences de bois <u>purgées d'aubier</u>		Durabilité fongique et Classe d'emploi				
Nom standard	Espèce botanique	1	2	3.1	3.2	4
Azobé ¹	<i>Lophira alata</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Bangkirai ¹	<i>Shorea spp. (Section Eushorea)</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Bilinga ¹	<i>Nauclea diderrichii</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Cumaru ¹	<i>Dipteryx spp.</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Ipé ¹ (Ebène verte)	<i>Tabebuia spp. (denses et froncés)</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Maçaranduba ¹	<i>Manilkara spp. (Amérique du Sud)</i>	L3	L3	L3	L2	L1
Tali ¹	<i>Erythrophleum spp. (Afrique)</i>	L3	L3	L3	L2	L1

Tableau 6 : Exemples d'essences feuillues tropicales en durabilité naturelle

(source FD P 20-651, Tableau 5)

¹ : A titre d'information, ces essences tropicales sont réputées de longévité L1 pour un usage en classe d'emploi 5, immergées totalement ou partiellement dans l'eau de mer, hors du domaine d'application du guide.

Essences de bois avec aubier	Durabilité fongique et Classe d'emploi				
	1	2	3.1	3.2	4
Essences traitées pour une utilisation en classe d'emploi 2 (2)		L1			
Essences traitées pour une utilisation en classe d'emploi 3.1 (2)			L1(1)		
Pin sylvestre traité classe 4					L1
Pin sylvestre traité classe 3.2				L1	
Pin maritime traité classe 4					L1
Pin maritime traité classe 3.2				L1	
Mélèze traité classe 3.2				L1	
Douglas traité classe 3.2				L1	
Pin noir d'Autriche et Laricio traité classe 4					L1
Chêne (rouvre-pédonculé) traité classe 4					L1
Hêtre traité classe 4					L1
(1) La durabilité vis-à-vis des risques fongiques et insectes xylophages est apportée par des produits adaptés. Les produits certifiés CTB-P+ pour cette usage sont réputés satisfaire cette exigence.					
(2) Toutes les essences peuvent être traitées en vue d'une utilisation en classe d'emploi 2 ou 3.1					

Tableau 7 : Essences résineuses et feuillues tempérées en durabilité conférée

(source FD P 20-651, Tableau 6)

1.2.6 [Retour d'expérience et objectif du présent guide](#)

Actuellement, la majorité des conceptions d'ouvrage bois exposés aux intempéries implique des situations de classe d'emploi 4 (assemblages et parties courantes horizontales par exemple), potentiellement mal appréhendées et conduisant à une limitation de la durée de vie (anticipée ou non).

L'orientation retenue comme objectif pour la réalisation de ce guide est fondée sur deux critères :

- **Salubrité de la conception, en tous points, conduisant au maximum à une affectation en classe d'emploi 3.2 ;**
- **Longévités visées : L2 (50 à 100 ans) pour les ouvrages structuraux et au-delà de 30 ans, pour les autres ouvrages dans la longévité L1 (10 à 50 ans).**

Attention, les longévités visées par les prescriptions du guide correspondent à un objectif technique. Elles ne peuvent en aucun cas être assimilées à une garantie assurantielle.

L'objectif du présent guide est de faire naître une culture de la conception des ouvrages en bois extérieurs, drainants et à durée de vie augmentée.

Les chapitres qui suivent présentent des cas concrets d'ouvrages bois, partiellement ou pleinement exposés aux intempéries, dont la démarche de conception répond aux deux critères ci-dessus.

1.3 Durabilité des pièces métalliques : compatibilité bois-métal

Comme le décrit ce guide au travers des exemples d'ouvrages abordés, au-delà des éléments de fixations courants (vis, boulons, rondelles ...) d'autres pièces métalliques sont nécessaires à la conception d'ouvrages durables (platines diverses, capotages ...).

La durabilité de ces pièces vis-à-vis de la corrosion et donc de la compatibilité bois-métal est également à appréhender pour que les éléments métalliques ne soient pas les fusibles de ces ouvrages.

A ce stade des réflexions adossées à l'élaboration de cette version du guide, nous retenons à titre général les tableaux de synthèse suivants, en situation exposée aux intempéries.

Ils sont principalement issus des préconisations du NF DTU 31.1 (Charpentes en bois). Le Tableau 8 a notamment été précisé pour dissocier ambiances courante et agressive et les solutions envisagées à ce jour dans les règles de l'art. Principalement, nous retrouvons l'électrozinguage (classique ou renforcé), la galvanisation à chaud et l'acier inoxydable.

Organe d'assemblage	Protection	
	Ambiance courante	Ambiance agressive
Vis et boulons	Fe/Zn 25c Z350 <i>Acier inoxydable A4</i>	Fe/Zn 40c Z600 <i>Acier inoxydable A4</i>
Platines et plaques métalliques épaisseur ≤ 3 mm	Acier inoxydable A2, A4	Acier inoxydable A4
Platines et plaques métalliques épaisseur > 3 mm	Fe/Zn 25c Z350 <i>Acier inoxydable A2</i>	Fe/Zn 40c Z600 <i>Acier inoxydable A4</i>

Tableau 8 : Protection contre la corrosion des organes d'assemblage

(basé sur le Tableau 1 de NF DTU 31.1 P1-2)

Matériaux	Zinc	Cuivre	Aluminium	Plomb	Acier inoxydable	Acier galvanisé	Acier	Acier peint
Sapin Pin	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	oui
Mélèze Chêne Châtaignier Douglas	Non	Oui	Non	Non	Selon qualité inox.	Selon qualité galva.	Oui	oui

Tableau 9 : Compatibilité des essences de bois et des métaux (source NF DTU 31.1 P1-2, Tableau 2)

Si aucune autre information n'est donnée dans les chapitres correspondants à la description des ouvrages, il est recommandé de suivre les tableaux ci-dessus.

2 PRINCIPES DE CONCEPTIONS DRAINANTES DES ELEMENTS DE STRUCTURE

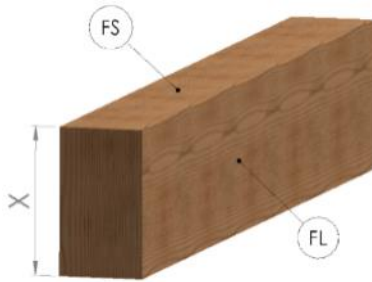
2.1 Référentiels et règles de conception

Le texte de référence pour la conception et la mise en œuvre des éléments de charpente en bois est la norme NF DTU 31.1 (Charpentes en bois).

Des premiers éléments de conception vis-à-vis de la durabilité biologique sont indiqués dans ce document. Ils sont illustrés et rappelés ci-dessous :

Rappel du NF DTU 31.1 (2017)

2.1.1 Affectation des parties courantes des éléments bois exposés

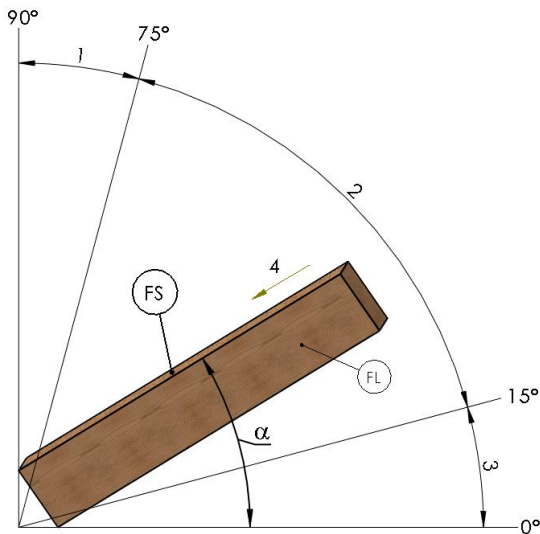


FS : Face supérieure de l'élément

FL : Face Latérale de l'élément

X : Hauteur de la Face Latérale (retombée)

2.1.2 Impact de l'écoulement longitudinal de l'eau sur la face supérieure



α (« alpha ») : Angle de l'élément bois par rapport à l'horizontale

FS : Face Supérieure

1 : Conception drainante de 75° à 90° inclus

2 : Conception moyenne de 15° à 75° inclus

3 : Conception piégeante de 0° à 15° inclus

4 : Sens d'écoulement de l'eau

Rappel du NF DTU 31.1 (2017)

2.1.3 Impact de l'écoulement latéral de l'eau sur la face supérieure

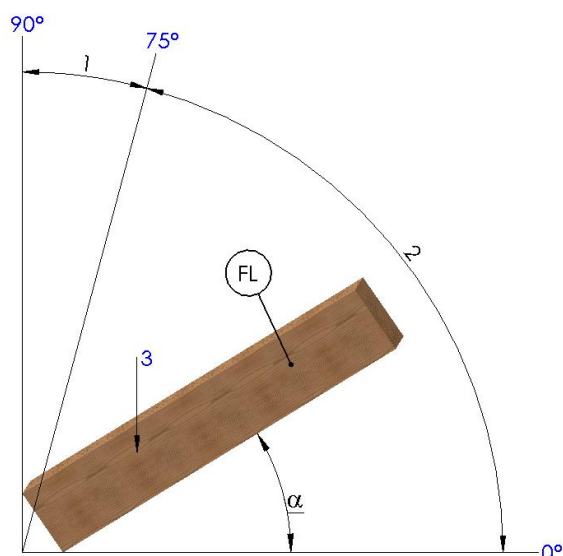
Pour les pièces horizontales, l'écoulement latéral de l'eau par un usinage de forme peut conduire la face supérieure à un niveau de conception drainante. Une pente minimale de 15° est nécessaire pour cela (délardement monopente ou bipente, inclinaison de la pièce).



En dessous de 15°, la face supérieure est à considérer en conception piégeante.

Rappel du NF DTU 31.1 (2017)

2.1.4 Impact de l'écoulement vertical de l'eau sur la face latérale



α (« alpha ») : Angle de l'élément bois par rapport à l'horizontale

FL : Face Latérale

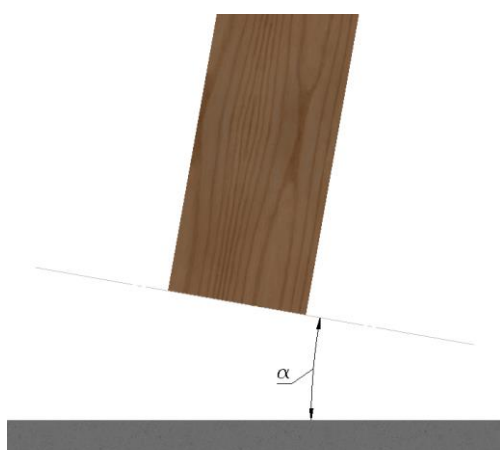
1 : Conception drainante de 75° à 90° inclus

2 : Conception drainante de 0° à 75° inclus si la face latérale a une retombée inférieure à 23 cm, conception moyenne sinon

3 : Sens d'écoulement de l'eau

2.1.5 Extrémité des éléments en bois (bois de bout) exposées

Les extrémités des éléments bois (bois de bout) qui sont exposées aux intempéries sont à affecter en conception piégeante.



Une exception est faite, sous réserve que l'assemblage le permette, pour l'extrémité basse qui est affectée en conception drainante si alpha (α) est compris entre 0° et 15°.

En partie haute, si alpha (α) est inférieur ou égal à 15° le bois de bout doit être protégé des intempéries (excepté pour les bois naturellement très durables \Leftrightarrow classe de durabilité DC1 selon NF EN 350).

Un habillage pérenne (capotage, zinguerie ...) permet l'affectation en classe d'emploi 2.

ATTENTION : Cette règle est amenée à évoluer dans le cadre de ce guide (voir §2.2.3)

2.1.6 Extrémités basses (pieds de poteaux) exposées

L'objectif majeur en pied de poteau est d'éviter la rétention d'eau localisée et de limiter la projection d'eau sur le bois de bout. Les dispositions suivantes sont préconisées par le NF DTU 31.1 pour conduire à une affectation en conception drainante.

	<p>① : Ferrure, platine ② : Plot béton fini ③ : Dalle brute ou sol naturel</p>	
	<p>① : Barrière anti capillaire ② : Plot béton fini ③ : Dalle brute ou sol naturel</p>	

Tableau 10 : Illustration des propositions de solutions pour pieds de poteaux (NF DTU 31.1)

2.1.7 Assemblages exposés

Pour les assemblages exposés, le NF DTU 31.1 dissocie les trois niveaux de salubrité de la conception à l'aide d'un exemple d'entrait moisé sur un poteau :

Piégeante	Moyenne	Drainante
<p>Assemblages comportant des encastremets de parties bois (tenons/mortaises, épaulements, embrèvements, mi-bois ...) ou autres formes de piégeage d'eau localisé (chapelle par exemple)</p>	<p>Assemblages avec contacts surfaciques (entrait moisé sur poinçon non entaillé)</p>	<p>Assemblages avec désolidarisations des éléments</p>
<p>① : Rondelle métallique ; ② & ③ : Rondelles de désolidarisation, épaisseur minimum : 3 mm (②) et 5 mm (③)</p>		

Tableau 11 : Niveaux de salubrité de la conception - propositions de solutions (NF DTU 31.1)

ATTENTION : Le détail de la conception drainante est amené à évoluer dans le cadre de ce guide pour l'épaisseur des rondelles ③ notamment (voir §2.3.2)

Enfin, le NF DTU 31.1 mentionne que des dispositions constructives peuvent faire évoluer le niveau de salubrité de la conception, de piégeant vers drainant, en prenant l'exemple de l'assemblage d'un entrain moisé sur poteau. La conception illustrée ci-dessous est mentionnée comme drainante.

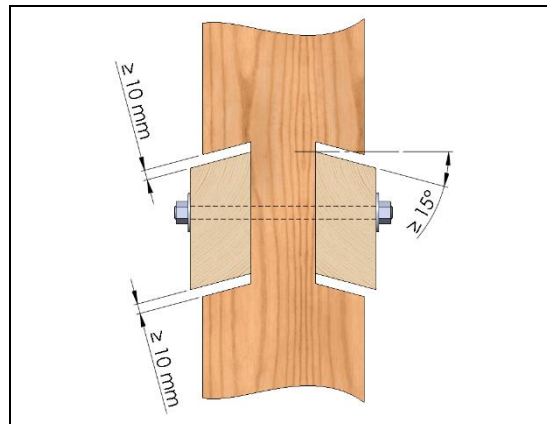


Figure 2 : Solution de conception drainante d'un entrain moisé sur poteau d'après NF DTU 31.1

ATTENTION : dans cette figure du NF DTU 31.1 les rondelles ② n'ont pas été représentées.

2.2 Analyse détaillée des prescriptions du NF DTU 31.1 et principes complémentaires

2.2.1 Rappel

L'objectif d'un NF DTU est de définir des principes généraux de mise en œuvre, notamment basés sur le retour d'expériences reconnues et réussies, bâtissant ainsi les règles de l'art.

Les éléments décrits ci-dessus (§2.1.1 à §2.1.7) concernent directement la notion d'affectation du niveau de salubrité de la conception (piégeante, moyenne, drainante) en vue d'affecter à posteriori la bonne classe d'emploi correspondante.

Ces éléments constituent les premières propositions de principes généraux. Ils ne peuvent pas aller dans les détails fins de l'ensemble des ouvrages de charpente en bois couverts par le NF DTU 31.1.

En revanche, l'objectif de ce guide est d'apporter des solutions précises pour des cas concrets et l'exercice doit donc être réalisé dans le détail.

Les paragraphes suivants fournissent une analyse détaillée des principes du NF DTU 31.1 et des compléments lorsque nécessaire. Sont ensuite présentées les hypothèses majeures considérées et les orientations qui en découlent sur les méthodes d'assemblages retenues.

2.2.2 Principes généraux pour les assemblages

Avec les éléments du Tableau 11 ci-dessus le NF DTU 31.1 introduit pour la première fois la notion d'assemblage de pièces avec un espacement permettant le drainage de l'eau liquide et la ventilation des pièces de bois.

Néanmoins, la définition des rondelles ② et ③ peut être considérée comme à compléter du point de vue de leur fonction :

- **La rondelle ② est une rondelle d'étanchéité.** Elle évite le contact bois/métal (désolidarisation) et son rôle majeur est d'éviter les entrées d'eau liquide dans le perçage réalisé pour le boulon (dans l'exemple). **Nous l'appellerons Rondelle E.**
- **La rondelle ③ est une rondelle d'espacement et d'étanchéité.** Elle ménage un espace spécifique entre les deux pièces de bois (désolidarisation) pour permettre drainage et ventilation. Mais, elle doit également assurer une fonction d'étanchéité pour éviter les entrées d'eau liquide dans les perçages réalisés sur les différentes pièces. **Nous l'appellerons Rondelle EE.**

Nous pouvons noter sur la Figure 2 que le NF DTU 31.1 n'a pas représenté les « rondelles de désolidarisation » (②) entre la rondelle métallique et l'entrait. Il s'agit certainement d'un oubli car cette rondelle d'étanchéité (E) doit être systématisée pour les assemblages bois exposés aux intempéries.

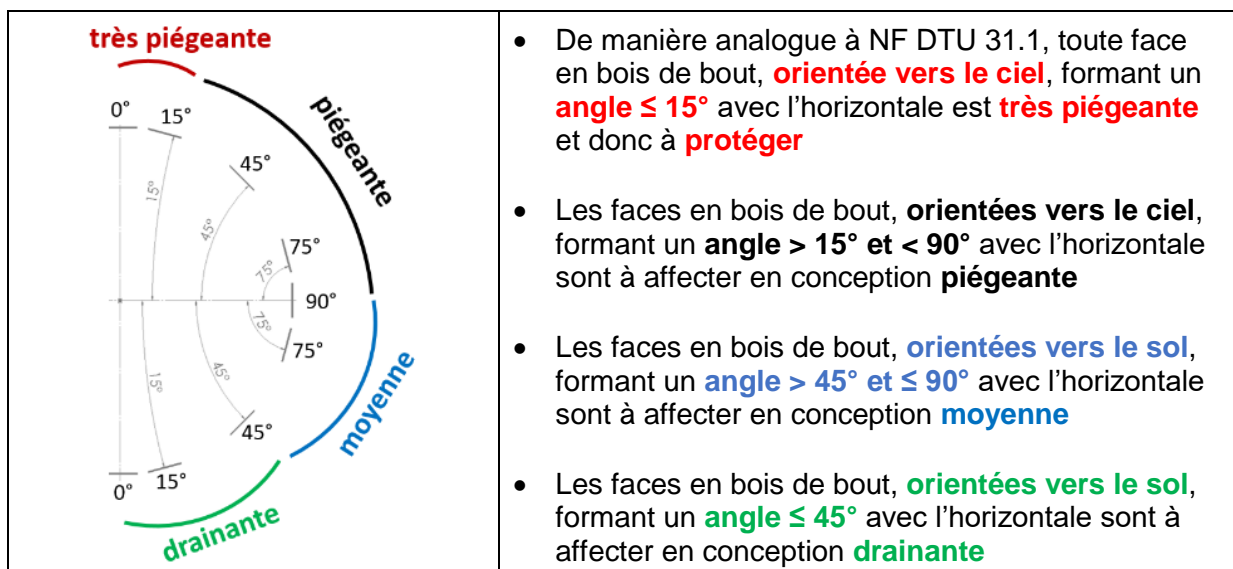
Le NF DTU 31.1 ne mentionne pas de matériau spécifique pour ces rondelles. Des préconisations sont faites dans le guide au §2.3.2.

2.2.3 Affectation du niveau de salubrité des faces en bois de bout

Les niveaux de salubrité de conception des faces en bois de bout, décrits précédemment (§2.1.5 et §2.1.6), ont été introduits par le NF DTU 31.1 en 2017 pour la première fois.

Ils traitent essentiellement de la gestion des têtes et pieds de poteaux et conduisent dans 83% des cas à une affectation en conception piégeante. Les faces en bois de bout sont en effet les plus susceptibles d'absorber de l'eau par capillarité et la proposition initiale du NF DTU 31.1 est ainsi orientée du côté de la sécurité.

L'objectif de ce guide (fourniture de solutions pérennes détaillées pour des cas précis) a conduit à affiner les prescriptions actuelles du NF DTU 31.1 en considérant les orientations suivantes pour définir l'affectation du niveau de salubrité des faces en bois de bout.



Ces quatre orientations et niveaux correspondants de conception sont utilisés pour définir les solutions proposées dans les chapitres suivants (\Leftrightarrow correspond à la proposition d'évolution de la règle du NF DTU 31.1 rappelée au §2.1.5).

2.3 Orientations générales retenues pour les assemblages

Sur la base des éléments précédents, **les principes généraux retenus dans le guide pour la réalisation des divers assemblages sont décrits ci-dessous**, avec les hypothèses majeures prises en compte pour les définir.

Ces principes ne peuvent être exhaustifs mais ils illustrent les principes préconisés au droit des points singuliers que constituent les assemblages courants pour atteindre les objectifs du §1.2.6.

2.3.1 Maîtrise des mouvements du bois, retrait et gonflement

Les éléments bois des ouvrages extérieurs sont naturellement soumis à des phénomènes de retrait et gonflement en fonction de l'ambiance, sèche ou humide. C'est la raison pour laquelle les NF DTU préconisent généralement des humidités d'équilibre cibles pour la mise en œuvre.

A titre d'information, quel que soit l'ouvrage bois concerné, l'humidité d'équilibre à la mise en œuvre doit être aussi proche que possible de l'humidité d'équilibre moyenne au cours de la vie en œuvre.

Le NF DTU 31.1 préconise ainsi deux humidités cibles de mise en œuvre selon que les éléments bois sont plus ou moins exposés à une reprise d'humidité, 18% et 22%.

Il peut être considéré que l'humidité d'équilibre d'une pièce en bois située à l'extérieur va osciller entre deux valeurs, liées à sa massivité. Le tableau ci-dessous résume les hypothèses d'humidités d'équilibre minimale et maximale selon la massivité, considérées pour définir les principes d'assemblage.

Humidité d'équilibre en œuvre (%)	Massivité des pièces (selon l'épaisseur e en mm)		
	Faible	Moyenne	Forte
	$20 \leq e < 30$	$30 \leq e \leq 75$	$80 \leq e \leq 150$
Minimale	8%	10%	12%
Maximale	28%	24%	22%

Tableau 12 : Hypothèses d'humidité d'équilibre minimales et maximales, en œuvre

Note : par simplification pour réaliser cette approche les épaisseurs considérées sont légèrement différentes de celles définies au tableau 1 du chapitre §1.2.3.

Sur la base des hypothèses du tableau 12, des deux humidités d'équilibre préconisées à la mise en œuvre par le NF DTU 31.1 (18% et 22%) et en considérant le cas spécifique du bois lamellé collé généralement aux alentours de 14%, le tableau suivant synthétise les amplitudes maximales de retrait / gonflement que l'on peut attendre sur les ouvrages.

Massivité pièce	Mise en œuvre à 18%		Mise en œuvre à 22%		Mise en œuvre à 14%	
	Retrait (mm)	Gonflement (mm)	Retrait (mm)	Gonflement (mm)	Retrait (mm)	Gonflement (mm)
Faible	-0,8	0,8	-1,1	0,4		
Moyenne	-1,5	1,1	-2,3	0,4		
Forte (bois massif)	-2,3	1,5	-3,8	0		
Forte (BLC)					-0,8	3

Tableau 13 : Valeurs maximales de retrait et gonflement attendues

Note : Ces valeurs sont calculées avec un coefficient de retrait/gonflement de 0,25% par pourcent d'humidité.

Le tableau 13 permet de constater que dans la majorité des cas un phénomène de retrait des pièces assemblées est à anticiper, hormis pour le bois lamellé collé essentiellement sujet à gonflement.

Le tableau 14 ci-dessous synthétise une hypothèse moyenne globale des valeurs de retraits et gonflements maximum considérées pour définir les solutions d'assemblages présentées dans les paragraphes suivants et intégrées par la suite dans les exemples de cas concrets.

Massivité pièce	Synthèse enveloppe	
	Retrait maximal	Gonflement maximal
Faible	-1	1
Moyenne	-2,5	1
Forte (bois massif)	-4	1,5
Forte (lamellé collé)	-1	3

Tableau 14 : Valeurs maximales retenues pour le retrait / gonflement

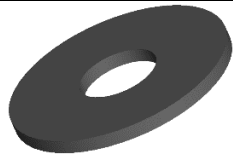
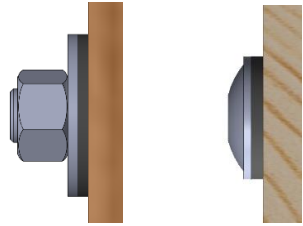
Les assemblages définis dans ce guide ont donc pour objectif de conduire à :

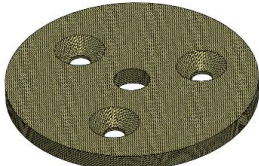
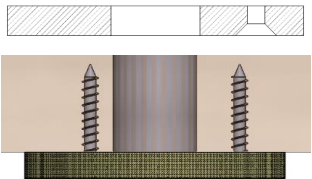
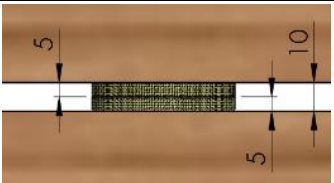
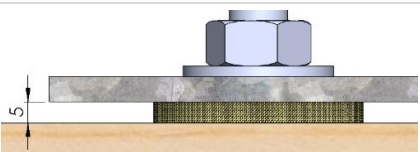
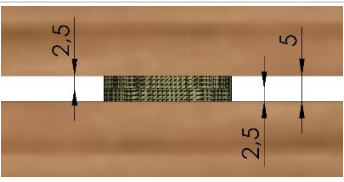
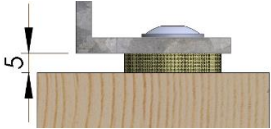
1. **un espace minimal entre les pièces assemblées** (⇔ rondelles EE) pour le drainage de l'eau liquide et la ventilation / l'assèchement ;
2. **une étanchéité au droit des perçages** de passage des fixations sur les faces des éléments en bois ⇔ (rondelles E et EE) ;
3. **une capacité minimale de reprise** des phénomènes de retrait / gonflement pour maintenir les points 1 et 2 précédents.

2.3.2 Définition des rondelles E et EE

A ce stade des réflexions, adossées à l'élaboration de cette version du guide, les rondelles E et EE sont des rondelles en élastomère de dureté D.I.D.C. comprise entre 55 et 65 (équivalent dureté SHORE A de l'ordre de 55 à 65) et l'élastomère proposé est le caoutchouc EPDM. Leurs dimensions (épaisseur, diamètre extérieur, diamètre intérieur) sont adaptées au type d'assemblages et de fixations.

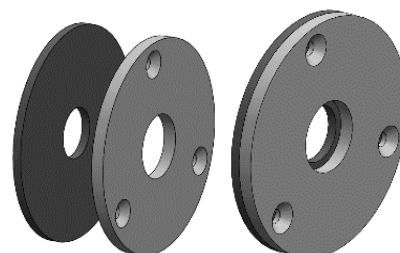
De façon générale, **le diamètre intérieur des rondelles** (diamètre du trou de passage de la fixation) **est inférieur de 1 mm au diamètre de la tige de la fixation.**

Rondelle E « rondelle classique » (EPDM)	
Epaisseur :	2 ou 3 mm
Diamètre intérieur :	Ø tige de fixation - 1 mm
Diamètre extérieur : Légèrement inférieur ou égal à : <ul style="list-style-type: none"> - Diamètre de la rondelle métallique associée - Diamètre extérieur de la tête de vis fausse rondelle ou vis à penture 	

<p align="center">Rondelle EE « rondelle spéciale » (EPDM)</p>	
<p>Spécificité : Pré-percée fraisée pour en permettre la fixation à l'élément bois par vissage (Ø 3 mm) ⇔ maintien du contact (donc de l'étanchéité) dans le temps. Les têtes de vis sont noyées dans le fraisage.</p>	
<p>Epaisseur : Selon le type de pièces assemblées (bois/bois ou bois/métal) et selon l'ouvrage (structural ou non)</p>	<p align="center">2,5 ou 5 mm</p>
<p>5 mm pour Bois / Bois – Structural (espacement 10 mm ⇔ 2 x 5 mm)</p>	
<p>5 mm pour Bois / Métal – Structural (espacement 5 mm ⇔ 1 x 5 mm)</p>	
<p>2,5 mm pour Bois / Bois – Non Structural (espacement 5 mm ⇔ 2 x 2,5 mm)</p>	
<p>5 mm pour Bois / Métal – Non Structural (espacement 5 mm ⇔ 1 x 5 mm)</p>	
<p>Diamètre intérieur :</p>	<p align="center">Ø tige de fixation - 1 mm</p>
<p>Diamètre extérieur :</p>	
<p>Assemblage d'ouvrage structural :</p>	<p align="center">Ø ≥ 40 mm</p>
<p>Assemblage d'ouvrage non structural :</p>	<p align="center">Ø ≥ 20 mm</p>

ATTENTION : La description ci-dessus des rondelles spécifiques EE a pour objectif de définir les fonctionnalités qu'elles doivent avoir. A l'heure de la réalisation de cette version du guide, ces rondelles EE n'existent pas en l'état mais le but est que des solutions de produits qui répondent à ces fonctionnalités émergent à court terme.

Par exemple, une rondelle EE peut être composée de deux rondelles de deux matériaux différents (acier + EPDM ...) et superposées. Le tout étant de répondre aux fonctions mentionnées : étanchéité du perçage par fixation / mise en pression sur le bois + étanchéité sur le fût de la fixation + dimensions.

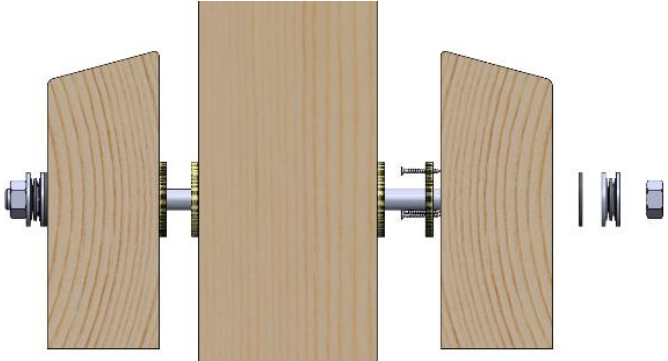
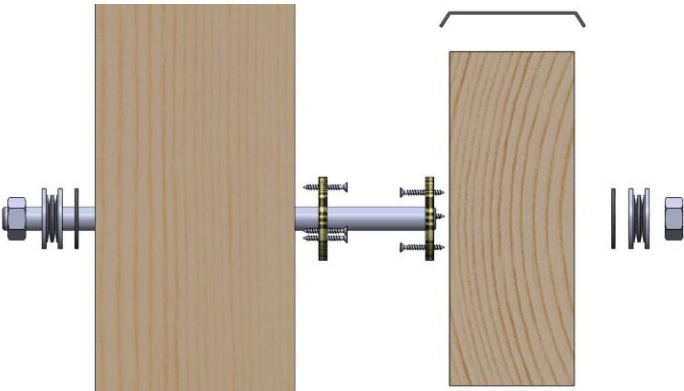
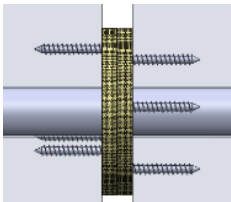
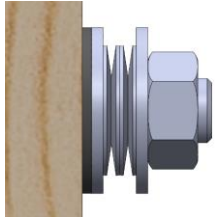


2.3.3 Assemblage bois/bois

2.3.3.1 Boulons et bois massif

Les boulons sont plus classiquement utilisés pour les pièces de Forte et Moyenne massivités.

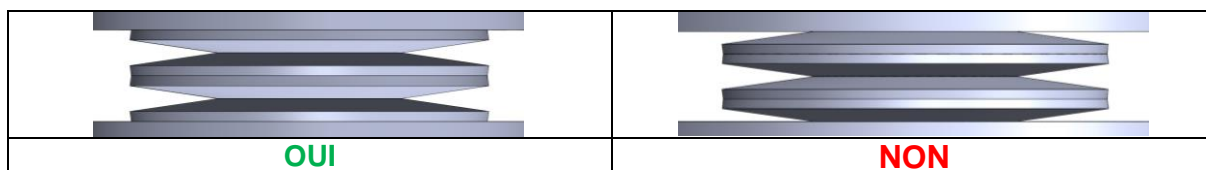
Les schémas suivants illustrent les principes retenus dans le guide pour les pièces en bois massif. Ils sont explicités en suivant.

Proposition d'évolution du NF DTU 31.1		<p>Assemblage moisé (vue éclatée)</p> <p>Pièces de massivités Forte ou Moyenne</p>
Proposition d'évolution du NF DTU 31.1		<p>Assemblage (vue éclatée)</p> <p>Pièces de massivités Forte ou Moyenne</p>
<p>Faces intérieures de l'assemblage, mise en œuvre d'une rondelle EE au droit des perçages, rendue solidaire de chaque élément bois par vissage.</p>		
<p>Faces extérieures de l'assemblage, boulonnage avec 1 rondelle E et 4 rondelles ressort (« belleville ») prises entre 2 rondelles mécaniques classiques.</p>		

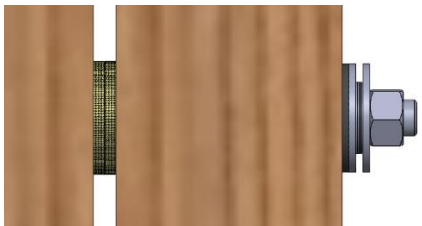
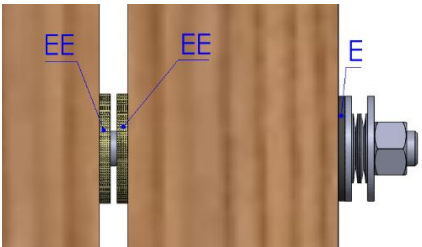
Les rondelles ressort sont préconisées pour gérer le phénomène de retrait/gonflement.

Dans le cas des bois massif, un retrait des pièces est essentiellement attendu (Tableau 13) : **les rondelles ressort doivent être comprimées à la mise en œuvre**. Ainsi, en cas de retrait elles permettent à la rondelle E de rester en contact avec l'élément bois et de maintenir son rôle d'étanchéité au droit du perçage, du côté extérieur de l'assemblage.

Les préconisations effectuées pour les boulons (diamètre $\geq 10\text{mm}$) sont basées sur des rondelles du commerce pour lesquelles la course totale est de l'ordre de 1 mm. **Les rondelles doivent être montées en série et dans le « bon sens » tel qu'illustré ci-dessous.**



Pour des raisons pratiques de mise en œuvre, les rondelles ressort ne peuvent être préconisées pour les faces intérieures des assemblages. **Les rondelles EE doivent donc être rendues solidaires des éléments bois.** Ainsi, en cas de retrait, si deux rondelles EE (initialement en contact au niveau d'une interface d'un assemblage) s'écartent légèrement, l'étanchéité au droit du perçage sera maintenue de part et d'autre.

	<p>Bois massif :</p> <p>Aplatissement des rondelles ressort à la mise en œuvre.</p>
	<p>Avec le retrait :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les rondelles ressort se détendent et maintiennent la rondelle E en contact avec la pièce en appuyant sur la rondelle métallique ; - les rondelles EE peuvent s'écarter de quelques millimètres mais maintiennent l'étanchéité au droit du perçage.

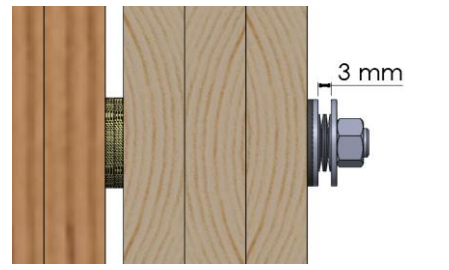
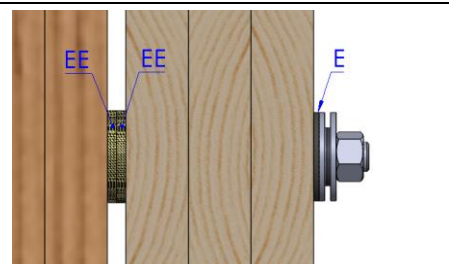
Nous alertons ici sur l'importance de l'humidité du bois à la mise en œuvre. Nous pouvons considérer, avec les hypothèses précédentes, un retrait maximal de 4 mm pour une pièce en bois massif de forte section mise en œuvre à 22%. **La mise en œuvre de bois à forte humidité comporte des risques** et notamment l'**affaiblissement des assemblages** par la création d'espacements importants entre les pièces au moment du retrait maximal. Par ailleurs, une solution permettant de maintenir l'**étanchéité du côté extérieur des pièces devient très délicate** et la **durée de vie de l'ouvrage s'en trouve amoindrie.**

En synthèse les assemblages drainants doivent être réalisés avec des bois secs (humidité moyenne $\leq 22\%$)

2.3.3.2 Boulons et bois lamellé-collé

Comme le montre le Tableau 14, dans le cas du bois lamellé collé, c'est essentiellement le gonflement qu'il faut appréhender. Si la place nécessaire au gonflement n'est pas ménagée les organes d'assemblages ou les éléments bois se retrouveront endommagés (pénétration des rondelles en compression par exemple).

La même solution technique que celle décrite ci-dessus est proposée. La seule différence se situe à la mise en œuvre, où **les rondelles ressort ne sont pas aplaties**. Elles sont comprimées sur une longueur de 1 mm ce qui laisse la capacité d'absorber 3 mm de gonflement, de chaque côté extérieur de l'assemblage.

	<p>Bois lamellé-collé :</p> <p>Compression des rondelles ressort à la mise en œuvre pour obtenir un jeu de 3 mm entre les deux rondelles métalliques.</p>
	<p>Avec le gonflement :</p> <ul style="list-style-type: none">- les rondelles ressort se compriment sous l'effet du gonflement, la rondelle E reste en contact avec la pièce ;- les rondelles EE dans les cas extrêmes peuvent se comprimer légèrement et absorber une part du gonflement.

2.3.3.3 Vis

En assemblage bois / bois, les vis sont plus classiquement utilisées pour les pièces de Faible et Moyenne massivités.

Pour les pièces de Faible massivité :

- Le retrait maximal attendu (1 mm) **n'implique pas** la mise en œuvre de rondelles ressort du côté extérieur des éléments en bois.
- Il est considéré, pour les cas traités dans le guide, que ces pièces ne sont pas structurales (lames de clôture ...). Leur assemblage est donc effectué systématiquement en ménageant un jeu de 5 mm avec la pièce sur laquelle elles sont ancrées, tel que défini au §2.3.2.

Pour les pièces de Moyenne massivité :

- Le retrait maximal attendu (2,5 mm) **implique** la mise en œuvre de rondelles ressort du côté extérieur des éléments en bois.
- Ces pièces peuvent être structurales (liens ...). Leur assemblage est donc effectué en ménageant un jeu de 5 ou 10 mm avec la pièce sur laquelle elles sont ancrées, selon le cas traité, tel que défini au §2.3.2.

Les illustrations suivantes décrivent les principales possibilités envisagées pour les fixations par vis.

Assemblages par vissage des pièces de Faible massivité

L'esprit de ce guide, au regard de l'objectif technique de durabilité recherché, est de préconiser la **systématisation des rondelles EE aux interfaces des assemblages**.

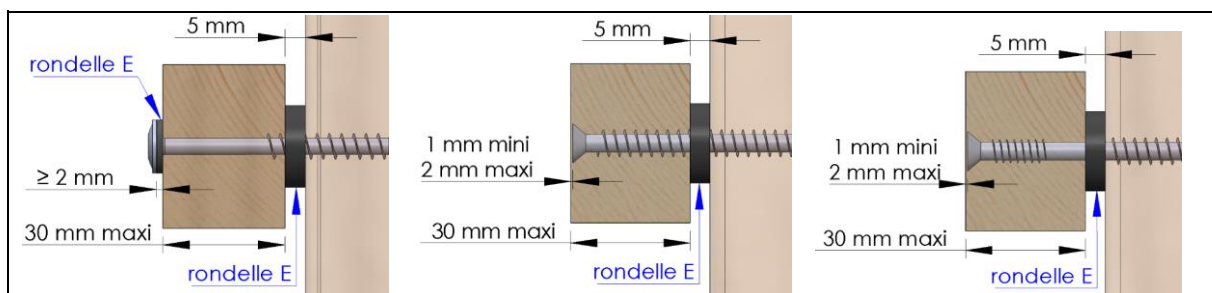
Dans ce cas précis, seule la pièce de Forte ou Moyenne massivité (sur laquelle la pièce de Faible massivité est assemblée) **est équipée d'une rondelle EE** (épaisseur 5 mm).

La solution considérée la plus robuste est celle d'une vis, de type fausse rondelle, associée à une rondelle E d'épaisseur 2 mm minimum.

La solution par vis à tête fraisée noyée demeure envisageable. Dans ce cas **la tête de vis est noyée avec un enfoncement compris entre 1 et 2 mm** ;

L'utilisation de vis à filetage total ou à double filetage est facultative. Elle est privilégiée pour limiter la sortie éventuelle de la tête de vis, et le jeu qui peut ainsi en résulter.

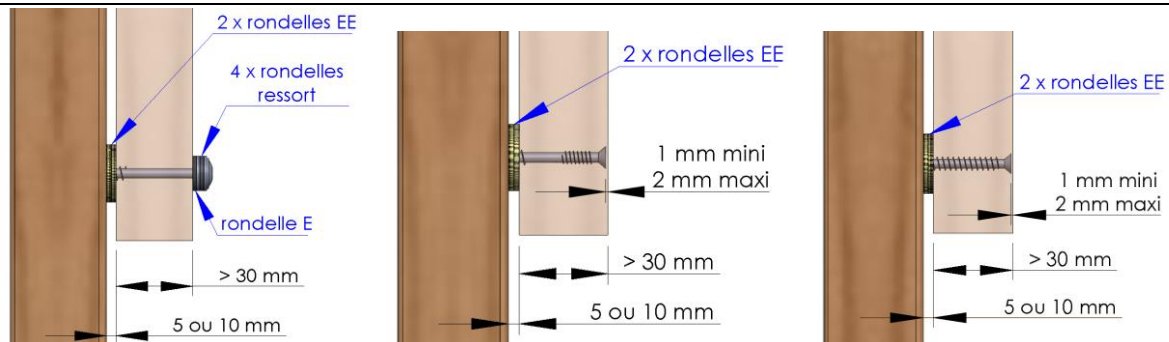
Les 3 illustrations ci-dessous présentent une dérogation des cas ci-dessus. Dans le cas d'une fixation par vis, une rondelle E (non fixée à la pièce d'ancrage) peut être envisagée pour simplification. En revanche la durée de vie en sera amoindrie (essentiellement pour la pièce d'ancrage).



Les préconisations effectuées pour les vis ($\varnothing \leq 8$ mm) sont basées sur des rondelles ressort du commerce pour lesquelles la course totale est de l'ordre de 0,7 mm.

L'objectif de ces rondelles ressort, le fonctionnement et le principe de pose sont identiques à ceux décrits précédemment au §2.3.3.1

Assemblages par vissage des pièces de Moyenne massivité



Les deux pièces assemblées sont à minima de massivité Moyenne. La mise en œuvre de rondelles EE sur chaque pièce à l'interface de l'assemblage est nécessaire.

Côté extérieur de l'assemblage, **la solution considérée la plus robuste** est celle d'une vis, de type fausse rondelle, associée à une rondelle E et à 4 rondelles ressort permettant de reprendre le retrait maximal attendu de 2,5 mm.

Note :

Pour rappel, à ce stade de l'élaboration de cette version du guide il apparaît que les rondelles ressort adaptées aux fixations de diamètre ≤ 8 mm ont une course maximale de l'ordre de 0,7 mm.

La solution par vis à tête fraisée noyée demeure envisageable. Dans ce cas :

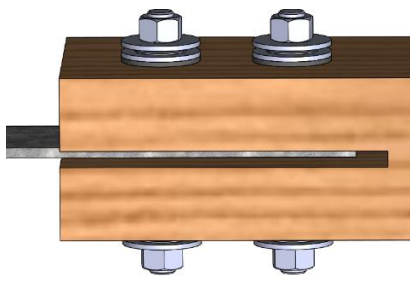
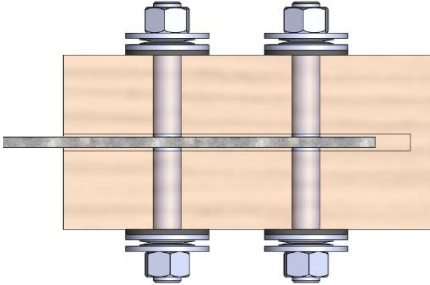


- **la tête de vis est noyée avec un enfoncement compris entre 1 et 2 mm ;**
- **l'utilisation de vis à filetage total ou à double filetage est requise.**

L'utilisation de vis à filetage total ou à double filetage est requise pour limiter la sortie de la tête de vis et le jeu qui en résulterait (entrée d'eau potentielle).

2.3.4 Assemblage bois/métal

2.3.4.1 Boulons

		<p>Assemblage bois / métal</p> <p>Pièces de massivités Forte ou Moyenne (Bois massif)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Face intérieure de l'assemblage, 1 rondelle EE au droit du perçage, solidaire de l'élément bois. • Face extérieure côté métal, boulonnage classique : écrou + rondelle mécanique 		
<ul style="list-style-type: none"> • Face extérieure côté bois (bois massif) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Bois de massivités Moyenne et Forte : <ul style="list-style-type: none"> 1 rondelle E + 4 rondelles ressort + 2 rondelles mécaniques 	<p>Mise en œuvre</p>	<p>Vie en œuvre</p>
<p>Attention, dans le cas d'un bois lamellé collé, la logique de mise en œuvre des rondelles ressort (face extérieure, côté bois) décrite au §2.3.3.2 s'applique.</p>		

		<p>Assemblage bois / métal</p> <p>Plaque en âme</p> <p>(Bois massif)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Faces extérieures côté bois (bois massif) : <ul style="list-style-type: none"> ○ Bois de massivités Moyenne et Forte : <ul style="list-style-type: none"> 1 rondelle E + 2 rondelles ressort + 2 rondelles mécaniques 	 <p>Mise en œuvre</p>	 <p>Vie en œuvre</p>
<p>Attention, dans le cas d'un bois lamellé collé, la logique de mise en œuvre des rondelles ressort (face extérieure, côté bois) décrite au §2.3.3.2 s'applique. La mise en œuvre de 4 rondelles ressort est nécessaire.</p>		

2.3.4.2 Vis

Dans le cas de la fixation bois / métal par vis, deux cas majeurs se rencontrent :

- **Fixation d'une « platine » (équerre, ...) sur un élément (montant, poteau ...)** :
Dans ce cas, on veillera à désolidariser la platine de l'élément bois par une rondelle EE d'épaisseur 5 mm, fixée à l'élément bois.
- **Fixation d'un élément bois avec plaque en âme** :
Dans ce cas, **les prescriptions effectuées au §2.3.3.3 pour les pièces de massivité Faible peuvent être appliquées** pour gérer la solution du côté de la tête de la fixation. **Cette solution n'est pas applicable aux éléments de massivité Forte**, notamment du fait du retrait important attendu.

2.3.5 Comportement mécanique des assemblages avec espacement

Les assemblages développés dans ce guide diffèrent des assemblages classiques par l'espacement ménagé entre les pièces. Cet espace a un effet sur le comportement mécanique en cisaillement des assemblages. La résistance et la raideur en cisaillement sont diminuées.

Il est primordial, pour le bon fonctionnement mécanique des ouvrages structuraux notamment qui doivent assurer la sécurité des usagers, que ces affaiblissements soient pris en compte dans la justification des structures bois.

L'outil de calcul des structures bois à disposition à ce jour est l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-1 et ses amendements et annexe nationales). L'Eurocode 5 fournit des méthodes de calcul de résistance et raideur des assemblages fonctionnant en cisaillement pour des pièces qui sont en contact sur leurs faces.

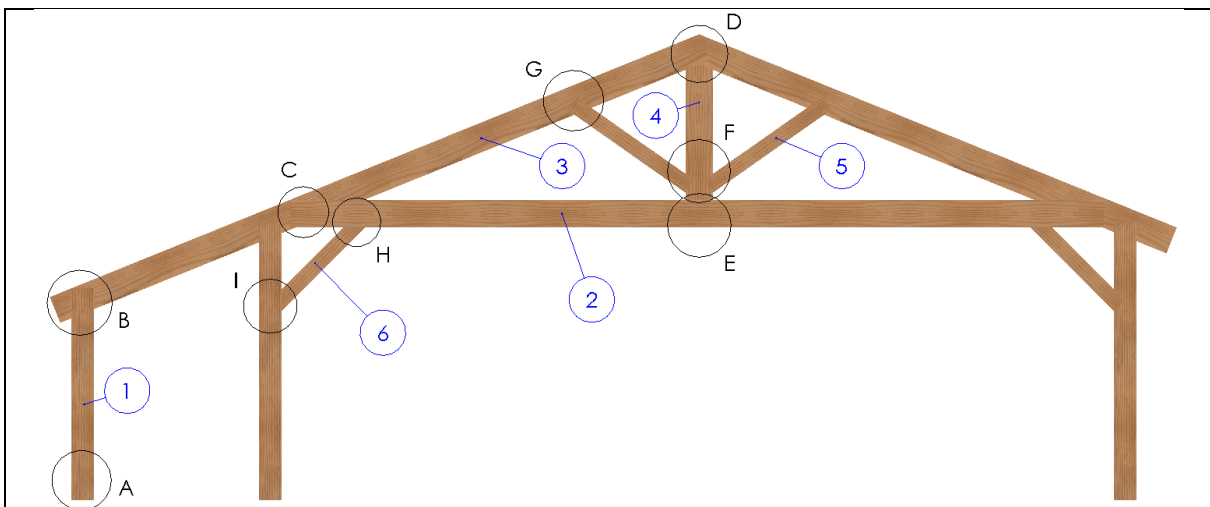
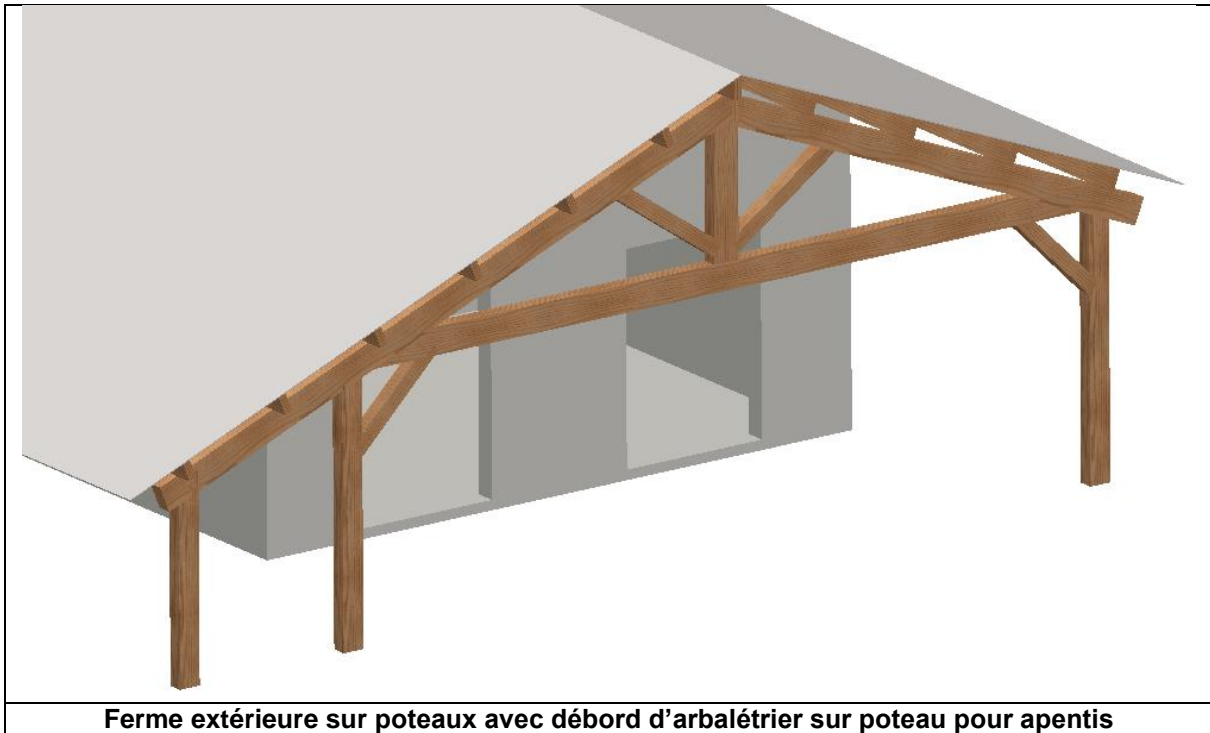
Une étude expérimentale a été menée dans le cadre de la rédaction de ce guide pour encadrer et définir les pertes de résistance et de raideurs dues aux espaces créés entre les pièces.

Le tableau suivant synthétise l'approche de justification qui doit être menée pour les assemblages drainants tels qu'ils sont décrits dans ce guide.

Justification mécanique des assemblages drainants en cisaillement	
<p>Domaine de validité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organes d'assemblages métalliques de type tiges de diamètre <ul style="list-style-type: none"> o compris entre 4 et 20 mm - Espacement maximal à la mise en œuvre de : <ul style="list-style-type: none"> o 10 mm pour un assemblage bois / bois o 5 mm pour un assemblage bois / métal 	
<p>Approche générale en résistance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour l'assemblage prévu, la résistance caractéristique en cisaillement $F_{v,Rk}$, sans espacement, est calculée sur la base des équations des chapitres 8.2.2 et 8.2.3 de l'Eurocode 5 - L'assemblage est envisageable avec espacement seulement si la valeur $F_{v,Rk}$ est liée aux modes de rupture avec rotule(s) plastique(s) de l'organe d'assemblage (d, e, f, j, ou k en assemblage bois / bois et d, e, g, h, k ou m en assemblage bois / métal) - Alors la résistance caractéristique effective en cisaillement de l'assemblage drainant est obtenue en multipliant la valeur $F_{v,Rk}$ par le coefficient 0,67. $F_{v,Rk,drainant} = 0,67 \times F_{v,Rk}$	
<p>Approche générale en raideur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Approche possible dans la mesure où les conditions de validité de l'approche en résistance sont respectées (rotule(s) plastique(s)). - Pour l'assemblage prévu, la raideur en cisaillement K_{ser}, par plan de cisaillement et sans espacement, est calculée sur la base des équations du chapitre 7.1 de l'Eurocode 5 - Alors la raideur effective en cisaillement, par plan de cisaillement, de l'assemblage drainant, est obtenue en : <ul style="list-style-type: none"> o multipliant la valeur K_{ser} par le coefficient 0,5 pour les diamètres 4 mm à 10 mm ; o multipliant la valeur K_{ser} par le coefficient 0,8 pour les diamètres 12 mm à 20 mm ; 	
Ø 4 mm à Ø 10 mm	$K_{ser,drainant} = 0,5 \times K_{ser}$
Ø 12 mm à Ø 20 mm	$K_{ser,drainant} = 0,8 \times K_{ser}$

2.4 Charpentes extérieures de loggia

2.4.1 Description globale



Pièces :

- ① - Poteau
- ② - Entrait
- ③ - Arbalétrier
- ④ - Poinçon
- ⑤ - Contrefiche
- ⑥ - Lien

Points singuliers – assemblages :

- A – Pied de poteau
- B – Poteau / Arbalétrier
- C – Arbalétrier / Entrait
- D – Arbalétrier / poinçon
- E – Entrait / Poinçon
- F – Poinçon / Contrefiches
- G – Arbalétrier / Contrefiches
- H – Entrait / Liens
- I – Poteau - Lien

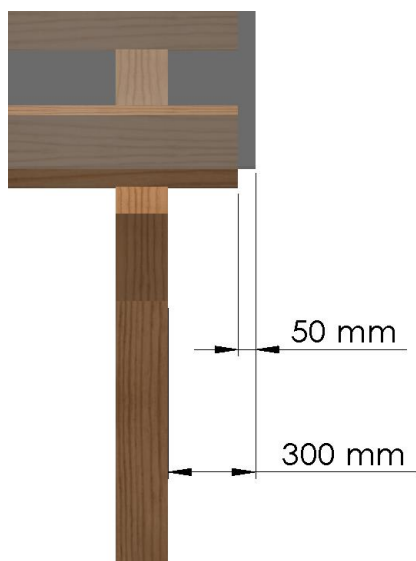
Identification des éléments de partie courante et des points singuliers

2.4.2 Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité

Massivité des éléments bois		
Pièces	Bois massif	Bois Lamellé Collé (épaisseur de lamelles > 35 mm)
Panne	Forte	Moyenne à Forte
Poteaux	Forte	Forte
Entrait	Forte	Moyenne à Forte
Arbalétriers	Forte	Moyenne à Forte
Poinçon	Forte	Moyenne à Forte
Contrefiches	Moyenne	<i>Moyenne</i>
Liens	Moyenne	<i>Moyenne</i>

2.4.3 Analyse détaillée du cas avec débord de toiture

2.4.3.1 Situation des éléments bois

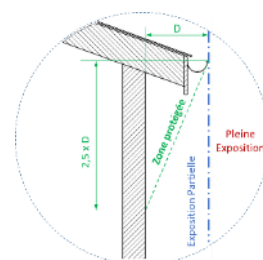


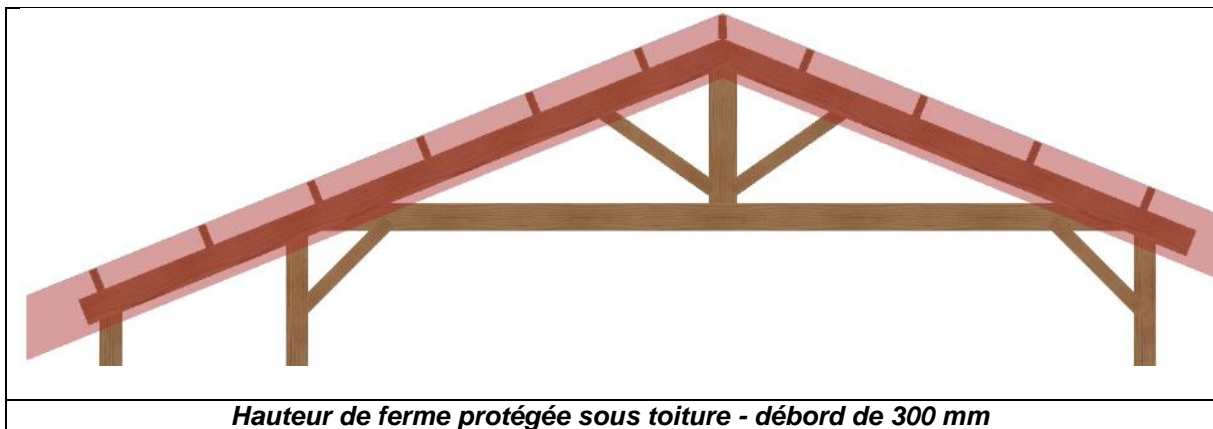
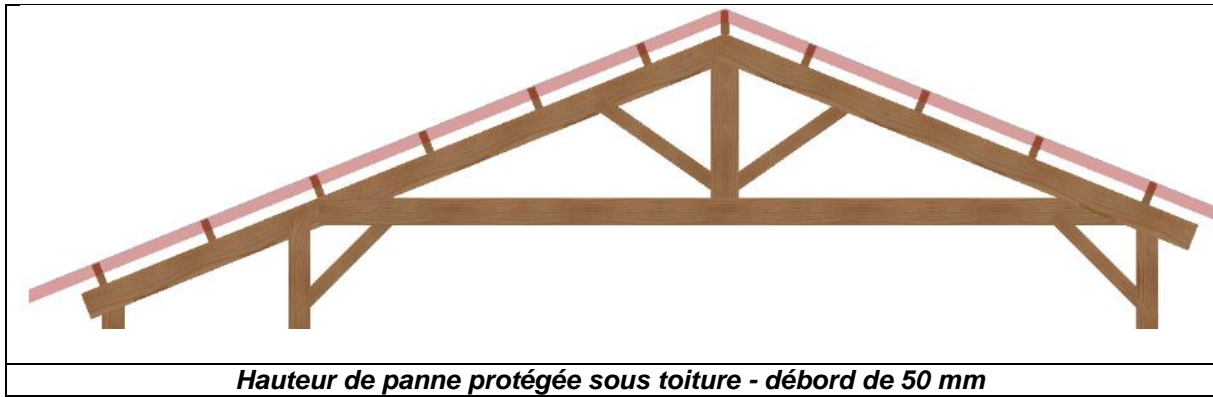
La toiture, côté pignon, est en débord :

- de 50 mm par rapport aux pannes
- de 300 mm par rapport au plan extérieur de la ferme

En premier lieu, l'ensemble des éléments bois est dans une situation « partiellement exposée ». Ils sont tous situés en retrait du débord de toiture par rapport à la verticale. Ce cas correspond donc au Tableau 2 présenté au §1.2.4.2.

Les deux schémas suivants illustrent la notion de « zone protégée » (illustrée en rose) évoquée au §1.2.4.1. Pour mémoire la hauteur de la zone protégée est égale à 2,5 fois la profondeur du débord.



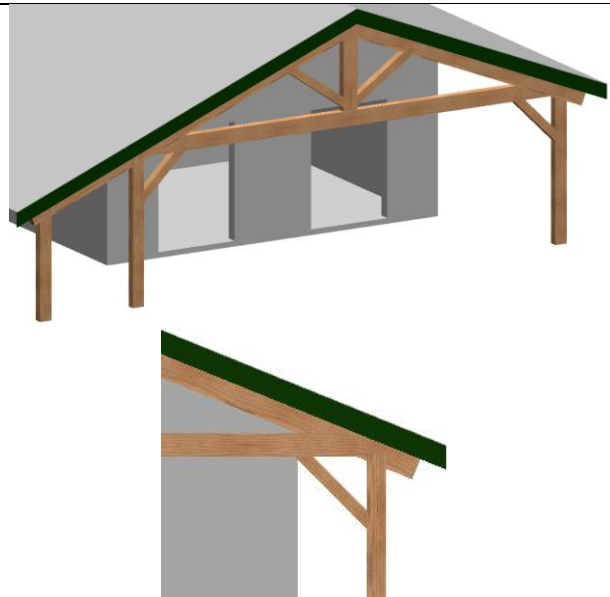
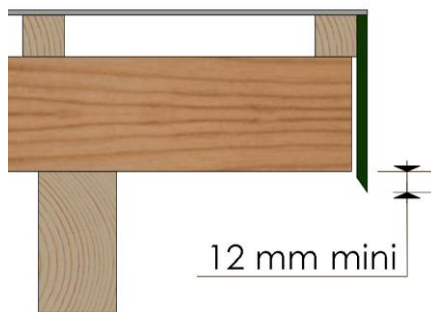


2.4.3.2 Constats et discussions

Pannes :

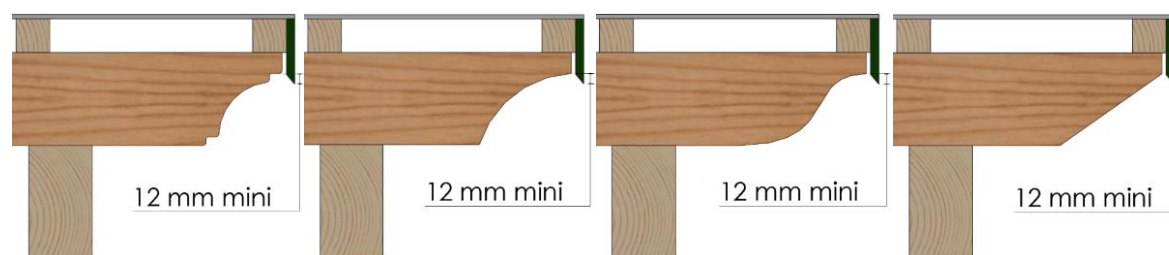
- Le débord de toiture ne protège pas entièrement la retombée de la panne. La face en bois de bout est verticale et en exposition partielle. L'objectif est d'aboutir à une conception conduisant les pannes en classe d'emploi 2 (en zone protégée).

Les planches de rive recouvrant totalement la retombée permettent d'atteindre cet objectif en protégeant les bouts de panne.



Note : l'ensemble des éléments de couverture n'est pas représenté, le détail est centré sur la planche de rive et le débord pour protection de la panne.

A défaut, si la retombée des pannes est trop importante, la partie basse de la panne fait l'objet d'un usinage permettant d'inscrire la panne dans la zone protégée.



Le dépassement de 12 mm est la valeur minimale préconisée pendant la vie en œuvre. Il y a lieu d'être vigilant et d'anticiper notamment le phénomène de retrait pour qu'elle soit toujours respectée.

Il y a de nombreuses solutions pour protéger les bouts de pannes et les conduire en situation de classe d'emploi 2 (planche de rive, ardoise clouée, peinture, ...). La **surveillance et l'entretien de ces protections**, plus ou moins pérennes les unes par rapport aux autres, **sont fondamentales** pour garantir le maintien de l'intégrité des pannes dans le temps.

Arbalétrier :

- Le débord de toiture protège l'ensemble des arbalétriers. Ils peuvent donc être affectés en classe d'emploi 2.
- Le débord de toiture protège l'ensemble des points singuliers / assemblages qui concernent les arbalétriers.

Liens et contrefiches :

- La pente des contrefiches et des liens (comprise entre 15° et 75°) les conduit en conception moyenne pour la partie courante de la face supérieure. La partie courante des contrefiches et des liens est de massivité moyenne. Elle est donc affectée en classe d'emploi 3.2 pour le niveau de condition climatique Humide ou en classe d'emploi 3.1 pour les niveaux Sec et Modéré.
- L'assemblage des contrefiches avec le poinçon de même que les assemblages des liens en parties haute (avec l'entrait) et basse (avec les poteaux) doivent être travaillés pour aboutir à une conception drainante ou moyenne. Une conception classique d'assemblage avec tenon et mortaise par exemple conduirait à une conception piégeante et donc à une affectation en classe d'emploi 4.

Poinçon :

- Le poinçon est vertical et protégé en tête. Il peut être globalement affecté en conception drainante. Les zones d'assemblages avec contrefiches et entrants doivent être de conception moyenne ou drainante pour être affectées en classe d'emploi 3.2 au maximum.

Entrait :

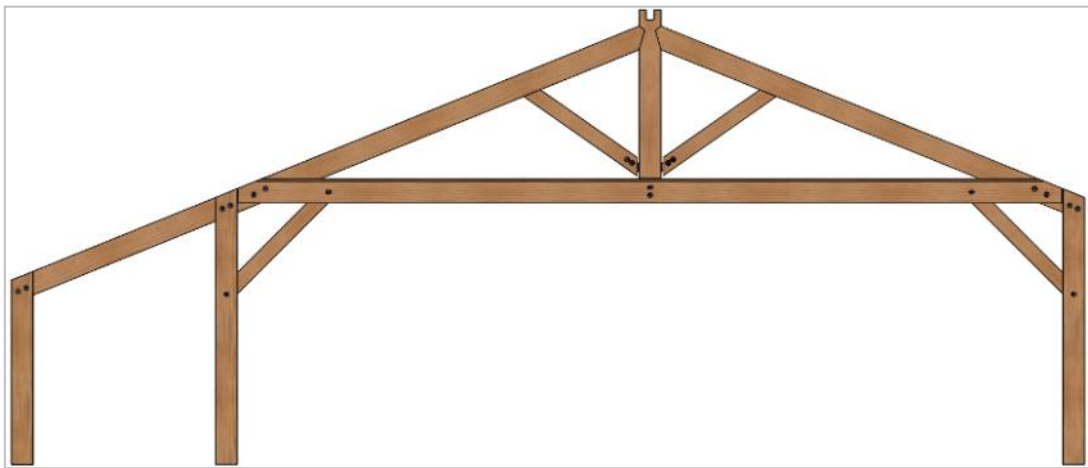
- L'entrait est horizontal (à 0°), si la face supérieure n'est pas inclinée la conception est donc piégeante. L'affectation résultante est la classe d'emploi 4. La face supérieure de l'entrait doit donc être travaillée pour rendre cette partie de la conception drainante (voir § 2.1.3).

- La face latérale de l'entrait sera affectée en conception moyenne ou drainante selon la hauteur de retombée de l'entrait (§ 2.1.4). Une conception moyenne conduit à une affectation en classe d'emploi 3.2 pour les climats Modéré et Humide. Ce cas défavorable (conception moyenne) est retenu pour l'exemple.

Poteaux :

- Les faces latérales des poteaux sont verticales et en situation de conception drainante.
- Le débord de toiture protège les têtes de poteaux. L'attention doit être portée sur les extrémités basses (bois de bout) ainsi que sur les assemblages avec liens et arbalétriers.

2.4.3.3 Propositions de solutions

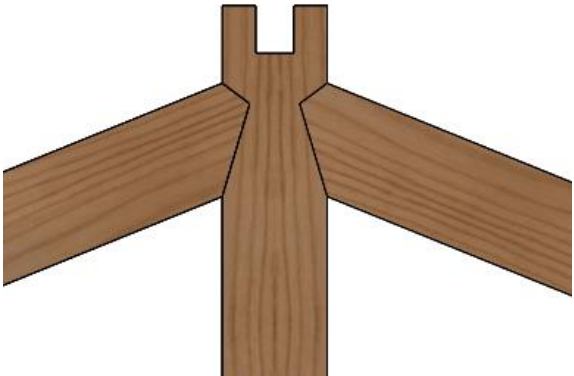
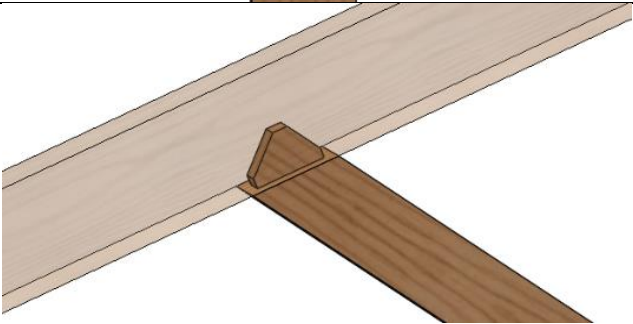
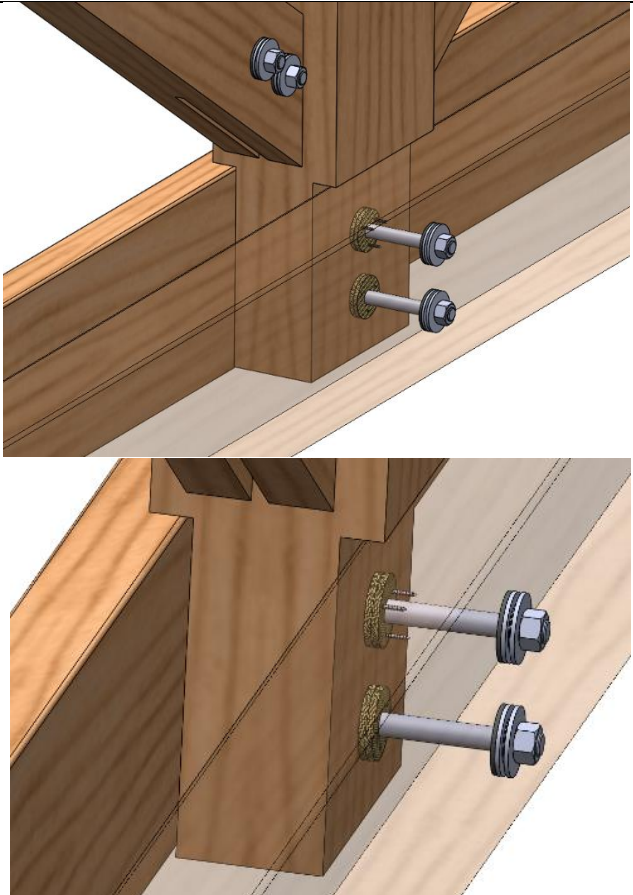


Vue de face de la ferme

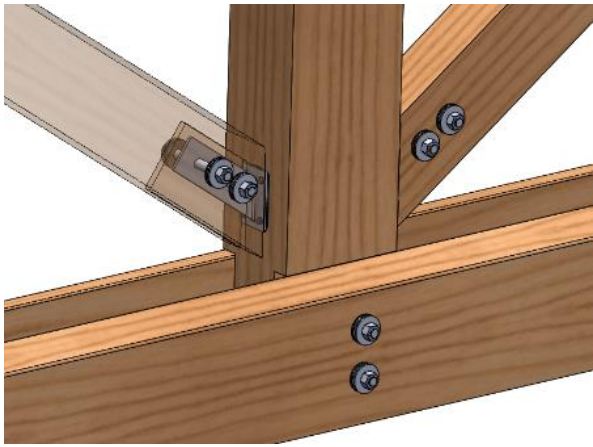
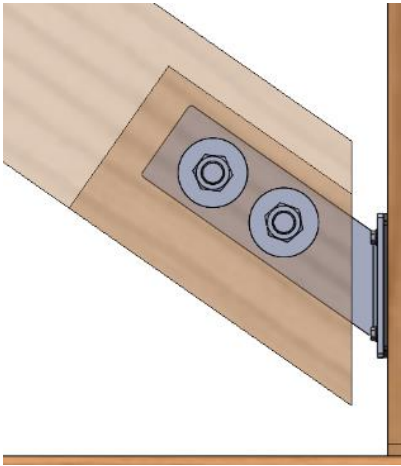
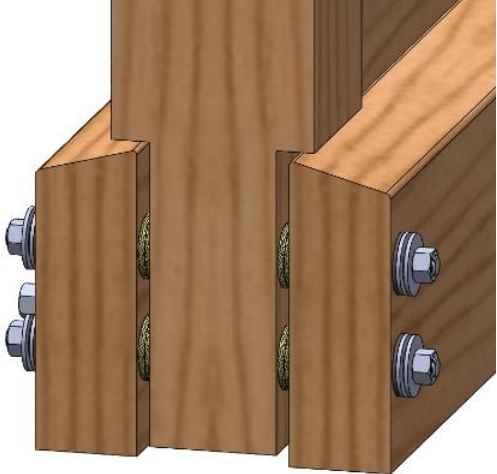


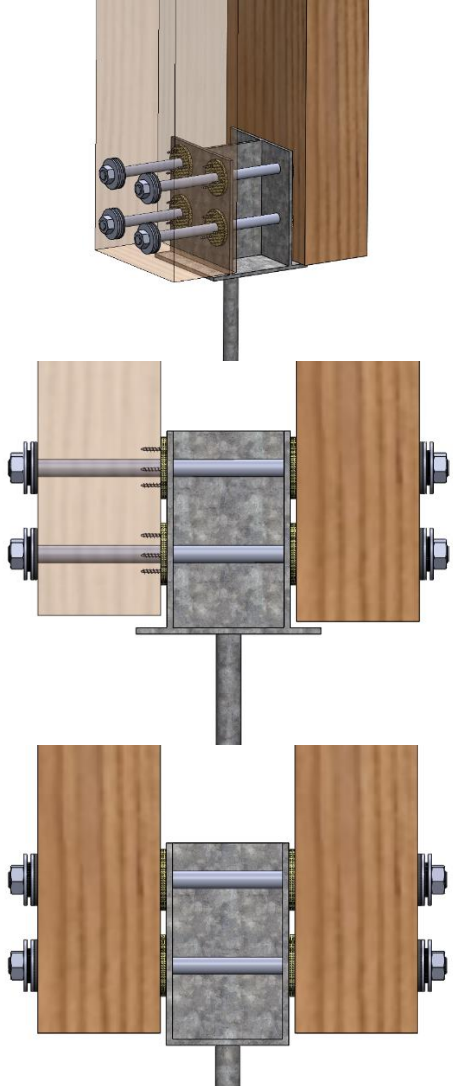
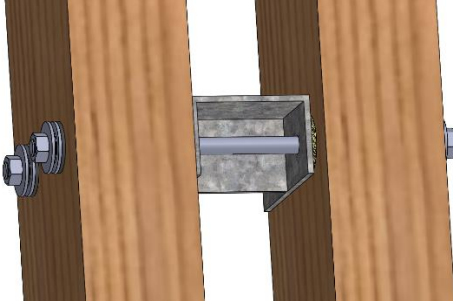
Vue 3D de la ferme

2.4.3.4 Description des solutions retenues

	<p>Point singulier – Assemblage D :</p> <p>En partie haute, l'assemblage poinçon / arbalétrier est protégé et peut donc être réalisé de manière traditionnelle, par embrèvement par exemple.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage G :</p> <p>Il en est de même pour l'assemblage arbalétrier / contrefiches qui peut être réalisé par un assemblage tenon / mortaise.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage E :</p> <p>En partie basse, l'entrait est partiellement exposé et implique un assemblage drainant avec le poinçon.</p> <p>Pour cet assemblage structural de pièces de forte massivité, la solution décrite au §2.3.3.1 est retenue :</p> <ul style="list-style-type: none">- L'entrait est moisé sur le poinçon ;- L'espacement de 10 mm entre éléments est réalisé au moyen de 2 rondelles EE ;- Le boulonnage est effectué avec une rondelle E et 4 rondelles ressort prises entre 2 rondelles métalliques classiques.

	<p>Point singulier – Assemblage C :</p> <p>La conception de l'entrait moisé sur le poinçon implique la même liaison avec les arbalétriers. Le même assemblage est donc proposé.</p> <p>Note : Cette zone est protégée dans le cas de l'exemple avec débord de 300 mm et ne nécessite pas forcément ce type d'assemblage.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage B :</p> <p>De la même manière, bien que protégée, la liaison poteau / arbalétrier est proposée avec un poteau moisé pour gérer notamment l'assemblage entre poteaux et liens.</p> <p>La solution décrite au §2.3.3.1 est retenue.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage I :</p> <p>La liaison poteau / lien, partiellement exposée, doit être drainante.</p> <p>La solution moisée, §2.3.3.1 est retenue.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage H :</p> <p>La solution est répétée pour la liaison du lien avec l'entrait.</p>

	<p>Point singulier – Assemblage « F » :</p> <p>La liaison entre les contrefiches et le poinçon doit être drainante car exposée partiellement.</p> <p>La solution proposée est la réalisation d'une pièce permettant la liaison mécanique par une platine fixée sur le poinçon avec une plaque en âme dans la contrefiche.</p> <p>La plaque en âme est insérée dans une entaille, non traversante en partie supérieure de la contrefiche, mais qui débouche en partie inférieure.</p> <p>La désolidarisation entre la platine métallique et le poinçon est faite au moyen d'une pièce spécifique, équivalente aux rondelles E et EE en matière, mais aux dimensions adaptées à la platine pour la transmission des efforts de compression</p>
	<p>Le boulonnage s'effectue pour la plaque en âme selon le §2.3.4.1, avec 2 rondelles ressort.</p> <p>Vue de détail sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usinage de la contrefiche pour recevoir la plaque en âme ; • Cale de désolidarisation et d'étanchéité entre la platine et le poinçon <p>Les dimensions de la cale de désolidarisation et d'étanchéité sont légèrement inférieures ou égales à celle de la platine.</p>
	<p>Pour les parties courantes des éléments de la ferme, seul l'entrait est horizontal et nécessite un travail spécifique sur la face supérieure tel que prescrit par NF DTU 31.1.</p> <p>La solution retenue ici est la pente supérieure ou égale à 15° de la face supérieure, orientée vers l'extérieur de la zone d'assemblage moisé avec le poinçon</p>

	<p>Point singulier – Assemblage A :</p> <p>Le pied de poteau moisé peut être réalisé au moyen d'une platine spécifique.</p> <p>Les principes d'assemblage bois / métal du §2.3.4.1 sont proposés, avec une rondelle EE d'épaisseur 5 mm à l'interface poteau / platine et 4 rondelles ressort côté extérieur pour maintenir la rondelle E.</p> <p>Notes :</p> <p>4 rondelles ressort sont mises en œuvre car les poteaux sont de forte massivité.</p> <p>Le repos sur la platine est utilisé pour caler le poteau à la pose. Les cales sont enlevées après fixations définitive pour permettre le drainage de l'eau.</p> <p>D'autres types de platine peuvent être envisagés.</p>
	<p>Le même principe est dupliqué pour générer les points d'anti-flambement des moises (équivalent « fourrure »), avec une platine appropriée.</p> <p>Les solutions de fourrures bois classiques ne sont pas adaptées, à moins de les protéger (bande EPDM, ...) sur la face supérieure et de les munir de rondelles EE au droit des assemblages.</p>

2.4.3.5 Gestion des faces en bois de bout

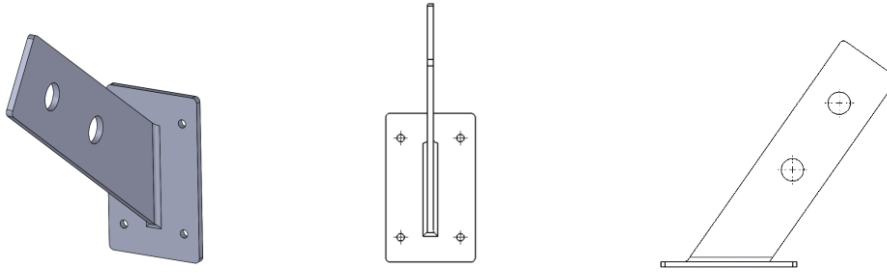
L'illustration de la zone protégée au §2.4.3.1 montre que les extrémités supérieures des poteaux et des contre-fiches sont protégées. Ces faces en bois de bout sont en conditions de classe d'emploi 2 et aucune conception spécifique n'est requise.

Les faces en bois de bout non protégées sont résumées ci-dessous. Elles sont gérées selon la proposition faite au §2.2.3.

	<p>À l'extrémité inférieure des contrefiches, la face en bois de bout fait un angle de 90° avec l'horizontale.</p> <p>Nous proposons ici de considérer dans ce cas un niveau de conception Moyenne.</p> <p>Cette zone, la plus critique de la contrefiche, est alors à affecter en classe d'emploi 3.2 en climat Humide, ou 3.1 sinon.</p>
	<p>À l'extrémité inférieure des liens, la face en bois de bout est orientée vers le sol et fait un angle inférieur à 90° avec l'horizontale.</p> <p>Nous proposons dans ce guide de considérer dans ce cas un niveau de conception Moyenne ou Drainante (si angle < 45°, voir §2.2.3).</p> <p>Cette zone est alors à affecter en classe d'emploi 3.2 en climat Humide, ou 3.1 sinon.</p>
	<p>Ici, la face en bois de bout, à l'extrémité supérieure des liens, est orientée vers le ciel et fait un angle supérieur à 15° avec l'horizontale.</p> <p>Cette zone correspond à un niveau de conception Piégeante.</p> <p>Cette solution reste envisageable en exposition partielle pour les climats Sec et Modéré, conduisant à une classe d'emploi 3.1 et 3.2 respectivement. Elle est à proscrire en climat Humide.</p>
	<p>La solution illustrée ici montre une extrémité du lien usinée conduisant à une face en bois de bout légèrement orientée vers le sol ou au maximum à 90° par rapport à l'horizontale.</p> <p>La conception est considérée Moyenne et conduit ainsi à une classe d'emploi 3.2 en climat Humide.</p> <p>Note : Une autre solution envisageable pour l'extrémité haute du lien, sans usinage, est de protéger par « capotage » la face en bois de bout.</p>

2.4.3.6 Détails sur les assemblages spécifiques

Platine de liaison poinçon / contrefiches



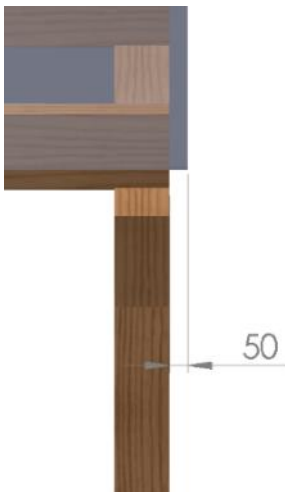
Cale de désolidarisation et d'étanchéité pour liaison poinçon / contrefiches



De même que les rondelles E et EE, les cales de désolidarisation et d'étanchéité sont préconisées en élastomère EPDM de dureté D.I.D.C. comprise entre 55 et 65.

2.4.4 Analyse détaillée du **cas sans débord de toiture**

2.4.4.1 Situation des éléments bois

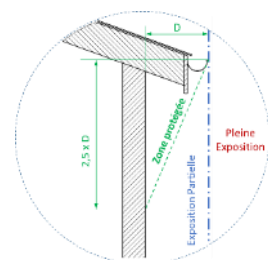


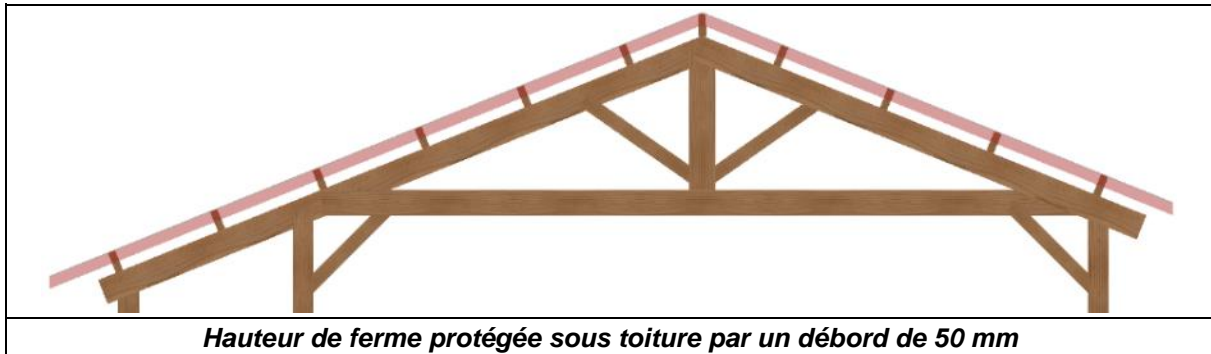
La toiture, côté pignon, est en léger débord :

- de 50 mm par rapport aux pannes
- de 50 mm par rapport au plan extérieur de la ferme

L'ensemble des éléments bois demeure dans une situation « partiellement exposée », comme précédemment. Ils sont tous situés en retrait du débord de toiture par rapport à la verticale. Ce cas correspond donc au tableau 1 présenté au chapitre 1.

Le schéma suivant illustre la notion de « zone protégée » (illustrée en rose) évoquée au chapitre 1. Pour mémoire la hauteur de la zone protégée est égale à 2,5 fois la profondeur du débord.





A la différence de l'exemple précédent (avec débord de 300 mm), dans le cas présent, aucun élément de la ferme n'est protégé (= inscrit dans la zone protégée).

2.4.4.2 Constats et discussions

Pannes :

- Voir §2.4.3.2.

Arbalétrier :

- L'arbalétrier forme un angle de 20° par rapport à l'horizontale :
 - La face supérieure est donc en conception moyenne ;
 - La face latérale a une retombée de 220 mm et est donc en conception drainante ;
 - La partie courante de l'arbalétrier est de massivité Forte. Elle est donc affectée en classe d'emploi 3.2 pour les niveaux de condition climatique Humide et Modérée, ou en classe d'emploi 3.1 pour le niveau Sec.
- Les assemblages de l'arbalétrier au niveau du poinçon et de l'entrait, ainsi qu'en têtes de poteaux doivent être travaillés pour aboutir à une conception drainante ou moyenne. Pour cet exemple, à la différence du précédent, l'assemblage arbalétrier / poinçon doit être travaillé pour ne pas être piégeant.

Liens et contrefiches :

- Le constat global en partie courante des liens et contrefiches est identique à celui effectué au §2.4.3.2.
- A la différence de l'exemple précédent, l'assemblage contrefiche / arbalétrier doit être travaillé pour aboutir à une conception drainante ou moyenne.

Poinçon :

- Le poinçon n'est plus protégé en tête par le débord de toiture. Le bois de bout en extrémité haute doit donc être protégé de façon pérenne.
- Les autres zones de liaison au poinçon (avec entrait et contrefiches) demeurent identiques à l'exemple précédent.

Entrait :

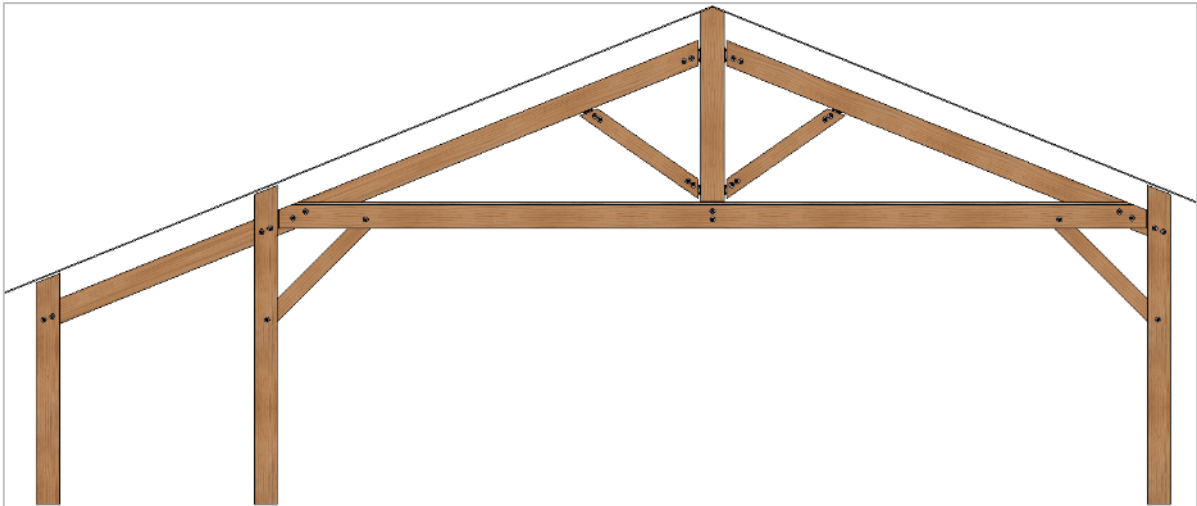
- Le constat effectué au § 2.4.3.2 est valable ici.

Poteaux :

- La seule différence avec l'exemple précédent se situe en tête de poteau où la face supérieure n'est plus dans la zone protégée par le débord de toiture.

2.4.4.3 Propositions de solutions

La différence avec l'exemple précédent se situe donc en partie haute de la ferme qui n'est plus protégée par le débord de toiture. Ainsi, seuls les points singuliers (assemblages) concernant les arbalétriers et la tête de poinçon, ainsi que les têtes de poteaux, sont à traiter différemment. Les solutions illustrées ci-dessous concernent seulement ces points singuliers. Les autres sont traités comme précédemment.



Vue de face de la ferme



Vue 3D de la ferme

Par comparaison immédiate avec l'exemple précédent (§2.4.3), nous attirons l'attention sur l'effet bénéfique d'un débord de toiture du point de vue de la conception et de la gestion des points singuliers en partie haute des poteaux, arbalétriers et poinçon.

Dans les choix effectués, les poteaux et le poinçon ont été prolongés jusqu'à la sous-face des chevrons (illustrée sur les deux schémas précédents) pour les positionner en zone protégée et ne pas avoir à les capoter.

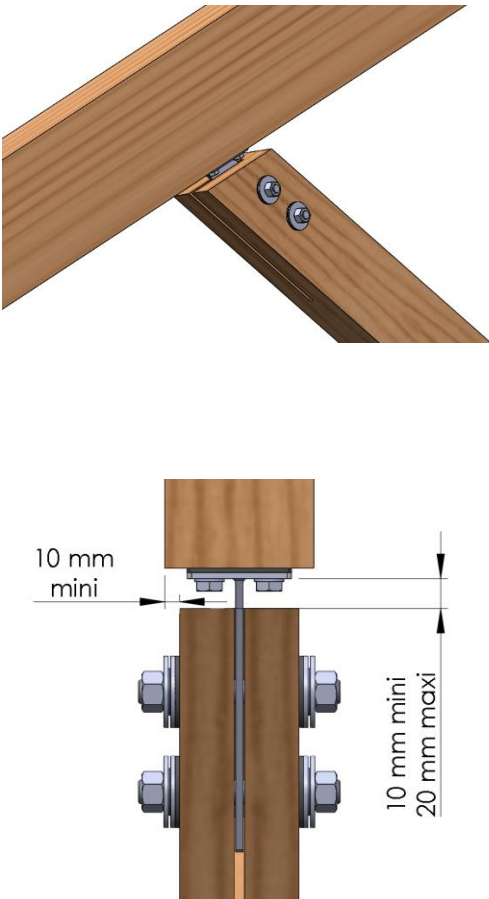

2.4.4.4 Description des solutions retenues

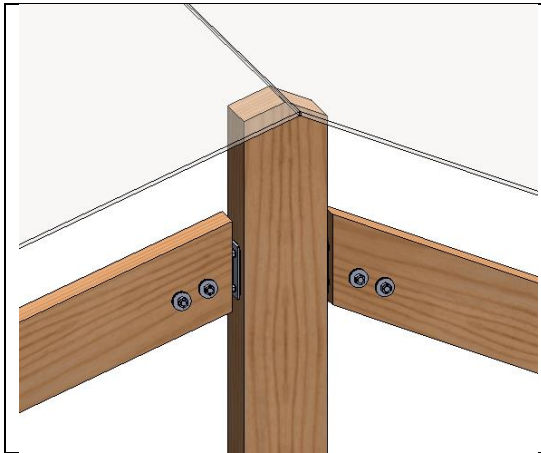
	<p>Point singulier – Assemblage G :</p> <p>En partie haute de la contrefiche, la liaison avec l'arbalétrier est réalisée au moyen d'une platine vissée dans l'arbalétrier et dont la plaque est en âme dans la contrefiche.</p> <p>L'entaille dans la contrefiche débouche uniquement en partie inférieure.</p> <p>La platine est détalonnée de l'arbalétrier par une cale spécifique, de matière équivalente à celle des rondelles E et EE, et aux dimensions (surface) adaptées à la platine pour la transmission des efforts.</p> <p>Le boulonnage avec plaque en âme dans la contrefiche est effectué selon les prescriptions du §2.3.4.1.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage D :</p> <p>En partie haute, l'assemblage poinçon / arbalétrier est réalisé au moyen d'une platine vissée dans le poinçon et dont la plaque est en âme dans l'arbalétrier.</p> <p>La platine est détalonnée de l'arbalétrier par une cale spécifique, de matière équivalente à celle des rondelles E et EE, et aux dimensions (surface) adaptées pour la transmission des efforts.</p> <p>Le boulonnage avec plaque en âme dans l'arbalétrier est effectué selon les prescriptions du §2.3.4.1.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage « Poinçon / panne faitière » :</p> <p>Le poinçon a été prolongé jusqu'au pan de la toiture. Il peut donc recevoir la panne faitière par assemblage tenon mortaise non débouchant en face avant, par exemple.</p>

2.4.4.5 Gestion des faces en bois de bout

L'illustration de la zone protégée au §2.4.4.1 montre qu'à la différence de l'exemple précédent, les extrémités supérieures des poteaux, du poinçon et des contre-fiches ne sont plus en zone protégée.

La gestion spécifique de ces faces est résumée ci-dessous. Les principes décrits dans l'exemple précédent (avec débord de toiture) pour les autres faces en bois de bout demeurent.

	<p>La face en bois de bout, à l'extrémité supérieure des contre-fiches, est orientée vers le ciel et fait un angle supérieur à 15° avec l'horizontale.</p> <p>Nous proposons dans ce guide de considérer dans ce cas un niveau de conception Piégeante.</p> <p>Un jeu est mis en œuvre entre la face de la platine et la face en bois de bout de la contre-fiche. Il est compris entre 10 mm et 20 mm.</p> <p>Les faces latérales de la contre-fiche et de l'arbalétrier peuvent être alignées.</p> <p>Cette solution est envisageable dans des climats Sec et Modéré, conduisant à une classe d'emploi 3.1 et 3.2 respectivement. Elle est à proscrire en climat Humide.</p> <p style="text-align: center;">Solution pour gestion de cette zone en climat Humide.</p> <p>Un « effet masque » est généré par l'arbalétrier avec un débord de celui-ci d'au moins 10 mm par rapport aux faces de la contre-fiche.</p> <p>La conception de la face en bois de bout demeure Piégeante, et l'affectation qui en résulte est la classe d'emploi 4 (climat humide).</p> <p>Néanmoins, au regard de la mise en situation dans l'ouvrage, cette solution est considérée acceptable pour atteindre les objectifs visés dans ce guide.</p>
	<p>Les extrémités hautes des poteaux, prolongées au niveau du pan de la toiture (sous face des chevrons) se retrouvent protégées.</p> <p>Note :</p> <p>Dans l'exemple, la moise du poteau située côté intérieur de l'ouvrage a été entaillée pour recevoir la panne sablière et gérer une partie du contreventement de la ferme.</p>

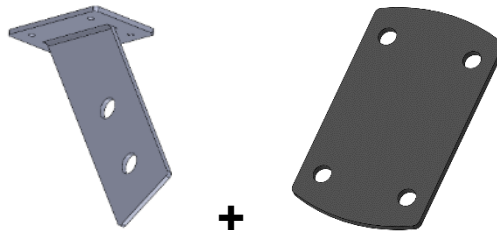


L'extrémité haute du poinçon a été prolongée jusqu'au niveau du pan de la toiture (sous face des chevrons) pour positionner la face en bois de bout en zone protégée.

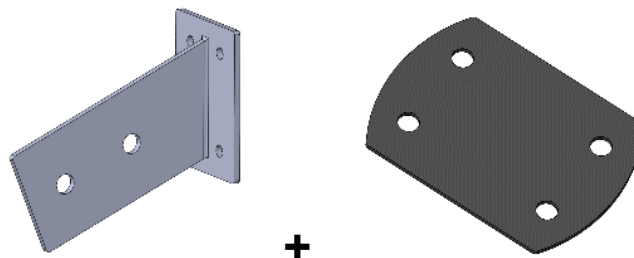
L'utilisation de solutions dédiées au climat Humide pour des expositions en climats Sec ou Modéré permettra de maximiser l'augmentation de durée de vie de l'ouvrage.

2.4.4.6 Détails sur les assemblages spécifiques

Liaison arbalétrier / contrefiche et poinçon / contrefiche

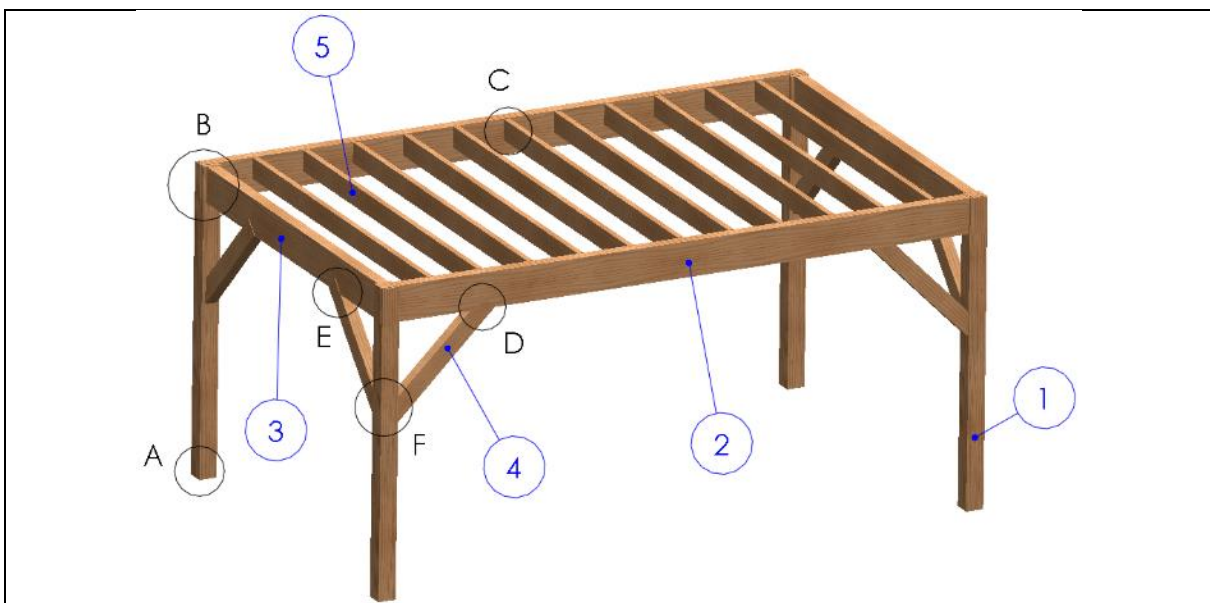
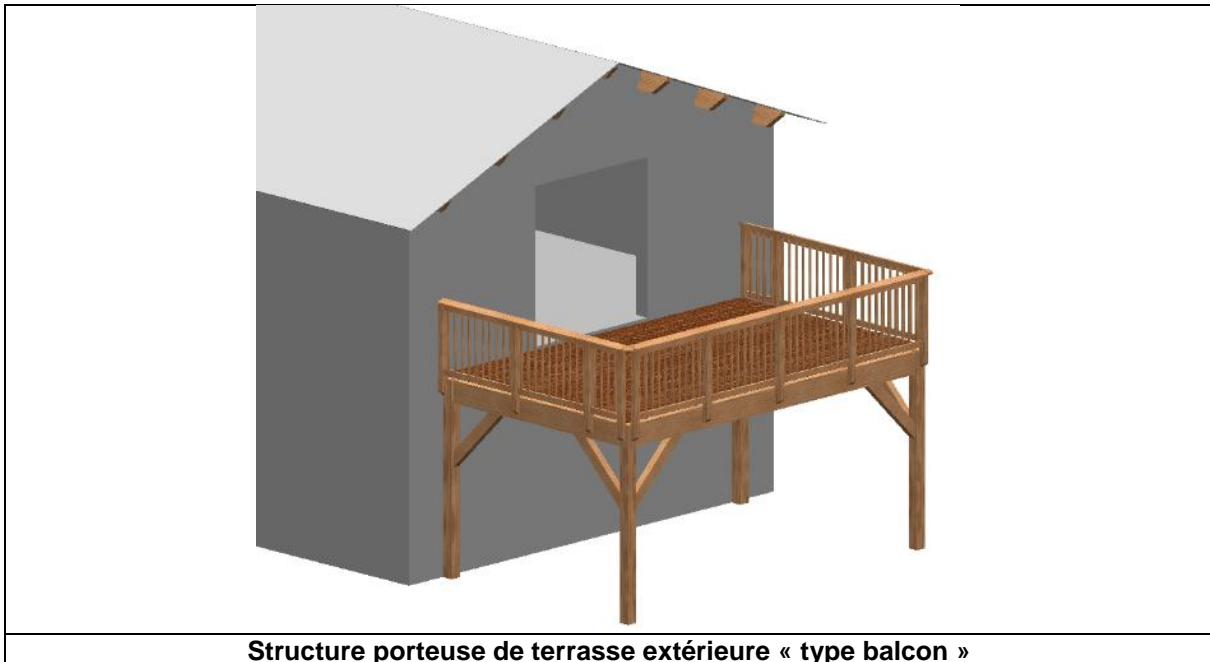


Liaison arbalétrier / poinçon



2.5 Système poteau-poutre

2.5.1 Description globale



Pièces :

- 1 - Poteau
- 2 - Poutre de rive porteuse de solive
- 3 – Solive de rive
- 4 - Lien
- 5 - Solive

Points singuliers – assemblages :

- A – Pied de poteau
- B – Poteau / poutres et solives de rives
- C – Solive / Poutre porteuse
- D – Poutre de rive / lien
- E – Solive de rive / lien
- F – Poteau / lien

Identification des éléments de partie courante et des points singuliers

Note : cet exemple a pour but de traiter des éléments de la structure qui supporte le platelage et le garde-corps. Ces deux derniers ouvrages ne sont donc pas représentés et identifiés sur le dernier schéma. Ils sont décrits à part par la suite.

2.5.2 Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité

Massivité des éléments bois		
Pièces	Bois massif	Bois Lamellé Collé (épaisseur de lamelles > 35 mm)
Poteaux	Forte	Forte
Porteuses de solives	Forte	Moyenne à Forte
Solives de rive	Moyenne à forte	
Solives	Moyenne	<i>Moyenne</i>
Liens	Moyenne	<i>Moyenne</i>

2.5.3 Analyse détaillée

2.5.3.1 Situation des éléments bois



Le débord de toiture se situe au-dessus d'une faible partie de l'ouvrage considéré.

Dans ce cas il ne peut pas être fait de distinction entre une zone partiellement exposée et une zone pleinement exposée. C'est le cas d'exposition le plus défavorable qui est à retenir pour l'ouvrage dans sa globalité.

En premier lieu, l'ensemble des éléments bois est donc dans une situation « pleinement exposée ». Ce cas correspond donc au Tableau 3 présenté au §1.2.4.2.

2.5.3.2 Constats et discussions

Poteau :

- Les faces latérales des poteaux sont verticales et en situation de conception drainante.
- L'attention doit être portée sur les extrémités hautes et basses (bois de bout) ainsi que sur les assemblages avec les liens et les poutres et solives de rives.

Poutre de rive, porteuse de solives :

- Les poutres de rives porteuses de solives sont horizontales. Si la face supérieure n'est pas inclinée, la conception est donc Piégeante (§ 2.1.3) ce qui conduit à une affectation en classe d'emploi 4 pour toutes les conditions climatiques. Afin de ramener cette affectation en classe d'emploi 3.2 au maximum, il y a lieu de conduire à une conception Moyenne pour les climats Sec et Modéré et Drainante pour le climat Humide.

- La face latérale des poutres de rives sera affectée en conception Moyenne ou Drainante selon la hauteur de retombée exposée (§2.1.4). Une conception Moyenne conduit à une affectation en classe d'emploi 3.2 pour les climats Sec et Modéré. En revanche cela conduit à une affectation en classe d'emploi 4 en climat Humide. Les faces latérales devront donc être de conception Drainante pour le climat Humide, afin d'obtenir une affectation en classe d'emploi 3.2 au maximum.
- Les différents assemblages qui concernent les poutres de rives (poteau, lien, solive, ouvrage contigu) doivent conduire, au plus défavorable, à des conceptions Moyenne (pour climats Sec et Modéré) ou Drainante (pour climat Humide).

Solive de rive :

- Le cas défavorable pour les solives de rive consiste à utiliser la même section de bois que pour les poutres de rives porteuses. C'est le cas considéré dans cet exemple ce qui les classe en massivité forte.
- L'analyse des solives de rive est donc identique à celle réalisée ci-dessus pour les poutres de rives.

Solive :

- Les solives sont horizontales. Si la face supérieure n'est pas inclinée, la conception est donc piégeante (§2.1.3) ce qui conduit à une affectation en classe d'emploi 4 pour les climats Modéré et Humide, et 3.2 pour le climat Sec. Afin de ramener cette affectation en classe d'emploi 3.2 au maximum, il y a lieu de conduire à une conception Moyenne pour les climats Modéré et Humide.
- La face latérale des solives sera affectée en conception moyenne ou drainante selon la hauteur de retombée exposée. Une conception Moyenne conduit, dans le cas le plus défavorable, à une affectation en classe d'emploi 3.2 pour les climats Modéré et Humide.
- Les zones d'assemblage entre solives et poutres de rives doivent conduire, au plus défavorable, à des conceptions Moyenne (pour climats Modéré et Humide) ou Piégeante (pour climat Sec).

Lien :

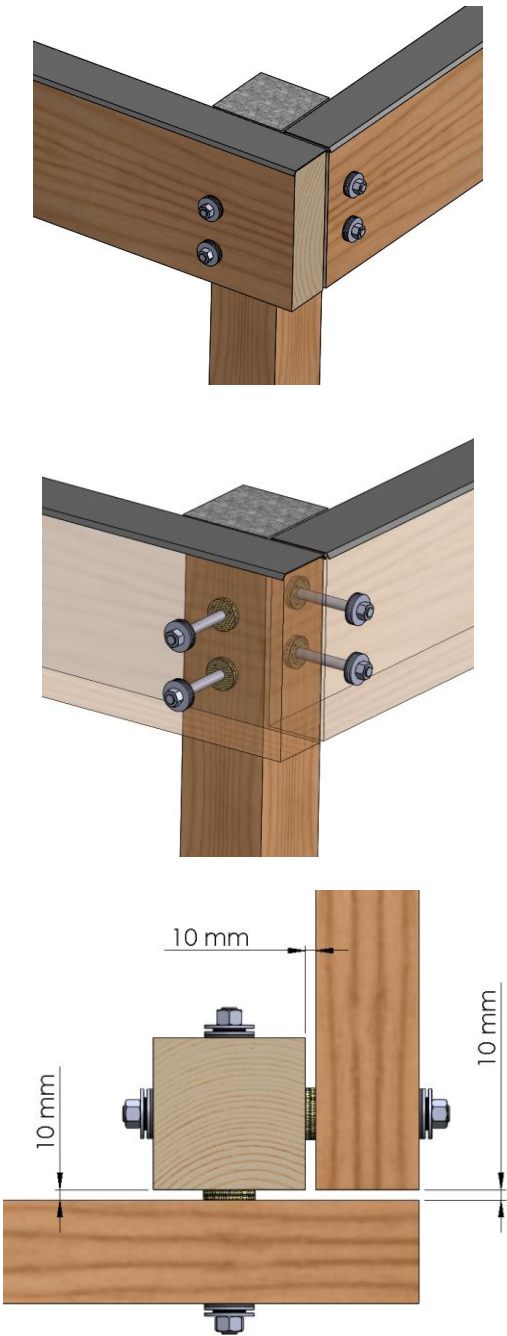
- La pente des liens, généralement inférieure à 75° (par rapport à l'horizontale) les conduit en conception Moyenne pour la partie courante de la face supérieure (§2.1.2). La partie courante des liens est de massivité moyenne. Cette zone est donc affectée en classe d'emploi 3.1 pour le climat Sec et 3.2 pour les climats Modéré et Humide.
- Les assemblages des liens doivent être travaillés pour aboutir à une conception moyenne à minima.

Bien que pouvant théoriquement conduire à une affectation en classe d'emploi 3.2 dans certains cas du climat Sec (§ 1.2.4.2), la conception Piégeante est à proscrire pour l'ensemble des parties courantes. Elle est à limiter au maximum, tant que faire se peut, notamment au niveau des assemblages, pour ne pas nuire à la pérennité de l'ouvrage.

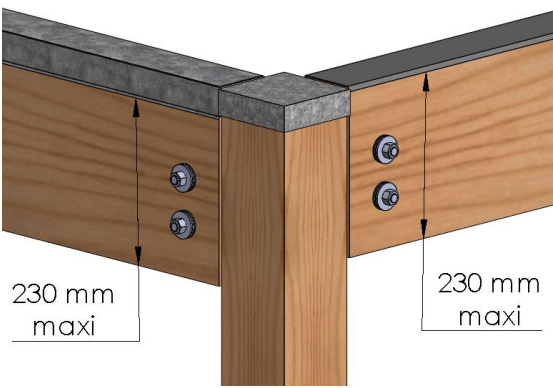
2.5.4 Description des solutions retenues

2.5.4.1 Structure poteaux –poutres

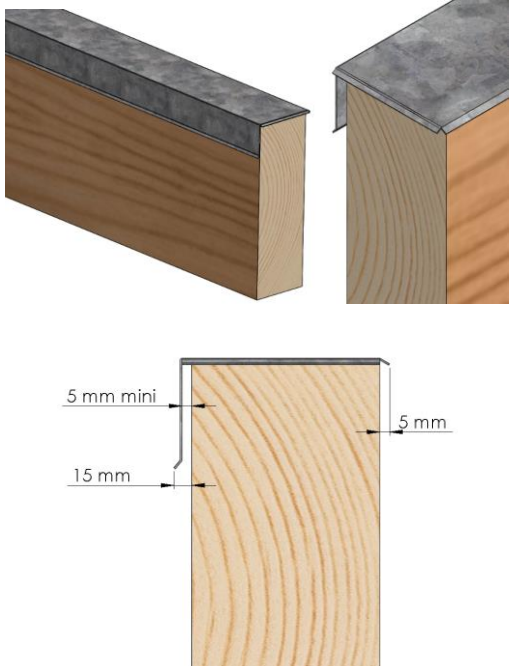
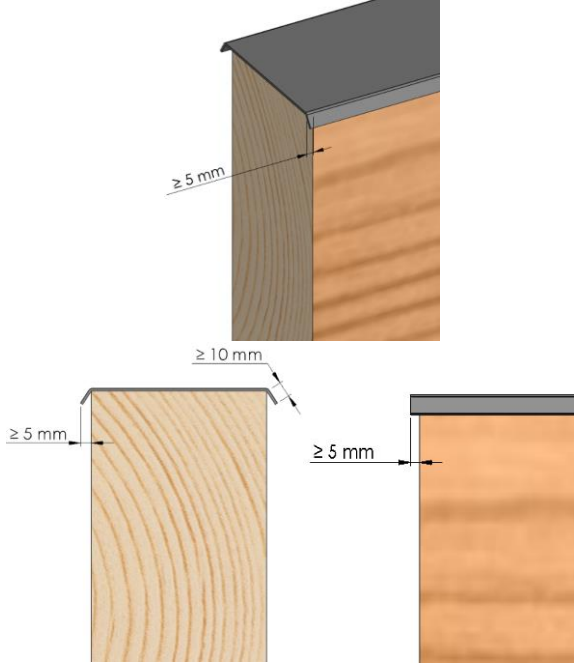
Comme le montrent les constats du §2.5.3.2 ci-dessus, dans le cas de la pleine exposition le climat Humide peut être très pénalisant. Ainsi, **certaines conceptions ne sont pas adaptées au climat Humide**, au regard de l'objectif de durée de vie du §1.2.6. Elles sont clairement distinguées dans les exemples suivants.

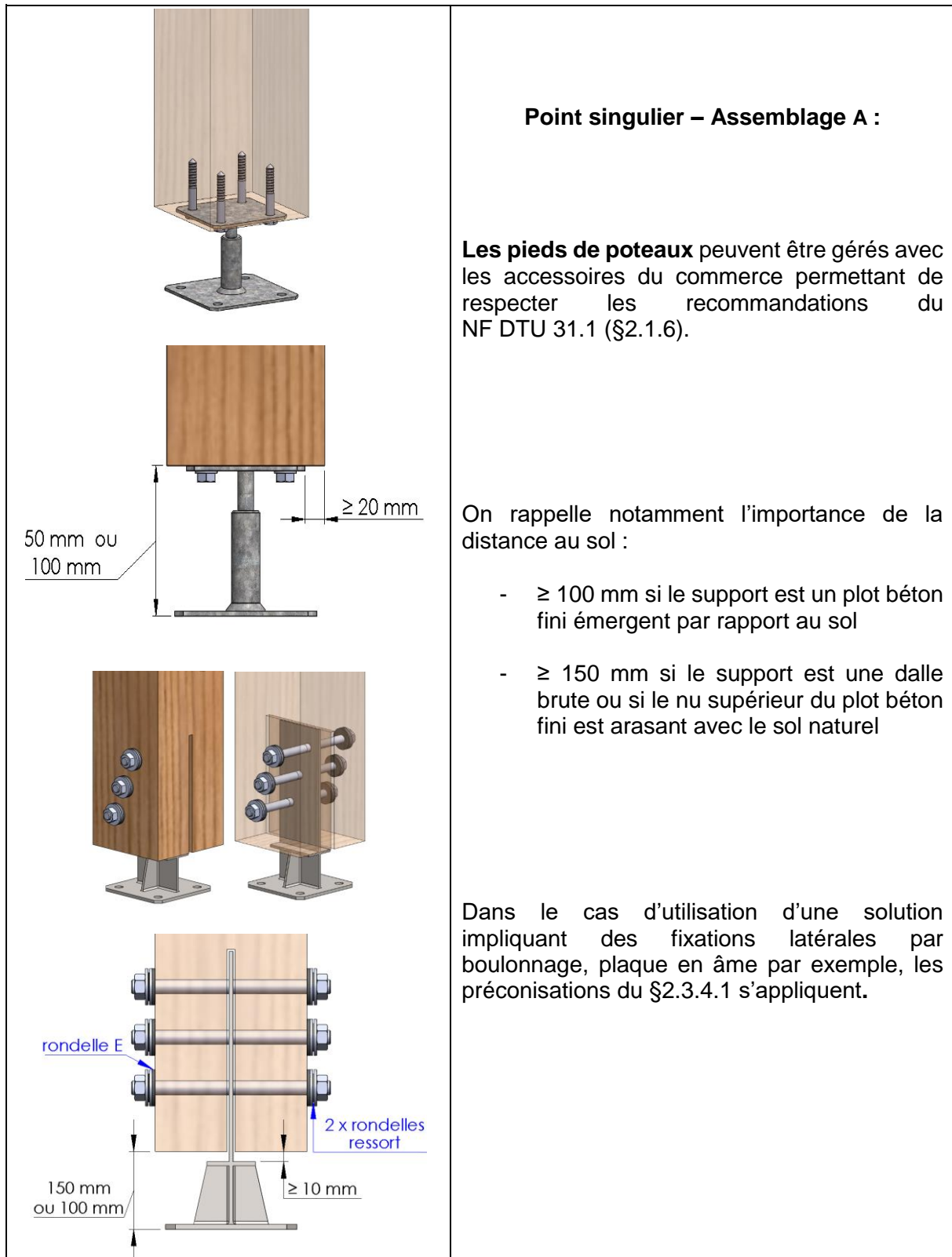
	<p>Point singulier – Assemblage B :</p> <p><u>Solution N°1 :</u> Non compatible avec le climat Humide (voir §2.5.4.2)</p> <p>La poutre porteuse et la solive de rive sont liaisonnées au poteau par boulonnage traversant décalé dans la hauteur.</p> <p>Poutre et solive sont espacées du poteau au moyen de 2 rondelles EE générant un espace de 10 mm (§2.3.3.1).</p> <p>Un jeu de 10 mm est ménagé entre le bout de la solive de rive et la face de la poutre porteuse (ou inversement).</p> <p>Note : Sur la vue de dessus (en 2D), les protections, capotages, ne sont pas représentés.</p>
--	--

	<p>Point singulier – Assemblage B :</p> <p><u>Solution N°2 :</u></p> <p>Compatible avec le climat Humide</p> <p>La poutre porteuse et la solive de rive sont liaisonnées au poteau par boulonnage sur une platine avec plaque en âme.</p> <p>La platine est fixée au poteau avec des fixations décalées dans la hauteur.</p> <p>Les platines métalliques sont espacées du poteau au moyen de cales de désolidarisation et d'étanchéité. Ces cales sont en position verticale, leurs faces supérieure et inférieure sont arrondies pour limiter la stagnation d'eau et favoriser son écoulement.</p> <p>Un jeu est ménagé entre la face extérieure de la platine et le bout de la solive de rive ou de la poutre porteuse. Il est compris entre 10 mm et 20 mm.</p> <p>Note : Sur la vue 2D de dessus, les protections, capotages, ne sont pas représentés.</p>
	<p>Points singuliers</p> <p>Faces supérieures des poutres et solives de rives</p> <p>Les faces supérieures des éléments horizontaux sont systématiquement protégées.</p> <p>Elles sont recouvertes d'une bande EPDM, d'un capotage métallique, par exemple.</p>

Points singuliers	
Faces latérales des poutres et solives de rives	
	<p>Les faces latérales des poutres et solives ne doivent pas être exposées sur une retombée supérieure à 23 cm pour être en conception Drainante. Cela conduit alors à une affectation de classe d'emploi 3.1 en climat Sec et 3.2 en climats Modéré et Humide.</p> <p>Si la hauteur de poutre / solive de rive est supérieure à 23 cm, il y a nécessité pour le climat Humide de protéger les faces latérales (tout ou partie) pour ne pas être en situation de classe d'emploi 4.</p> <p>Un capotage métallique adapté en retombée peut permettre de remplir cette exigence.</p>

Les protections des faces supérieures sont en débord par rapport aux différentes faces de la pièce protégée, tel qu'illustré ci-dessous.

	
Protection par capotage métallique	Protection par bande EPDM (ou équivalent)



Point singulier – Assemblage A :

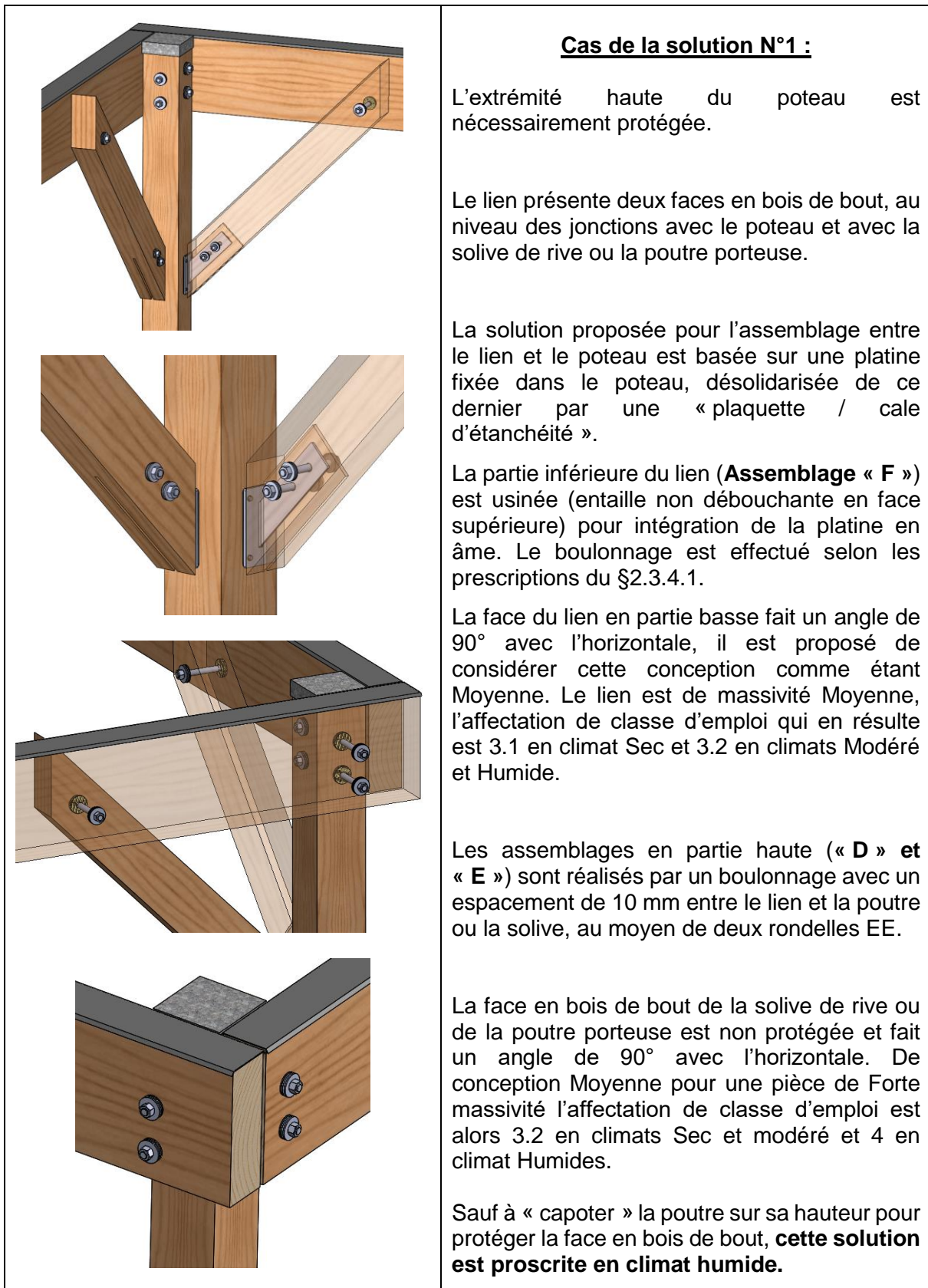
Les pieds de poteaux peuvent être gérés avec les accessoires du commerce permettant de respecter les recommandations du NF DTU 31.1 (§2.1.6).

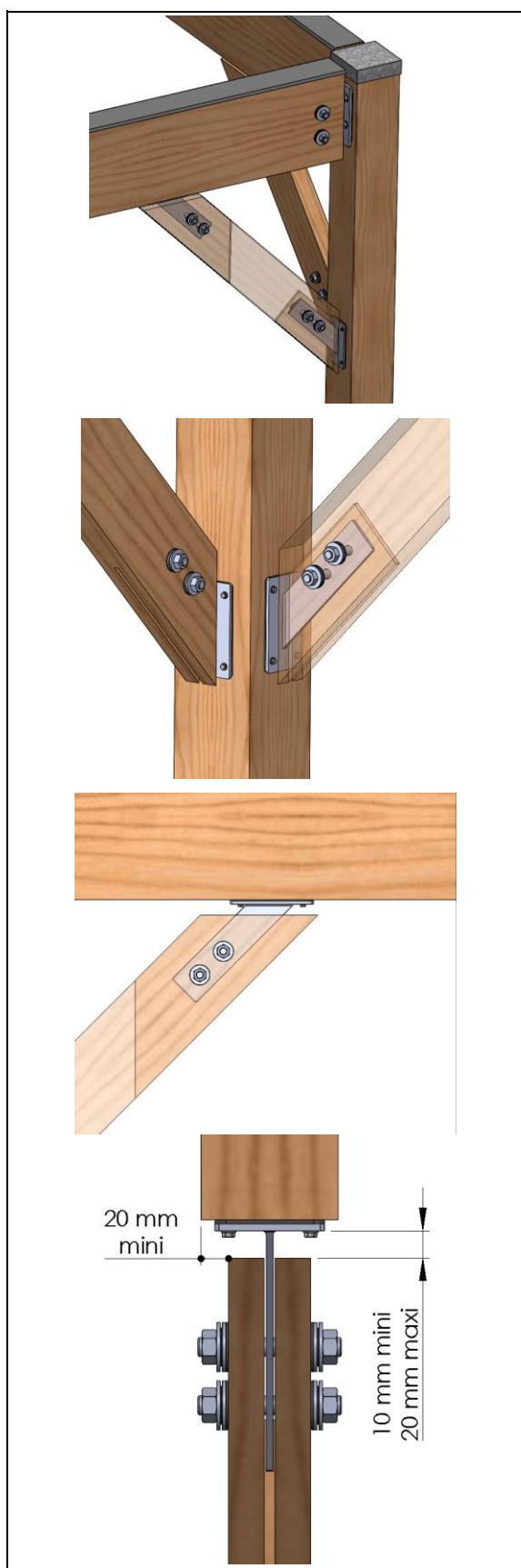
On rappelle notamment l'importance de la distance au sol :

- ≥ 100 mm si le support est un plot béton fini émergent par rapport au sol
- ≥ 150 mm si le support est une dalle brute ou si le nu supérieur du plot béton fini est arasant avec le sol naturel

Dans le cas d'utilisation d'une solution impliquant des fixations latérales par boulonnage, plaque en âme par exemple, les préconisations du §2.3.4.1 s'appliquent.

2.5.4.2 Gestion des faces en bois de bout





Cas de la solution N°2 :

L'extrémité haute du poteau est nécessairement protégée.

Le lien présente deux faces en bois de bout, au niveau des jonctions avec le poteau et avec la solive de rive ou la poutre porteuse.

La solution proposée pour l'assemblage entre le lien et le poteau est identique à celui présenté pour la solution N°1 (platine sur poteau avec cale d'étanchéité + plaque en âme du lien avec boulonnage selon §2.3.4.1).

La partie inférieure du lien est usinée (entaille non débouchante en face supérieure) pour intégration de la platine en âme.

L'affectation de classe d'emploi de la face en bois de bout en partie basse du lien est identique à la solution N°1 : 3.1 en climat Sec et 3.2 en climats Modéré et Humide.

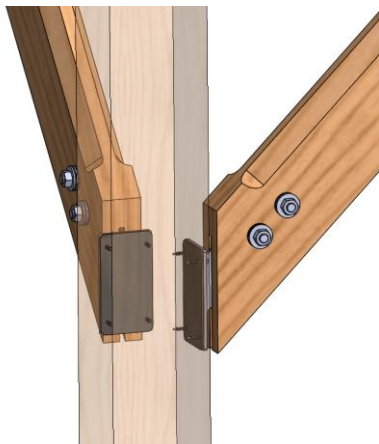
L'assemblage en partie haute est réalisé de manière équivalente au moyen d'une platine pour plaque en âme et d'une cale d'étanchéité, et le même boulonnage.

L'entaille en partie haute du lien, pour recevoir la plaque en âme, est effectuée traversante pour permettre le montage. La face en fond d'entaille ne doit pas être orientée vers le ciel, au pire elle est verticale.

Un « effet masque » est généré par la poutre ou la solive, avec un débord d'au moins 10 mm par rapport aux faces du lien.

La conception de la face en bois de bout demeure Piégeante, et l'affectation qui en résulte est la classe d'emploi 4 (pour les climats modéré et humide).

Néanmoins, au regard de la mise en situation dans l'ouvrage, cette solution est considérée acceptable pour atteindre les objectifs visés dans ce guide.



Cas de la solution N°2 :

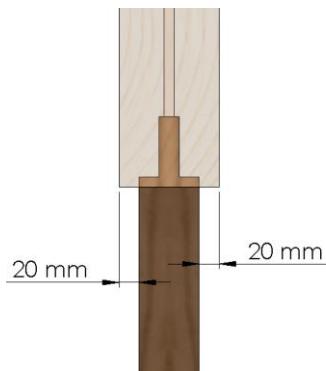
CAS SPECIFIQUE DU CLIMAT HUMIDE

Possibilité pour la face en bois de bout de l'extrémité basse du lien

Pour limiter la quantité d'eau amenée par ruissellement sur la face en bois de bout en partie basse du lien, il est possible de réaliser un usinage des arêtes de la face supérieure du lien.

Le chanfrein n'est pas toute longueur. Il est interrompu avant la face en partie basse pour générer un obstacle à l'écoulement et « évacuer » l'eau sur le côté.

Cette solution représente une possibilité alternative permettant de minimiser la quantité d'eau sur la face en bois de bout la plus exposée du lien, et par conséquent de maximiser la durée de vie résultante.



Cas de la solution N°2 :

Variante en partie haute du lien

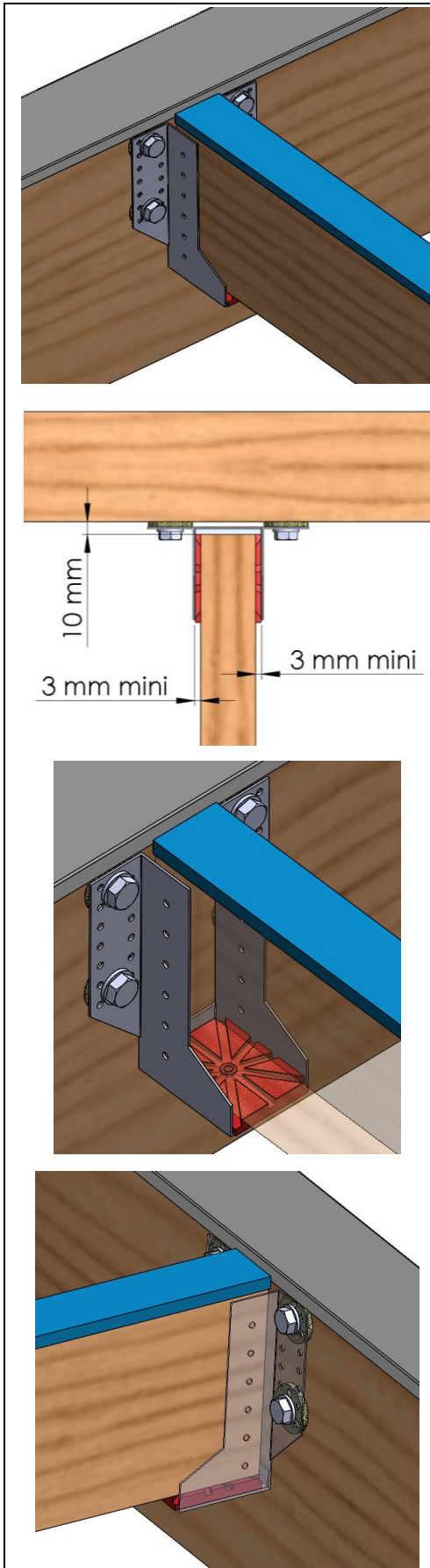
En partie haute du lien, pour l'assemblage avec la poutre porteuse ou la solive, un assemblage par emboîtement avec **tenon / mortaise est envisageable.**

Pour cela l'effet masque de la pièce supérieure doit être effectif avec un **débord de 20 mm de part et d'autre des faces extérieures du lien.**

Le blocage du tenon dans la mortaise peut être effectué par vissage en appliquant la logique décrite pour la fixation de bois de massivité Moyenne avec plaque en âme selon les propositions du §2.3.4.2.

Note : Dans ce cas, seule l'étanchéité au droit de la tête de fixation est à maîtriser au mieux.

2.5.4.3 Solivage



Point singulier – Assemblage « C » :

Solution Sabot

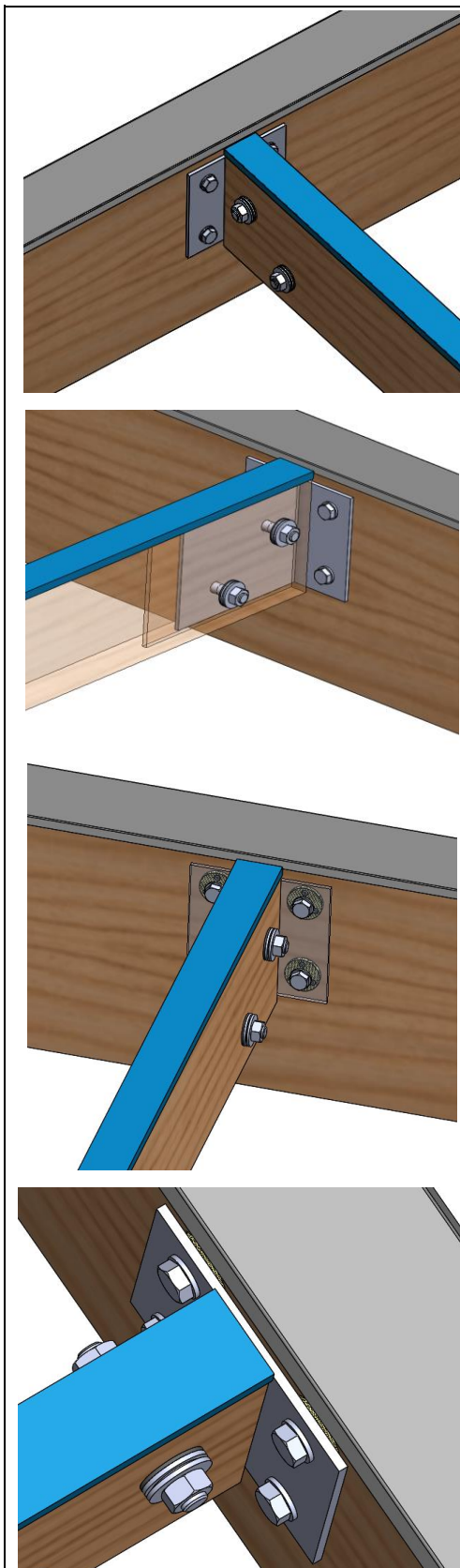
De même que pour les poutres et solives de rives, les faces supérieures des solives sont systématiquement protégées.

La solive ne doit pas être en contact avec le sabot ni avec la poutre porteuse.

- Un jeu de 10 mm est laissé en bout de solive ;
- Un jeu de 3 mm mini est laissé entre les faces de la solive et celles du sabot
- Au niveau de l'appui de la solive dans le sabot, une cale de drainage est positionnée

La face arrière du sabot est espacée de la poutre porteuse par une rondelle EE d'épaisseur 5 mm.

La tête de la fixation (non traversante de type tirefond) est en appui sur l'assembleur métallique (sabot) et ne nécessite pas de rondelle ressort ou de rondelle E.



Point singulier – Assemblage « C » :

Solution Platine plaque métallique en âme

De même que pour les poutres et solives de rives, les faces supérieures des solives sont systématiquement protégées.

La solive est fixée à la plaque en âme au moyen d'un assemblage boulonné selon le §2.3.4.1.

Pour rappel : bois de moyenne massivité et plaque en âme = 1 rondelle E + 2 rondelles ressort prises entre 2 rondelles mécaniques.

Un jeu de 10 mm est ménagé en bout solive par rapport à la face de la platine métallique.

La face arrière du sabot est espacée de la poutre porteuse par des rondelles EE d'épaisseur 5 mm, vissées dans la poutre porteuse.

La tête de la fixation (non traversante de type tirefond) est en appui sur l'assembleur métallique (sabot) et ne nécessite pas de rondelle ressort ou de rondelle E.

Les faces en bois de bout des solives sont verticales et ne sont pas en contact avec les platines. Elles sont de conception Moyenne selon la proposition faite au §2.2.3.

3 PRINCIPES DE CONCEPTIONS DRAINANTES DES ELEMENTS MENUISES

3.1 Pergolas

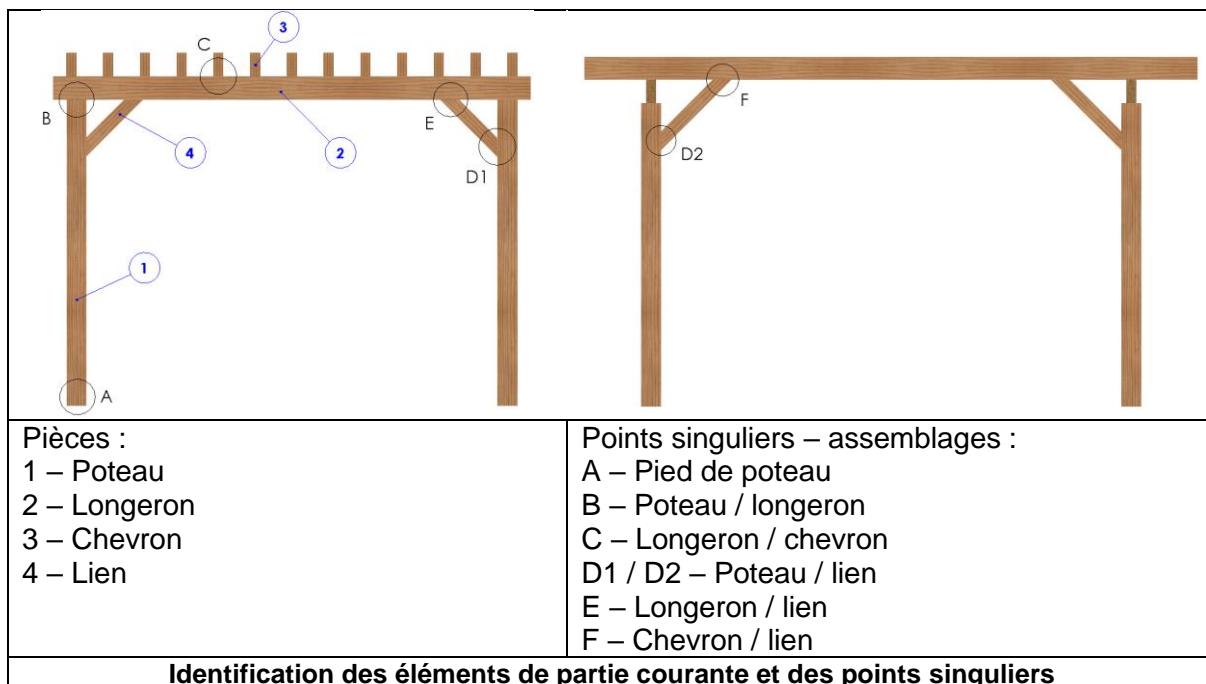
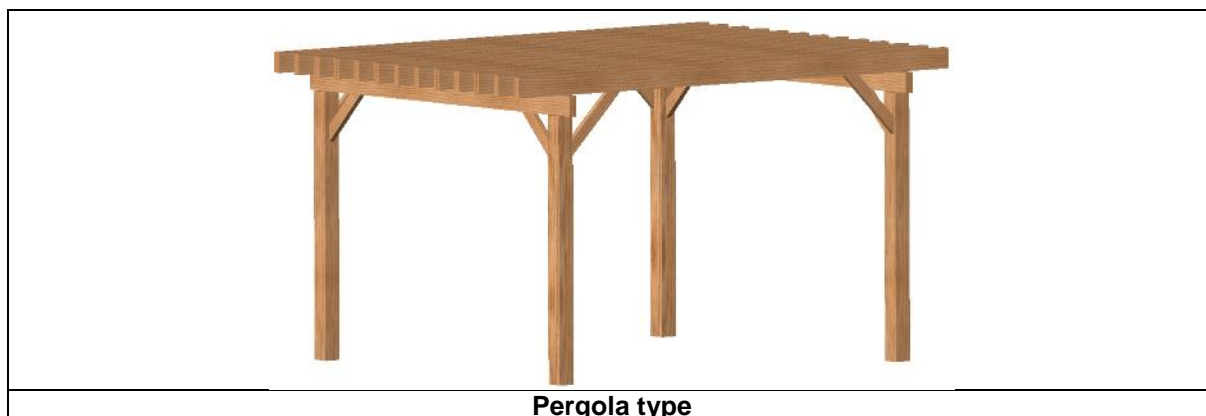
3.1.1 Référentiels et règles de conception

Il n'existe pas de règles ni de DTU spécifiques à la réalisation des pergolas en bois.

Ces ouvrages sont assimilables à des « petits ouvrages de charpente » si ce n'est qu'ils ne sont pas structuraux. Ils ne relèvent donc pas du NF DTU 31.1.

Néanmoins, les logiques suivies précédemment pour les ouvrages structuraux sont directement applicables.

3.1.2 Description globale



3.1.3 Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité

Massivité des éléments bois	
Pièces	Bois massif
Poteaux	Moyenne à Forte
Longerons	Moyenne
Chevrons	Moyenne
Liens	Moyenne

3.1.4 Analyse détaillée

3.1.4.1 Situation des éléments bois

Le cas le plus courant, et défavorable, pour une pergola est la situation « pleinement exposée » (Tableau 3 du §1.2.4.2).

3.1.4.2 Constats et discussions

D'une manière générale l'analyse (pour l'affectation de la classe d'emploi) des différentes pièces de la pergola est équivalente à celle effectuée pour les pièces de la structure porteuse de terrasse du §2.5. La différence majeure réside dans la massivité des pièces.

Poteaux :

- Les faces latérales des poteaux sont verticales et en situation de conception drainante.
- L'attention doit être portée sur les extrémités hautes et basses (bois de bout) ainsi que sur les assemblages avec les liens et les poutres et solives de rives.

Longerons :

- Les longerons sont horizontaux. Si la face supérieure n'est pas inclinée, la conception est donc piégeante (§2.1.3) ce qui conduit à une affectation en classe d'emploi 4 pour les climats Modéré et Humide et 3.2 pour le climat Sec. Afin de ramener cette affectation en classe d'emploi 3.2 au maximum, il y a lieu de conduire à minima à une conception moyenne pour les climats Modéré et Humide.
- La face latérale des longerons est affectée en conception drainante (hauteur de retombée exposée < 23 cm).
- Les différents assemblages qui concernent les longerons doivent conduire, au plus défavorable, à une conception Moyenne.

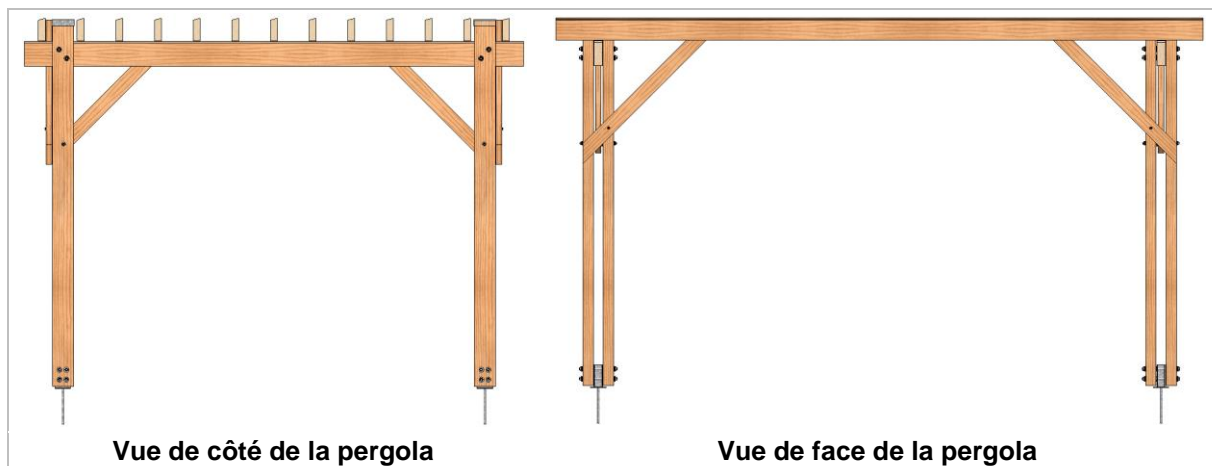
Chevrons :

- Identique aux longerons.

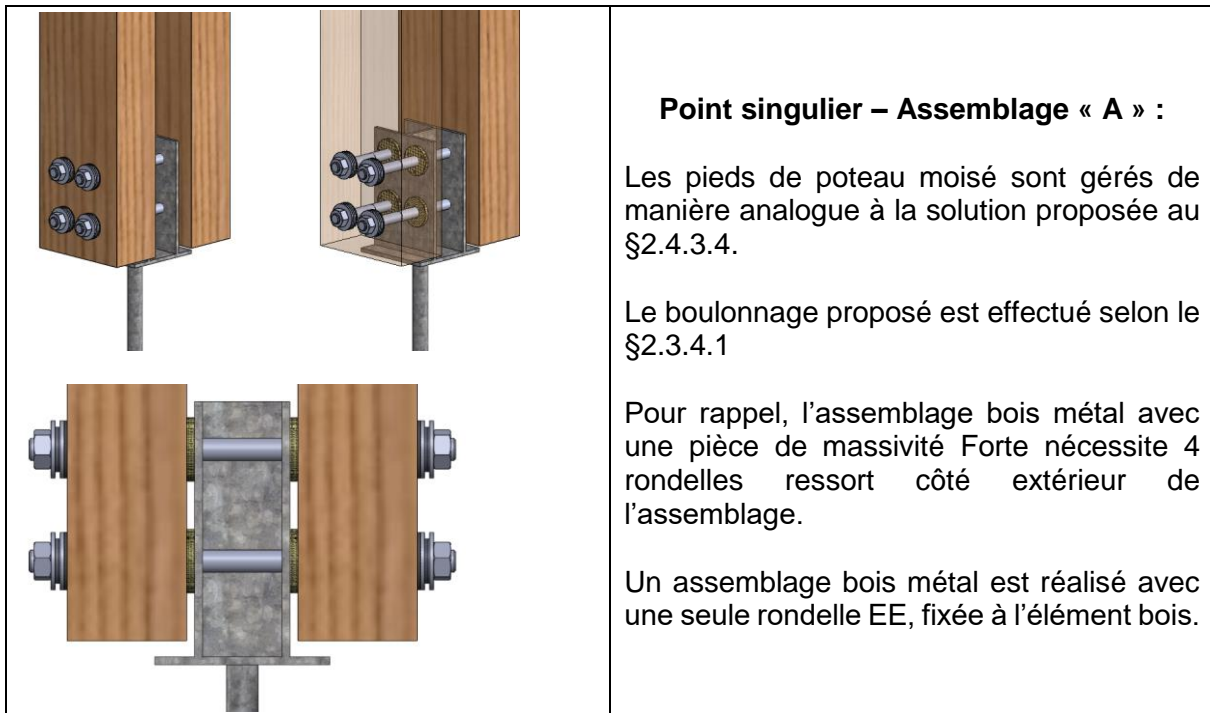
Liens :

- La pente des liens, généralement inférieure à 75° (par rapport à l'horizontale) les conduit en conception Moyenne pour la partie courante de la face supérieure (§2.1.2). La partie courante des liens est de massivité Moyenne. Cette zone est donc affectée en classe d'emploi 3.1 pour le climat Sec et 3.2 pour les climats Modéré et Humide.
- La face latérale des liens est affectée en conception Drainante (hauteur de retombée exposée < 23 cm).
- Les assemblages des liens doivent être travaillés pour aboutir à une conception Moyenne à minima.

3.1.4.3 Proposition de solutions



3.1.4.4 Description des solutions retenues



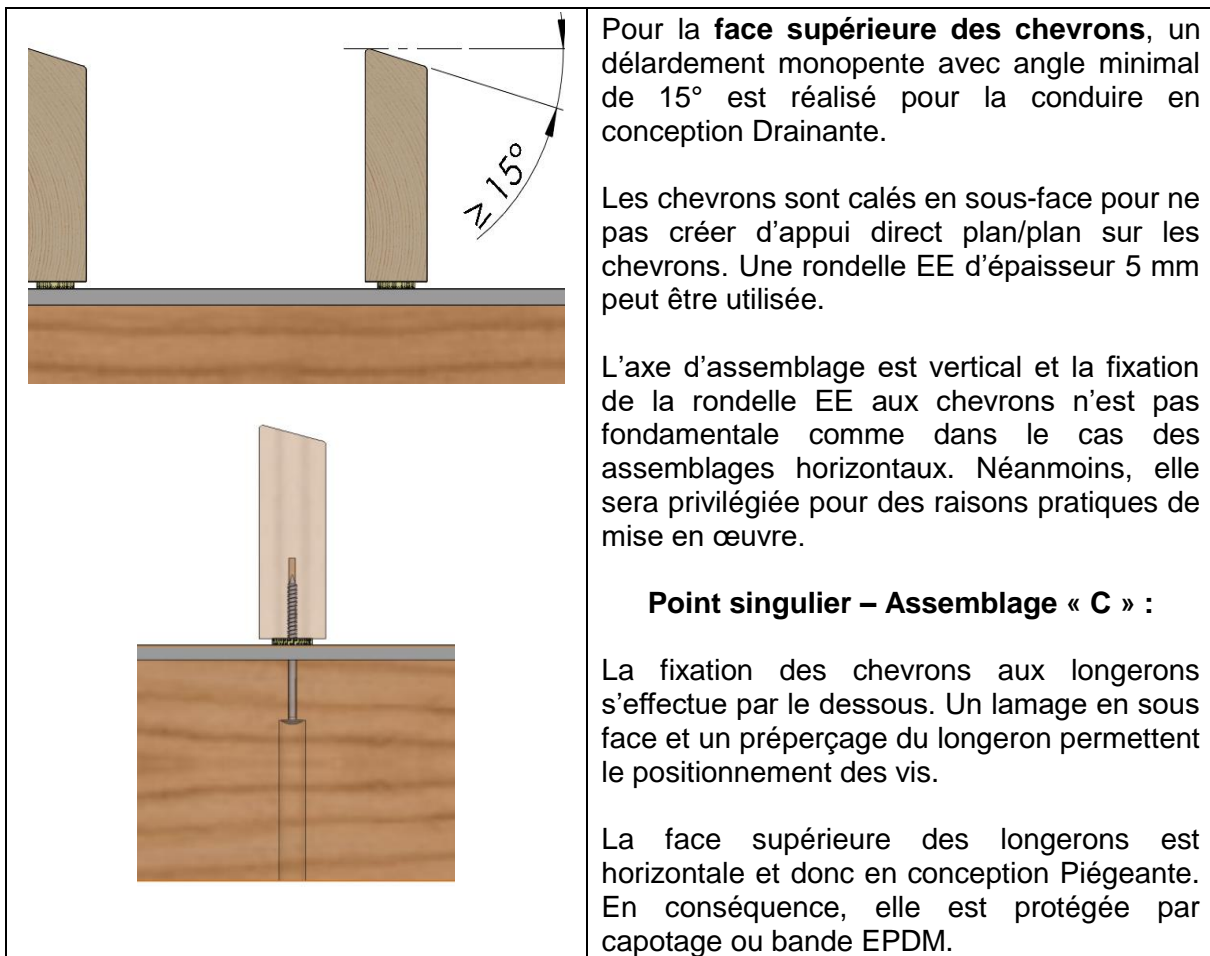
Point singulier – Assemblage « A » :

Les pieds de poteau moisé sont gérés de manière analogue à la solution proposée au §2.4.3.4.

Le boulonnage proposé est effectué selon le §2.3.4.1

Pour rappel, l'assemblage bois métal avec une pièce de massivité Forte nécessite 4 rondelles ressort côté extérieur de l'assemblage.

Un assemblage bois métal est réalisé avec une seule rondelle EE, fixée à l'élément bois.



Pour la **face supérieure des chevrons**, un délardement monopente avec angle minimal de 15° est réalisé pour la conduire en conception Drainante.

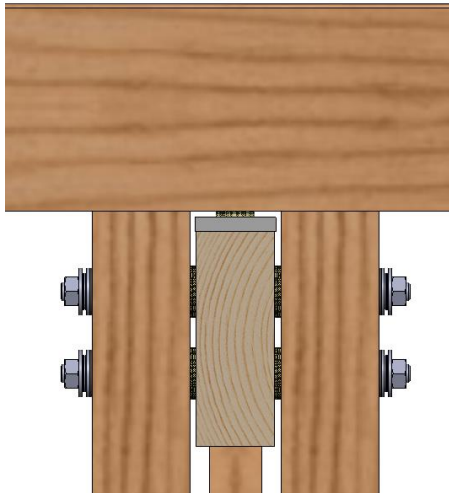
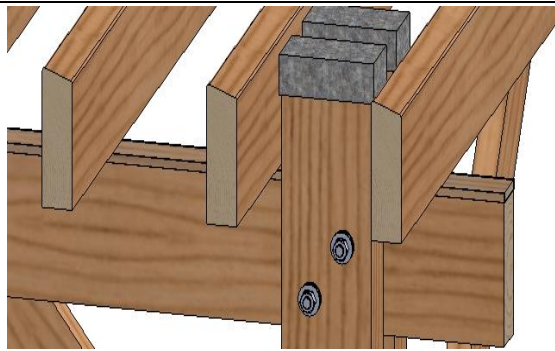
Les chevrons sont calés en sous-face pour ne pas créer d'appui direct plan/plan sur les chevrons. Une rondelle EE d'épaisseur 5 mm peut être utilisée.

L'axe d'assemblage est vertical et la fixation de la rondelle EE aux chevrons n'est pas fondamentale comme dans le cas des assemblages horizontaux. Néanmoins, elle sera privilégiée pour des raisons pratiques de mise en œuvre.

Point singulier – Assemblage « C » :

La fixation des chevrons aux longerons s'effectue par le dessous. Un lamage en sous face et un préperçage du longeron permettent le positionnement des vis.

La face supérieure des longerons est horizontale et donc en conception Piégeante. En conséquence, elle est protégée par capotage ou bande EPDM.



Point singulier – Assemblage « B » :

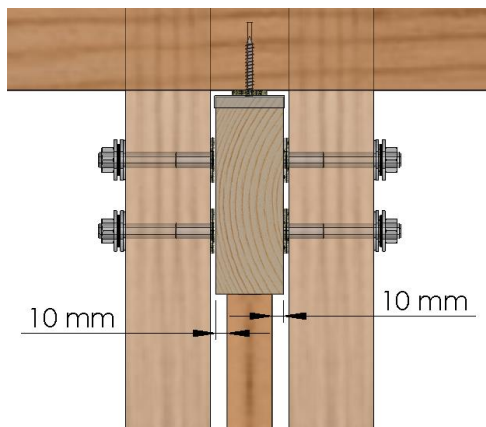
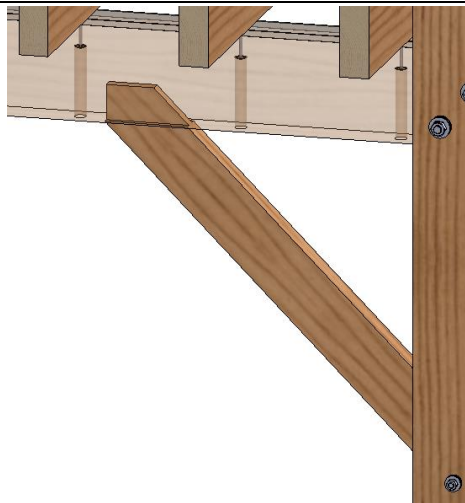
La solution retenue est un poteau moisé sur le longeron. L'assemblage boulonné est équivalent à celui décrit au §2.3.3.1.

Une différence est à noter :

- La pergola n'est pas un ouvrage structural et l'espacement entre les pièces assemblées peut être réduit à 5 mm. On peut utiliser ici 2 rondelles EE d'épaisseur 2,5 mm (voir §2.3.2)

Potentiellement, une autre différence peut être apportée :

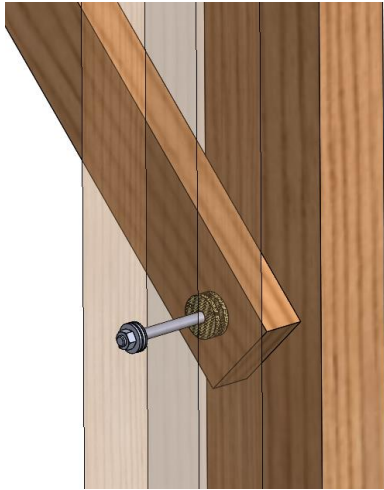
- Si les poteaux sont de massivité Moyenne (épaisseur ≤ 75 mm) alors 2 rondelles ressort son suffisantes sur chaque face extérieure de l'assemblage.
- Si les poteaux sont de massivité Forte, la solution avec 4 rondelles ressort est maintenue.



Point singulier – Assemblage « E » :

L'assemblage avec le longeron de la partie haute du lien peut être réalisée de façon traditionnelle par tenon mortaise.

Afin de préserver cette zone d'assemblage, la solution par « effet masque » de la pièce supérieure horizontale, solution N°2 du §2.5.4.2, est proposée avec un débord de 10 mm.

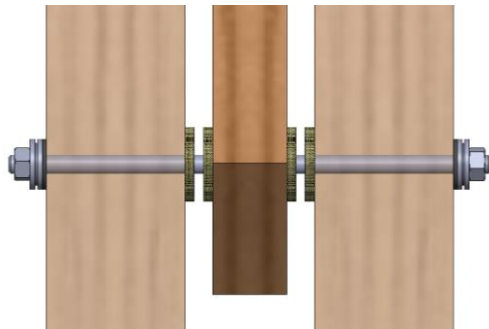


Point singulier – Assemblage « D1 » :

L'assemblage avec le poteau moisé de la partie basse du lien est réalisé avec le principe de boulonnage décrit au §2.3.3.1.

De même que pour l'assemblage « B » :

- Si les poteaux sont de massivité Moyenne (épaisseur ≤ 75 mm) alors 2 rondelles ressort son suffisantes sur chaque face extérieure de l'assemblage.
- Si les poteaux sont de massivité Forte, la solution avec 4 rondelles ressort est maintenue.

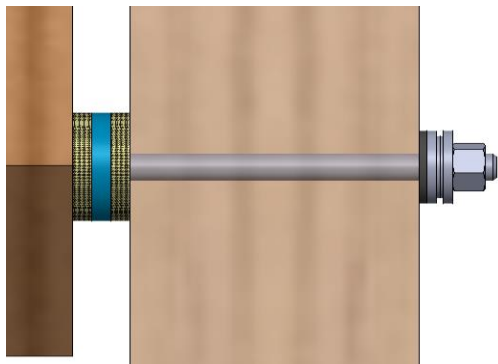


Point singulier – Assemblage « D1 » : Particularité

Nous pouvons noter ici que « l'empilement » des espacements entre pièce sur la hauteur de l'ouvrage conduit ici à un espacement de 15 mm entre les moises du poteau et les faces extérieures du lien et donc à un espace entre les rondelles EE. Cette espace est imposé par l'assemblage « E ».

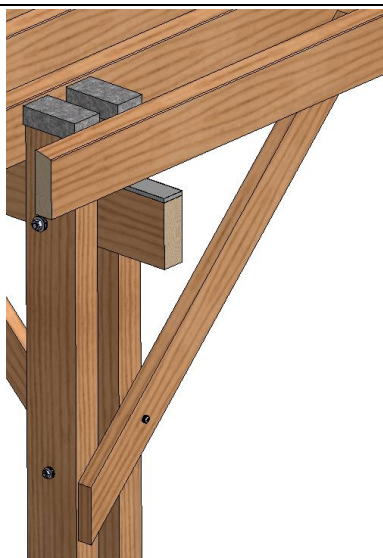
Les rondelles EE sont fixées aux éléments bois et cet espace n'est pas gênant pour l'étanchéité de l'assemblage.

En revanche cet espace total de 15 mm va impacter plus fortement la résistance et la raideur mécaniques. Les éléments de calcul décrits au §2.3.5 ne sont plus applicables en l'état.



La pergola n'est pas un ouvrage de structure mais mérite malgré tout d'être dimensionnée à minima. Les éléments du §2.3.5 pourront être utilisés pour situer les taux de travail (en résistance et en déformation) et orienter ainsi le choix du diamètre ou du nombre de boulons.

Il est préconisé de ne pas laisser cet espacement vide mais de le combler par des cales, premièrement pour effectuer un serrage des boulons sans mise en flexion des poteaux et également pour éviter des jeux potentiellement gênants.



Point singulier – Assemblage « D2 » :

Les liens de face de la pergola sont proposés assemblés sur un côté d'une moise de poteau en partie basse et à la face interne du « chevron de rive ».

Les liens sont de massivité moyenne, il est proposé de réaliser ces assemblages par vissage.

En partie basse, le lien est assemblé par vissage.

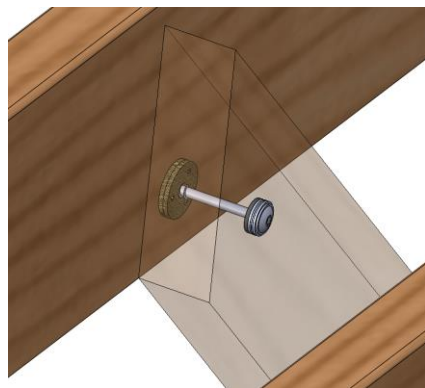
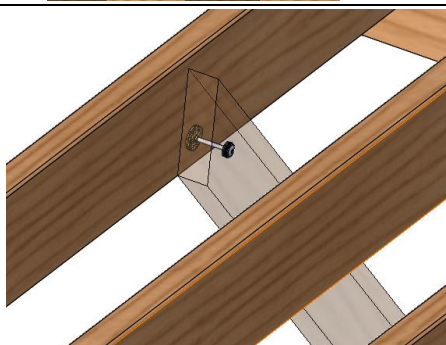
L'interface lien / poteau est gérée par 2 rondelles EE d'épaisseur 2,5 mm pour ménager un espace de 5 mm.

Du côté extérieur de l'assemblage, le lien étant de massivité Moyenne un retrait maximal potentiel de 2,5 mm est à reprendre.

La mise en œuvre de rondelles ressort entre 2 rondelles mécaniques est préconisée pour maintenir l'étanchéité côté extérieur de lien au droit du perçage de la vis.

Une solution avec vis à tête fraisée noyée est envisageable selon les propositions faites au §2.3.3.3.

Note : l'utilisation de vis à congé de filet sous tête est proscrite à ce niveau.



Point singulier – Assemblage « F » :

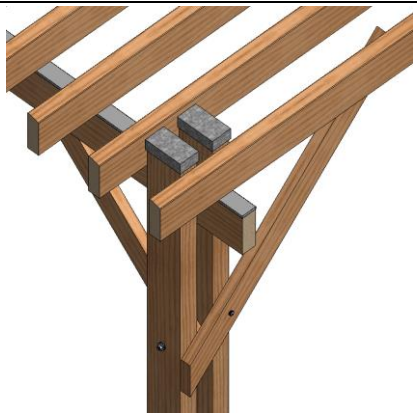
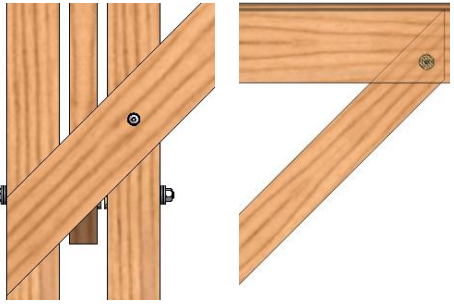
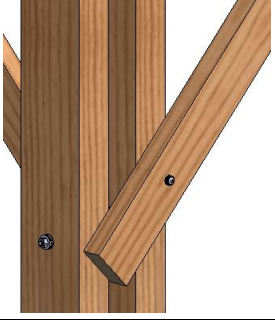
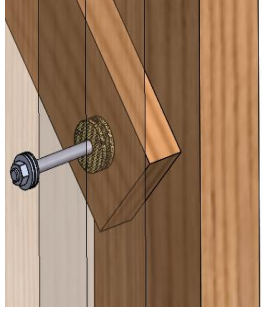
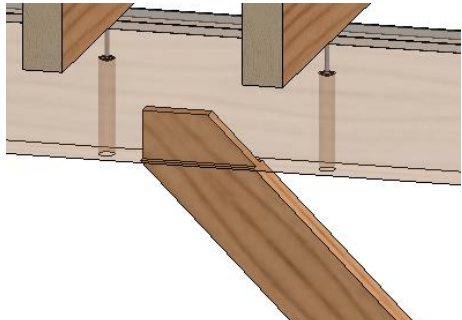
En partie haute, le lien est également assemblé par vissage.

L'interface lien / chevron est gérée par 2 rondelles EE d'épaisseur 2,5 mm pour ménager un espace de 5 mm.

Du côté extérieur le raisonnement est identique à celui de l'assemblage « D2 » ci-dessus.

Voir le §2.3.3.3.

3.1.4.5 Gestion des faces en bois de bout

	<p>L'extrémité haute des moises des poteaux est nécessairement protégée.</p> <p>Les faces en bois de bout des longerons et chevrons sont verticales et considérées de conception Moyenne selon le §2.2.3.</p> <p>Ces pièces sont de massivité Moyenne ce qui résulte en une affectation de classe d'emploi 3.1 en climat Sec et 3.2 en climats Modéré et Humide, pour ces faces.</p>
	<p>Les faces en bois de bout aux extrémités du lien, au niveau des assemblages « D2 » et « F » sont verticales et en situation de conception moyenne (§2.2.3).</p>
	<p>Une solution moins esthétique, avec la face en partie basse orientée vers le sol pourrait être une situation plus favorable.</p>
	<p>La face en bois de bout en partie basse du lien pris entre les moises du poteau (« D1 ») est conservée orientée vers le sol.</p> <p>Cette orientation plus favorable est priorisée pour cette face moins ventilée que celle du lien précédent.</p> <p>Par ailleurs, cette face est « invisible » et ne génère pas de désordre esthétique.</p>
	<p>La face en bois de bout en partie haute du lien est considérée protégée par l'effet masque généré par le débord du longeron de 10 mm de part et d'autre des faces extérieures du lien. Bien qu'horizontale et tournée vers le ciel, cette face n'est pas considérée piégeante du fait de la solution technique retenue.</p>

3.2 Garde-corps

3.2.1 Référentiels et règles de conception

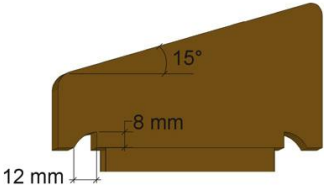
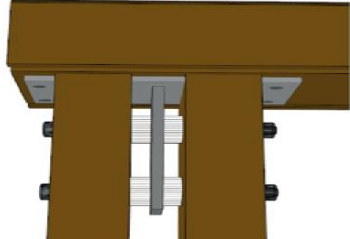
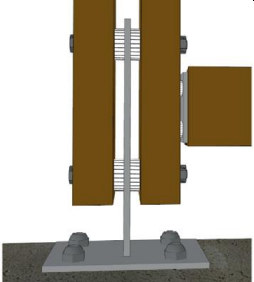
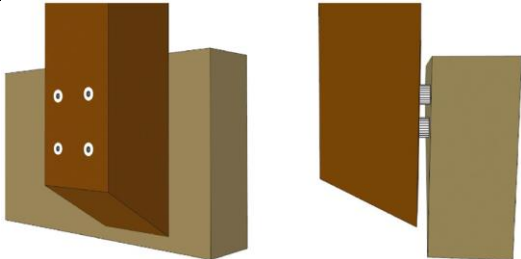
Les textes de référence concernant les garde-corps en bois sont les suivants :

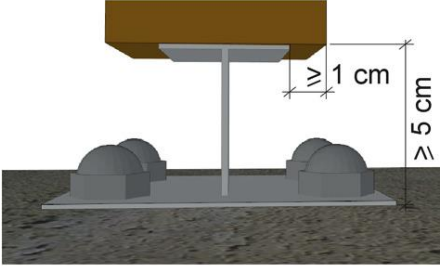
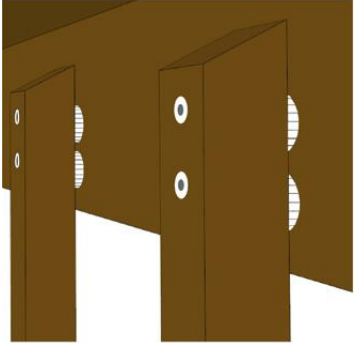

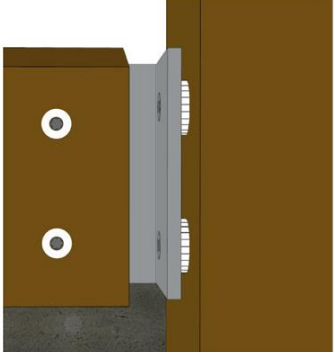
1. NF P 01-012 : Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escaliers.
2. NF P 01-013 : Essais des garde-corps – Méthodes et critères.
3. NF DTU 36.3 : Escaliers en bois et garde-corps associés
4. Guide PACTE : Conception et mise en œuvre des garde-corps

Les deux premiers documents concernent la sécurité des garde-corps d'un point de vue géométrique et mécanique.

Le NF DTU 36.3 concerne la mise en œuvre et aborde succinctement, dans sa partie 3, la notion de conception drainante pour les garde-corps extérieurs.

Le guide de conception et mise en œuvre des garde-corps, issu du programme PACTE, traite notamment des garde-corps. Il fournit des règles de moyens pour la justification mécanique des différents assemblages et il complète les dispositions de conception drainante du NF DTU 36.3 P3. En voici les principaux éléments.

Gestion des faces supérieure et inférieure de la main courante	
Tête de montant moisé avec assemblage par platine fixée en sous-face de la main courante	
Pied de montant moisé avec rondelles de désolidarisation au droit des organes d'assemblage	
Pied de montant ancré en nez de support bois avec rondelles de désolidarisation	

<p>Pied de montant ancré sur support béton</p>	
<p>Extrémités supérieures des barreaux de remplissage sur traverse haute</p>	
<p>Extrémités inférieures des barreaux sur traverse basse</p>	
<p>Assemblage indirect traverse sur montant par connecteur et organe</p>	

L'exemple traité au paragraphe suivant concerne un garde-corps en bois sur poutre porteuse en bois. Il a pour objectif d'illustrer la majorité des éléments précédents en présentant la partie courante dans son ensemble.

3.2.2 Description globale

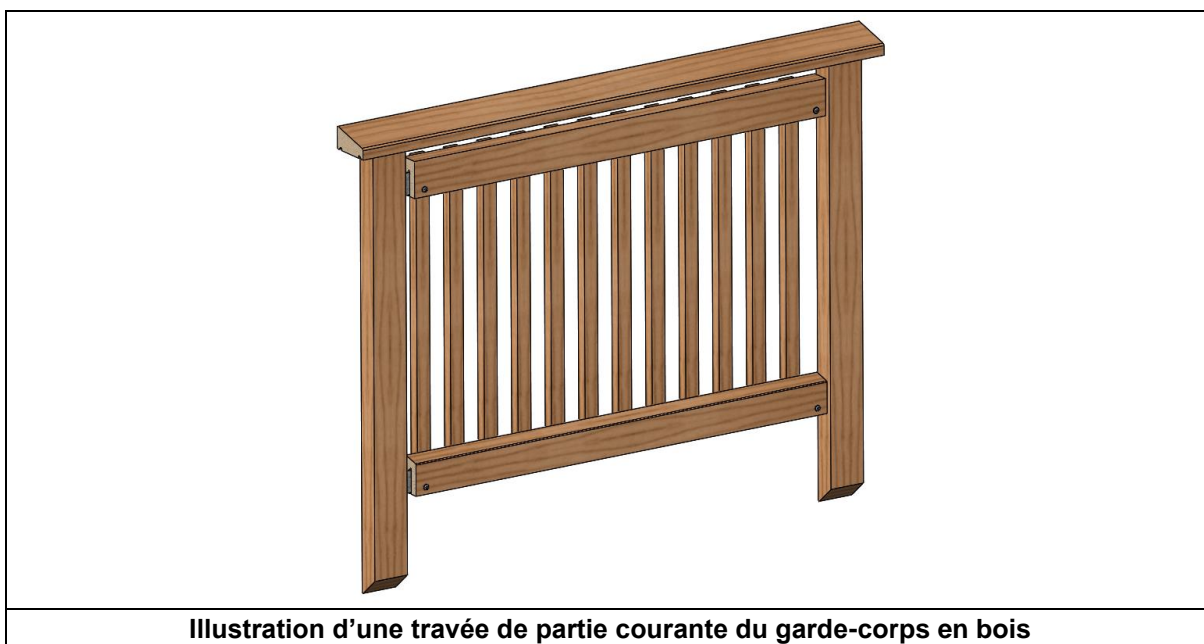
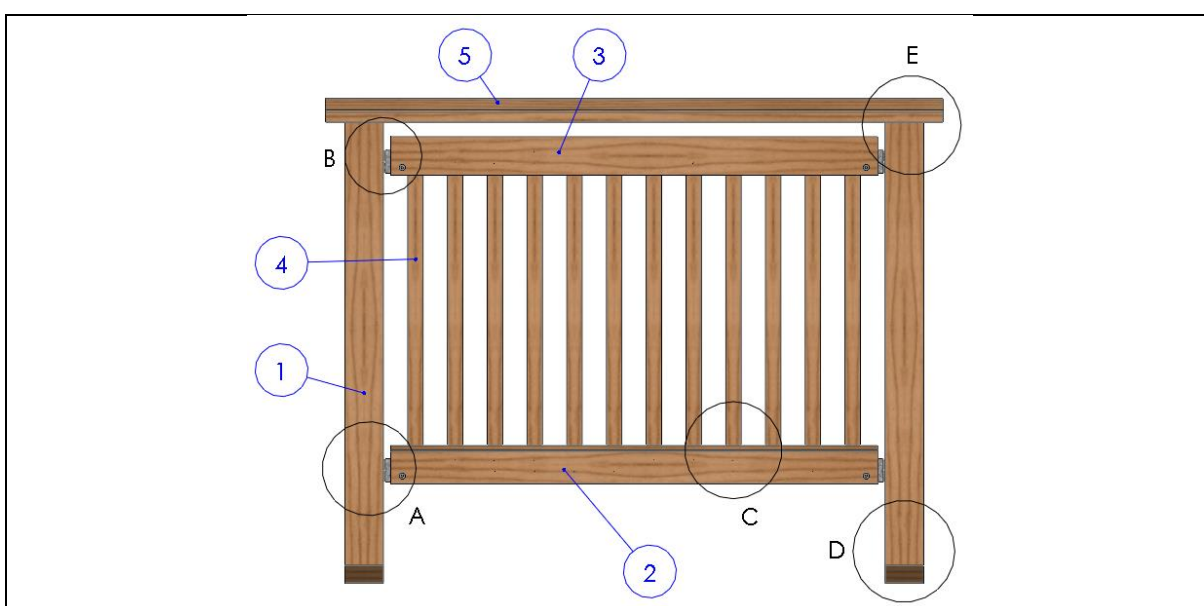


Illustration d'une travée de partie courante du garde-corps en bois



Pièces :

- 1 – Montant
- 2 – Traverse basse
- 3 – Traverse haute
- 4 – Remplissage (ici de type barreau)
- 5 – Main courante

Points singuliers – assemblages :

- A – Montant / traverse basse
- B – Montant / traverse haute
- C – Barreau / traverses
- D – Montant / poutre porteuse
- E – Main courante / montant

Identification des éléments de partie courante et des points singuliers

3.2.3 Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité

Massivité des éléments bois	
Pièces	Bois massif
Montant	Moyenne
Traverses (haute et basse)	Moyenne
Barreaux de remplissage	Moyenne à Faible
Main courante	Moyenne

3.2.4 Analyse détaillée

3.2.4.1 Situation des éléments bois

Le cas défavorable retenu pour le garde-corps est la situation de « pleine exposition » (Tableau 3 du §1.2.4.2).

3.2.4.2 Constat et discussion

Montants :

- Les faces latérales des montants sont verticales et en situation de conception drainante.
- L'attention de conception doit être portée sur les faces en bois de bout (extrémités haute et basse) ainsi que sur les points d'assemblages des autres éléments sur les montants.

Traverse basse :

- La traverse basse est horizontale. La conception est piégeante si la face supérieure n'est pas inclinée (§2.1.3) ce qui conduit à une affectation en classe d'emploi 3.2 en climat Sec et 4 en climats Modéré et Humide. Travailler sur la face supérieure est nécessaire pour les climats Modéré et Humide afin de conduire à une affectation en classe d'emploi 3.2 maximum.

Traverse haute :

- Pour l'exemple présenté nous considérons la même approche que pour la traverse basse.

Note : la situation de la traverse haute, sous la main courante, est favorable et potentiellement protégée.

Barreaux de remplissage :

- Les barreaux de remplissage sont verticaux, leurs faces latérales sont drainantes.
- L'attention de conception doit être portée sur les faces en bois de bout (extrémités haute et basse) ainsi que sur les points d'assemblages aux traverses.

Main courante :

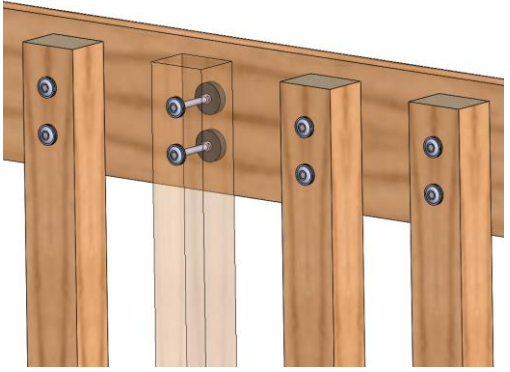
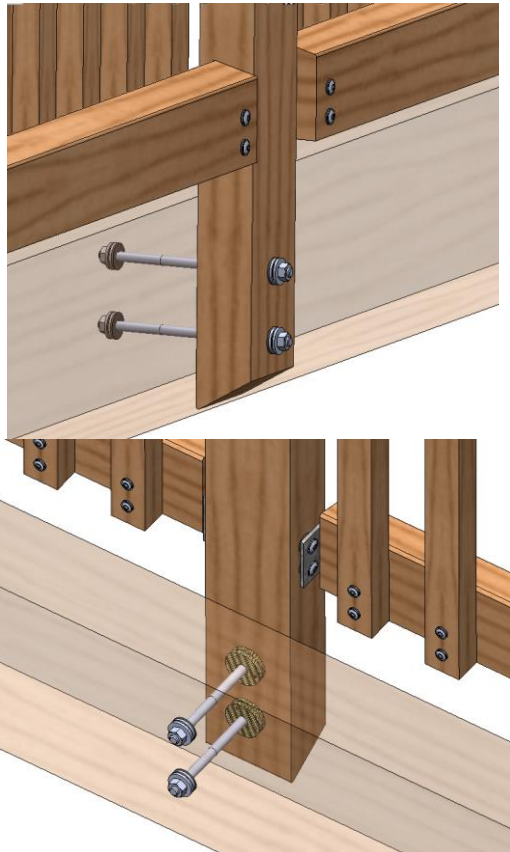

- La main courante est horizontale, la réflexion est identique à celle de la traverse basse.

3.2.4.3 Description des solutions retenues

Les solutions sont présentées en partie courante pour le cas de plusieurs trames assemblées sur une poutre de rive porteuse en bois.



<p>5 mm</p>	<p>Point singulier – Assemblage « A » :</p> <p>La traverse basse est fixée au montant au moyen d'une équerre classique dont une aile est en âme de la traverse.</p> <p>L'entaille dans la traverse est non traversante en face supérieure.</p> <p>L'équerre est espacée du poteau par des rondelles EE d'épaisseur 5 mm.</p> <p>Les liaisons entre l'équerre et la traverse et l'équerre et le montant sont effectuées par vissage.</p> <p>La fixation de la traverse à la plaque en âme est faite soit avec une vis avec fausse rondelle et une rondelle E, soit avec une vis à tête fraisée (voir §2.3.4.2).</p>
	<p>Point singulier – Assemblage « B » :</p> <p>L'assemblage entre traverse haute et montant est identique à celui de la traverse haute (Assemblage « A »).</p>

	<p>Point singulier – Assemblage « C » :</p> <p>Les barreaux sont assemblés aux traverses haute et basse par vissage.</p> <p>Un espacement de 5 mm est ménagé entre les barreaux et la traverse par la mise en œuvre de rondelles EE.</p> <p>Ce cas correspond à la fixation des pièces de faible massivité décrite au §2.3.3.3.</p>
	<p>Point singulier – Assemblage « D » :</p> <p>Les montants sont ancrés à la poutre porteuse par boulonnage traversant.</p> <p>La solution préconisée est celle décrite au §2.3.3.1.</p> <p>Pour rappel,</p> <ul style="list-style-type: none"> - les deux pièces assemblées comportent une pièce de massivité Forte (poutre porteuse). Ainsi, du côté extérieur de l'assemblage, sous le boulon, 4 rondelles ressort sont mises en œuvre entre deux rondelles mécaniques ainsi qu'une rondelle E (épaisseur 3 mm) en appui sur le bois. - à l'interface de l'assemblage, deux rondelles EE d'épaisseur 5 mm sont positionnées pour générer un espace de 10 mm entre les deux éléments bois.
	<p>Point singulier – Assemblage « E » :</p> <p>L'assemblage de la main courante sur les montants se fait classiquement au moyen d'une équerre métallique.</p> <p>L'assemblage se fait par le dessous, en zone protégée par la main courante.</p> <p>La réalisation d'une main courante telle que décrite ci-après implique que l'équerre peut être mis en contact direct avec les deux éléments bois.</p>

	<p style="text-align: center;">Point singulier – Faces supérieures :</p> <p>Tel que mentionné au §3.2.4.2 précédent, les faces supérieures des traverses, main courante doivent être conçues pour ne pas être de conception Piégeante.</p> <p>La proposition retenue est l'usinage monopente pour les 3 pièces. Deux rainures formant goutte d'eau sont réalisées en sous-face de la main courante.</p> <p>Traverses haute et basse sont traitées de façon identique en tout point dans cette solution.</p> <p>Le garde-corps interagit à ce stade avec une pièce de structure vue précédemment, la poutre de rive porteuse.</p> <p>Pour rappel,</p> <ul style="list-style-type: none"> - la partie supérieure de la poutre doit être protégée systématiquement (bande EPDM, capotage métallique ...) - Pour la face latérale, celle-ci ne doit pas être exposée sur plus de 23 cm de retombée. En cas de hauteur importante la retombée du capotage permet de remplir cette exigence.
--	---

3.2.4.4 Gestion des faces en bois de bout

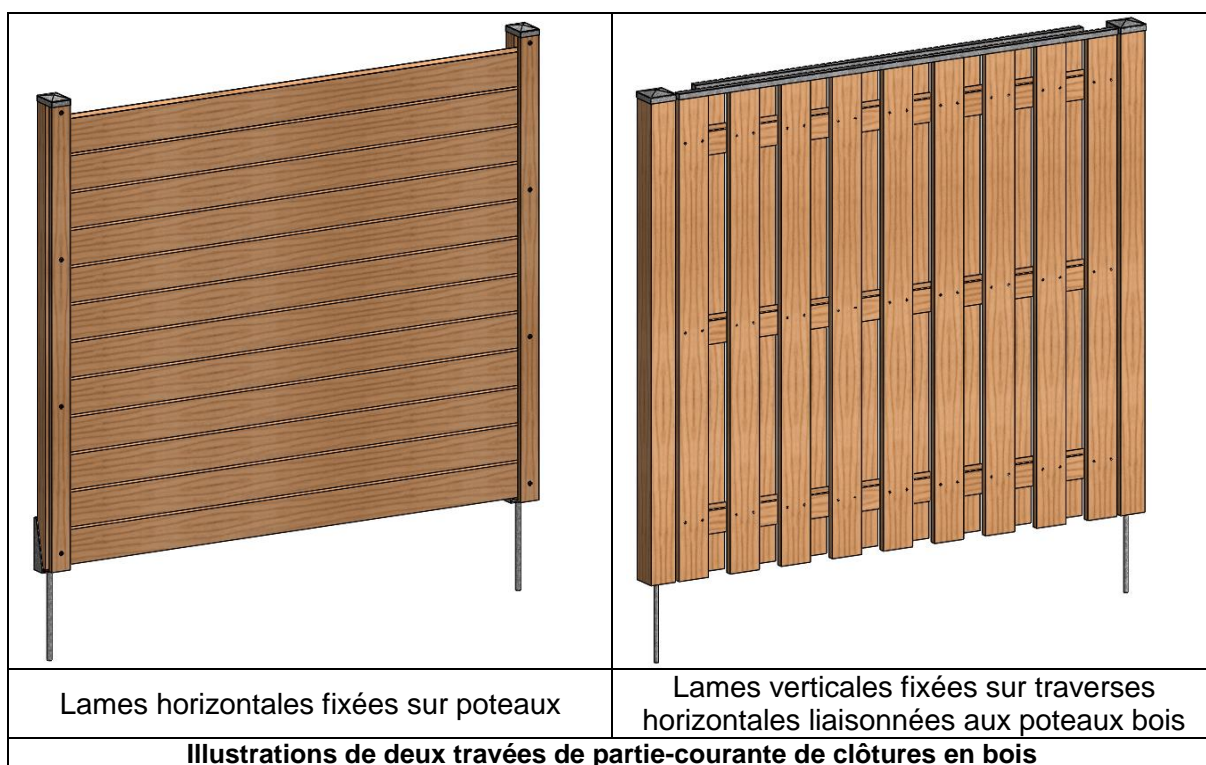
	<p>Les faces en bois de bout des montants et barreaux sont horizontales et tournées vers le ciel en partie haute. Cette orientation est la plus défavorable. Les montants et barreaux bénéficient de la protection de la main courante qui les recouvre complètement.</p>
	<p>Les faces en bois de bout des traverses sont verticales et considérées de conception Moyenne.</p> <p>La traverse supérieure bénéficie également de l'effet protecteur de la main courante. Cet effet sera moins marqué pour les faces en bois de bout de la traverse basse. Ce point critique conduit à une affectation de classe d'emploi 3.1 en climat Sec et 3.2 et climats Modéré et Humide.</p>
	<p>En partie basse, la face en bois de bout des montants peut être horizontale et tournée vers le sol pour se situer dans la situation la plus favorable (conception Drainante).</p> <p>Un usinage de cette partie basse est possible, son angle maximal sera de 45°.</p> <p>La face en bois de bout des barreaux est horizontale, tournée vers le sol (conception Drainante).</p>

3.3 Clôtures

3.3.1 Référentiels et règles de conception

Il n'existe pas de règles de l'art, recommandations professionnelles ou guides de conception pour les clôtures en bois.

3.3.2 Description globale



3.3.3 Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité

Massivité des éléments bois	
Pièces	Bois massif
Poteau	Moyenne à Forte
Traverses	Moyenne
Lames	Faible

3.3.4 Analyse détaillée

3.3.4.1 Situation des éléments bois

Les clôtures sont en situation de pleine exposition (Tableau 3 du §1.2.4.2).

3.3.4.2 Constats et discussions

Poteaux :

- Les faces latérales des poteaux sont verticales et en situation de conception Drainante. Cela conduit à une affectation en classe d'emploi 3.2 dans le pire des cas (climat Humide et massivité Forte).
- L'attention de conception est portée sur les faces en bois de bout, aux deux extrémités.

Traverses horizontales (éventuelles) :

- Les faces supérieures des traverses doivent être inclinées pour ne pas être en conception Piégeante, conduisant à une affectation en classe d'emploi 4 pour de la massivité Moyenne en climats Modéré et Humide.
- Les faces en bois de bout au droit de l'assemblage avec les poteaux doivent être conçues avec attention pour ne pas générer de situation de conception Piégeante.

Lames horizontales :

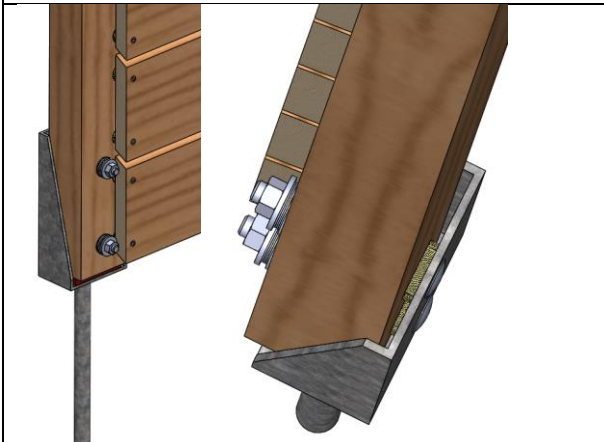
- Bien que de massivité Faible les faces supérieures des lames doivent, comme pour les traverses, être inclinées pour ne pas être en conception Piégeante, conduisant à une affectation en classe d'emploi 4 pour les climats Modéré et Humide.
- Les faces latérales sont en situation de conception drainante dans la mesure où la largeur des lames reste inférieure à 23 cm.
- L'attention doit être portée sur les bois de bout et les assemblages aux poteaux.

Lames verticales :

- Les faces latérales des lames verticales sont en situation de conception Drainante.
- L'attention de conception porte essentiellement sur les bois de bout, en orientation horizontale, ainsi que sur les assemblages aux traverses.

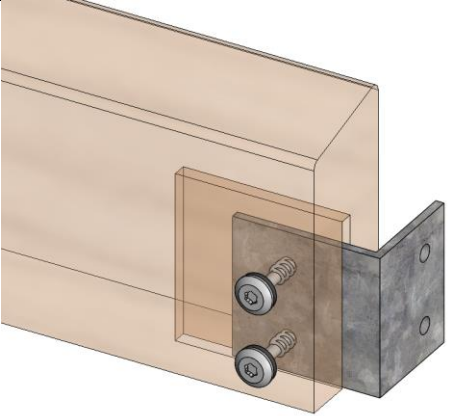
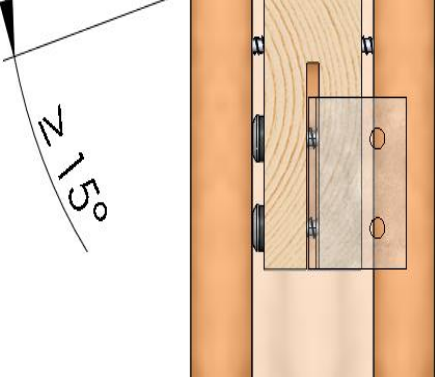
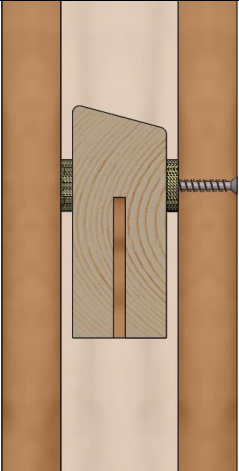
3.3.4.3 Description des solutions retenues

Les solutions proposées sont présentées sur une travée, de poteau à poteau, en partie courante de clôture.

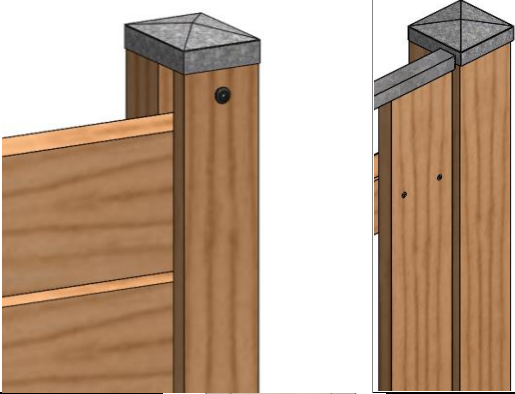

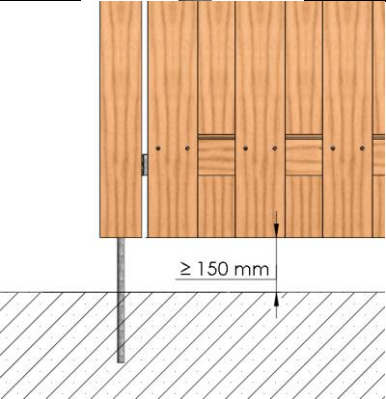

Travée de clôture avec lames horizontales	
	<p>L'ancrage des poteaux est proposé à l'aide d'un pied de poteau spécifique.</p> <p>La fixation du poteau et l'espacement entre la face arrière et la platine sont réalisés en suivant les propositions du §2.3.4.1.</p> <p>Pour rappel,</p> <ul style="list-style-type: none">- la face arrière du poteau est détalonnée de la platine par mise en œuvre d'une rondelle EE, fixée au poteau,- le boulon comporte une rondelle E et 4 rondelles ressort.

	<p>Les lames sont de géométrie permettant un écoulement de l'eau en face supérieure (pente supérieure ou égale à 15°).</p> <p>Elles sont fixées aux poteau en suivant les prescriptions du §2.3.3.3.</p> <p>Ici, la solution tête fraisée noyée a été représentée.</p> <p>Pour rappel, la rondelle EE d'épaisseur 5 mm est rendue solidaire de la pièce de massivité Moyenne ou Forte, ici le poteau.</p>
	<p>Cette solution a été prévue avec un « faux poteau moisé ».</p> <p>En effet, la moise avant est uniquement une lame de fermeture permettant de cacher les têtes de fixations des lames.</p> <p>Cette moise de fermeture nécessitera une cale à façon au niveau de l'épaisseur nécessaire. La logique définie au §2.3.3.3 pour la fixation de pièces de massivité Faible s'applique.</p>

Travée de clôture avec lames verticales	
	<p>La solution retenue dans ce cas est un pied de poteau de type « goujon collé ».</p> <p>Ce type d'ancrage ne nécessite qu'un seul point d'attention vis-à-vis de la durabilité : la distance au sol du pied de poteau. Voir §3.3.4.4.</p>
	<p>Les traverses sont fixées aux poteaux de manière analogue à la solution préconisée pour les garde-corps.</p> <p>Une rondelle EE d'épaisseur 5 mm, solidaire du poteau est mise en œuvre entre le poteau et l'équerre.</p>

	<p>La fixation des traverses sur les équerres est un système de plaque en âme.</p> <p>Les éléments proposés au §2.3.4.2 peuvent être appliqués (rondelle E sous la tête de vis fausse rondelle, ou vis à tête fraisée noyée).</p>
	<p>Sur la face supérieure, la traverse est usinée de façon à présenter une inclinaison supérieure ou égale à 15° pour la positionner en conception Drainante.</p>
	<p>Les lames sont fixées aux traverses en suivant les propositions du §2.3.3.3.</p>

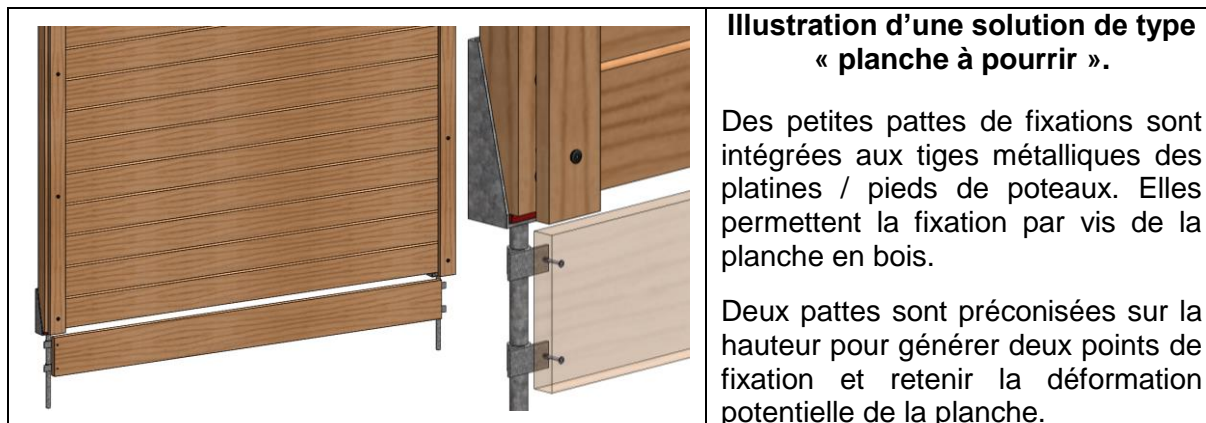
3.3.4.4 Gestion des faces en bois de bout

	<p>Quelle que soit la solution considérée les extrémités hautes des poteaux doivent être protégées. Par exemple, le capotage métallique a été retenu.</p>
	<p>Dans le cas du pied de poteau ancré dans une platine de type « sabot », il y a lieu de respecter deux principes :</p> <ul style="list-style-type: none">- Premièrement, la distance minimale de 15 cm par rapport au sol ;- Deuxièmement, éviter le contact sur le fond du sabot. <p>A cet effet, et pour un aspect pratique potentiel à la pose une cale peut être utilisée. Cette cale doit être drainante.</p>
	<p>Dans le cas du pied de poteau ancré dans une platine de type « goujon collé », il y a lieu de s'assurer de la distance au sol.</p> <p>Par ailleurs, comme ces deux schémas le montrent, les lames verticales sont à traiter comme les poteaux, en ce qui concerne la gestion des faces en bois de bout.</p>
	<p>Ainsi, les lames doivent être protégées en face supérieure et distantes d'au moins 150 mm du sol en partie basse.</p>

Quelle que soit la clôture en bois que l'on réalise, lames verticales ou horizontales, quel que soit le système d'ancrage des poteaux retenu, la contrainte d'espacement vis-à-vis du sol est la même. Laisser un tel espace sous la clôture n'est potentiellement pas satisfaisant au regard de l'objectif recherché d'une séparation.

Il est proposé dans le cadre de ce guide, en restant cohérent avec l'objectif fixé au §1.2.6, de considérer deux solutions pour ce point singulier :

- La mise en place d'une solution bois mais dont on sait qu'elle va se dégrader avant l'objectif de durée de vie du reste de la clôture. Cette pièce doit être facilement remplaçable.
- La mise en place d'une lame de finition non dégradable.



3.3.4.5 Détails sur les assemblages spécifiques

En dehors de l'élément évoqué ci-dessus permettant de mettre en œuvre un système de planche à pourrir au niveau du sol, les différents éléments évoqués dans le cadre des clôtures sont équivalents à ceux envisagés dans les chapitres précédents. La différence majeure se situe au niveau des dimensions.

3.4 Fenêtres / Portes-fenêtres

Les menuiseries extérieures en bois relèvent essentiellement des normes NF DTU 36.5 (Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures) et NF P 23-305 (Menuiseries en bois – Spécifications techniques des fenêtres, porte-fenêtre, portes extérieures et ensembles menuisés en bois).

Ces ouvrages ne sont pas traités dans le présent guide car les éléments relatifs à la conception vis-à-vis de la durabilité biologique des menuiseries extérieures en bois sont entièrement traités dans un Guide de conception du CODIFAB :

Guide de conception : Durabilité biologique des menuiseries extérieures en bois. (2014)

Ce document est accessible gratuitement au format .PDF sur le site du CODIFAB (<https://www.codifab.fr/uploads/media/61b09e5268bee/guide-de-conception-durabilite-biologique-des-menuiseries-exterieures-en-bois-fcba-dec2014.pdf>)

4 PRINCIPES DE CONCEPTIONS DRAINANTES DES ELEMENTS DE PAREMENTS

4.1 Platelages

4.1.1 Référentiels et règles de conception

Le texte de référence pour la conception et la mise en œuvre des platelages extérieurs en bois est le NF DTU 51.4 (Platelages extérieurs en bois) associé à la norme définissant les lames (NF B 54-040).

Les platelages extérieurs sont, dans la majorité des cas, des surfaces horizontales pleinement exposées aux intempéries, ce qui conduit à considérer naturellement une affectation en classe d'emploi 4 pour les lambourdes et les lames (pièces horizontales superposées et en contact plan).

Dans le cadre de l'amélioration des performances de durabilité de ces ouvrages le NF DTU 51.4 propose une conception, dite « conception élaborée », permettant d'abaisser l'affectation de la classe d'emploi au regard de la conception classique, dite « conception courante ».

Le tableau d'affectation de la classe d'emploi ci-dessous, basé sur les éléments du NF DTU 51.4 synthétise cet objectif, équivalent à celui de ce guide, défini au §1.2.6.

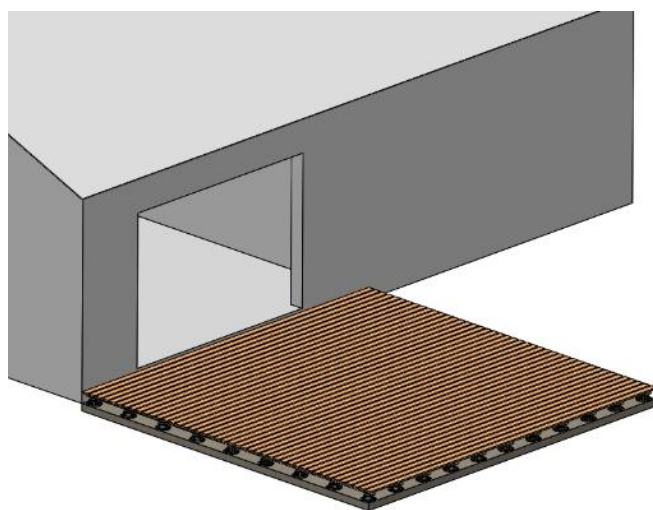
Conception	Conditions climatiques (selon FD P 20-651)		
	Humide	Modéré	Sec
Courante	4	4	3.2
Elaborée	3.2	3.2	3.1

Tableau 15 : Affectation de la classe d'emploi des platelages extérieurs en bois

(Source : NF DTU 51.4)

La solution retenue et décrite dans les paragraphes suivants correspond aux propositions du NF DTU 51.4 pour la conception élaborée des platelages.

4.1.2 Description globale



Le platelage est classiquement l'association de lames et de lambourdes.

Il peut être constitué des lames seules si celles-ci sont posées directement sur des éléments porteurs primaires, de type solives.

Nous nous intéressons ici, pour l'exemple, à un platelage constitué de lames fixées sur lambourdes, l'ensemble étant posé sur des plots polymères, sur dalle béton.


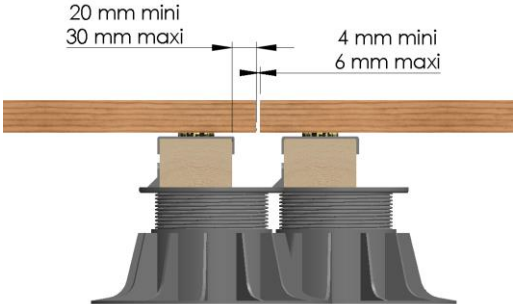

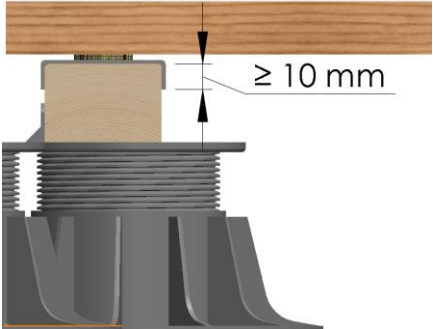
4.1.3 Hypothèses de conception vis-à-vis de la salubrité

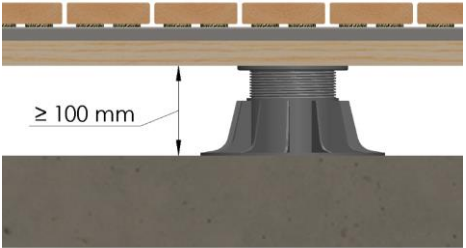
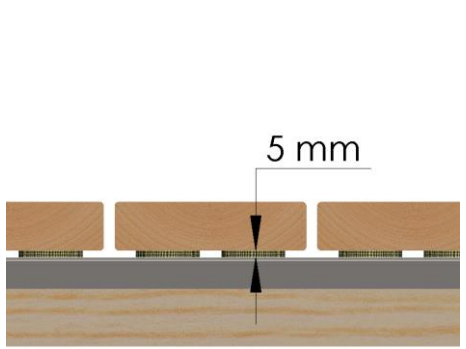
Massivité des éléments bois	
Pièces	Bois massif
Lambourdes	Moyenne
Lames	Faible

4.1.4 Analyse détaillée

La situation des éléments bois de même que les constats et discussions sont résumés par le tableau de synthèse (Tableau 15) présenté ci-dessus au §4.1.1.

4.1.5 Description des solutions retenues

	<p>Les joints en bout de lames sont systématiquement traités par un double lambourrage pour assurer la salubrité en bois de bout des lames.</p>
	<p>Préconisations de débord de lame par rapport à la lambourde ainsi que de jeu en bout de lames.</p>
	<p>Les lambourdes sont protégées sur leur face supérieure (bandes bitumineuses, capotage, ou équivalent).</p>
	<p>La protection doit avoir un débord latéral de 10 mm de chaque côté et être rabattue.</p>

 <p>≥ 100 mm</p>	<p>Afin de limiter le confinement en sous-face du platelage et de maximiser la ventilation, le vide sous la lambourde inférieure doit être supérieur ou égal à 100 mm.</p> <p>Par ailleurs des dispositifs d'entrée et de sortie d'air doivent être ménagés. Leur surface totale doit être au moins égale à 1/50^{ème} de la surface totale de platelage.</p>
 <p>5 mm</p>	<p>Pour éviter la reprise d'eau en sous-face de la lame sur la zone de rétention en face supérieure de la lambourde, des cales sont interposées entre lames et lambourdes, solidaires des vis de fixations. L'épaisseur préconisée par NF DTU 51.4 est de 3 mm.</p> <p>Le lien peut être fait entre ces cales et les cales EE du guide.</p> <p>Il est ainsi proposé ici de considérer des cales de désolidarisation d'épaisseur 5 mm.</p> <p>Cette proposition d'évolution sera faite pour le NF DTU 51.4</p>

Enfin, afin de limiter notamment la fissuration et le tuilage des lames, leur profil et leur géométrie doivent respecter certains critères.

Deux profils de face supérieure sont proposés :

- avec pente de 4% minimum
- horizontal

À ces profils peuvent être associées ou non des rainures de libération de contrainte (RLDC) en sous face des lames.

En fonction de la combinaison de ces critères, la section de la lame devra alors respecter un élancement (λ) particulier, directement lié à l'essence de bois choisie.

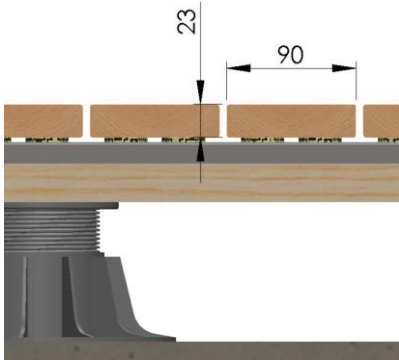
Pour rappel, l'élancement (λ) d'une lame est le rapport entre sa largeur et son épaisseur. Plus l'élancement est grand, plus le tuilage, notamment, est favorisé.

La norme NF B 54-040 donne les valeurs d'élancement de base (λ_{base}) préconisées pour les différentes essences qui y sont mentionnées.

Le tableau ci-dessous, extrait du NF DTU 51.4, synthétise 4 solutions de géométries de lames compatibles avec la conception élaborée.

Solutions	Profil de la face supérieure	Usinages particuliers	Elancement de la lame
1	pente de 4% minimum	RLDC	λ_{base}
2	pente de 4% minimum	pas de RLDC	$\lambda_{base} - 1$
3	horizontal	RLDC	$\lambda_{base} - 1$
4	horizontal	pas de RLDC	$\lambda_{base} - 2$

Tableau 16 : Solutions de lames pour la conception élaborée (Source : NF DTU 51.4)

	<p>En lien avec les éléments ci-dessus, l'exemple représenté est une lame qui répond à la solution 4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - face supérieure horizontale - pas de rainures en sous-face - l'éclatement de base est donc réduit de 2 points <p>L'exemple d'un résineux tempéré (douglas, pin maritime ...) pour lesquels l'éclatement de base vaut 6 conduit pour une section initiale classique de 23 x 140 mm conduit donc à une « section élaborée » de 23 x 90 mm.</p>
---	---

4.1.6 Protection contre la corrosion

Les spécifications principales du NF DTU 51.4 relatives à la protection contre la corrosion des éléments métalliques est résumée dans le tableau suivant :

Organe d'assemblage	Ambiance humide courante	Ambiance humide agressive ⁽¹⁾
Vis pour lame de platelage (fixation traversante)	Acier inoxydable A2	Acier inoxydable A2 ou A4 ⁽²⁾
Quincaillerie solivage, lambourrage et ancrages (équerres, sabots, étriers, formes diverses)	Z350 Acier inoxydable A2 Fe/Zn 25c	Z600 ⁽²⁾ Acier Inoxydable A2 ou A4 ⁽²⁾
Pointes, broches, boulons ou autres « tiges » de fixation du solivage ou lambourrage	Z350 Acier inoxydable A2 Fe/Zn 40c	Z600 ⁽²⁾ Acier inoxydable A2 ou A4 ⁽²⁾
Cheville de fixations sur béton (lambourdes, équerres...)	Fe/Zn 25c	Acier inoxydable A2 ou A4 ⁽²⁾

(1) : Environnement marin, industriel... à évaluer au cas par cas

(2) : Selon utilisation et conditions d'ambiance ; voir partie 1-2 de NF DTU 51.4 et les prescriptions des fabricants

4.2 Eléments rapportés en façade

Il n'existe pas de DTU spécifique à la réalisation des éléments en bois rapportés en façade, en dehors des revêtements extérieurs (bardages, sous-faces) relevant du NF DTU 41.2.

Les éléments bois concernés par ce paragraphe ne rentrent pas dans le domaine d'application du NF DTU 41.2 et sont les éléments plus couramment trouvés sous la dénomination de « brise-soleils ».

Ces ouvrages ne sont pas traités dans le présent guide car les principaux éléments relatifs à la conception vis-à-vis de la durabilité biologique des éléments bois rapportés en façade sont traités dans des Recommandations Professionnelles RAGE :

Recommandations Professionnelles : Eléments bois non structuraux rapportés en façade (2020).

Ce document est accessible gratuitement au format .PDF sur le site du programme PACTE (<https://www.programmepacte.fr/sites/default/files/pdf/rpelementnonstructurauxrapportesfacadeneufrenonov20218web.pdf>)